



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO INTELIGENTE PARA UNA FLORÍCOLA.

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor(a)

Salcedo Quishpe Miryam Johana

Tutor(a)

MSc. Topón Visarrea Blanca Liliana

QUITO– ECUADOR
2025

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Salcedo Quishpe Miryam Johana, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO INTELIGENTE PARA UNA FLORÍCOLA**”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 14 días del mes de abril del 2025, firmo conforme:

Autor; Salcedo Quishpe Miryam Johana

Firma:

Número de Cédula:1724300205

Dirección: Pichincha, Quito, Quinche, La Esperanza (24 de junio y Panamericana Norte).

Correo Electrónico: salcedo-maria@hotmail.com

Teléfono:0969352931

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO INTELIGENTE PARA UNA FLORÍCOLA.” presentado por Salcedo Quishpe Miryam Johana, para optar por el Título Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 14 de abril del 2025

.....
MSc. Topón Visarrea Blanca Liliana
1721114187

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 14 de abril del 2025

.....
Salcedo Quishpe Miryam Johana
1724300205

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO INTELIGENTE PARA UNA FLORÍCOLA previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 14 de abril del 2025

.....

MSc. Juan Joel Segura D'Rouville
LECTOR

.....

MSc. Fabián Alberto Sarmiento Ortiz
LECTOR

DEDICATORIA

A mi querido hijo, y con profunda gratitud A mis seres queridos por su constante respaldo y firme apoyo, paciencia durante todo este recorrido. Agradezco su confianza en mí cuando las fuerzas flaqueaban, por impulsarme a seguir adelante y por estar siempre a mi lado. Sin su apoyo, este éxito no habría sido alcanzable.

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres, Ciro Salcedo y Delfina Quishpe, quienes, con su amor incondicional, esfuerzo inquebrantable y dedicación infinita, me han proporcionado las herramientas necesarias para alcanzar este logro. Su ejemplo de perseverancia y confianza que siempre depositaron en mí han sido faros que han guiado cada etapa de mi vida. En los momentos difíciles, han sido mi refugio y mi mayor fuente de inspiración; por ello, este triunfo les pertenece tanto a ustedes como a mí.

A mi amado hijo, quien es mi mayor motor y fuente de fortaleza. Cada paso en este camino ha sido impulsado por el deseo de brindarte un ejemplo de esfuerzo, perseverancia y amor por el aprendizaje. Eres mi razón para seguir luchando y mi mayor motivación para superar cada desafío y alcanzar mis metas.

A mi querido esposo, cuya paciencia, apoyo incondicional y amor han sido esenciales en cada fase de este proceso. Tus mensajes de motivación y tu confianza en mis habilidades me han brindado la fuerza para enfrentar cada obstáculo. Has sido mi compañero fiel en los momentos más desafiantes, brindándome siempre el respaldo necesario para seguir adelante.

A mis queridos hermanos, quienes han sido mi respaldo absoluto durante todo este trayecto. Su compañía, aliento y confianza en mí me han impulsado a continuar en los momentos más difíciles. Cada uno de ustedes ha contribuido a este logro con su amor y su ejemplo de fortaleza.

Gracias por ser un impulso permanente de inspiración. Este logro no habría sido posible sin el cariño y el respaldo que me han brindado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA:.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
Introducción.....	1
Antecedentes:.....	5
Justificación:.....	8
Objetivos.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos Específicos.....	10
CAPÍTULO II.....	11
Ingeniería del Proyecto.....	11
Estructura organizacional de la asociación.....	11
Información general de la empresa.....	11
Problemática de la empresa.....	11
Análisis de la producción de mini rosas:.....	12
Análisis de Costos y Producción de Finca Anthemon S.A.....	14
Productividad usando el método Craig Harris.....	15
Análisis de desechos en la producción de mini rosas.....	16
Estudio de datos, maquinarias existentes.....	18
Sistema de Bombeo actual.....	18
Cálculo del Caudal del Sistema de Riego de la Florícola Anthemon S.A.....	19
Área de estudio:.....	23
Modelo operativo.....	24
Planificación del sistema.....	24
Diseño del sistema.....	25

Desarrollo del sistema	25
Pruebas de funcionamiento	25
CAPÍTULO III	27
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	27
Desarrollo de la propuesta:.....	27
Metodología	27
Identificar los equipos a usar en el diseño	29
Bomba centrífuga	29
Parámetros nominales Bomba Centrífuga.....	36
Interruptor Termomagnético	39
Contactor de control.....	40
Relé enchufable	41
Fuente de alimentación modelo S-240-24.....	42
Fuente de 110 VAC a 5 VDC, 3Amp.	42
Porta fusible Carril DIN - 1 Fusible 6 x 32 mm.....	43
Cable calibre 10 AWG ,3 hilos cobre (Termoplástico).....	44
La sección transversal del conductor que debe llevar.....	44
Electroválvula	45
Controlador lógico programable (PLC)	46
Pantalla HMI	47
Selección de software para comunicación de IoT	49
Desarrollo del programa en TIA portal	52
Diseño de planos y conexiones	65
Resultados esperados:	69
Productividad usando el método Craig Harris	77
Cronograma de actividades para la aplicación de la propuesta.....	80
Análisis de costos	81
Recuperación de la inversión	83
CAPÍTULO IV	84
Conclusiones y Recomendaciones	84
Conclusiones	84
Recomendaciones.....	86
Bibliografía	87
Anexos	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Análisis de Producción	13
Tabla 2	Comparativo de insumos en costo usados en la producción de mini rosas.	15
Tabla 3	Factores favorables para la expansión de plagas.	17
Tabla 4	Distribución de riego por tipos de cultivos.....	20
Tabla 5	Lineamientos del área de estudio	23
Tabla 6	Condiciones apropiadas para el cultivo de Mini Rosas.....	28
Tabla 7	Tabla de pérdidas de presión específicas en las conexiones y componentes. .	34
Tabla 8	Parámetros de la bomba centrífuga	37
Tabla 9	Tabla comparativa de humedad del suelo.....	72
Tabla 10	Datos del caudal del sistema de riego automático	74
Tabla 11	Comparativo del consumo de agua.....	75
Tabla 12	Comparativo de número de trabajadores en el sistema de riego	77
Tabla 13	Producción vs Desperdicios con el sistema de riego automático	77
Tabla 14	Comparativo de sistema de riego manual vs riego automático con IoT.....	78
Tabla 15	Costo de mano de obra	81
Tabla 16	Costo de materiales.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Información de exportaciones de flores a nivel mundial.....	1
Figura 2	Empresas de flores por cada provincia en Ecuador.....	2
Figura 3	Toro Tempus® Air- sistema de riego preciso.....	4
Figura 4	Florícola Anthemon S.A.....	5
Figura 5	Ubicación de la florícola Anthemon S.A.....	6
Figura 6	Organigrama de la florícola Anthemon S.A.....	6
Figura 7	Zona de compost de la florícola Anthemon S.A.....	7
Figura 8	Riego des uniforme en cultivos de mini rosas.....	12
Figura 9	Análisis del desperdicio por variedad.....	14
Figura 10	Distribución de tallos afectados Anthemon S.A.....	17
Figura 11	Sistema de bombeo para la producción de mini rosas.....	19
Figura 12	Reservorio de almacenamiento de agua.....	21
Figura 13	Diseño del modelo operativo propuesto para el desarrollo del proyecto.....	24
Figura 14	Tabla de reducciones de presión del sistema.....	33
Figura 15	Tabla de eficiencia de la bomba centrífuga.....	38
Figura 16	Bomba centrífuga eléctrica.....	38
Figura 17	Tabla de amperajes normalizados para un disyuntor.....	39
Figura 18	Breaker de Riel, 32 amperios.....	39
Figura 19	Tabla de corriente contactores contactor magnético.....	40
Figura 20	Contactador de 32 amp.....	41
Figura 21	Relé enchufable Siemens de 5 pines, 6 A y 24 Vac.....	41
Figura 22	Fuente (voltaje) 220/110v a 24v 10 Amp.....	42
Figura 23	Fuente de 110 VAC a 5 VDC,.....	43
Figura 24	Porta fusible 0 a 10 amp.....	43
Figura 25	Tabla de capacidad de conductor por numeración.....	44
Figura 26	Cable termoplástico (3x8).....	45
Figura 27	Tabla de desempeño hidráulico para válvulas.....	45
Figura 28	Electroválvula 1 ½” para sistemas de riego.....	46
Figura 29	PLC (CPU 1212C AC/DC/RLY).....	47
Figura 30	Panel HMI KTP 700 (Human Machine Interface) de Siemens.....	47
Figura 31	Sonda de humedad SMT100.....	48
Figura 32	Caudalímetro YF-DN40.....	49
Figura 33	Elementos de visualización en TIA PORTAL.....	50
Figura 34	Diagrama de flujo del sistema de riego automatizado usando IoT.....	51
Figura 35	Segmento 1 (Inicio de la programación del sistema de riego).....	52
Figura 36	Selección de señales y control de caudal del sistema de riego.....	53
Figura 37	Selección de bloques para conversión.....	54
Figura 38	Programación control automático de riego y transferencia de datos.....	55
Figura 39	Segmento de control de caudal del sistema de riego.....	56
Figura 40	Tabla de variables del PLC.....	57
Figura 41	Pantalla HMI.....	58
Figura 42	Tabla de variantes del HMI.....	59
Figura 43	Configuración de la interfaz PLC-HMI.....	60
Figura 44	Comunicación de datos en Node-RED.....	61

Figura 45	Configuración de variables	62
Figura 46	Configuración de conectividad	62
Figura 47	Configuración de canal de ThingSpeak	63
Figura 48	Control IoT ThingSpeak	64
Figura 49	Circuito de control del sistema de riego	65
Figura 50	Circuito de fuerza del sistema de riego	66
Figura 51	Plano del sistema de riego con las propuestas de implementación.....	68
Figura 52	Simulación del sistema de riego automático.....	70
Figura 53	Esquema del riego automático con IoT	71
Figura 54	Monitoreo humedad del suelo usando ThingSpeak	71
Figura 55	Comparativo de humedad del suelo	73
Figura 56	Caudal del sistema de riego (litros/min) simulación.....	75
Figura 57	Cronograma de implementación	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Florícola Anthemon S.A.....	91
Anexo 2	Desperdicios de material vegetal en florícola Anthemon S.A.....	91
Anexo 3	Reservorio.....	92
Anexo 4	Bomba Centrifuga de riego.....	92
Anexo 5	válvula angular manual.....	93
Anexo 6	Medición del suelo con higrotermometro.....	93
Anexo 7	Programación de sistema de riego en TIA portal primera etapa	94
Anexo 8	Programación de sistema de riego en TIA portal segunda etapa.....	94
Anexo 9	Programación de sistema de riego en TIA portal tercera etapa.....	95
Anexo 10	Programación de sistema de riego en TIA portal cuarta etapa	95
Anexo 11	Programación de sistema de riego en TIA portal quinta etapa.....	96
Anexo 12	Variables del sistema de riego automatizado en TIA portal.....	96
Anexo 13	Comunicación de software con hardware TIA portal.....	97
Anexo 14	Comunicación de HMI	97
Anexo 15	Pruebas de funcionamiento del sistema de riego automático	98
Anexo 16	Pruebas de funcionamiento del sistema de riego etapa final	98
Anexo 17	Pantalla HMI KTP 700	99
Anexo 18	PLC (CPU 1212C AC/DC/RLY)	99
Anexo 19	Software Node-RED.....	100
Anexo 20	Pruebas de funcionamiento con software ThingSpeak y HMI.....	100
Anexo 21	Pruebas de funcionamiento software TIAportal con HMI	101
Anexo 22	Pago de licencia de software ThingSpeak	101
Anexo 23	Bomba centrifuga HF 30A.....	102
Anexo 24	Sensor de humedad SMT-100	102
Anexo 25	Caudalímetro YF-DN40	103
Anexo 26	PLC ,CPU 1212C	103
Anexo 27	Costo Pantalla HMI	104
Anexo 28	Costo Electroválvula 1 ½.....	104
Anexo 29	Aprobación de abstract departamento de idiomas.....	105

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO INTELIGENTE
PARA UNA FLORÍCOLA**

AUTORA: Miryam Johana Salcedo Quishpe

TUTORA: M.Sc Liliana Blanca Topón Visarrea

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se realiza en la florícola Anthemon S.A, ubicada en la parroquia de Tababela. La misma posee un alto nivel de desperdicio de tallos ascendente a 136.035 tallos de mini rosas. Por lo cual se hace necesario diseñar un sistema de riego automático inteligente utilizando tecnología IOT para optimizar el uso de agua y mejorar la productividad en la organización. Se realiza un diagnóstico técnico-operativo de la situación actual donde se identifica un nivel de productividad de 4,33 tallos por dólar. Posteriormente, se lleva a cabo la selección del elemento adecuado para el sistema de riego automático considerando las características técnicas de los elementos que lo conforman. Finalmente, se propone el diseño del sistema de riego automático considerando los elementos seleccionados anteriormente. Los resultados obtenidos mediante una simulación con el uso de la plataforma Tia portal y ThingSpeak reflejaron una reducción del 51,43% en el consumo de agua y un incremento del 14% en la productividad, alcanzando un rendimiento de 4,92 tallos por dólar. Concluyendo la validez, viabilidad técnica, operativa y económica del sistema propuesto, al indicar una solución eficiente, escalable y sostenible para mejorar la competitividad y el desempeño agroindustrial de la florícola con un costo total estimado de \$6.624,33, con un periodo de recuperación inferior a un año, sustentado en la disminución del gasto operativo asociado a la mano de obra. Esta reducción se debe a la eliminación de la necesidad de cuatro operarios encargados del monitoreo y control manual del sistema de riego, optimizando así los recursos humanos mediante la automatización del proceso.

DESCRIPTORES: Productividad, Simulación, Sistema de riego, Optimización, Eficiencia

INDOAMERICA UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
INDUSTRIAL ENGINEERING

DESIGN OF AN INTELLIGENT AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM FOR A FLOWER FARM

AUTHOR: Miryam Johana Salcedo Quishpe

TUTOR: M.Sc Liliana Blanca Topón Visarrea

ABSTRACT

This research is conducted at the Anthemon S.A. floriculture company, located in the parish of Tababela. The company exhibits a high level of stem waste, reaching 136,035 mini rose stems. Therefore, it becomes necessary to design an intelligent automated irrigation system using IoT technology to optimize water usage and enhance productivity within the organization. A technical-operational diagnosis of the current situation is carried out, identifying a productivity level of 4.33 stems per dollar. Subsequently, the appropriate components for the automated irrigation system are selected based on their technical specifications. Finally, the system design is proposed, incorporating the previously selected components. The results obtained through simulation using the TIA Portal and ThingSpeak platforms demonstrated a 51.43% reduction in water consumption and a 14% increase in productivity, reaching a yield of 4.92 stems per dollar. The study concludes the proposed system's technical, operational, and economic feasibility, presenting an efficient, scalable, and sustainable solution to improve the agro-industrial competitiveness and performance of the floriculture company. The estimated cost is \$6,624.33, with a payback period of less than one year, supported by reduced operational labor costs. This reduction stems from eliminating the need for four operators responsible for manually monitoring and controlling the irrigation system, thereby optimizing human resources through automation of the irrigation process. The system's efficiency ensures it can consistently deliver high performance.

DESCRIPTORS: Productivity, Simulation, Irrigation System, Optimization, Efficiency

Anexo 29

Aprobación de abstract departamento de idiomas.

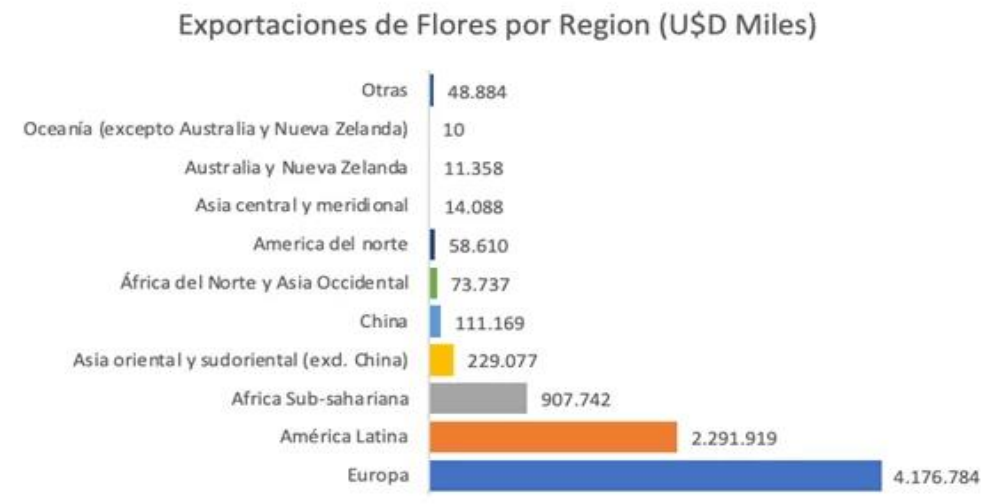
CAPÍTULO I

Introducción

El mercado mundial de flores cortadas ha crecido significativamente en las últimas décadas, posicionando a regiones como Europa, América Latina y África como los principales actores de este sector. Según Chavarro (2022), en el año 2020 estas zonas que representan alrededor del 93% del volumen total de rosas exportadas, destacando no solo por sus condiciones climáticas favorables, sino también por el avance tecnológico implementado en la producción. América Latina, en particular, contribuyó con alrededor del 30% de las exportaciones globales de flores, donde Colombia y Ecuador lideran como los principales exportadores, concentrando el 96.3% del total de la región, como se demuestra en la **Figura 1**. Estos datos reflejan la importancia de la floricultura para la economía global y el papel estratégico de estas naciones en el comercio internacional de flores.

Figura 1

Información de exportaciones de flores a nivel mundial.

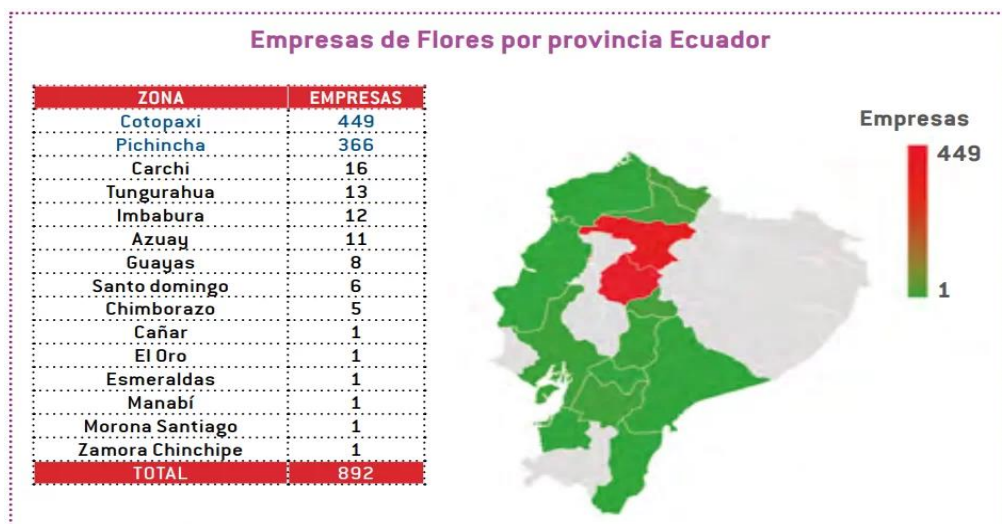


Nota : La figura representa la cantidad en miles dólares por país que exporta flores cortadas y capullos para ramos figura extraída de (Chavarro, 2022)

A nivel regional, Ecuador ha logrado posicionarse como un actor clave en la industria florícola, convirtiéndose en el sexto producto de exportación no petrolero del país, generando empleo directo a más de 150.000 personas, mayoritariamente en zonas rurales (LatinAmericanPost, 2024). Esta actividad ha sido fundamental no solo para el desarrollo económico, sino también para el empoderamiento de las mujeres, quienes constituyen una porción considerable en la industria la mano de obra. Según datos de Expoflores de Ecuador. (Expoflores), el 97% de las empresas enfocadas en el cultivo de rosas a nivel nacional, se localizan concentradas en seis provincias, siendo Cotopaxi la más relevante, con un 50% de las compañías localizadas en su capital, Latacunga, como lo demuestra la **Figura 2**. Esta alta concentración geográfica de la producción permite aprovechar al máximo las condiciones climáticas y avanzar en la competitividad del ámbito a través de la adopción de innovaciones tecnológicas.

Figura 2

Empresas de flores por cada provincia en Ecuador.



Nota: Florícolas exportadoras de rosas por provincias en Ecuador figura extraída de (Chavarro, 2022)

En el ámbito local, la floricultura en la provincia de Pichincha, especialmente en áreas como Cayambe, también desempeña un papel crucial. Las empresas florícolas de esta región han adoptado tecnologías avanzadas para mejorar su producción. Por ejemplo, según Letort, presidente de Expoflores, el uso de sistemas de riego y fertirriego ha optimizado tanto la calidad como la cantidad de las flores, permitiendo que Ecuador se posicione como líder mundial en la exportación de rosas de alta calidad (Vidal, 2023). Además, la adopción de mecanismos de irrigación automatizada con el uso de IoT, que integran sensores y automatización, no solo ha incrementado la eficiencia en el uso del agua, sino que también ha mejorado las condiciones laborales y fomentado el desarrollo profesional de los trabajadores. Así, la supervisión instantánea de las condiciones del cultivo disminuye el uso desmedido de agua y favorece la sostenibilidad de la producción.

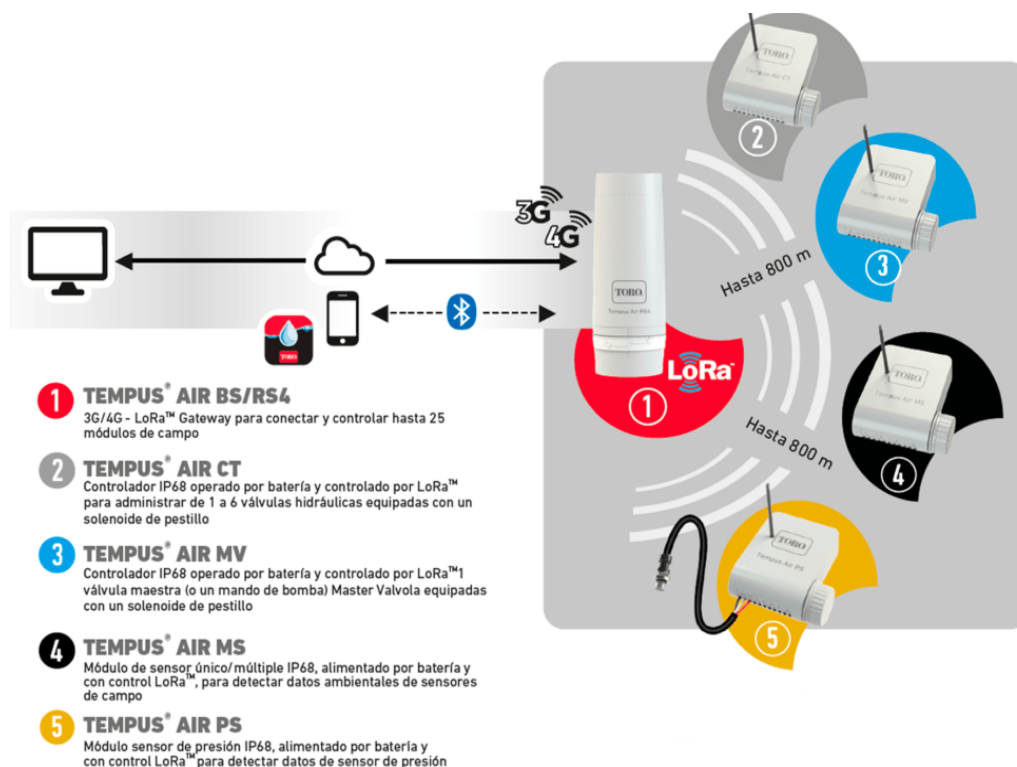
De manera similar, la agricultura de precisión ha avanzado significativamente, no solo enfocándose en el seguimiento de datos, sino también impulsando la automatización de tareas mediante tractores autónomos y robots, lo cual optimiza el uso de recursos (Oksen, 2023). Un estudio en Brasil reveló que, aunque el 84% de los agricultores ya emplea tecnologías digitales, solo el 20% aprovecha plataformas avanzadas, destacando así el interés en seguir innovando. Además, frente a retos como el cambio meteorológico y la optimización del rendimiento, la integración de sensores, robots autónomos y dispositivos IoT permite un monitoreo más eficiente de los cultivos (Rosero Montalvo, 2023).

De esta forma, en cuanto a la ingeniería agrícola, Olmos (2023) explica cómo la Industria 4.0 ha transformado los sistemas de riego mediante la tecnología Tempus Air. Este sistema utiliza sensores que recopilan datos en tiempo real y los envían a puertas de enlace alimentadas por energía solar o corriente de 220 voltios. De esta manera, se gestionan automáticamente componentes clave como válvulas, bombas y sistemas de fertirrigación,

permitiendo un riego ajustado a las necesidades específicas de los cultivos, como lo demuestra la Figura 3. Además, con el uso de red de dispositivos interconectados (IoT), todos los quipos vinculados entre sí y accesibles a distancia. El sistema es modular y ampliable, permitiendo la gestión remota a distancia mediante una interfaz alojada en la nube, ideal incluso para usuarios. sin experiencia previa.

Figura 3

Toro Tempus® Air- sistema de riego preciso



Nota: Sistema de riego preciso Toro Tempus® Air, figura sustraída de (Olmos, 2023)

La empresa Florícola Anthemon S.A., ubicada en Tababela como muestra la **Figura 4**, se especializa en la producción, cosecha y venta de mini rosas. Su operación abarca desde la cosecha hasta el empaque, asegurando que cada etapa del proceso mantenga los estándares de calidad y frescura del producto. Además, gestiona la distribución en el mercado local e internacional, respetando las normativas actuales establecidas para la exportación y comercialización de flores.

Figura 4

Florícola Anthemon S.A.



Nota: Entrada de florícola, fotografía tomada de (Maps, 2024).

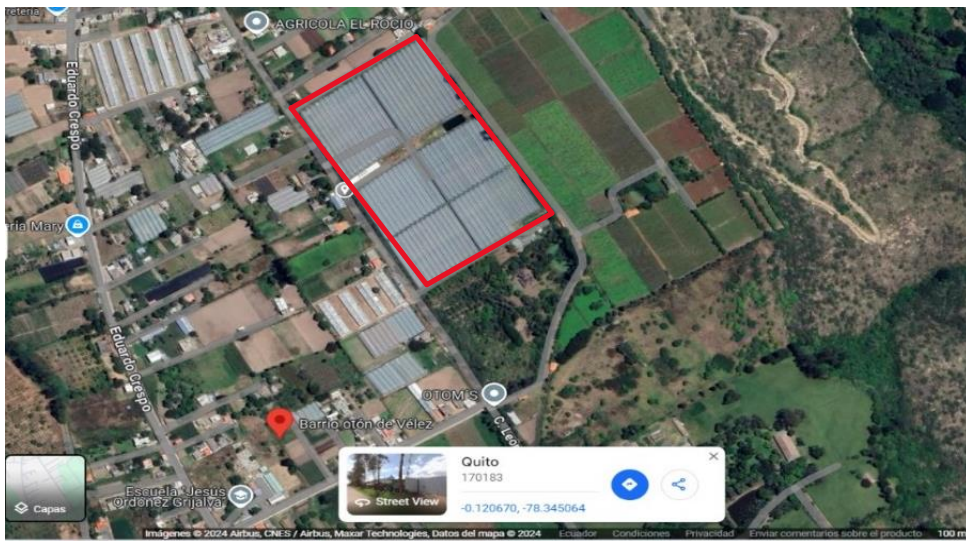
En los últimos meses del año, la producción agrícola alcanza su punto máximo en preparación para fechas comerciales clave, como San Valentín y el Día de la Madre. Sin embargo, factores que pueden impactar tanto en la producción, por lo tanto, esto se refleja en esfuerzo extra de mano de obra para garantizar los estándares de producción. Además, la falta de un control eficiente del riego, la humedad y la temperatura contribuye al desperdicio de agua y a una baja productividad, ya que un uso inadecuado de estos recursos puede reducir significativamente la producción de rosas.

Antecedentes:

La florícola Anthemon S.A., situada en la parroquia de Tababela, cantón Quito, provincia de Pichincha, dentro de la vía 135-Otón de Vélez, cuenta con una extensión de 20.000 m², **Figura 5**. La compañía se dedica principalmente a la producción, cosecha y comercialización de mini rosas, solidago, aster. Su operación es gestionada por un equipo de 30 empleados, quienes participan en las etapas de siembra, riego, fumigación, cosecha y empaque.

Figura 5

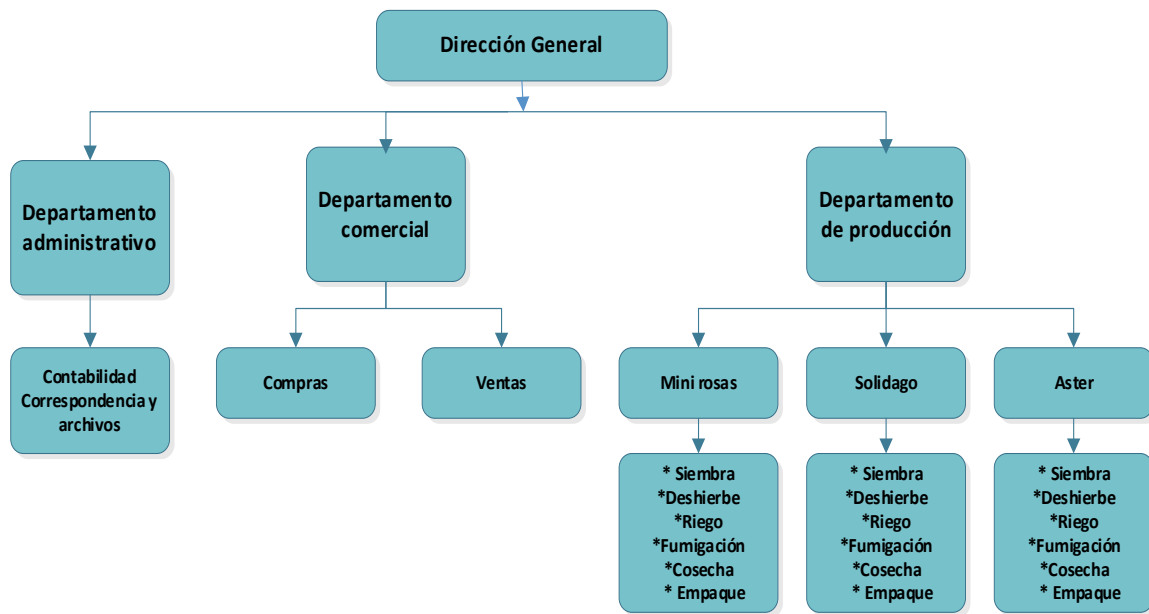
Ubicación de la florícola Anthemon S.A.



Nota: Ubicación de la florícola Anthemon S.A. en Google Maps (Maps, 2024)

Figura 6

Organigrama de la florícola Anthemon S.A.



Nota: Distribución de áreas internas de la florícola Anthemon S.A, elaborado por el Autor.

La florícola Anthemon S.A. enfrenta serios problemas de productividad debido a un alto Índice de residuos, tal y como se observa en la **Figura 7**. Estas deficiencias están estrechamente relacionadas con su sistema de riego, el cual sigue un método tradicional con múltiples desventajas que afectan la cantidad y la excelencia del rendimiento de mini rosas. La principal limitación es la falta de automatización, lo que obliga a dos trabajadores a supervisar manualmente el proceso, encendiendo la bomba y abriendo las válvulas. Este sistema no solo es lento e ineficiente, sino que también restringe el caudal disponible, impidiendo la operación simultánea de múltiples válvulas y prolongando el tiempo de riego. (Damián, 2022)

Además, en días soleados, el suministro irregular de agua provoca un riego desigual, afectando el progreso y evolución de las plantas. Al igual que consecuencia, se reduce la cantidad producida como la calidad del producto. Estas limitaciones representan un obstáculo significativo para que el florícola alcance su máximo potencial productivo.

Figura 7

Zona de compost de la florícola Anthemon S.A .



Nota: La figura muestra un elevado desperdicio de rosas en el área de compostaje, (Propio A. , Zona de compost de la florícola Anthemon S.A ., 2024).

Las ineficiencias en el sistema de riego impactan directamente la etapa de comercialización, afectando la competitividad de las rosas en el mercado. Las variaciones en calidad y disponibilidad del producto reducen su aceptación, limitando las oportunidades de venta y disminuyendo la rentabilidad de la empresa. Como resultado, el modelo actual no solo incrementa los costos de producción, sino que también genera pérdidas económicas significativas.

Justificación:

La **importancia** del desarrollo de un sistema de riego inteligente automatizado para la florícola Anthemon S.A. es fundamental para optimizar los procesos de riego. Este aspecto es crucial, ya que la gestión ineficiente de control de riego puede ocasionar pérdidas significativas en los cultivos. Al integrar tecnologías avanzadas en los sistemas de riego, se logra la optimización del uso de agua., sino también una mejora en la calidad de las rosas. Esta mejora en la producción, a su vez, puede conducir a una reducción de los costos, beneficiando así la sustentabilidad y la capacidad competitiva de la organización.

El **impacto** de este proyecto se prevé significativo en múltiples dimensiones: Corporativa, laboral, investigativa y ecológica. En el contexto empresarial, la adopción de un sistema automatizado de riego inteligente en la florícola Anthemon S.A, permitirá reducir significativamente los gastos de producción de las mini rosas. En términos laborales, se espera que este sistema no solo incrementará la eficiencia en los procesos de riego, sino que también mejorará la seguridad de los trabajadores, lo que contribuirá de manera positiva a su bienestar. En el ámbito científico, el proyecto ofrecerá valiosos conocimientos sobre el uso de tecnologías de IoT en la agricultura. Esta implementación simplificará la obtención de información en tiempo real, favoreciendo la mejora en la toma de decisiones y fomentando métodos agrícolas más responsables con el medio ambiente.

La **utilidad** de este proyecto se centra en la optimización del control de riego en la finca Anthemon S.A. Su objetivo principal consiste en acortar los ciclos de producción y elevar la calidad del cultivo, lo cual, a su vez, facilitará un manejo más eficiente del agua y otros recursos, sino que también garantizará un crecimiento óptimo de las plantas. Además, este enfoque permitirá reducir sustancialmente los gastos operativos, generando así una mejora de los rendimientos.

Los principales **beneficiarios** de este proyecto son el propietario y el equipo de la florícola Anthemon S.A., quienes tendrán la oportunidad de adoptar tecnologías de desarrollo que les facilitarán incrementar tanto su eficiencia productiva como su margen de ganancias. Estas innovadoras herramientas facilitarán la optimización de los procesos de cultivo y la optimización en la excelencia de sus productos, otorgándoles una posición ventajosa en los mercados locales y globales.

La **factibilidad** científica de este estudio se fundamenta en los avances tecnológicos y en cuanto a la disponibilidad de recursos a nivel nacional, hay pruebas contundentes provenientes de estudios y desarrollos anteriores que avalan la implementación de tecnologías de Agricultura 4.0. Las cuales integran herramientas avanzadas para optimizar tanto la producción como la gestión de recursos agrícolas. Asimismo, contamos con el respaldo del propietario de la finca Anthemon S.A. que nos permitirá acceder a toda la información necesaria para el diseño de un sistema automático de riego inteligente.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema de riego automático inteligente utilizando tecnología IOT para optimizar el uso de agua y mejorar la productividad en la florícola Anthemon S.A.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la florícola mediante la identificación de la productividad determinando áreas de mejora en el manejo de recursos.
- Identificar los elementos necesarios para el diseño del sistema de riego automático a través de la selección de sensores, controladores y actuadores adecuados garantizando la mejora del sistema de riego.
- Diseñar el sistema de riego automático integrando los elementos identificados, mediante la utilización de herramientas de simulación para evaluar su funcionamiento y mejorar la productividad en el cultivo de mini rosas.

CAPÍTULO II

Ingeniería del Proyecto

Estructura organizacional de la asociación

La florícola está conformada por un equipo de 30 personas, distribuidas en distintas áreas operativas y administrativas. La estructura organizativa incluye un presidente, un vicepresidente, dos contadores, un guardia de seguridad, cinco trabajadores en control de riego, doce personas en cosecha, cinco en selección y seis en empaque, como se muestra en la Figura 6.

Cada mes, durante la primera semana, el presidente se reúne con el equipo de contabilidad para evaluar el desempeño del ciclo productivo anterior y establecer las metas para el siguiente. Estas reuniones son clave para la elección informada de estrategias., asegurando el desarrollo y la rentabilidad de la florícola. Además, este proceso de planificación permite coordinar eficazmente todas las áreas de trabajo, desde el riego hasta el empaque, garantizando que cada etapa de la cadena productiva contribuya al cumplimiento de los objetivos establecidos.

Información general de la empresa

Nombre: florícola Anthemon S.A

Dirección: Provincia Pichincha, cantón Quito, Barrio Otón de Vélez 035

Actividad que realiza: Esta empresa florícola se dedica a la producción de mini rosas.

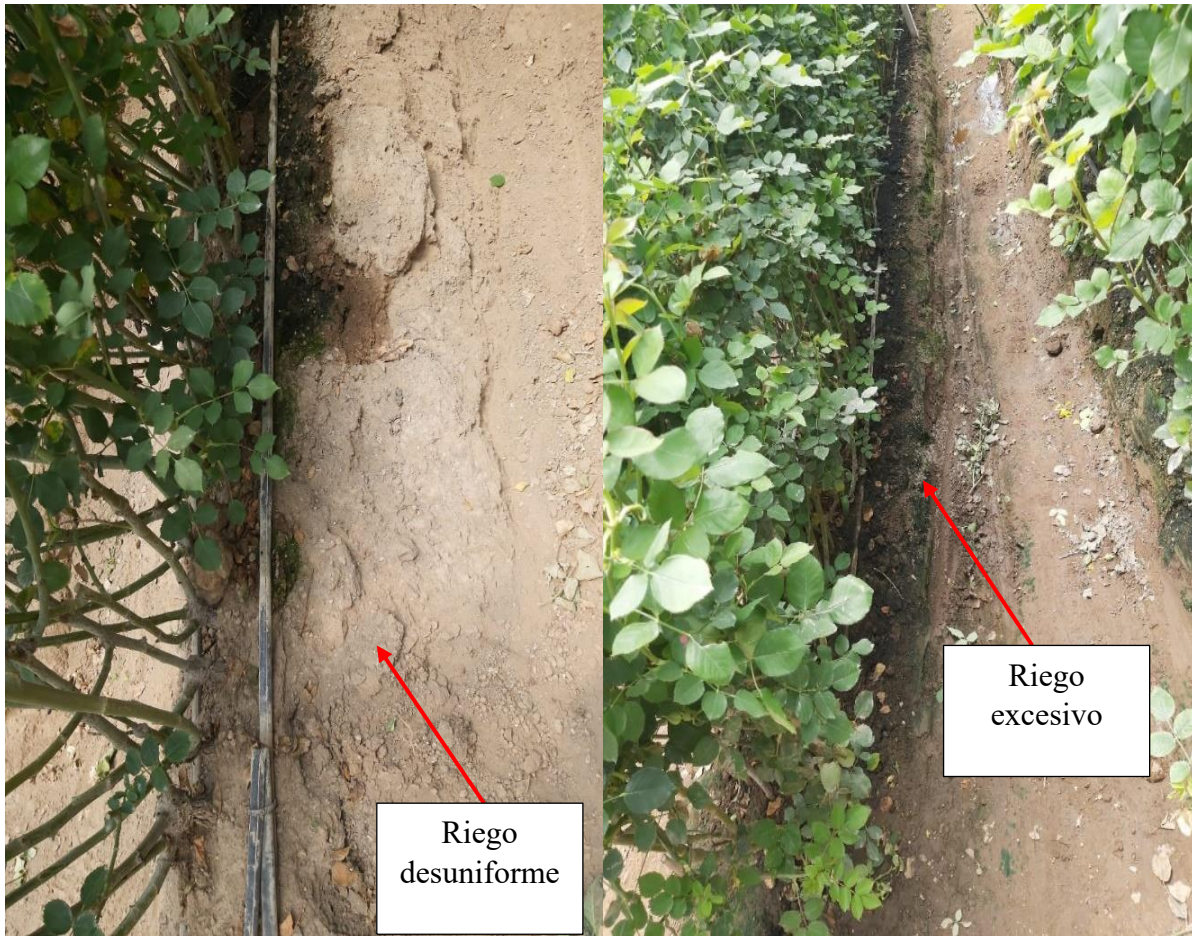
Problemática de la empresa

La **Figura 8** evidencia problemas críticos en el sistema de riego del cultivo. La ilustración del lado izquierdo se muestra. una distribución desigual del agua, con áreas que presentan baja humedad, lo que influye en el progreso y la evolución de las plantas. En contraste, la imagen de la derecha muestra un exceso de riego, generando encharcamientos que pueden provocar asfixia radicular, la proliferación de enfermedades y la pérdida de

nutrientes en el suelo. Estas deficiencias subrayan la necesidad de modernizar el sistema de riego para optimizar la distribución del agua y optimizar la utilización de los recursos hídricos.

Figura 8

Riego desuniforme en cultivos de mini rosas



Nota: La figura muestra dos problemas comunes en el manejo del riego en cultivos de mini rosas. (Propio, 2024)

Análisis de la producción de mini rosas:

Como se muestra en la **Tabla 1**, el análisis de la producción de tallos por variedad, correspondiente al período de enero a octubre de 2024, revela que la variedad Snowflake presenta el mayor volumen productivo, con un total de 617,327 tallos. Sin embargo, registra

un desperdicio de 32,506 tallos, lo que indica un nivel moderado de ineficiencia. En contraste, la variedad Yellow Babe tiene la menor producción, con 90,963 tallos, pero exhibe un nivel crítico de desperdicio, alcanzando 46,045 tallos. Esta diferencia evidencia una marcada discrepancia en la eficiencia productiva entre ambas variedades.

Tabla 1

Análisis de Producción

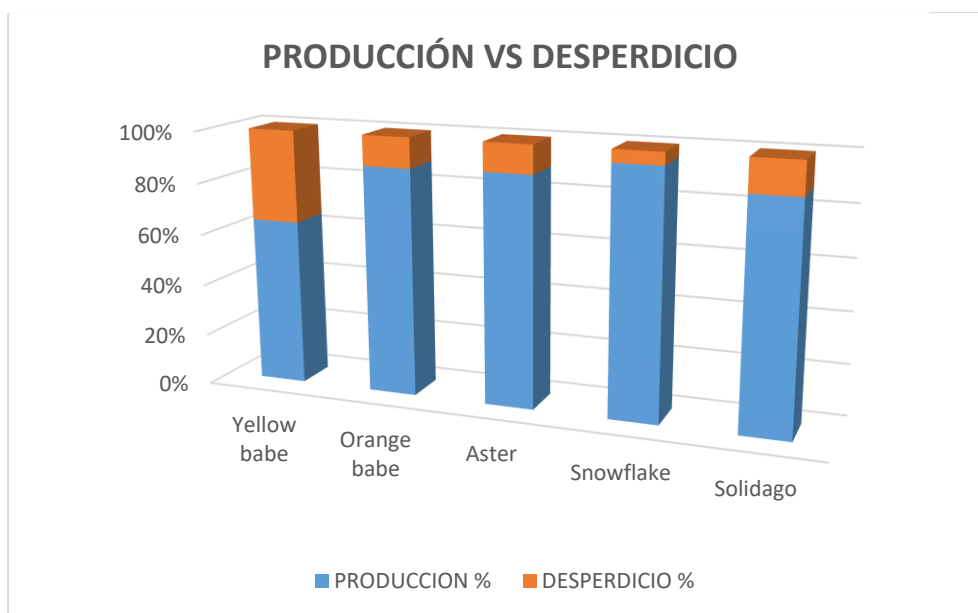
PRODUCCIÓN VS DESPERDICIOS FINCA ANTHEMON S.A.					
AÑO 2024	Yellow babe	Orange babe	Aster	Snowflake	Solidago
Producción	90,963.00	143,844.00	155,816.00	617,327.00	131,545.00
Desperdicios	46,045.00	19,137.00	19,292.00	32,506.00	19,055.00

Nota: Evaluación comparativa entre los índices de productividad y los residuos generados en las cinco variedades de mini rosas.

La Figura 9 de barras apiladas ofrece una ilustración gráfica de la proporción entre la producción y los desperdicios generados para cinco variedades de flores cultivadas por la Finca Anthemon SA en el año 2024. Se destaca que la variedad Yellow Babe presenta un porcentaje de desperdicio alto en relación con su producción total, evidenciando un significativo desequilibrio que afecta la eficiencia productiva. En contraste, las variedades Orange Babe , Aster , Snowflake y Solidago muestran una distribución más equilibrada, con una mayor proporción de su producción destinada al aprovechamiento y niveles de desperdicio que, aunque presentes, son más moderados.

Figura 9

Análisis del desperdicio por variedad.



Nota: Comparación porcentual entre producción y desperdicios en variedades de flores.

Análisis de Costos y Producción de Finca Anthemon S.A

La **Tabla 2** detalla los costos y volúmenes relacionados con la producción y los desperdicios generados por la Finca Anthemon SA durante el año 2024. En este periodo, se registró un costo total de producción de \$ 284,873.75, mientras que el costo asociado a los desperdicios alcanzó \$ 27,207.00, representando una proporción significativa a ser optimizada. Asimismo, el costo de insumos ascendió a \$262,932.94, reflejando la inversión requerida para sostener la operación productiva. En términos de volúmenes, se reportaron 1,139,495.00 unidades producidas, de las cuales 136,035.00 fueron clasificadas como desperdicio.

Tabla 2

Comparativo de insumos en costo usados en la producción de mini rosas.

PRODUCCIÓN VS DESPERDICIOS FINCA ANTHEMON S.A.					
AÑO	Costo producción	Costo desperdicios	Costo de insumos y mano de obra	Unidades desperdicio	Unidades producidas
2024	\$ 284,873.75	\$ 27,207.00	\$ 262,932.94	136,035.00	1,139.495.00

Nota: Tabla de insumos usados en la producción de mini rosas con sus respectivos costos.

Productividad usando el método Craig Harris

La productividad de la finca Anthemon SA constituye un parámetro fundamental para evaluar la eficiencia en la utilización de recursos, frente a los resultados obtenidos en términos de producción. En 2024, se registraron 136.035 tallos desechados, representando una oportunidad para reducir pérdidas y optimizar el desempeño productivo. Siguiendo el Modelo de Craig Harris, se evalúan tres elementos esenciales: recursos invertidos (mano de obra, materiales, capital), procesos internos y resultados (producción útil y desperdicios). Este enfoque busca maximizar los tallos producidos por recurso invertido mientras minimiza los desperdicios, integrando estrategias de sostenibilidad y competitividad. (Carro y González, 2021)

$$Pt = \frac{\textit{Produccion total}}{L + C + R + Q}$$

Donde:

L= Mano de obra

C= Insumos de capital

R= Refacción y materia prima

Q= Otros bienes y servicios

$$Pt = \frac{1,139,495.00}{\$ 262,932.94}$$

$$Pt = \frac{1,139,495.00}{\$ 262,932.94}$$

$$Pt = 4.33 \text{ Tallos/dólares}$$

El análisis de la productividad en la florícola Anthemon evidencia que la producción alcanza un rendimiento de 4.33 tallos por dólar. Sin embargo, se ha identificado un desperdicio total de 136.035 tallos, lo que representa una pérdida económica de \$27.207,00. Estos hallazgos subrayan la importancia de perfeccionar los procedimientos de producción, con el objetivo de minimizar el desperdicio de recursos, incrementar la eficiencia en las operaciones y aumentar la rentabilidad del cultivo.

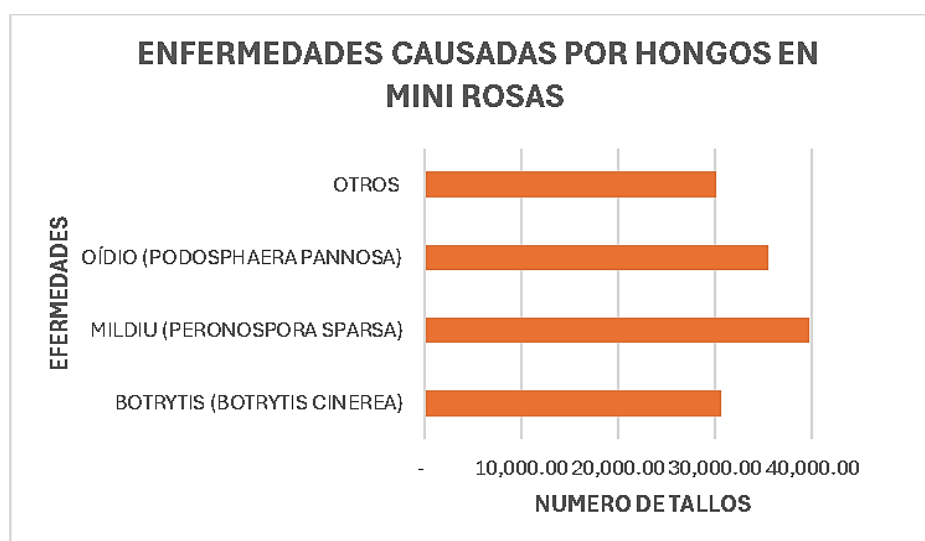
Análisis de desechos en la producción de mini rosas

Uno de los retos más importantes en el cultivo de mini rosas es gestionar de forma adecuada los residuos, ya que estos están estrechamente relacionados con la incidencia de enfermedades fúngicas. Según (Horticultura, 2020)afecciones como el botritis, el mildiu y el oídio presentan una elevada capacidad de reproducción en ambientes con alta humedad relativa. Un factor determinante que fomenta la proliferación de estas patologías en diversas variedades es la falta de control del riego, lo que genera condiciones favorables para el desarrollo de estos hongos.

La **Figura 10** presenta un análisis detallado de la cantidad de tallos afectados por cada enfermedad en las diferentes variedades cultivadas en la finca. Los datos, obtenidos a partir del registro de desechos generados durante el ciclo de cultivo, permiten identificar las variedades más vulnerables a las patologías presentes. Este análisis es una herramienta clave para diseñar estrategias de control y mitigación, optimizando la producción y reduciendo las pérdidas asociadas a enfermedades.

Figura 10

Distribución de tallos afectados Anthemon S.A



Nota: La gráfica muestra la cantidad de tallos de mini rosas afectados por distintas enfermedades causadas por hongos.

Factores óptimos que favorecen la proliferación de plagas.

Tabla 3

Factores favorables para la expansión de plagas.

Condiciones	Oidio	Mildium	Botrytis
Temperatura	59 °C	21-29 °C	12-23°C
Humedad	90-95%	>95%	85%

Como se detalla en la **Tabla 3**, las enfermedades fúngicas, como el oídio, la Botrytis y el Mildiu, proliferan bajo condiciones ambientales específicas. El oídio se desarrolla en temperaturas moderadas (21.11-29.44 °C), alta humedad nocturna (>95%) y poca luz, condiciones típicas de primavera y otoño. Por su parte, la Botrytis prospera en niveles de humedad superiores al 85%, requiere la presencia de agua durante 8-12 horas, se lleva a cabo dentro de un intervalo de temperatura de (15.5-23.89 °C). Esta enfermedad se dispersa a

través del aire y el agua, mientras que sus estructuras resistentes pueden sobrevivir en el suelo, lo que facilita su persistencia en el cultivo (Sela, 2024).

Según algunos autores, cuando la humedad relativa desciende por debajo del 60 %, ciertas plantas pueden verse afectadas con problemas fisiológicos, como botones florales deformados, hojas más pequeñas, menor crecimiento e incluso la pérdida total del follaje. Por otro lado, si la humedad es demasiado alta, se crea un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades (Yong, 2004).

Estudio de datos, maquinarias existentes.

Sistema de Bombeo actual

El sistema de bombeo actual en la Florícola Anthemon está conformado por una bomba eléctrica de la marca Evans, modelo CP680C, que posee una potencia de 4 kW (equivalente a 5.5 HP). Esta bomba tiene la capacidad de generar un caudal de 460 litros por minuto (27.6 m³/h) y opera a una tensión nominal de 220 V CA, como se observa en la **Figura 11**. El sistema de riego está diseñado con un recorrido de tubería de 50 metros de 160 mm de diámetro, el cual se reduce a 125 mm para optimizar la velocidad del flujo en un tramo de 20 metros. A continuación, el agua pasa a través de una válvula principal de 4 pulgadas, encargada de regular el paso del flujo. En el tramo final, la tubería se reduce a 110 mm para asegurar una distribución eficiente del riego, extendiéndose por aproximadamente 145 metros. Cada variedad de mini rosas es regada mediante dos válvulas de 50 mm de diámetro, las cuales son responsables de distribuir el agua a las camas de cultivo. En total, cada válvula cubre alrededor de 11 camas de riego. Las camas tienen un ancho de 1 metro y una longitud de 44 metros, y están equipadas con tres cintas de goteo, cuya separación entre goteros es de 20 centímetros. Cada gotero tiene un caudal de 1.5 litros por hora, lo que permite un suministro preciso y constante de agua a las plantas.

Figura 11

Sistema de bombeo para la producción de mini rosas.



Nota: La imagen ilustra el modelo de bomba de riego utilizada actualmente para el riego de las mini rosas, información obtenida de la empresa.

Cálculo del Caudal del Sistema de Riego de la Florícola Anthemon S.A.

Donde;

Número de camas :104

Dimensione de la cama: 44 metros x 1 metros

Líneas de goteo por cama: 3

Distancia entre gotero: 0.20 cm

Caudal del gotero: 1.5 litros/hora

$$Q = \left(\frac{0.20\text{cm}}{44\text{mts}} \right) * 1.5 \frac{\text{lt}}{\text{h}} * 3 \text{ líneas de goteo} * 104 \text{ camas} \quad (1)$$

$$Q = 102,96 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Tabla 4*Distribución de riego por tipos de cultivos.*

Tipo	N.º camas	N.º válvulas	Longitud/mts	# de goteros	# de mangueras	Caudal por válvula m ³ /h
Yellow babe	11	2	44	220	3	10.89
	11		44	220	3	10.89
Orange babe	10	2	44	220	3	9.9
	10		44	220	3	9.9
Aster	10	2	44	220	3	9.9
	10		44	220	3	9.9
Snowflake	11	2	44	220	3	10.89
	11		44	220	3	10.89
Solidado	10	2	44	220	3	9.9
	10		44	220	3	9.9
TOTAL						102.96 m³/h

Nota: La tabla presenta la distribución detallada de los volúmenes de riego, expresados en litros por minuto, correspondientes a cada tipo de cultivo.

Como se observa en la **Tabla 4**, el sistema de riego actual necesita un caudal total de 102.96 m³/h para asegurar que el agua llegue de manera adecuada a todas las plantas. Sin embargo, al revisar el sistema, se descubrió que la bomba instalada solo puede generar 27.6 m³/h, lo que no es suficiente para cubrir las necesidades de riego. Esta falta de capacidad en la bomba obliga a hacer ajustes manuales, como cerrar válvulas, para intentar compensar el caudal bajo. Esto no solo alarga el tiempo necesario para regar las plantas, sino que también compromete el desempeño del sistema, dado que se usa más tiempo y agua de lo necesario para cumplir con el riego.

Sistema de almacenamiento de agua

El reservorio con forma de tronco de cono teniendo una base mayor de 18 metros, una base menor de 15 metros y una profundidad de 6 metros, se alimenta de agua cada dos días por medio del canal de riego denominado "El Pisque". Este sistema garantiza un suministro constante y confiable para cubrir las necesidades hídricas del cultivo, tal y como se aprecia en la **Figura 12**.

Figura 12

Reservorio de almacenamiento de agua



Nota: Reservorio de almacenamiento de agua para riego de mini rosas. (Propio, 2024).

Cálculo capacidad de almacenamiento de agua en reservorio

Fórmula del Volumen de un Tronco de Cono

$$V = \frac{1}{3}\pi h(r_1^2 + r_1r_2 + r_2^2) \quad (2)$$

Donde:

V ; Es el volumen del tronco de cono (reservorio),

h ; Es la altura del tronco de cono (en metros),

r_1 ;Es el radio de la base mayor (en metros),
 r_2 ; Es el radio de la base menor (en metros),
 π ; Es una constante, cuyo valor es aproximadamente 3.1416.

$r_1 = 18$ metros $\rightarrow 9$ mts

$r_2 = 15$ metros $\rightarrow 7.5$ mts

$h = 6$ metros

$$V = \frac{1}{3}\pi * 6 * (9^2 + 9 * 7.5 + 7.5^2)$$

$$V = \frac{1}{3}\pi * 6 * (81 + 9 * 7.5 + 56.25)$$

$$V = \frac{3856.52}{3}$$

$$V = 3856.52m^3$$

El análisis de productividad en la finca Anthemon evidencia que el rendimiento actual es de 4 tallos por dólar estadounidense, lo que equivale a un costo aproximado de \$0.25 por rosa. Sin embargo, se ha identificado un desperdicio elevado de 136,035 tallos, lo que genera una pérdida económica de \$27,207.00, impactando significativamente la rentabilidad del cultivo. Además, el uso de agua en los procesos de riego alcanza un total de 41,184 litros por minuto, con una frecuencia de dos aplicaciones diarias de 12 minutos cada una, se propone la integración de un sistema de riego automatizado e inteligente basado en tecnologías IoT, que facilitará la gestión eficiente del recurso hídrico, disminuirá los gastos operativos y contribuirá a la sostenibilidad del cultivo.

Área de estudio:

Tabla 5

Lineamientos del área de estudio

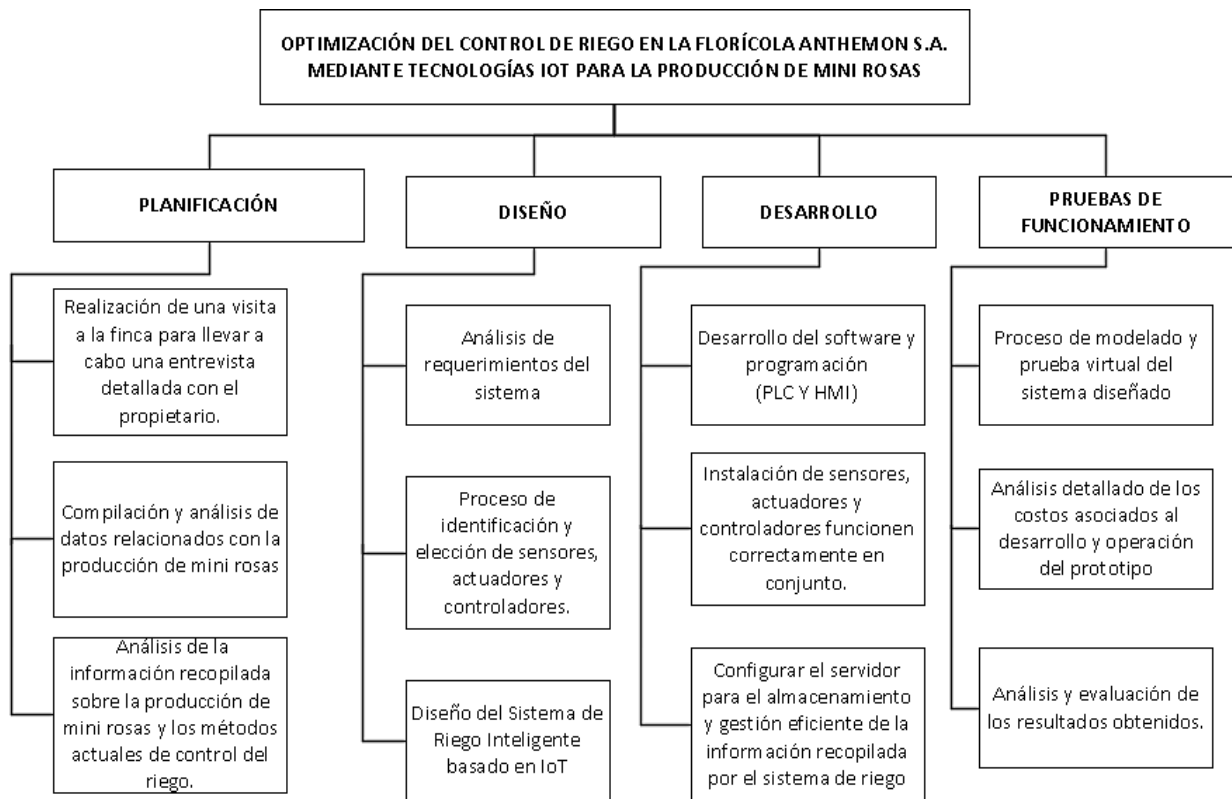
Área de estudio	Delimitación del objetivo de estudio
Dominio	Tecnología y sociedad
Línea de investigación	Automatización y redes
Campo	Industria 4.0 /agricultura 4.0
Área	Automatización
Aspecto	Sistema de riego inteligente
Objetivo	Mejorar la productividad de mini rosas en la florícola Anthemon, basado al IOT.
Periodo de análisis	Septiembre 2024 -febrero 2025

El enfoque del análisis radica en la adopción de sistemas inteligentes vinculados mediante el Internet de las Cosas (IoT) en la florícola Anthemon, orientado a mejorar la eficiencia del sistema de riego existente en sus cultivos. Esta solución tecnológica busca tanto la calidad de mejorar el control de riego más eficiente y un monitoreo preciso de las condiciones del cultivo.

Modelo operativo

Figura 13

Diseño del modelo operativo propuesto para el desarrollo del proyecto.



Nota: Esquema detallado de las etapas clave para la optimización del control de riego en la Florícola Anthemon S.A. mediante tecnologías IoT para la producción de mini rosas. (Propio A. , Diagrama de las fases en el diseño del sistema de riego., 2025)

Planificación del sistema

Comienza con una visita al lugar y una entrevista con el propietario para recoger datos de primera mano sobre las condiciones vigentes y las estrategias de gestión. A continuación, se procede a examinar las estadísticas de producción para medir el desempeño, y posteriormente se lleva a cabo un análisis. de la maquinaria, los registros históricos y las características del terreno, a fin de comprender a fondo los recursos y las condiciones

operativas. Este proceso integral sienta un fundamento firme para detectar oportunidades de mejora y optimizar las operaciones productivas.

Diseño del sistema

Se describe en el capítulo 3, desarrollando el diseño de planos, que representa gráficamente la estructura del sistema y define la ubicación exacta de cada componente, permitiendo visualizar cómo interactuarán entre sí. Por lo tanto, se identifican los equipos necesarios, como sensores y actuadores, que son fundamentales para el desempeño adecuado del sistema, por ende, la selecciona de software de comunicaciones IoT, el cual es esencial para interconectar los componentes y gestionar su interacción, facilitando una operación continua y un monitoreo en tiempo real.

Desarrollo del sistema

Se empezará con la programación del dispositivo de control, que abarca tanto el PLC como la interfaz HMI, donde se define la lógica de funcionamiento del sistema y se establece la forma en que el usuario interactuará con él, asegurando que cumpla con las necesidades operativas, además, se realiza la simulación del sistema, donde nos permite observar virtualmente su comportamiento en diversos escenarios y condiciones operativas, llevan a cabo pruebas de funcionamiento mediante el simulador, lo que facilita la evaluación y ajuste del rendimiento del sistema.

Pruebas de funcionamiento

La etapa de pruebas de funcionamiento del prototipo busca asegurar que todo opere correctamente y cumpla con los objetivos establecidos. Se inicia verificando la conectividad entre sensores, actuadores y controladores, garantizando que los datos se transmitan sin interrupciones. Luego, se evalúan los sensores para comprobar su precisión y calibración, mientras que los actuadores se prueban para medir su respuesta a los comandos. Una vez integrados todos los componentes, se simulan escenarios reales para evaluar el rendimiento

del sistema completo. Finalmente, se documentan los resultados, se realizan ajustes necesarios y se optimiza el funcionamiento del prototipo para garantizar su eficiencia.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Desarrollo de la propuesta:

Se propone la creación de un sistema de riego automatizado utilizando tecnología IoT, con el objetivo fundamental de asegurar una irrigación precisa y eficiente, al tiempo que mejora la productividad en el cultivo de mini rosas en la Florícola Anthemon S.A., ubicada en la parroquia de Pifo. Este sistema integrará sensores de humedad y un caudalímetro, herramientas esenciales para llevar a cabo un control de alta precisión y adaptable a las condiciones hídricas específicas del cultivo. Este proyecto incluye un enfoque riguroso en la validación de datos, donde las mediciones proporcionadas por los sensores de humedad serán comparadas con valores obtenidos manualmente mediante un hidro termómetro digital. Este procedimiento busca garantizar la precisión de las lecturas y, a su vez, incrementar la confiabilidad del sistema, la implementación de monitoreo en tiempo real, permitiendo una supervisión continua de las condiciones del riego. Esta capacidad de monitoreo no solo facilitará la recopilación de datos sobre la humedad del suelo y el uso diario de agua. Además, también proporcionará información estratégica para una gestión hídrica más sostenible.

Metodología

El uso del enfoque Top-Down en la planificación de un sistema automático de riego inteligente para una florícola asegura un desarrollo sistemático y eficiente. Este enfoque se basa en partir de una visión global del proyecto, desglosándola en componentes específicos que se diseñan, implementan y verifican de manera progresiva. De esta forma, se garantiza que la solución final sea técnicamente funcional

La estructura metodológica planteada el desarrollo del proyecto se estructura en las siguientes etapas:

Planificación: Analizar y definir los requerimientos específicos del usuario, asegurando una comprensión integral de las necesidades del sistema.

Diseño: Establecer el enfoque técnico y metodológico para implementar el proyecto, detallando cada componente y su funcionamiento.

Desarrollo: Materializar la propuesta mediante la construcción del sistema, integrando los elementos tecnológicos y operativos definidos en la etapa previa.

Pruebas de funcionamiento del simulador: Realizar pruebas experimentales bajo condiciones reales, garantizando el logro de las metas establecidas y la presentación del sistema al usuario para su evaluación y validación final.

Planificación

El agrónomo destacó la importancia de monitorear constantemente una humedad del suelo del 70 al 80% para prevenir plagas y enfermedades. Además, se identificó un alto desperdicio de cierto cultivo de mini rosas, esto pone de manifiesto la importancia de integrar un sistema de riego automatizado e inteligente sustentado en tecnología IoT. Dicha solución posibilitará la regulación del riego en tiempo real, el monitoreo continuo de parámetros clave como la humedad del suelo y el consumo diario de agua, y la mejora del cultivo, reduciendo desperdicios y aumentando la productividad de la florícola.

Tabla 6

Condiciones apropiadas para el cultivo de Mini Rosas

Condiciones apropiadas para la producción de mini rosas	
Humedad del suelo	70 a 80%
Caudal por válvula	170 a 180 litros/min

Nota: Parámetros óptimos para la producción de mini rosas, de acuerdo con el Ingeniero agrónomo de la finca Anthemon.

Identificar los equipos a usar en el diseño

Esta etapa permite asegurar que los equipos cumplan con las especificaciones técnicas y operativas planificadas, garantizando así la efectividad y eficiencia del sistema de riego.

Bomba centrífuga

Para determinar la bomba adecuada para el riego del cultivo de mini rosas, es imprescindible calcular el caudal requerido para el sistema. Según la información mostrada en la **Tabla 4**, se establece que el caudal necesario de la bomba debe ser de 102.96 m³/h. Este requerimiento debe complementarse con el análisis de las particularidades del sistema de riego, ya que este opera por variedades de mini rosas, debido a que cada una presenta necesidades hídricas específicas. El tiempo de riego estimado es de 12 minutos por válvula. Además, para garantizar el desempeño óptimo del sistema, se deben incorporar al análisis los cálculos relacionados con las pérdidas hidráulicas asociadas al sistema, los cuales se presentan a continuación.

Datos Iniciales

Tuberías:

Tubería 1 (principal):

- Longitud (L1) = 50 mts
- Diámetro (D1) = 160 mm = 0.16m

Tubería 2 (secundaria):

- Longitud (L2) = 200 m.
- Diámetro (D2) = 125 mm = 0.125m

Caudal total en el sistema hidráulico de riego

$$Q = 1.176 \frac{l}{min}$$

$$Q = 0.0286 \frac{m^3}{s}$$

Propiedades del agua:

Densidad = 1,000 kg/m³.

Viscosidad cinemática = $1 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}$

Rugosidad de las tuberías = 0.000045 m.

Gravedad : $9.81 \frac{m}{s^2}$

Velocidades del Flujo

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (4)$$

Tubería 1 de 160mm

$$A1 = \frac{\pi \cdot (0.16)^2}{4} = 0.02011m^2$$

$$v1 = \frac{0.0286}{0.02011m^2} = 1.42 \frac{m}{s}$$

Tubería 2 de 125mm

$$A1 = \frac{\pi \cdot (0.125)^2}{4} = 0.01227m^2$$

$$v1 = \frac{0.0286}{0.01227m^2} = 2.33 \frac{m}{s}$$

Número de Reynolds

Tubería 1 (160mm)

$$Re = \frac{v \cdot D1}{\nu} \quad (5)$$

$$Re1 = \frac{1.42 \times 0.16}{1 \times 10^{-6}} = 227.200$$

Tubería 2 (125mm)

$$Re_2 = \frac{2.33 \times 0.125}{1 \times 10^{-6}} = 291.250$$

Ambos flujos son turbulentos ($Re > 4000$)

Coefficiente de fricción (Swamee-Jain)

Tubería 1 (160mm)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\epsilon}{3.7xD} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (6)$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{0.000045}{3.7 \times 0.16} + \frac{5.74}{227200^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.020$$

Tubería 2 (125mm)

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\epsilon}{3.7xD} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{0.000045}{3.7 \times 0.125} + \frac{5.74}{291250^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.021$$

Pérdidas en tuberías rectas (Darcy-Weisbach)

Tubería 1 (160mm)

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

$$h_{f1} = 0.020 \cdot \frac{50}{0.16} \cdot \frac{(1.42)^2}{2(9.81)}$$

$$h_{f1} = 0.020 \times 312.5 \times 0.103$$

$$h_{f1} = 0.64 \text{ m}$$

Tubería 2 (125mm)

$$h_{f2} = 0.021 \cdot \frac{200}{0.125} \cdot \frac{(2.33)^2}{2(9.81)}$$

$$h_{f2} = 0.021 \times 1600 \times 0.277$$

$$h_{f2} = 9.31 \text{ m}$$

Pérdidas por resistencia localizada en accesorios

Figura 14

Tabla de reducciones de presión del sistema

Diámetro D		Codo 90°			Codo 90°		Codo 90°		Curva 90°		Curva 90°		Curva 45°	Entrada normal	Entrada de flota	Válvula de compuerta abierta	Válvula tipo globo abierta	Válvula de ángulo abierta	paso directo	salida lateral	salida bilateral	Válvula de pie	Salida de tubería	Válvula de retención tipo llanura	Válvula de retención tipo pecudo
mm	pulg.	Radio largo	Radio medio	Radio corto	Codo 45°	$R/D - 1$	$\frac{1}{2} R/D - 1$	$R/D - 1$	$\frac{1}{2} R/D - 1$	$R/D - 1$	$\frac{1}{2} R/D - 1$	$R/D - 1$	$\frac{1}{2} R/D - 1$												
13	1/2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.4	0.1	4.9	2.6	0.3	1.0	1.0	3.6	0.4	1.1	1.6				
19	3/4	0.4	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.5	0.1	6.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.6	0.5	1.6	2.4					
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2	8.2	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3	0.7	2.1	3.2					
32	1 1/4	0.7	0.9	1.1	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.9	0.2	11.3	5.6	0.7	2.3	2.3	10.0	0.9	2.7	4.0					
38	1 1/2	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	1.0	0.3	13.4	6.7	0.9	2.8	2.8	11.6	1.0	3.2	4.8					
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.6	0.9	0.4	0.7	1.5	0.4	17.4	8.5	1.1	3.5	3.5	14.0	1.5	4.2	6.4					
63	2 1/2	1.3	1.7	2.0	0.9	0.8	1.0	0.5	0.9	1.9	0.4	21.0	10.0	1.3	4.3	4.3	17.0	1.9	5.2	8.1					
75	3	1.6	2.1	2.5	1.2	1.0	1.3	0.6	1.1	2.2	0.5	26.0	13.0	1.6	5.2	5.2	20.0	2.2	6.3	9.7					
100	4	2.1	2.8	3.4	1.5	1.3	1.6	0.7	1.6	3.2	0.7	34.0	17.0	2.1	6.7	6.7	23.0	3.2	6.4	12.9					
125	5	2.7	3.7	4.2	1.9	1.6	2.1	0.9	2.0	4.0	0.9	43.0	21.0	2.7	8.4	8.4	30.0	4.0	10.4	16.1					
150	6	3.4	4.3	4.9	2.3	1.9	2.5	1.1	2.5	5.0	1.1	51.0	26.0	3.4	10.0	10.0	39.0	5.0	12.5	19.3					
200	8	4.3	5.5	6.4	3.0	2.4	3.3	1.5	3.5	6.0	1.4	67.0	34.0	4.3	13.0	13.0	52.0	6.0	16.0	25.0					
250	10	5.5	6.7	7.9	3.8	3.0	4.1	1.8	4.5	7.5	1.7	85.0	43.0	5.5	16.0	16.0	65.0	7.5	20.0	32.0					
300	12	6.1	7.9	9.5	4.6	3.6	4.8	2.2	5.5	9.0	2.1	102.0	51.0	6.1	19.0	19.0	78.0	9.0	24.0	38.0					
350	14	7.3	9.5	10.5	5.3	4.4	5.4	2.5	6.2	11.0	2.4	120.0	60.0	7.3	22.0	22.0	90.0	11.0	28.0	45.0					

* Los valores indicados para válvulas tipo globo se aplican también a llaves para regaderas y válvulas o llaves de descarga.

Fuente: Azevedo, Alvarez. *Manual de hidráulica*, Harla, México, 1975.

Nota: La gráfica muestra las pérdidas de carga localizadas en accesorios dentro de un sistema de riego (Alvarez, 2020)

Tabla 7

Tabla de pérdidas de presión específicas en las conexiones y componentes.

Accesorios	Cantidad	Coefficiente de perdida
Codos 160mm a 90°	3	6.4
Codos 125mm a 90°	3	4.2
Válvula de compuerta 5"	1	0.9
Válvulas de control 2"	10	0.4

Nota: La tabla muestra las pérdidas de carga localizadas dentro de un sistema de riego, obtenidas de la figura 14, elaborado por el autor

$$h_a = \sum k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Codos (160mm)

$$h_{a1} = 3 \times 6.4 \frac{(1.42)^2}{2(9.81)}$$

$$h_{a1} = 3 \times 6.4 \times 0.103$$

$$h_{a1} = 1.97 \text{ m}$$

Codos (125mm)

$$h_{a2} = 3 \times 4.2 \frac{(2.33)^2}{2(9.81)}$$

$$h_{a2} = 3 \times 4.2 \times 0.277$$

$$h_{a2} = 3.49 \text{ m}$$

Válvula de compuerta de paso

$$h_{vm} = 0.9 \frac{(2.33)^2}{2(9.81)}$$

$$h_{vm} = 0.9 \times 0.277$$

$$h_{vm} = 0.25 \text{ m}$$

Válvulas de control

$$h_{vm} = 10 \times 0.4 \frac{(2.33)^2}{2(9.81)}$$

$$h_{vm} = 10 \times 0.4 \times 0.277$$

$$h_{vm} = 1.11\text{m}$$

Pérdida total del sistema

$$h_t = hf_1 + hf_2 + ha_1 + ha_2 + h_{vm} + h_{valv} \quad (9)$$

$$h_t = 0.64 + 9.31 + 1.97 + 3.49 + 0.25 + 1.11$$

$$h_t = 16.77 \text{ metros de columna de agua}$$

Se debe buscar la opción de una bomba centrífuga que cumpla con los requerimientos calculados anteriormente, se requiere un caudal de 102.96 m³/h y una altura dinámica de 16.77 metros de columna de agua.

Cálculo potencia de la bomba

Densidad del agua(ρ): $1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

Gravedad (g): $9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Caudal (Q) : $102.96 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

HTD :16.77 m (altura dinámica total)

$\eta = 0.8$ (eficiencia típica de la bomba)

$$P = \frac{P \times g \times Q \times \text{HTD}}{\eta} \quad (10)$$

$$P = \frac{1000 \times 9.81 \times 0.0286 \times 16.77}{0.8}$$

$$P = \frac{4,705.09}{0.8}$$

$$P = 5881.36 W$$

$$P = 5,88KW$$

Convirtiendo kW A HP

$$P(PH) = \frac{P(kW)}{0.746} \quad (11)$$

$$P(PH) = \frac{5.88}{0.746}$$

$$P(PH) = 7.88 HP$$

Según los cálculos realizados, el sistema de riego de la Florícola Anthemon S.A. necesita una bomba con una capacidad de 102 m³/h para asegurar un suministro eficiente de agua, cubriendo las necesidades del cultivo y garantizando un riego uniforme que favorezca el desarrollo óptimo de las plantas. En la **Figura 15** se presentan las curvas de desempeño de la bomba, a partir de las cuales es posible apreciar que para un caudal de 102 m³/h y una altura dinámica total de 16.77 metros de altura, la bomba seleccionada es el modelo HF30B, que se ajusta perfectamente a los requerimientos del sistema.

Parámetros nominales Bomba Centrífuga

Selección técnica adecuada de los elementos que conformarán el sistema de riego inteligente, es indispensable determinar con precisión la corriente nominal de operación del motor.

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \quad (12)$$

$$In = \frac{7500}{1.73 \times 220 \times 0.8}$$

$$I_n = 24.63 \text{ Amp}$$

Tabla 8

Parámetros de la bomba centrífuga

Potencia	7.5 KW
Voltaje	220 Vac
Número de fases	3
Frecuencia	60 Hz
Amperaje	24.63
Grado de protección	IP 55
Tipo de aislamiento	Clase A (105 °C)
Régimen de trabajo	Continuo

Nota: Parámetros que requiere el diseño del motor de la bomba a usar en el sistema de riego automático.

La bomba está diseñada para operar en un sistema trifásico de 220 V a 60 Hz, con una potencia nominal de 5,88 kW, lo que la hace adecuada para aplicaciones industriales de baja tensión. Dispone de un grado de protección IP55, que asegura resistencia frente al ingreso de polvo y chorros de agua, permitiendo su funcionamiento en entornos con condiciones ambientales exigentes. Además, incorpora un aislamiento térmico Clase A, con capacidad de soportar temperaturas de hasta 105 °C, lo que garantiza un desempeño eficiente y seguro bajo regímenes de operación estándar (Elan, 2022).

Figura 15

Tabla de eficiencia de la bomba centrífuga.

TIPO		POTENCIA (P ₂)		1~3~	Q	m ³ /h															
Monofásico	Trifásico	kW	HP			0	12	18	24	30	36	42	48	60	66	72	102	114	144		
HFm 4	HF 4	0.75	1	IE2 IE3	H m	9.8	9.5	9	8.5	7.6	6.6	5.4	4								
HFm 6C	HF 6C	1.1	1.5			12	12	11.8	11.4	10.8	10	9	7.6	4							
HFm 6B	HF 6B	1.5	2			14.8	14.8	14.6	14.2	13.6	12.8	11.8	10.5	7.2	5						
HFm 6A	HF 6A	2.2	3			18.5	18	17.8	17.4	16.8	16	15	13.7	10.4	8.4	6					
-	HF 8B	3	4			21.5	21.5	21.4	21	20.7	20	19	17.8	14.3	12	9					
-	HF 8A	4	5.5			24.5	24.5	24.4	24	23.6	23	22	21	17.7	15.6	13					
-	HF 20B	3	4			19	-	-	19	18.8	18.4	18	17.5	16	15.2	14.2	7				
-	HF 20A	4	5.5			21.5	-	-	21.5	21.3	21	20.5	20	18.5	17.6	16.6	10				
-	HF 30B	5.5	7.5			18	-	-	-	-	18	17.9	18	17.6	17.4	17.2	15.3	14.2	10		
-	HF 30A	7.5	10			23	-	-	-	-	23	23	22.8	22.6	22.4	22.2	20.4	19.2	15		

Nota: Tabla de especificaciones de la bomba HF30A obtenida de (Pedrollo, 2024)

Figura 16

Bomba centrífuga eléctrica



Nota: La gráfica muestra el tipo de bomba a ser usada en el sistema de riego inteligente, obtenida de (Pedrollo, 2024)

Electrobomba de alto rendimiento diseñada para operar en régimen continuo, adecuada para riego por gravedad o aspersión, y bombeo desde fuentes naturales. Su uso se recomienda en sectores agrícola y civil. Ofrece grandes caudales a alturas medio-bajas y debe instalarse en lugares cerrados o protegidos de la intemperie para mayor durabilidad. (SA, 2024)

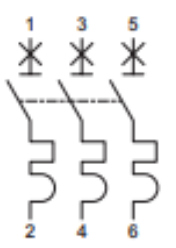
Interrupor Termomagnético

- Selección de disyuntor calculando con margen de seguridad

$$I_{ps} = 1.25 \times 24.63 = 30.78 \text{ Amp} \quad (13)$$

Figura 17

Tabla de amperajes normalizados para un disyuntor

Interruptores termomagnéticos		
Tipo	Corriente (In)	Curva C, 6 kA
	6	EZ9F56306
	10	EZ9F56310
	16	EZ9F56316
	20	EZ9F56320
	25	EZ9F56325
	32	EZ9F56332
	40	EZ9F56340
	50	EZ9F56350
	63	EZ9F56363

Nota: La figura muestra la lista de amperajes normalizados por la comercializadora Schneider, obtenida de (Electric, 2024)

Dado que no se dispone de un disyuntor de 24,63 amperios, se ha seleccionado uno de 32 amperios para el circuito eléctrico de fuerza como muestra la **Figura 17**, ya que se acerca al dato calculado con el factor de corrección requerido para el diseño del circuito.

Figura 18

Breaker de Riel, 32 amperios



Nota: Dispositivo de protección a sobrecargas, información obtenida de (Electric, Schneider Electric, 2025)

Contactor de control

Selección del contactor magnético

$$I_{ct} = 1.08 \times 24.63 = 26.60 \text{ Amp} \quad (14)$$

Para la selección adecuada de un contactor que controle un motor con una corriente nominal de 24.63 A, se debe aplicar un factor de sobredimensionamiento del 8% (1.08), en concordancia con los lineamientos establecidos por la norma IEC 60947-4-1. Esta consideración técnica permite incorporar un margen de seguridad ante posibles fluctuaciones de carga y variaciones térmicas propias del sistema. El cálculo arroja un valor de 26.60 A, el cual se utiliza como referencia para dimensionar el equipo de protección. Dado que el calibre comercial inmediato superior es de 32 A, se recomienda la implementación de un contactor con dicha capacidad.

Figura 19

Tabla de corriente contactores contactor magnético.

Aplicaciones		Todo tipo de automatismos					
							
Corriente asignada de empleo	le máx. AC-3 (Ue ≤ 440 V)	9 A	12 A	18 A	25 A	32 A	38 A
	le AC-1 (θ ≤ 60 °C)	20/25 A		25/32 A	25/40 A	50 A	
Tensión asignada de empleo		690 V en ~ y =					
Número de polos		3 o 4	3 o 4	3 o 4	3 o 4	3	
Potencia asignada de empleo en AC-3	220/240 V	2,2 kW	3 kW	4 kW	5,5 kW	7,5 kW	9 kW
	380/400 V	4 kW	5,5 kW	7,5 kW	11 kW	15 kW	18,5 kW
	415/440 V	4 kW	5,5 kW	9 kW	11 kW	15 kW	18,5 kW
	500 V	5,5 kW	7,5 kW	10 kW	15 kW	18,5 kW	18,5 kW
	660/690 V	5,5 kW	7,5 kW	10 kW	15 kW	18,5 kW	18,5 kW
	1000 V	-	-	-	-	-	-

Nota: Tabla de contactores magnéticos y sus características. (Electric, 2025)

Figura 20

Contactor de 32 amp



Nota: Elemento de control industrial, (contactor), figura obtenida de (Electric, 2025)

Relé enchufable

El 7RQ01000AC00 es un dispositivo, equipado con 5 pines, ofrece configuraciones flexibles y es capaz de soportar corrientes de hasta 6 amperios a un voltaje de 24 Vac. Su diseño compacto no solo simplifica la instalación, sino que también facilita su reemplazo en aplicaciones automatizadas o paneles de control.

Figura 21

Relé enchufable Siemens de 5 pines, 6 A y 24 Vac



Nota: Relé modular Siemens diseñado para automatización y control de circuitos eléctricos (LABS, 2025).

Fuente de alimentación modelo S-240-24

La fuente de alimentación está diseñada para transformar corriente alterna (AC) de entrada, en un rango de 110V a 220V $\pm 15\%$, en corriente directa (DC) de 24V, entregando una corriente máxima de 10A y una potencia de 240W.

Figura 22

Fuente (voltaje) 220/110v a 24v 10 Amp



Nota: Este equipo es ideal para suministrar energía estable y confiable a dispositivos electrónicos, como sistemas de control riego. (Electrostore, 2019)

Fuente de 110 VAC a 5 VDC, 3Amp.

Esta fuente transforma la energía de la red eléctrica mediante un circuito interno que reduce el voltaje de entrada de 110 VAC y lo convierte en 5 VDC.

Figura 23

Fuente de 110 VAC a 5 VDC,



Nota: Se utiliza un transformador y un regulador para garantizar una salida estable, protegida contra variaciones de corriente. (Led, 2025)

Porta fusible Carril DIN - 1 Fusible 6 x 32 mm

La porta fusible está diseñada para proteger circuitos eléctricos y electrónicos. Su función es albergar fusibles de 6 x 32 mm de máximo 7.5 amperios como lo muestra en la (18, los cuales interrumpen el flujo de corriente en caso de sobrecargas o cortocircuitos.

$$I_{\text{fusible}} = 1.25 * 6 \text{ Amp} = 7.5 \text{ Amp} \quad (15)$$

Figura 24

Porta fusible 0 a 10 amp



Nota: Este componente asegura el sistema eléctrico de control y su correcto funcionamiento (Electronics, 2021).

Cable calibre 10 AWG ,3 hilos cobre (Termoplástico)

La sección transversal del conductor que debe llevar.

$$I_c = \frac{1.25 * I_n}{FT * FC}$$

Donde:

In: Corresponde a la corriente nominal del sistema.

FC (Factor de Corrección por Agrupamiento de Conductores): Es el coeficiente que ajusta la capacidad de conducción de corriente en función del número de conductores activos instalados en un mismo ducto o canalización. En este caso, se adopta un valor unitario (1.00), ya que el número de conductores activos es tres.

FT (Factor de Corrección por Temperatura Ambiente): Representa el ajuste aplicado a la corriente admisible del conductor según la temperatura del entorno en el que opera. Se considera un valor de 1.00, dado que la temperatura de trabajo se encuentra dentro del intervalo de 0 °C a 30 °C.

$$I_c = \frac{1.25 * 24.63}{1.00 * 1.00}$$

$$I_c = 30.78 \text{ Amp}$$

Figura 25

Tabla de capacidad de conductor por numeración

Tamaño o designación	Capacidad de conducción de corriente*		
	Amperes		
AWG/kcmil	60°C	75°C	90°C
14	15	20	25
12	20	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
2	95	115	130
1	110	130	150

Nota: La tabla muestra capacidad de conducción de corriente (Viakon, 2020)

Se elige el aislamiento de Termoplástico (T) ya que este tipo de aislante soporta 60 °C, por lo tanto, se lo usaría en lugares secos.

Figura 26

Cable termoplástico (3x8)



Nota: Cable flexible 3 hilos, imagen sustraída de (Ingelcom, 2024)

Electroválvula

La electroválvula es una pieza fundamental en las instalaciones de riego automatizados, diseñado para controlar y mantener el flujo de agua. Funciona mediante un electroimán que, al recibir una señal eléctrica, activa un mecanismo que permite abrir o cerrar la válvula, controlando así el paso del agua como muestra la **Figura 27**. En este proyecto, se seleccionó una electroválvula con una capacidad de 35 m³/h, como se muestra en la **Tabla 4**, en el cual se especifica. el caudal necesario para cubrir las necesidades del área, asegurando un suministro uniforme y eficiente.

Figura 27

Tabla de desempeño hidráulico para válvulas.

		20 mm	25 mm	35 mm	50 mm	65 mm	80 mm	80 mm	100 mm	100 mm	160 mm
		3/4"	1"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	3" HF	4"	4" HF	6"
Caudal de diseño*	m ³ /h	4	8	35	40	45	50	65	70	150	160
Caudal máximo recom. para operación en continuo	m ³ /h	6	10	45	55	65	90	100	120	160	200
Caudal mínimo recom.	m ³ /h	< 1									
Factor de caudal	Kv	7,5	15	60	71	79	90	120	120	275	275
Rango de presión	bar	1* - 8		1* - 10			0,4 - 10		0,4-12	0,4-12	

Nota: Tabla de caudal máximo recomendado y rango de presión para válvulas de distintos diámetros. (Riegos Iberia Regaber, 2024)

Figura 28

Electroválvula 1 1/2" para sistemas de riego.



Nota: Electroválvula diseñada a controlar la salida del fluido de forma automática.

(Riegos Iberia Regaber, 2024)

Controlador lógico programable (PLC)

El CPU 1212C AC/DC/RLY, de la serie SIMATIC S7-1200 de Siemens. Este equipo permite controlar dispositivos como motores, bombas y válvulas mediante sus 8 entradas digitales y 6 salidas digitales con relés integrados, lo que lo hace ideal para aplicaciones como sistemas de riego automatizado o control de maquinaria. Funciona con una entrada de AC (85-264 V) y DC (24 V), ofreciendo flexibilidad en su alimentación. Su interfaz Ethernet integrada facilita la comunicación con otros dispositivos y sistemas SCADA, mientras que su memoria de programa de 50 KB y capacidad de expansión aseguran un rendimiento eficiente en entornos industriales.

Figura 29

PLC (CPU 1212C AC/DC/RLY)



Nota: Controlador lógico programable (PLC) de Siemens, diseñado para la automatización de procesos industriales de pequeña y mediana escala (Relepro, 2025)

Pantalla HMI

El modelo KTP 700 / 6AV2 123-2GB03-0AX0 El KTP 700 / 6AV2 123-2GB03-0AX0 es un panel HMI (Human Machine Interface) de Siemens, diseñado para visualizar, controlar y supervisar procesos industriales en tiempo real. Este dispositivo dispone de una pantalla táctil de 7 pulgadas con una resolución de 800 x 480 píxeles, ofreciendo una interfaz gráfica amigable e intuitiva que facilita a los operadores. Soporta protocolos de comunicación como PROFINET y Ethernet, lo que facilita la integración con controladores lógicos programables (PLC) como el S7-1200. Con una capacidad de almacenamiento interno de 12 MB.

Figura 30

Panel HMI KTP 700 (Human Machine Interface) de Siemens



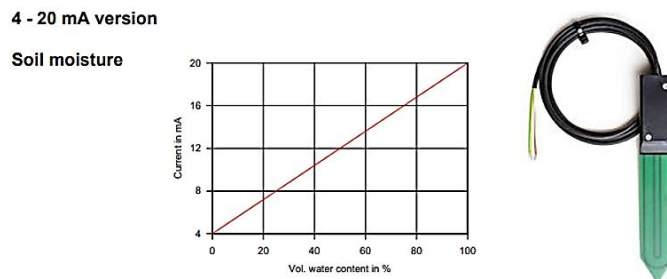
Nota: Pantalla HMI permite una integración eficiente con PLC, mejorando la interacción y la gestión en tiempo real. (Siemens, 2022)

Sensor de humedad

La sonda de humedad del suelo SMT100, basada en tecnología de transmisión en el dominio del tiempo (TDT), es una herramienta avanzada y eficiente diseñada para el monitoreo de la humedad en sistemas de riego. Con un rango de medición que va del 0% al 100% de contenido volumétrico de agua y compatibilidad con entradas analógicas o señales de 4-20 mA, esta sonda garantiza lecturas precisas y confiables. Su capacidad permite un control detallado del nivel de humedad en el suelo como se observa en la **Figura 31**.

Figura 31

Sonda de humedad SMT100



Nota: Sensor de humedad, información obtenida de (Co, 2025)

Caudalímetro YF-DN40

El sensor de flujo YF-DN40 funciona mediante un núcleo magnético, un impulsor rotativo y un sensor de efecto Hall. A medida que el agua circula, el rotor activa el núcleo magnético, generando pulsos proporcionales al caudal. Este sensor opera con un voltaje de 5 a 24VDC y entrega una señal de salida en función del flujo. Su precisión es del 2% en un rango de 5 a 180 L/min, con una presión máxima de 1,75 MPa. (Automatización, 2024)

Figura 32

Caudalímetro YF-DN40



Nota: Caudalímetro de 1 ½", imagen obtenida de (VV Industrial, 2025)

Diseño del sistema automático

Selección de software para comunicación de IoT

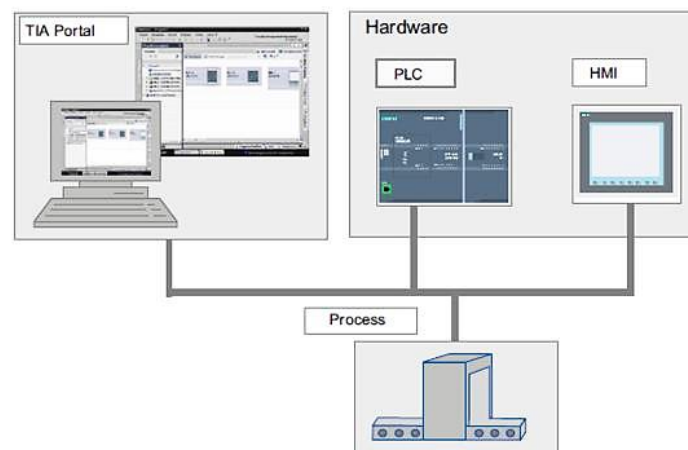
El TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es un software desarrollado por Siemens que permite diseñar, ajustar y monitorear sistemas de control industrial automatizado de manera sencilla y eficiente. Ofrece una plataforma unificada donde es posible integrar dispositivos como PLC (S7-1200, S7-1500), paneles HMI, variadores de velocidad SINAMICS y redes de comunicación como PROFINET o Ethernet.

El programa admite lenguajes de programación como Ladder (LD), FBD y SCL, adaptándose a diferentes necesidades y niveles de complejidad. También incluye

herramientas para realizar diagnósticos, simulaciones y tareas de mantenimiento, lo que facilita la detección de fallos y reduce los tiempos de desarrollo. Su interfaz intuitiva simplifica el diseño lógico, la configuración de hardware y el monitoreo en tiempo real, siendo una solución ideal para mejorar la eficiencia en aplicaciones industriales.

Figura 33

Elementos de visualización en TIA PORTAL



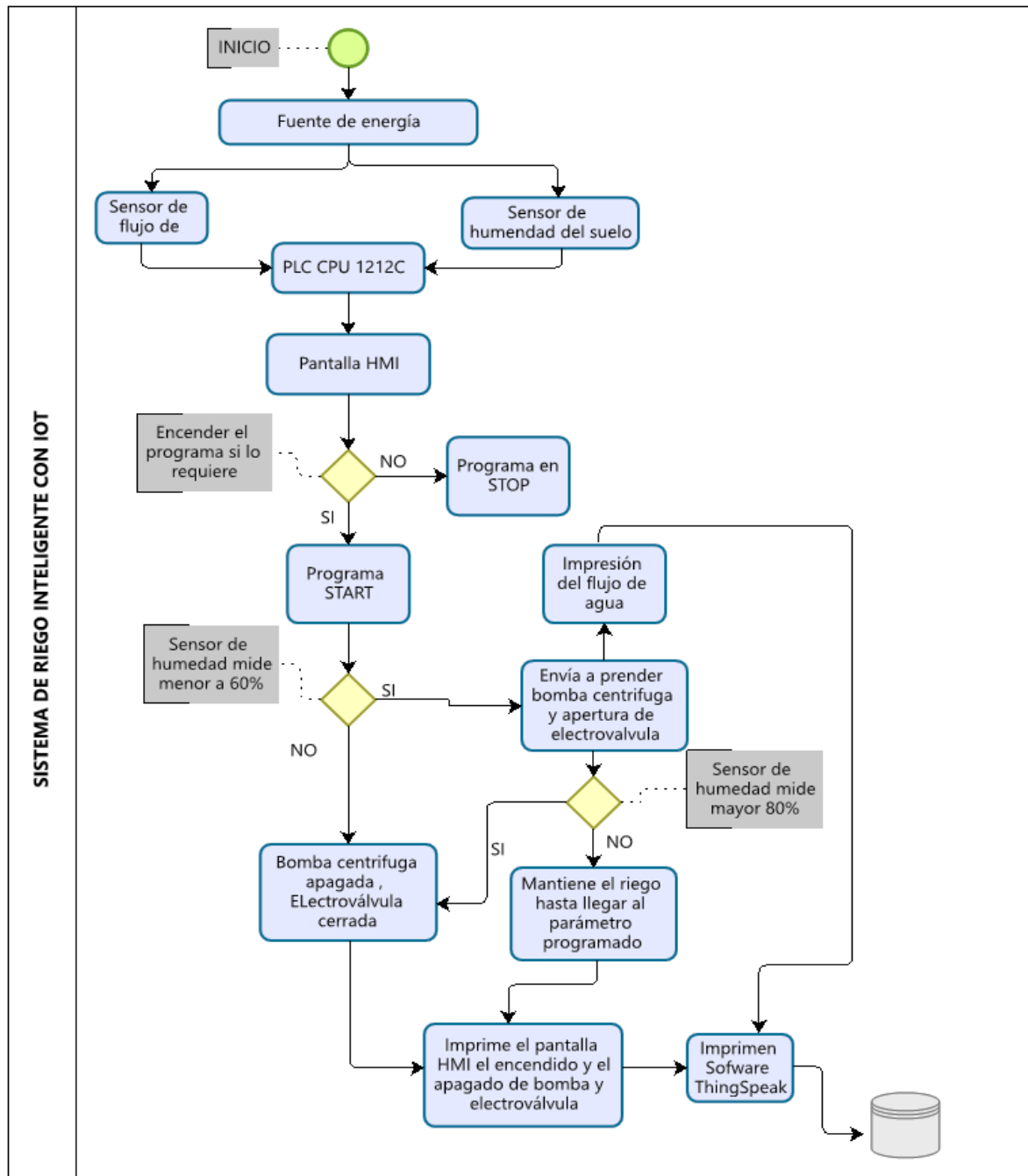
Nota; Este esquema muestra la interacción entre software, hardware y el proceso.

(Criollo, 2024)

En las soluciones de automatización industrial, dos componentes esenciales son el PLC y el panel de control HMI. El PLC, programado con herramientas como TIA Portal, funciona como el cerebro del sistema, ejecutando las instrucciones necesarias para gestionar y optimizar los procesos en tiempo real. Por su parte, el panel de control HMI permite supervisar y visualizar el funcionamiento del sistema de forma intuitiva, facilitando el monitoreo, los ajustes de parámetros y la rápida respuesta ante cualquier evento.

Figura 34

Diagrama de flujo del sistema de riego automatizado usando IoT



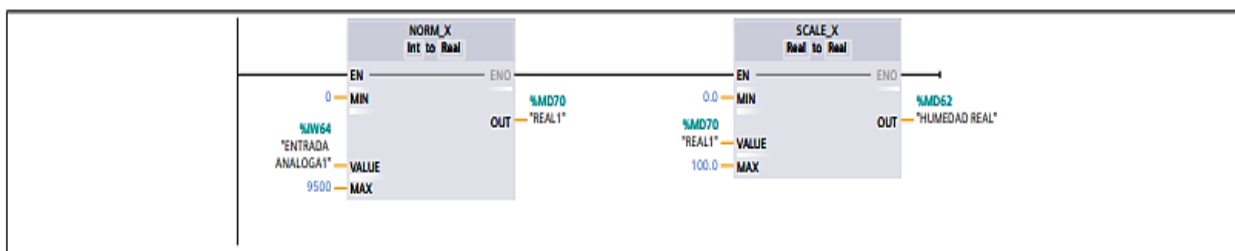
Nota: Diagrama de flujo en software Bizagi del sistema de riego inteligente IoT con sensores, PLC, HMI y monitoreo, Elaboración por el autor.

Desarrollo del programa en TIA portal

El desarrollo de la programación para el sistema de riego inteligente se llevará a cabo utilizando el software TIA Portal, empleando el lenguaje de programación Ladder (Escalera). En este proceso, se convertirán las variables según los requisitos específicos, utilizando bloques funcionales que facilitan la gestión de las señales de entrada y salida. Además, estos bloques realizarán los cálculos necesarios y controlarán el sistema de forma eficiente, permitiendo que el riego se ajuste de manera dinámica a las condiciones ambientales y las necesidades del sistema.

Figura 35

Segmento 1 (Inicio de la programación del sistema de riego).

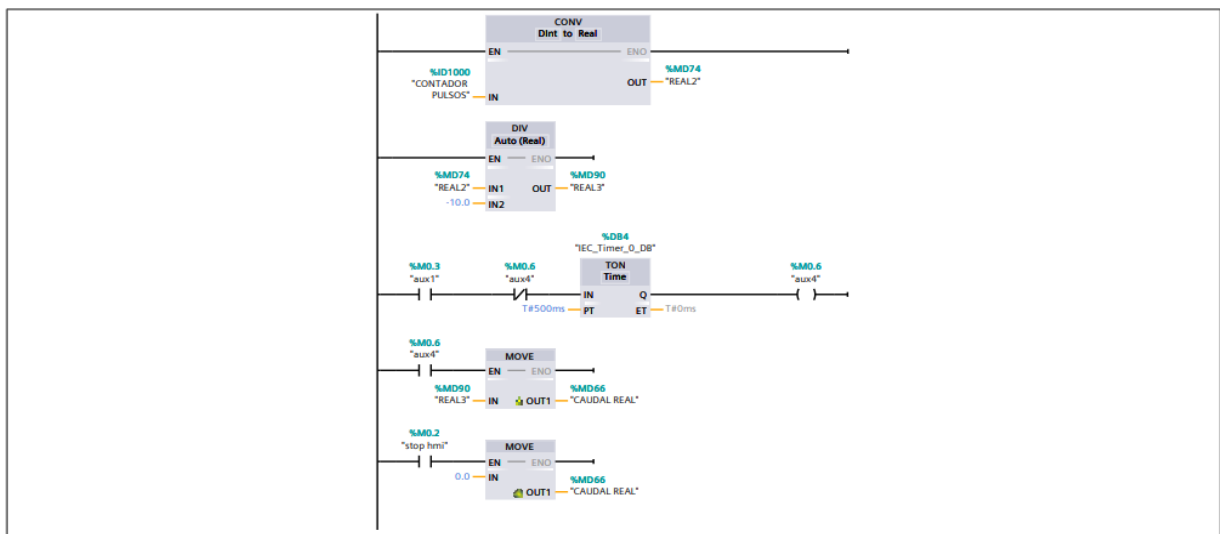


Nota: La programación el procesamiento de señales analógicas y digitales en sistemas de riego. Elaborado por el autor.

Como muestra la **Figura 35**, el programa en el PLC convierte y ajusta la señal de un sensor de humedad para que pueda ser interpretada correctamente. Primero, el bloque **NORM_X (Int to Real)** transforma la señal analógica de entrada **%IW70** a un formato numérico real dentro de un rango de 6 a 9500 unidades digitales. Luego, el bloque **SCALE_X (Real to Real)** adapta esta lectura a un rango de 0 a 100 %, almacenando el valor final en **%MD62** como "HUMEDAD REAL". Este proceso asegura mediciones precisas y facilita su uso en sistemas de monitoreo y automatización industrial.

Figura 36

Selección de señales y control de caudal del sistema de riego

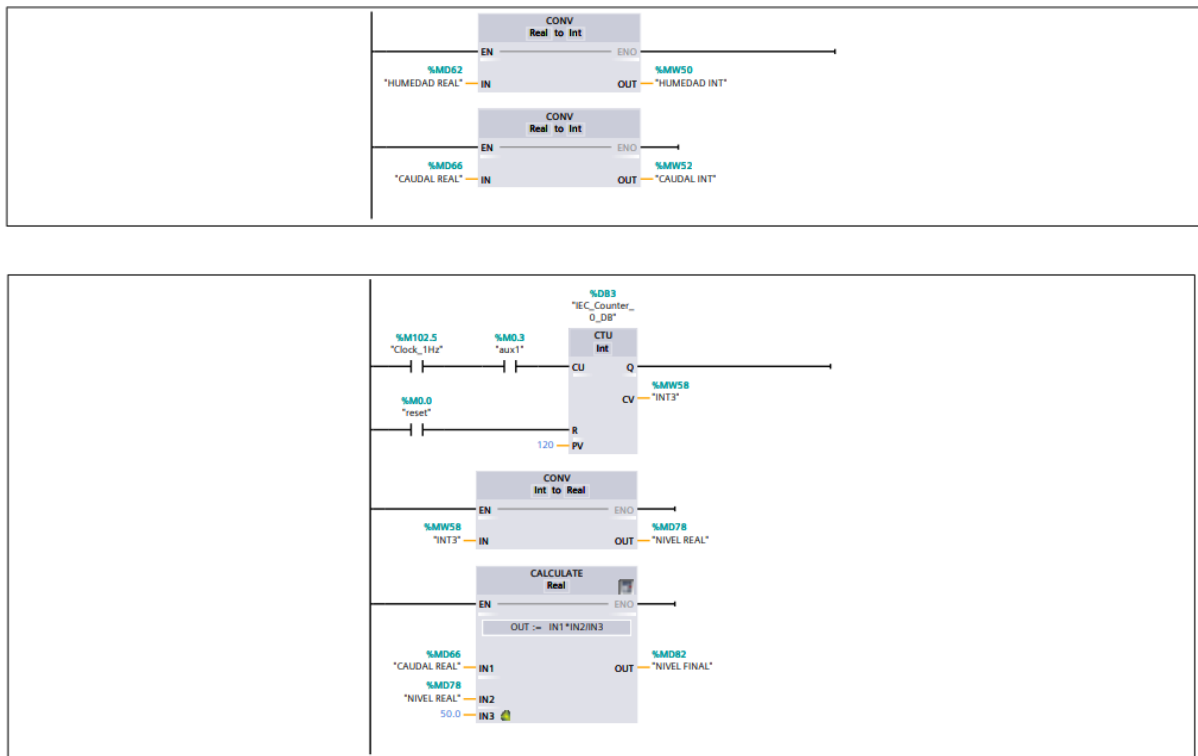


Nota: Bloques de función de control de humedad, elaborado por el autor.

Como se muestra en la **Figura 36**, este segmento del programa permite medir el caudal de un fluido utilizando un sensor de pulsos, asegurando una conversión precisa y estable de los datos, usando el bloque CONV (Dint to Real) transforma la señal de pulsos en un valor decimal que facilita su procesamiento, con el bloque DIV (Auto Real) ajusta la lectura dividiendo el valor obtenido por un factor de escala, permitiendo calcular el caudal de forma proporcional conjuntamente con un temporizador de 500 ms (milisegundo) regula la captura de datos para mantener mediciones estables y evitar variaciones bruscas, los valores procesados se almacenan en %MD66 "Caudal real ", registrando la última medición válida antes de una nueva actualización. Con este procedimiento, se garantiza un monitoreo preciso y confiable del flujo.

Figura 37

Selección de bloques para conversión

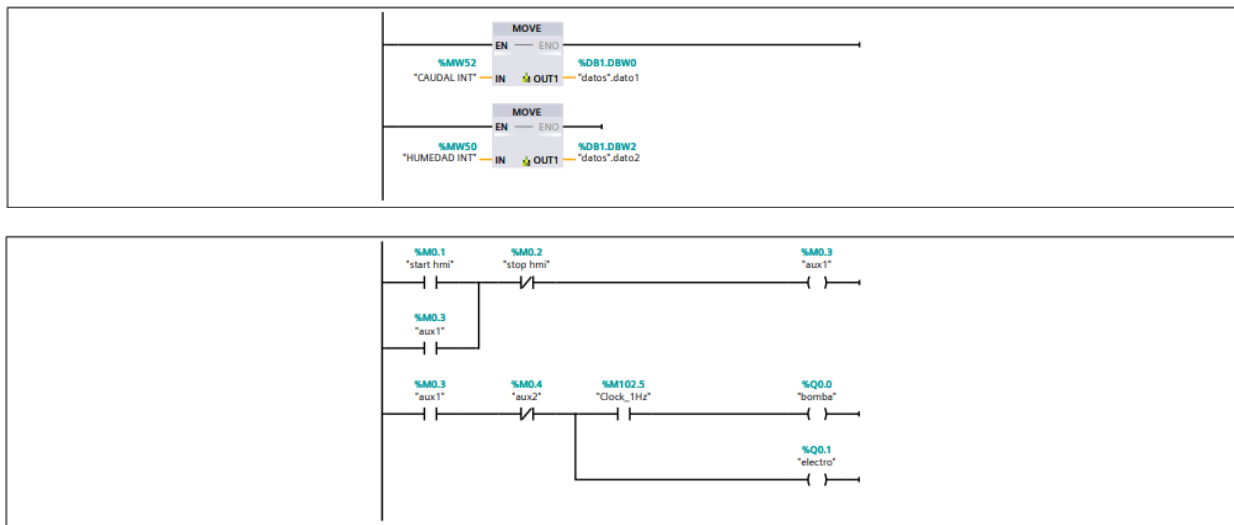


Nota: Bloques de función del programa de riego, elaborado por el autor.

Como muestra la **Figura 37**, nos permite visualizar la conversión y procesamiento de señales para la medición de caudal y nivel de un fluido con alta precisión, iniciando con el bloque CONV (Real to Int) transforma los valores de humedad real (%MD62) y caudal real (%MD66) en formatos enteros (%MW50 y %MW52), optimizando su almacenamiento y transmisión a sistemas externos como Node-RED, con la ayuda de un contador de pulsos (%DB3) registra el flujo acumulado y lo convierte en un valor real (%MD78) mediante CONV (Int to Real). Finalmente, el bloque CALCULATE (Real) ejecuta una operación matemática considerando el caudal real, el nivel base y un factor de corrección, determinando con precisión el nivel final (%MD82), permitiéndonos enlazarnos al Node-RED.

Figura 38

Programación control automático de riego y transferencia de datos.

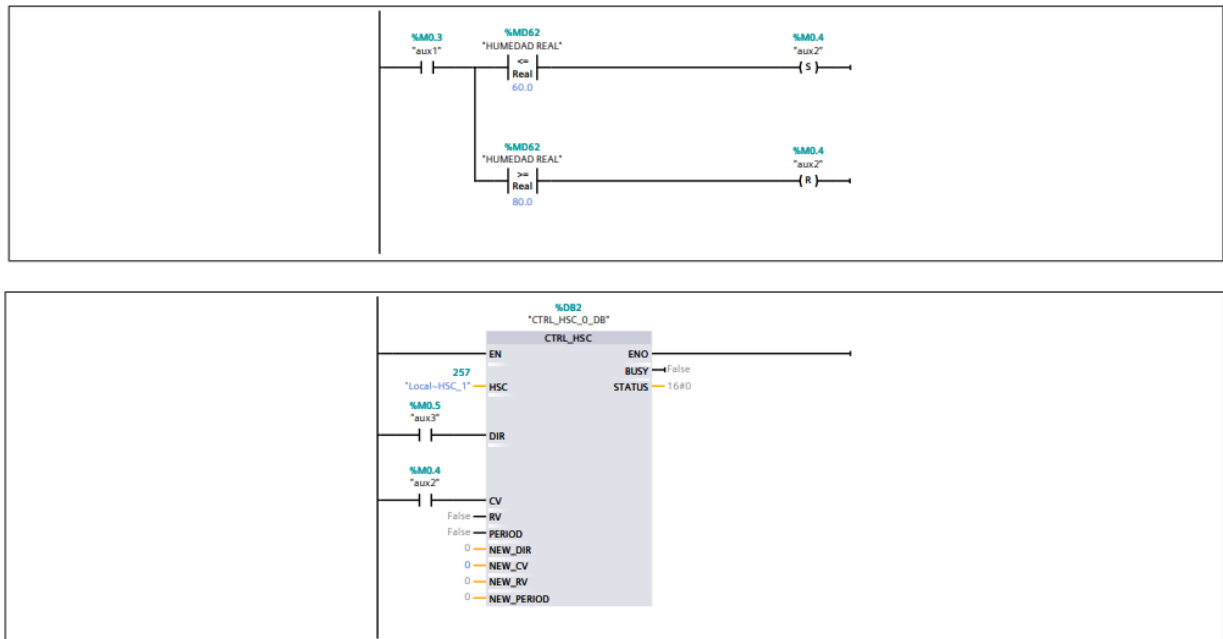


Nota: Configuración de bloque Move para transferencia de datos, elaborado por el autor.

Como muestra la **Figura 38**, la programación está diseñada para gestionar de manera eficiente el control automático de una bomba en función de los niveles de humedad y caudal, garantizando precisión y estabilidad en su operación. Para ello, el bloque MOVE transfiere los valores de caudal (%MW52) y humedad (%MW50) a los registros de datos %DB1.DBW0 y %DB1.DBW2, permitiendo su almacenamiento y posterior análisis. El Clock_1Hz genera una señal periódica que regula la activación de la bomba (%Q0.0) y del sistema eléctrico (%Q0.1), asegurando un funcionamiento sincronizado. Se emplean comparadores lógicos para monitorear la humedad, activando un SET cuando el valor es inferior al umbral y aplicando un RESET una vez que se alcanza el nivel óptimo. Además, un contador de pulsos supervisa la frecuencia de activación de la bomba, evitando ciclos innecesarios y optimizando el consumo energético.

Figura 39

Segmento de control de caudal del sistema de riego



Nota: Bloques de funcionamiento, elaborado por el autor.

Como muestra la **Figura 39**, el programa en el PLC controla de manera eficiente la activación y desactivación de una bomba en función de los niveles de humedad, asegurando un funcionamiento estable y optimizado, usando comparadores lógicos, donde el bloque de comparación de valores reales evalúa si la humedad real (%MD62) es inferior a 70.0, activando el auxiliar (%M0.4) mediante un SET, mientras que al superar 80.0, el sistema ejecuta un RESET, desactivando la bomba para evitar excesos de riego y optimizar el consumo de agua. Además, el bloque CTRL_HSC (High-Sed Counter) gestiona pulsos de alta velocidad, permitiendo un control preciso del flujo de agua. Este contador opera junto con el reloj interno (Clock_1Hz), garantizando la sincronización del sistema y evitando activaciones erráticas. La integración de estos bloques permite un monitoreo preciso y una regulación automática del sistema de riego.

Figura 40

Tabla de variables del PLC

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
HUMEDAD INT	Int	%MW50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CAUDAL INT	Int	%MW52	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
INT1	Int	%MW54	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
INT2	Int	%MW56	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
INT3	Int	%MW58	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
reset	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
HUMEDAD REAL	Real	%MD62	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CAUDAL REAL	Real	%MD66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
REAL1	Real	%MD70	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
REAL2	Real	%MD74	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ENTRADA ANALOGA1	Int	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ENTRADA ANALOGA2	Int	%IW66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
NIVEL REAL	Real	%MD78	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
NIVEL INT	Int	%MW60	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
NIVEL FINAL	Real	%MD82	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
start hmi	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
stop hmi	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux1	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux2	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux3	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
bomba	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
electro	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CONTADOR PULSOS	Dint	%ID1000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SALIDA PULSOS	Real	%MD86	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
REAL3	Real	%MD90	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
REAL4	Real	%MD94	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux4	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux5	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux6	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux7	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

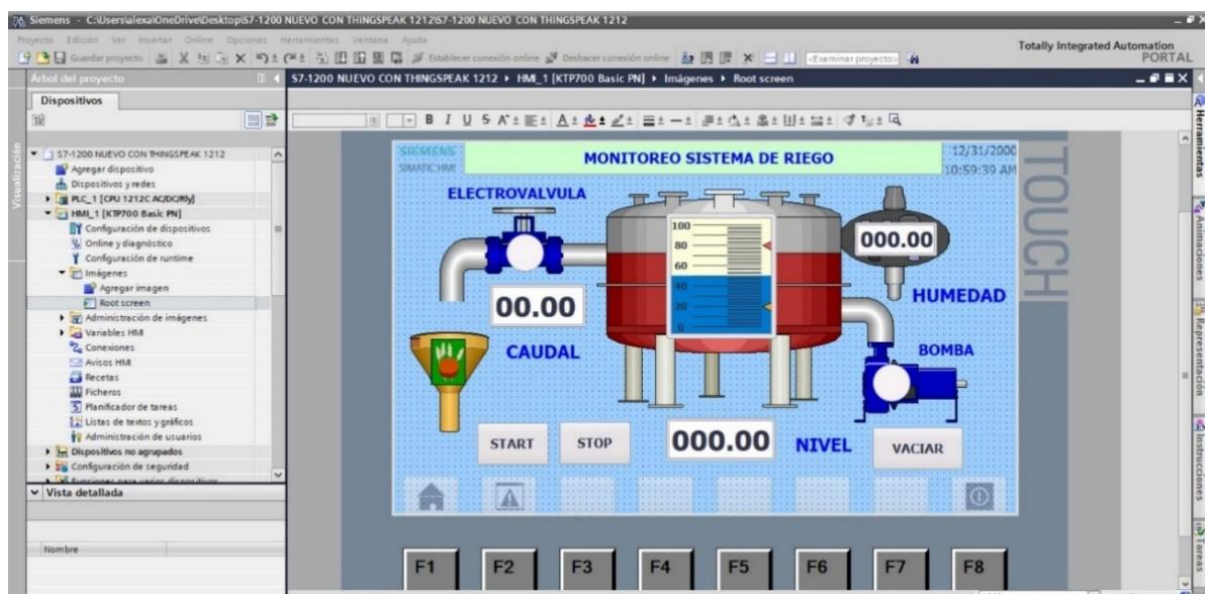
Nota: Configuración de variables en TIA Portal, elaborado por el autor.

La **Figura 40**, presenta la tabla de variables de un PLC Siemens S7-1200, donde se estructuran las direcciones de memoria y los tipos de datos utilizados para la gestión del sistema automatizado. Se definen variables de tipo entero (Int), como HUMEDAD INT (%MW50) y CAUDAL INT (%MW52), que almacenan valores discretizados provenientes de sensores. Igualmente, se emplean variables de punto flotante (Real), como HUMEDAD REAL (%MD62) y CAUDAL REAL (%MD66), para garantizar mediciones precisas en el procesamiento de datos analógicos. Para la lógica de control, se utilizan señales booleanas

(Bool), como start HMI (%M0.1) y bomba (%Q0.0), que permiten gestionar la activación y desactivación de procesos, por lo tanto ,el CONTADOR PULSOS (%ID1000), de tipo Dint, registra eventos de alta frecuencia, optimizando la lectura de pulsos del sensor de caudal. Esta estructura de variables asegura la integración eficiente del hardware con la lógica de control, mejorando la precisión y confiabilidad del sistema automatizado.

Figura 41

Pantalla HMI



Nota: Diseño del sistema de riego HMI, elaborado por el autor.

Como muestra la **Figura 41**, se puede observar el diseño de la pantalla HMI, diseñada para el monitoreo y control del sistema de riego, proporcionando una visualización clara y en tiempo real de las variables operativas clave. En la parte central, se representa un tanque con indicadores de nivel en porcentaje, permitiendo supervisar la cantidad de agua disponible. Los sensores de caudal y humedad registran el flujo de agua y la humedad del suelo, mostrando sus valores en displays digitales. Además, se incluyen representaciones

gráficas de una electroválvula y una bomba, indicando su estado operativo. En la parte inferior, los botones START, STOP permiten la gestión manual del sistema.

Figura 42

Tabla de variantes del HMI

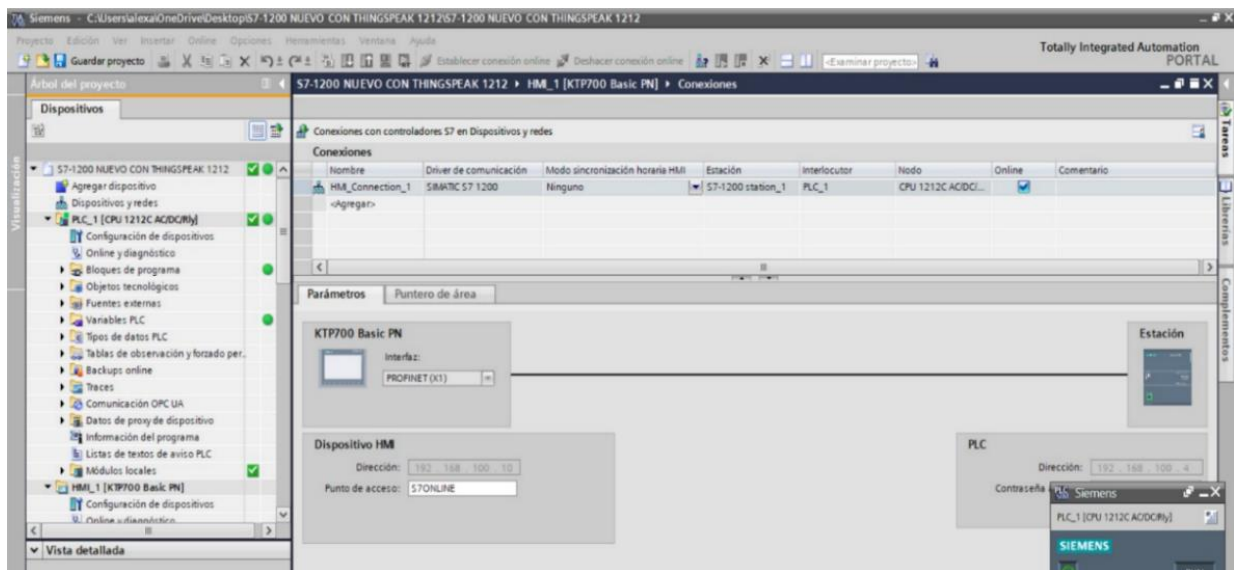
Nombre	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC	Dirección	Modo de acceso
bomba	Bool	HMI_Conne...	PLC_1	bomba		<Acceso simbólico>
CAUDAL REAL	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"CAUDAL REAL"		<Acceso simbólico>
electro	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	electro		<Acceso simbólico>
HUMEDAD REAL	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"HUMEDAD REAL"		<Acceso simbólico>
NIVEL FINAL	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"NIVEL FINAL"		<Acceso simbólico>
NIVEL REAL	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"NIVEL REAL"		<Acceso simbólico>
reset	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	reset		<Acceso simbólico>
start hmi	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"start hmi"		<Acceso simbólico>
stop hmi	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"stop hmi"		<Acceso simbólico>
Tag_ScreenNumber	Uint	<Variable interm...		<No definido>		
<Agregar>						

Nota: Configuración de variables HMI, elaborado por el autor.

La **Figura 42** muestra la tabla de etiquetas (Tag Table) en la configuración del HMI Siemens KTP700 Basic PN, utilizada para comunicarse con el PLC S7-1200 mediante acceso simbólico. En esta tabla se definen variables de tipo Bool, como bomba, electro, reset, start hmi y stop hmi, encargadas de controlar la activación y desactivación de dispositivos. También incluye variables Real, como CAUDAL REAL, HUMEDAD REAL, NIVEL REAL y NIVEL FINAL, que permiten visualizar en la HMI los datos en tiempo real de los sensores del sistema. Esta configuración facilita la integración del HMI con el PLC, permitiendo un monitoreo eficiente y un control preciso del sistema de riego automatizado.

Figura 43

Configuración de la interfaz PLC-HMI



Nota: Configuración de interfaz HMI, elaborado por el autor.

La **Figura 43** muestra la configuración de comunicación en TIA Portal entre el HMI KTP700 Basic PN y el PLC Siemens S7-1200, utilizando PROFINET para el intercambio de datos en tiempo real. Se ha establecido la conexión HMI Connection1 a través de S7ONLINE, lo que permite una integración fluida entre ambos dispositivos. La representación de la red indica que el HMI y el PLC están dentro de la misma estación, asegurando una comunicación estable y eficiente para supervisar, controlar el sistema de manera precisa.

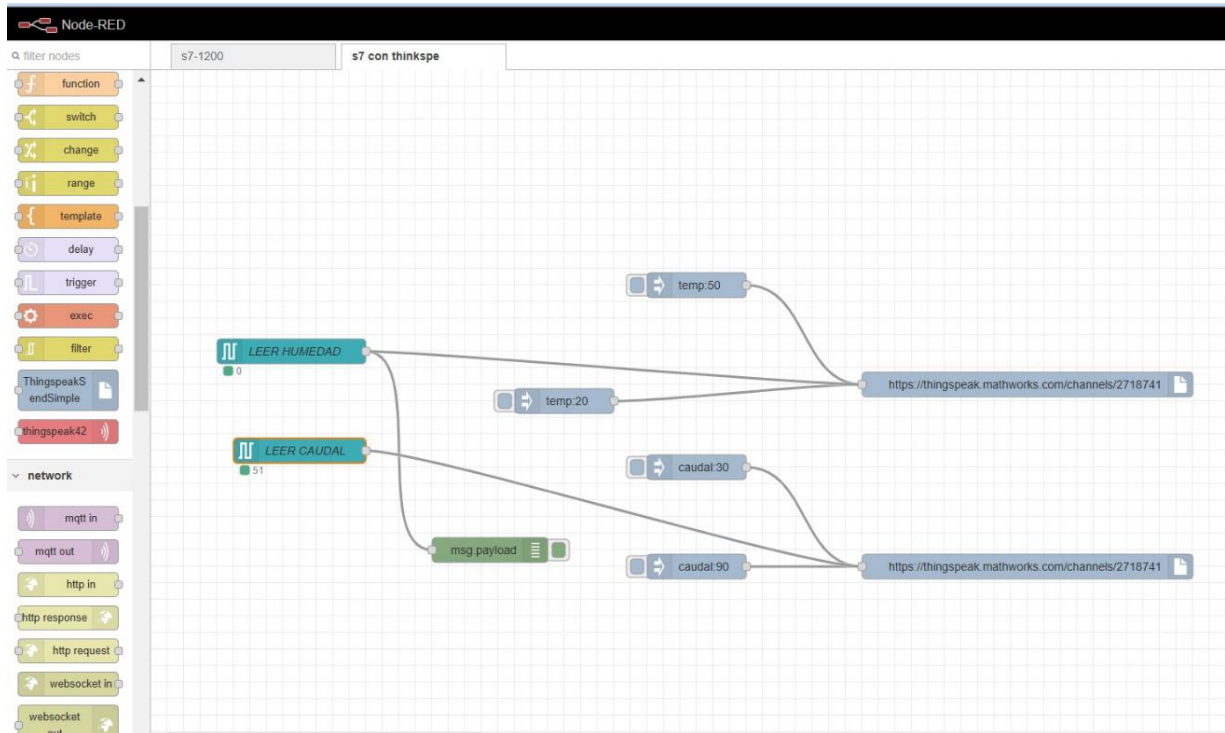
Configuración del servidor web

Nodo-RED

El flujo en Node-RED recoge los datos de humedad y caudal de los sensores, los procesa y los envía a ThingSpeak para visualizarlos en tiempo real. Utiliza nodos de ThingSpeak para cargar los valores de temperatura y caudal, lo que facilita el monitoreo remoto y permite una gestión más eficiente del sistema de riego o control de procesos.

Figura 44

Comunicación de datos en Node-RED

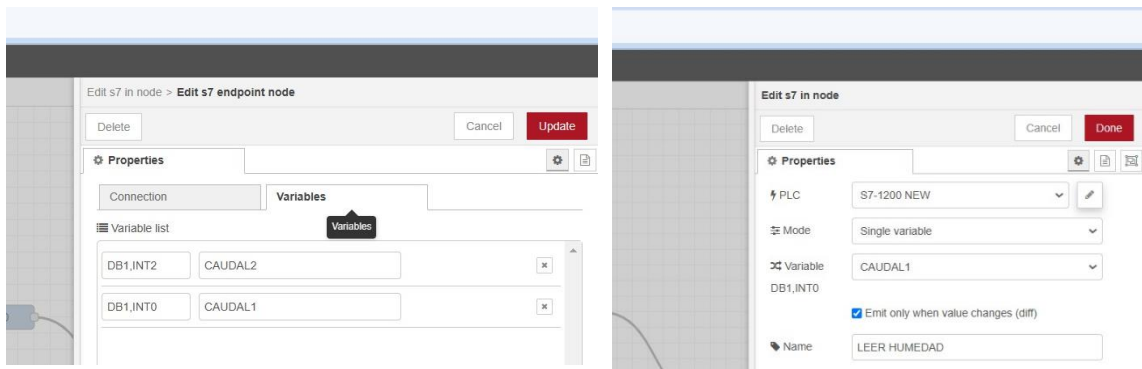


Nota: El flujo de datos mediante nodos en Node-RED, elaborado por el autor.

Como detalla la **Figura 44**, el sistema desarrollado en Node-RED conecta un PLC Siemens S7-1200 con la plataforma ThingSpeak, permitiendo el monitoreo remoto de variables clave en un sistema de riego. Los datos de humedad y caudal se capturan a través de nodos de entrada, se procesan en nodos intermedios y luego se envían a ThingSpeak mediante solicitudes HTTP. Esto facilita la supervisión en tiempo real, asegurando una comunicación fluida y estable.

Figura 45

Configuración de variables

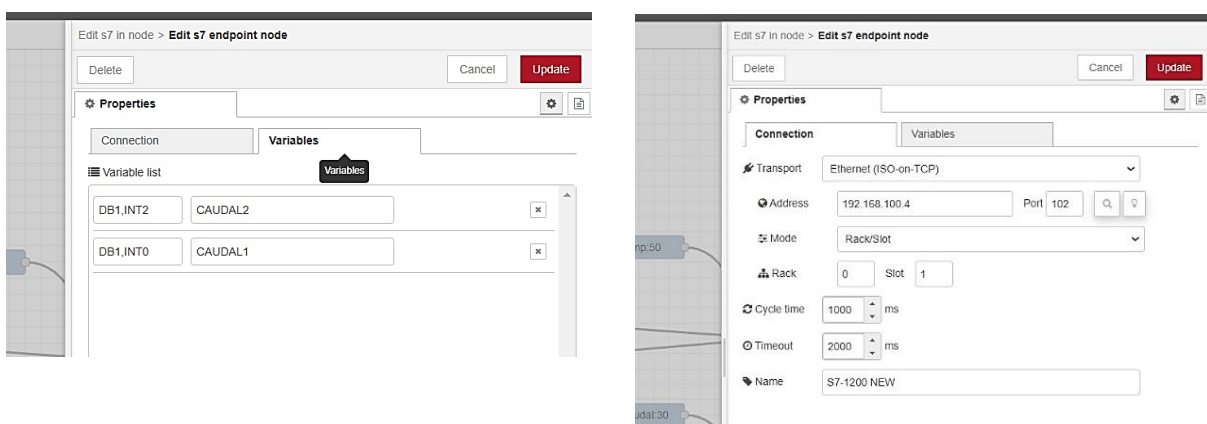


Nota: Enlace entre el PLC y Node-RED, elaborado por el autor.

La **Figura 45** muestra la configuración de Node-RED para conectar un PLC Siemens S7-1200 y monitorear variables en tiempo real. Se han definido las variables CAUDAL1 y CAUDAL2 en las direcciones DB1.INT0 y DB1.INT2. Al mismo tiempo, CAUDAL1 está configurada en modo Single Variable, enviando datos solo cuando cambian, optimizando la comunicación. El nodo etiquetado como LEER HUMEDAD facilita la supervisión del sistema.

Figura 46

Configuración de conectividad



Nota: Configuración de la conexión Ethernet y dirección IP, elaborado por el autor.

La **Figura 46** muestra la configuración de Node-RED para conectar un PLC Siemens S7-1200 mediante Ethernet (ISO-on-TCP). En el nodo S7 end point, se han definido las variables CAUDAL1 y CAUDAL2, asignadas a DB1.INT0 y DB1.INT2. La conexión al PLC utiliza la dirección 192.168.100.4, el puerto 102 y opera en Slot 1 con un ciclo de lectura de 1000 ms y un time out de 2000 ms. Esta configuración garantiza una comunicación estable y eficiente del sistema.

ThingSpeak

Se utiliza en el sistema de riego para recopilar, almacenar y visualizar datos en tiempo real. A través de su API, el sistema envía parámetros como caudal y humedad a los campos de ThingSpeak, donde se muestran en gráficos y medidores interactivos. Esto permite monitorear el sistema de manera remota y tomar decisiones basadas en datos para ajustar el riego según las condiciones cambiantes del entorno.

Figura 47

Configuración de canal de ThingSpeak

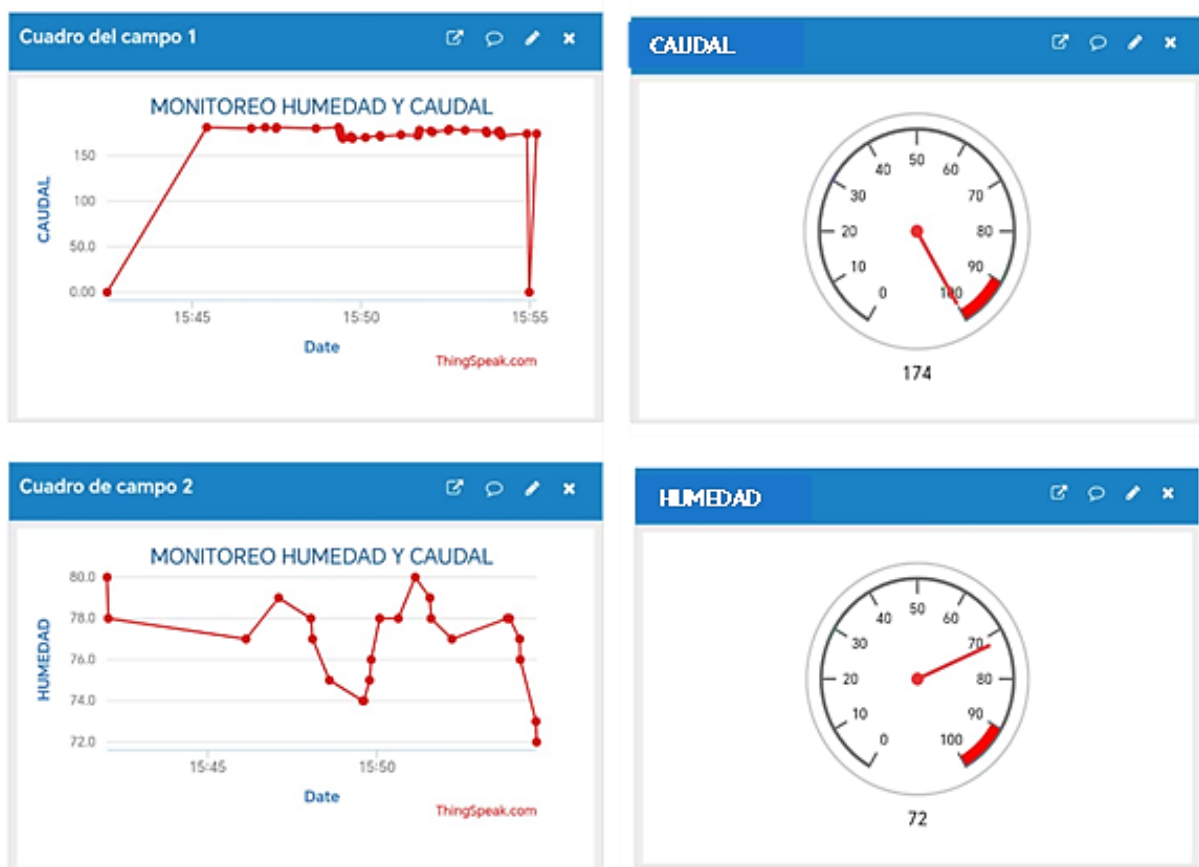
The image displays two screenshots of the ThingSpeak web interface. The left screenshot shows the 'Configuración del canal' (Channel Configuration) page. It includes a progress indicator 'Porcentaje completado' at 30%, a channel ID '2718741', and a channel name 'MONITOREO HUMEDAD Y CAUDAL'. There are four fields listed: 'Campo 1' (CAUDAL) and 'Campo 2' (HUMEDAD) are checked, while 'Campo 3' and 'Campo 4' are unchecked. The right screenshot shows the 'Escribir clave API' (Write API Key) section with a key 'KM5FXV3RHOW08T95' and a 'Generar nueva clave API de escritura' button. Below it is the 'Leer claves API' (Read API Keys) section with a key 'BDXR50WJGWOHD7QP', a 'Nota' field, and buttons for 'Guardar nota', 'Eliminar clave API', and 'Agregar nueva clave API de lectura'.

Nota: Selección de campos ThingSpeak, elaborado por el autor.

Como muestra la **Figura 47**, se observa la forma de configuración en ThingSpeak, se usa el canal "MONITOREO HUMEDAD Y CAUDAL" (ID 2718741), donde los datos de caudal y humedad se registran en los campos 1 y 2. También, se han generado claves API de escritura y lectura, que permiten el intercambio bidireccional de información con aplicaciones externas.

Figura 48

Control IoT ThingSpeak



Nota: Monitoreo continuo del sistema de riego, elaborado por el autor.

Como se muestra en la **Figura 48**, los dos paneles de monitoreo siguen en tiempo real el caudal y la humedad en dos campos diferentes. Los resultados obtenidos reflejan el buen funcionamiento del sistema de riego automático con tecnología IoT, demostrando su monitoreo continuo.

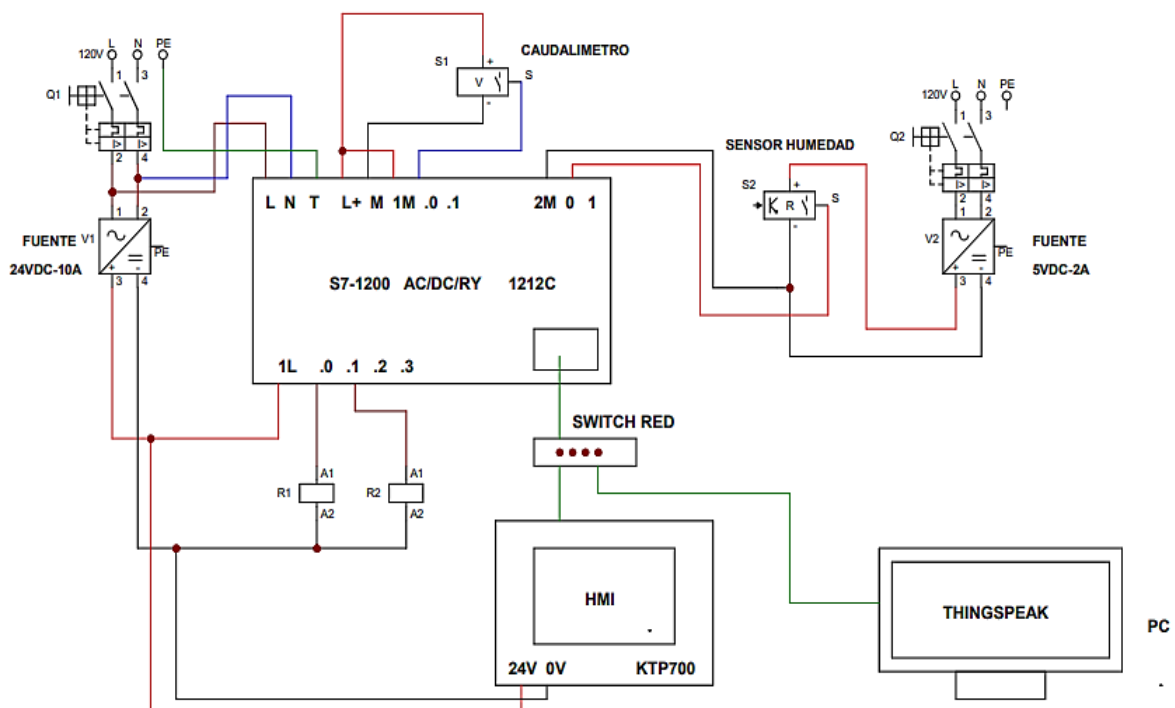
Diseño de planos y conexiones

El diseño del sistema se fundamenta en la utilización de un controlador lógico programable (PLC) S7-1200, que actúa como el núcleo de procesamiento lógico, y su integración con sensores de caudal y humedad, dispositivos de actuación como electroválvulas y una bomba trifásica, así como plataformas de supervisión local y remota mediante HMI y el Internet de las Cosas (IoT).

El circuito de control gestiona la interacción entre los sensores, el PLC y los actuadores a través de entradas y salidas digitales y analógicas, manteniendo la estabilidad del sistema mediante el uso de fuentes de corriente directa (DC) y relés intermedios que aíslan los circuitos críticos.

Figura 49

Circuito de control del sistema de riego

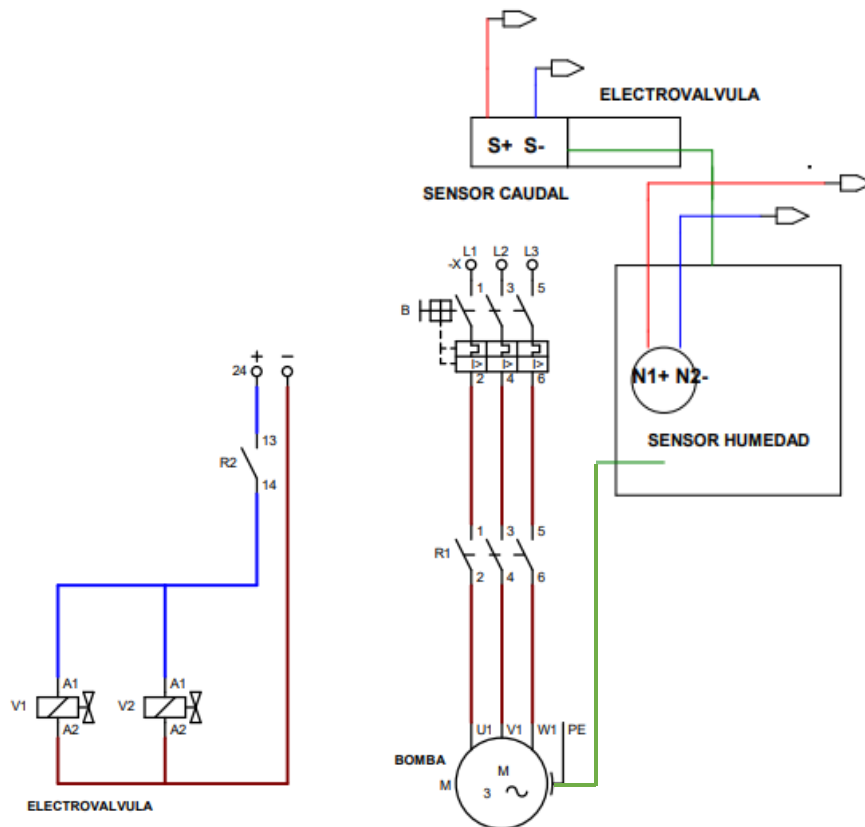


Nota: Sistema automatizado de riego, controlado por PLC e integrado con IoT, elaborado por el autor.

Como se detalla en la **Figura 49**, se observa el sistema incorpora una interfaz hombre-máquina (HMI), que permite la supervisión en tiempo real de las variables operativas y la configuración de parámetros mediante una interfaz gráfica fácil de comprender, la integración con la plataforma IoT ThingSpeak permite la recopilación, almacenamiento y análisis de datos históricos, posibilitando la gestión remota del sistema y la toma de decisiones basada en datos.

Figura 50

Circuito de fuerza del sistema de riego



Nota: Control eléctrico del sistema de riego, elaborado por el autor.

Como muestra la **Figura 50**, el circuito de fuerza del sistema de riego automatizado es alimentado por una red trifásica, proporciona energía a la bomba centrífuga. Utiliza fuentes de 24 VAC para la activación de las electroválvulas y dispositivos de protección como interruptores automáticos, en el diseño se visualiza el contactor de 220 VAC a 32 amperios debido a la potencia de la bomba, con un juego de contactos de los relés con alimentación de 24 VAC, con un sistema de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

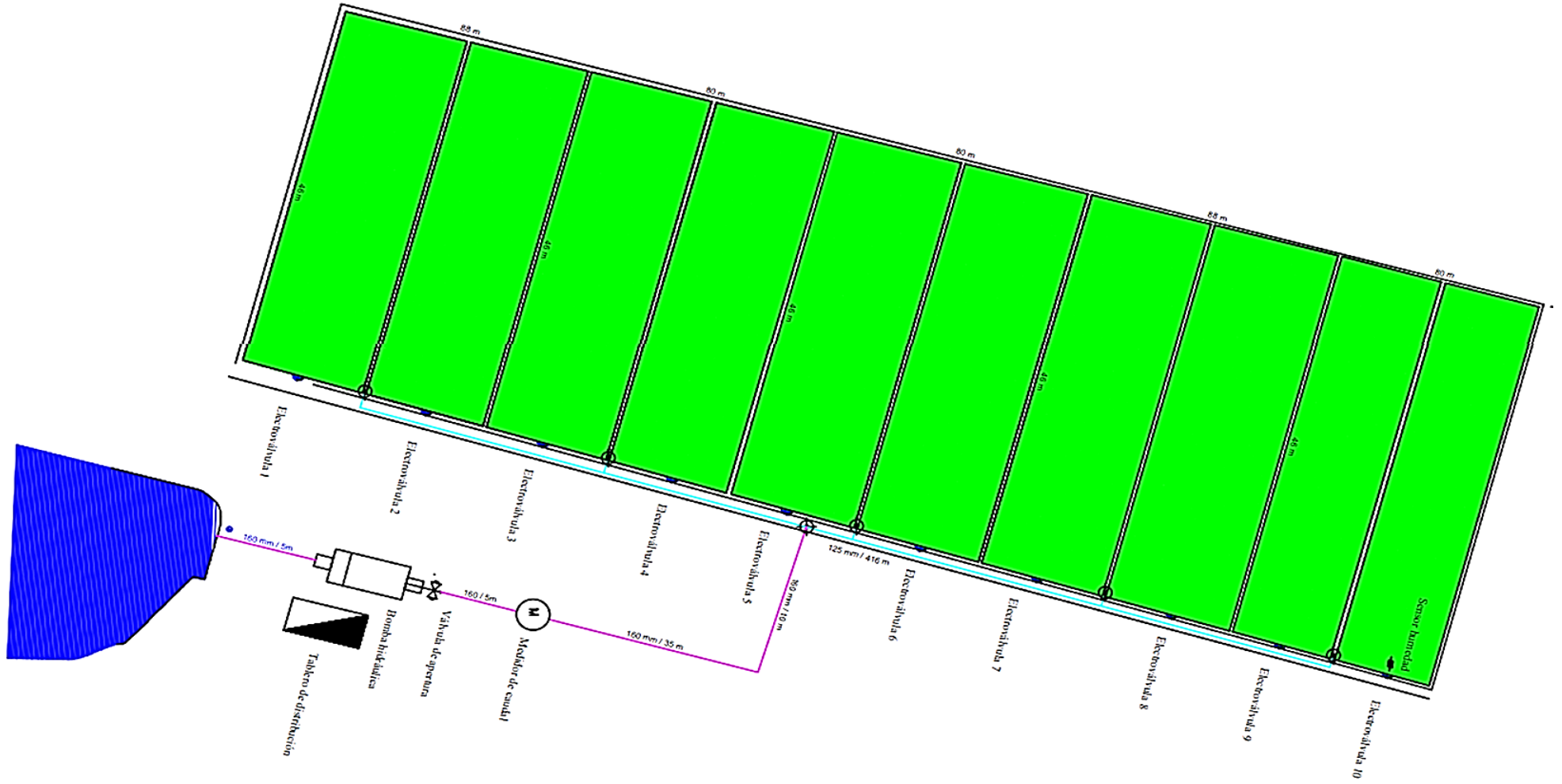
Diseño del sistema de riego

El diseño del sistema de control de riego incluye la actualización de la bomba centrífuga existente a una de mayor capacidad, específicamente con un caudal de 102 m³/h. Posteriormente de realizar los cálculos necesarios, se ha confirmado que la tubería del sistema actual es adecuada para esta mejora. Sin embargo, la bomba original que muestra la **Figura 11**, con un caudal de 27,6 m³/h, resulta insuficiente para cubrir las demandas del sistema de riego actual. El estudio de las pérdidas de carga dentro de la red hidráulica reveló que es necesario alcanzar una altura de 16,77 metros de columna de agua, como se detalla en la ecuación (9). Esto demuestra que la capacidad de la bomba existente no es suficiente para operar eficientemente, lo que hace imprescindible su reemplazo por un modelo más potente y acorde a los requerimientos actuales de la florícola.

Para optimizar el funcionamiento del sistema, se implementará un control de riego automatizado e inteligente como muestra la **Figura 51**. Este sistema incluye un tablero de control situado en la caseta de bombeo, que contará con una interfaz HMI (Human Machine Interface) para la supervisión y gestión en tiempo real. Además, se instalarán un sensor de humedad del suelo y un caudalímetro, componentes esenciales para monitorear de manera continua y ajustar el riego con mayor precisión.

Figura 51

Plano del sistema de riego con las propuestas de implementación



Nota; Esquema de conexiones hidráulicas del sistema de riego, elaborado por el autor.

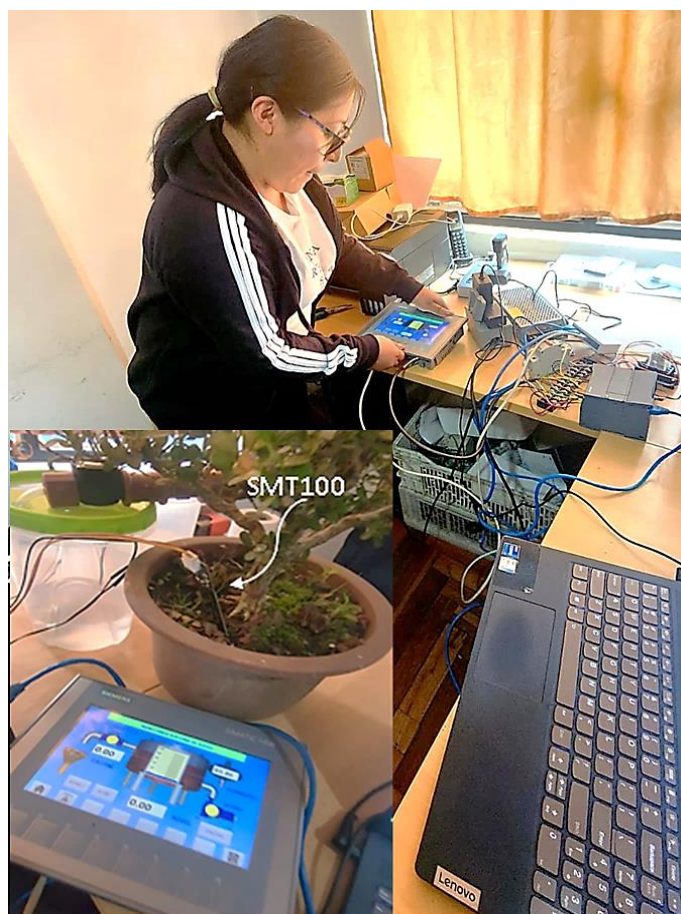
El plano del sistema de riego, representado en la **Figura 51**, detalla las modificaciones planificadas en la infraestructura hidráulica y eléctrica para asegurar un suministro constante de agua en la Florícola Anthemon. Como parte de esta mejora, se contempla el reemplazo de la bomba actual por una de mayor capacidad, con un caudal de 102 m³/h, lo que garantizará un abastecimiento adecuado para la producción de mini rosas. La red de distribución hidráulica del sistema de riego tiene el recorrido de una tubería principal de 160 mm de diámetro, que recorrerá 50 metros, luego reduce su diámetro a 125 mm, extendiéndose 416 metros para distribuir el agua a los diferentes bloques de producción y termina en electroválvulas DN40 mm, lo que permitirá un control más preciso del caudal y una mejor sectorización del riego.

Resultados esperados:

En la simulación realizada como muestra la **Figura 52**, se analizó cómo varía la humedad del suelo bajo diferentes condiciones de riego para evaluar la eficiencia del sistema actualmente en funcionamiento. Para ello, se tomaron 28 muestras, cuyos resultados muestran fluctuaciones significativas en los niveles de humedad del suelo, como se observa en la **Figura 55**. Los datos reflejan que el sistema de riego opera con un control basado en tiempo y sin considerar las necesidades reales del suelo en cada ciclo de riego. Esto genera una distribución desigual del agua provocando zonas con exceso de riego y otras con déficit, por lo tanto, esto impacta directamente en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, afectando a si la producción de la florícola.

Figura 52

Simulación del sistema de riego automático

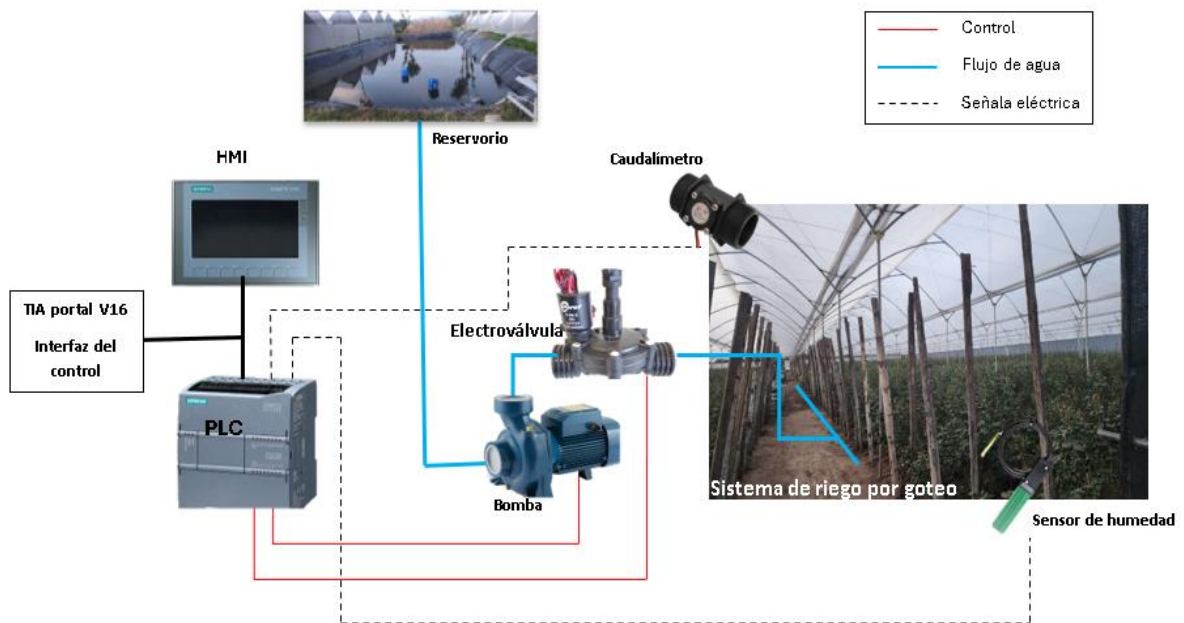


Nota: Pruebas de funcionamiento del Sistema de Riego con IoT, elaborado por el autor.

La propuesta busca mejorar el control del riego en el cultivo de rosas mediante la plataforma ThingSpeak, permitiendo un monitoreo continuo y en tiempo real como muestra la **Figura 54**. Gracias a la implementación de esta tecnología, será posible realizar un seguimiento detallado del riego optimizando el uso del agua y asegurando que las plantas reciban la cantidad adecuada para su crecimiento óptimo.

Figura 53

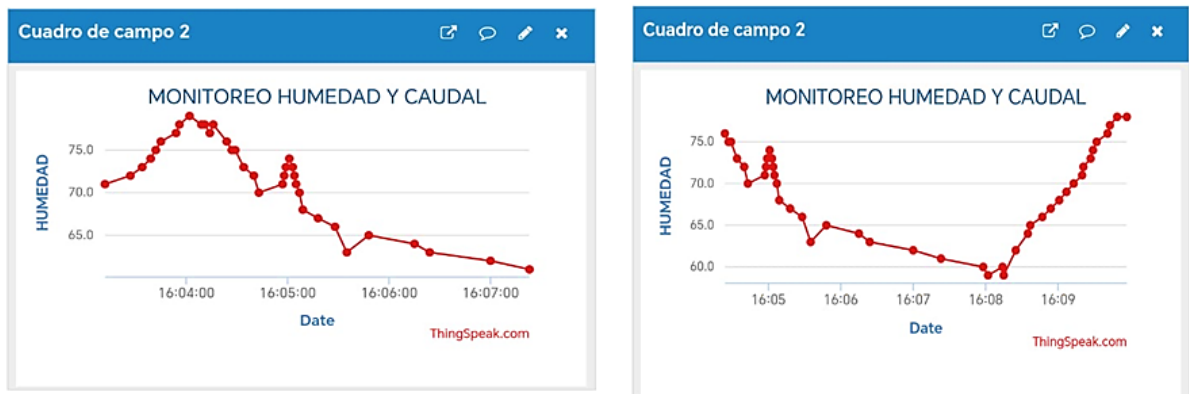
Esquema del riego automático con IoT



Nota: Esquema de conexiones del sistema de riego, elaborado por el autor.

Figura 54

Monitoreo humedad del suelo usando ThingSpeak



Nota: Humedad del suelo antes y durante el riego en ThingSpeak, elaborado por el autor

La **Figura 54** presenta las curvas que evidencian fluctuaciones en los niveles de humedad durante el proceso de riego, reflejando las variaciones en el sistema en función de la programación, la cual establece un rango de humedad entre el 70% y el 80%.

Para evaluar el comportamiento del riego antes y después de la simulación, se llevó a cabo un análisis comparativo mediante mediciones con un higrotermómetro digital, con el fin de cuantificar las variaciones en la humedad del suelo como muestra la **Tabla 9** de datos.

Tabla 9

Tabla comparativa de humedad del suelo

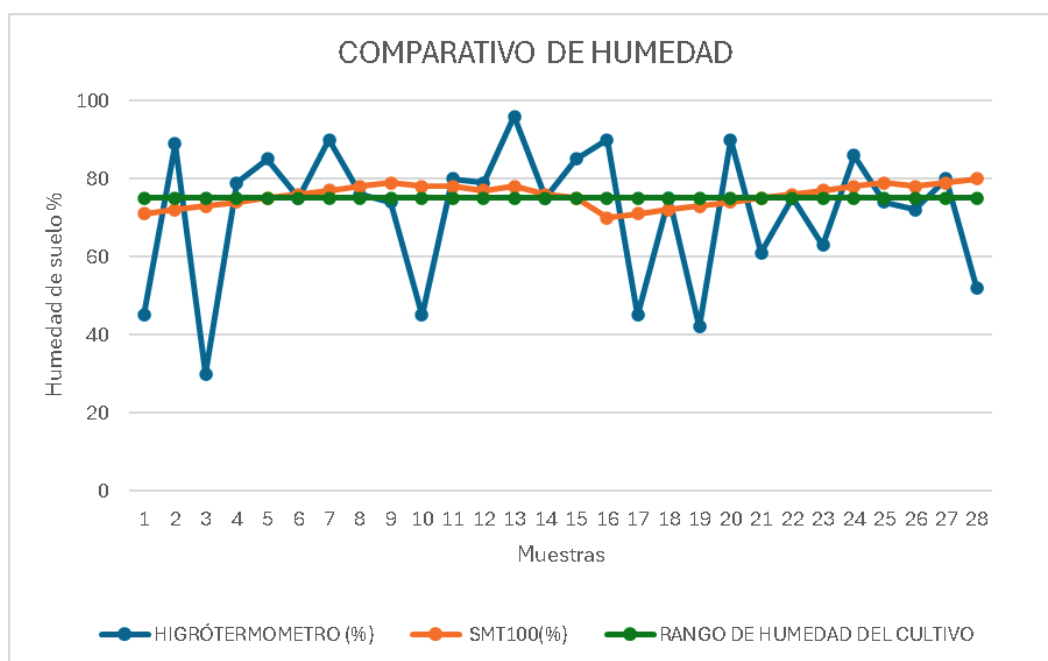
Control de humedad del suelo florícola Anthemon S.A			
Muestras	Higrotermómetro (%)	SMT100(%)	Rango de humedad del cultivo (70 a 80 %)
	Antes	Después	
1	45	71	75
2	89	72	75
3	30	73	75
4	79	74	75
5	85	75	75
6	75	76	75
7	90	77	75
8	76	78	75
9	74	79	75
10	45	78	75
11	80	78	75
12	79	77	75
13	96	78	75
14	75	76	75
15	85	75	75
16	90	70	75
17	45	71	75
18	75	72	75
19	42	73	75
20	90	74	75
21	61	75	75
22	75	76	75
23	63	77	75
24	86	78	75
25	74	79	75
26	72	78	75
27	80	79	75
28	52	80	75

Nota; Comparación de los datos de humedad del suelo del antes y del después de la simulación en el sistema de riego, elaborado por el autor

Los resultados obtenidos confirman que el sistema actual no garantiza una estabilidad en los niveles de humedad, la falta de uniformidad en el riego puede provocar estrés hídrico en los cultivos, ya sea por deficiencia o exceso de agua, lo que no solo afecta su crecimiento y rendimiento de las plantas.

Figura 55

Comparativo de humedad del suelo



Nota: Comparación de la humedad del suelo antes y después del uso del riego automático.

La **Figura 55**, muestra que la curva del Higrómetro (línea azul) tiene mucha variabilidad en los niveles de humedad, lo que refleja un riego irregular típico de los sistemas tradicionales. Esto significa que el agua se aplica cuando el suelo está demasiado seco o, en otras ocasiones, en exceso, creando charcos que favorecen el desarrollo de plagas y enfermedades. En cambio, el SMT100 (línea naranja) muestra

mediciones más estables, manteniéndose dentro del rango ideal de humedad, mejorando la eficiencia y reduciendo los riesgos para el cultivo.

Para comprender con mayor claridad el impacto del riego en la Florícola Anthemon SA, se realizó un análisis detallado del consumo diario de agua en su sistema de riego actual. A partir de los datos proporcionados por la empresa, fue posible estimar con precisión el uso hídrico diario y evaluar cómo se distribuye este recurso en las distintas variedades cultivadas. En la **Tabla 10**, se presenta el caudal de agua asignado a cada variedad, lo que brinda una visión estructurada del consumo y permite identificar posibles áreas de mejora.

Tabla 10

Datos del caudal del sistema de riego automático

Siclos de riego durante el día	Caudal (litros /minutos)	Duración del ciclo	Total, consumo de agua por ciclo (lit/min)	Total, consumo de agua diario(lit/min)
1	173	10	1730	
2	174	12	2088	6767
3	173	9	1557	
4	174	8	1392	

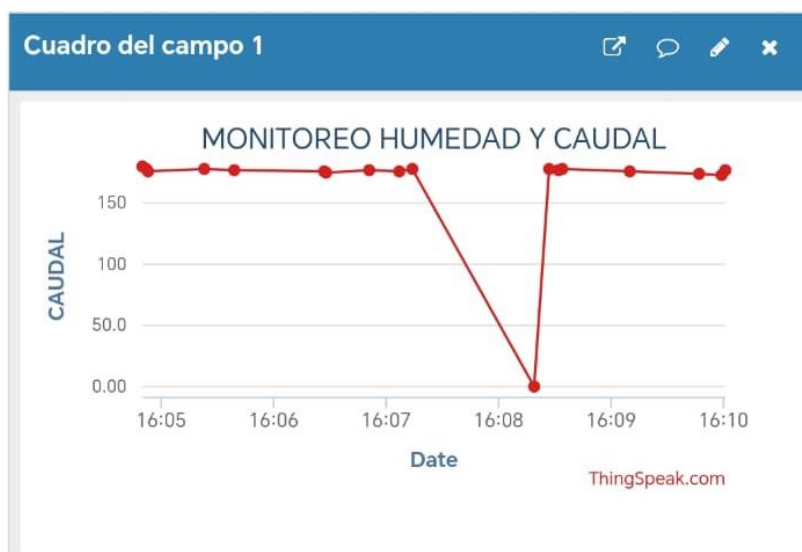
Nota: Consumo de agua al diario, elaborado por el autor y sustraído del

ThingSpeak

En la **Figura 56** se visualiza el comportamiento del caudal en el sistema de riego, proporcionando una representación clara de su funcionamiento. Para comprender mejor su desempeño, se llevó a cabo una simulación que permitió evaluar y contrastar los datos obtenidos. Además, mediante el uso de un caudalímetro, se registraron mediciones en tiempo real, cuyos valores se presentan en la tabla correspondiente.

Figura 56

Caudal del sistema de riego (litros/min) simulación



Nota: Caudal del sistema de riego (Simulación), elaborado por el autor

Tabla 11

Comparativo del consumo de agua

Tipo	Camas	Caudal por número de camas (lit/min)	Minuto de riego	Siclos de riego manual al día	Riego manual lit/min	Siclos de riego automática al día	Riego automático lit/min
Yellow babe	22	363	12	2	8712.00	4	6767
Orange babe	20	330	12	2	7920.00	4	6767
Aster	20	330	12	2	7920.00	4	6767
Snowflake	22	363	12	2	8712.00	4	6767
Solidago	20	330	12	2	7920.00	4	6767
Total					41184.00		33835

Nota: En esta tabla se compara el consumo de agua en litros por minuto, elaborado por el autor

Variación Porcentual

$$\text{Variación \%} = \left(\frac{\text{Valor final} - \text{Valor inicial}}{\text{Valor inicial}} \right) \times 100 \quad (16)$$

$$\text{Variación \%} = \left(\frac{41184 - 33835}{33835} \right) \times 100$$

$$\text{Variación \%} = 21.72 \%$$

El análisis de los datos obtenidos evidencia diferencias significativas entre el riego manual y el riego automático, particularmente en su impacto sobre la eficiencia en el uso del agua y la salud del cultivo. La implementación del riego automático permite controlar la variabilidad de la humedad del suelo, manteniéndola dentro de un rango óptimo de 70% a 80% como muestra la **Tabla 9**, lo que minimiza fluctuaciones extremas y contribuye a la estabilidad del clima agrícola. Como resultado, se reduce la formación de ambientes excesivamente húmedos, que favorecen la proliferación de plagas y enfermedades, afectando la calidad y rendimiento del cultivo.

Desde una perspectiva cuantitativa, se ha determinado que la implementación del riego automático ha demostrado una reducción del consumo hídrico en un 21.72% como indica la (16), evitando tanto la sobresaturación del suelo como posibles déficits hídricos, lo que mejora la eficiencia del riego y optimiza el uso del agua.

Productividad con el sistema de riego automático con IoT

El análisis de la productividad en la florícola evidencia que la implementación de un sistema de riego inteligente no solo mejora la eficiencia en la gestión del recurso hídrico, sino que también optimiza la operatividad del proceso productivo y la mano de obra a utilizar del personal como se lo observa en la **Tabla 12** y **Tabla 13**. La automatización del riego permite un control preciso y en tiempo real de la distribución del agua, reduciendo las variaciones en la humedad del suelo y evitando desperdicios innecesarios.

Tabla 12*Comparativo de número de trabajadores en el sistema de riego*

Número de trabajadores con riego manual	Número de trabajadores con riego automático
5	1
\$39,625.20	\$ 7,925.04

Nota: Tabla de comparación de costo de mano de obra, elaborado por el autor

Tabla 13*Producción vs Desperdicios con el sistema de riego automático*

Producción vs desperdicios finca Anthemon S.A					
Año 2024	Costo producción	Costo desperdicios	Costo de insumos y mano de obra	Unidades desperdicio	Unidades producidas
	\$ 284,873.75	\$ 27,207.00	\$231,232.38	136,035.00	1,139.495.00

Nota: Tabla de comparación de costos de producción de mini rosas, elaborado por el autor.

Productividad usando el método Craig Harris

$$Pt = \frac{\text{Produccion total}}{L + C + R + Q} \quad (17)$$

Donde:

L= Mano de obra

C= Insumos de capital

R= Refacción y materia prima

Q= Otros bienes y servicios

$$Pt = \frac{1,139,495.00}{\$231,232.38}$$

$$Pt = 4.92 \text{ Tallos/dólares}$$

Productividad global

$$Productividad\ Global = \left(\frac{Valor\ final - Valor\ inicial}{Valor\ inicial} \right) \times 100 \quad (18)$$

$$Productividad = \left(\frac{4.92 - 4.33}{4.33} \right) \times 100$$

$$Productividad\ \% = 14\ \%$$

Tabla 14

Comparativo de sistema de riego manual vs riego automático con IoT

Sistema de Riego	Humedad del suelo	Caudal (L/min)	Mano de Obra	Desechos de material vegetal	Productividad
Manual	Humedad variable con un promedio del 71%	41.184	5 personas	105.941 tallos de rosas desperdiciados	4 tallos de rosas por 1 dólar
Automático con IoT	Humedad óptima y ajustable con un promedio del 75%	33.835	1 persona	Reducción del 34,49%, equivalente a 69.399 tallos de rosas desperdiciados	Aumento del 14% en la productividad, alcanzando 5 tallos por 1 dólar

Nota: Tabla de comparación de productividad, elaborado por el autor.

El sistema de riego automático con IoT ha optimizado significativamente el cultivo, permitiendo un desarrollo más eficiente sin desperdiciar recursos. Como se evidencia en la Tabla 14, esta innovación ha impulsado un aumento del 14% en la productividad, mientras que el consumo de agua se ha reducido de 41,184 L/min a 33,835 L/min, garantizando un uso más racional y sostenible. Al mismo tiempo, la automatización ha disminuido la necesidad de mano de obra de cinco a una persona, facilitando las labores en el campo y mejorando la eficiencia operativa. Otro impacto

positivo ha sido la reducción del 34,49% en el desperdicio de tallos, lo que favorece un mayor aprovechamiento de la producción y una mejora en la rentabilidad de la florícola.

Análisis de costos

Se lleva a cabo un análisis de los costos sectoriales correspondientes al año 2025, con el propósito de determinar el costo específico de la mano de obra.

Tabla 15

Costo de mano de obra

N.º	Actividades	Responsable	Horas de trabajo	Costo por actividad
1	Validación de prototipo	Ingeniero industrial	8	\$ 85.60
2	Instalación de tuberías, bomba hidráulica y sistema de distribución	Plomero	40	\$ 238.80
	Configuración de sensores, conexión a ThingSpeak y programación del PLC	Ingeniero industrial	40	\$ 428.00
3		Eléctrico	40	\$ 238.80
4	Pruebas de funcionamiento, calibración de sensores y ajustes en el sistema	Ingeniero industrial	8	\$ 47.76
	Capacitación del operador en el uso de la interfaz HMI y supervisión remota	Ingeniero industrial	8	\$ 85.60
5	Monitoreo del sistema en funcionamiento y recolección de datos iniciales	Ingeniero industrial	24	\$ 256.80
7	Análisis de datos recopilados y evaluación de la eficiencia del riego	Ingeniero industrial	24	\$ 256.80
8	Realizar pruebas de revisión del sistema de manera trimestral.	Ingeniero industrial	16	\$ 171.20
Total				\$ 2,322.96

Nota; Definir costo de mano de obra de cada responsable, elaborado por el autor

Tabla 16

Costo de materiales

Item	Descripción	Cantidad	Unid	Costo unitario	Costo total
1	Bomba centrifuga (114 m3)	1	U	\$829.15	\$829.15
2	Interruptor Termomagnético Riel Acti9 iC60N 3P 32A	1	U	\$52.95	\$52.95
3	Contactador de 32 amp	1	U	\$60.00	\$60.00
4	Relé enchufable Siemens de 5 pines, 6 A y 24 Vac	3	U	\$9.00	\$27.00
5	Fuente de poder (voltaje) 220/110v a 24v 10 Amp	1	U	\$25.00	\$25.00
6	Fuente de Poder 110 VAC a 5 VDC	1	U	\$14.07	\$14.07
7	Portafusible 0 a 10 amp	2	U	\$9.00	\$18.00
8	Electroválvula 1 ½”	10	U	\$59.86	\$598.60
9	PLC (CPU 1212C AC/DC/RLY)	1	U	\$306.00	\$306.00
10	Panel HMI KTP 700 (Human Machine Interface) de Siemens	1	U	\$712.00	\$712.00
11	Sonda de humedad SMT100	2	U	\$205.00	\$410.00
12	Caudalímetro	10	U	\$50.00	\$500.00
13	Cable 3x10 AWG	20	U	\$3.18	\$63.60
14	Gabinete eléctrico 60X40X30	1	MTS	\$102.00	\$102.00
15	Cable UTP	200	MTS	\$0.54	\$108.00
16	Licencia ThingSpeak	1	anual	\$275.00	\$275.00
17	Varios	1	U	\$200.00	\$200.00
Total					\$4,301.37

Nota: Costos estimados para implementar el sistema de riego automático, elaborado por el autor.

Considerando el análisis de costos previamente realizado, se ha determinado que el costo de mano de obra, reflejado en la **Tabla 15**, sumado al costo de los materiales, detallado en la **Tabla 16**, asciende a un total de \$6,624.33. Este valor representa la inversión requerida para la implementación del sistema de riego automático florícola Anthemon S.A.

Recuperación de la inversión

La implementación del sistema automatizado de riego representa una inversión inicial de \$6,624.33, la cual se compensa con un ahorro operativo anual estimado en \$39,625.20, como lo muestra la **Tabla 13**, resultado de la reducción del personal requerido de cinco operarios a un solo trabajador encargado del monitoreo y control del sistema. Desde el enfoque contable, este proyecto demuestra una alta rentabilidad y eficiencia financiera, permitiendo la recuperación de la inversión en un plazo inferior a un año, optimizando los costos operativos, mejorando el margen de utilidad y contribuyendo a una gestión más sostenible y productiva en el proceso agroindustrial.

CAPÍTULO IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- A partir del diagnóstico realizado en la Florícola Anthemon S.A., se determina que la productividad en las condiciones actuales es de 4,33 tallos por dólar, evidenciándose un desperdicio de 136.035 tallos, equivalente a una pérdida económica de \$27.207,00. El análisis revela que la principal causa es la aparición de enfermedades asociadas al exceso de humedad como se observa en la **Figura 10**, generado por un ineficiente sistema de riego como lo muestra la **Figura 55**, por lo cual la oportunidad de mejora se enfoca en el proceso de riego.
- Para el diseño del sistema de riego automático se seleccionan los siguientes componentes técnicos encargados de asegurar la mejora del sistema de riego, tales como se muestra la **Tabla 16**. Dentro de los cuales se destacan por su precisión, eficiencia operativa y automatización avanzada, el HMI Siemens KTP700, el cual facilita una interfaz gráfica intuitiva para el monitoreo continuo y control en tiempo real, el PLC Siemens S7-1200 CPU 1212C, elegido por su estructura modular y comunicación mediante protocolo PROFINET , el mismo se integra con las señales provenientes del sensor de humedad SMT100, que emplea tecnología TDR para mediciones exactas del contenido de agua del suelo, y del caudalímetro YF-DN40. A través de una salida de pulsos se garantiza un monitoreo confiable del flujo, permitiendo un control preciso del volumen de riego.
- El diseño y simulación realizados mediante la plataforma TIA Portal permiten validar técnicamente la integración del PLC Siemens S7-1200 CPU 1212C, la interfaz HMI KTP700, el sensor de humedad SMT100 (rango 0-100% VWC, precisión $\pm 3\%$) y el

caudalímetro YF-DN40 (capacidad máxima de 180 L/min, precisión $\pm 2\%$). Adicionalmente, se utiliza la plataforma ThingSpeak para la visualización y monitoreo en tiempo real de los parámetros del sistema de riego. Como resultado del análisis del sistema propuesto, se proyecta un incremento del 14% en la productividad del cultivo de mini rosas.

Recomendaciones

- A partir del diagnóstico realizado, se recomienda la implementación del sistema de riego automático propuesto lo cual permitirá reducir significativamente el exceso de humedad identificado como factor clave en la aparición de enfermedades fitosanitarias, disminuyendo así las pérdidas económicas actuales.
- Es importante considerar rigurosidad en la selección de los elementos que conforman la propuesta del sistema de riego, referente a las especificaciones técnicas de cada elemento, lo cual permitirá una gestión eficiente del riego mediante monitoreo en tiempo real, control exacto del contenido hídrico del suelo y regulación precisa del caudal aplicado.
- Se recomienda la implementación del sistema de riego automático propuesto, pues de lo contrario de no aplicarse dicha solución, persistirán las deficiencias en el riego, provocando acumulación excesiva de humedad en el suelo, afectando negativamente la sanidad de los cultivos y consecuentemente su productividad.

Bibliografía

- Alvarez, A. (2020). Caídas de presión en tuberías comerciales. manual de hidraulica :
file:///D:/Users/User/Downloads/capc3adtulo-7-cac3addas-de-presic3b3n-en-tuberc3adas-comerciales%20(1).pdf
- Automatización, R. R. (2024). rambal.com. <https://rambal.com/sensores/2152-sensor-caudal-1-12-pulgadas.html>
- Carro, R., & González, D. (2021). Productividad y competitividad .
https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- Chavarro, J. (7 de julio de 2022). Metroflor -agro.
<https://www.metroflorcolombia.com/evolucion-del-mercado-global-de-flores-su-desarrollo-por-region-y-las-oportunidades-de-colombia-en-los-principales-paises-y-regiones-importadoras/>
- Co, G. &. (10 de 01 de 2025). MMM tech support . <https://mmm-tech.de/index.php/es/volumetric/smt-100>
- Criollo, F. (2024). dspace.ups.edu.ec.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27740/1/UPS-GT005234.pdf>
- Damián, G. P. (05 de 05 de 2022). repositorio.uti.edu.ec. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/4458/1/Gavilanes%20Pilco%20Alex%20Dami%c3%a1n.pdf>
- Elan, S. (01 de 04 de 2022). <https://www.elanelectric.cl/wp-content/uploads/2019/04/Grados-IP-y-Clase-de-Aislacion.pdf>

Electric, S. (2024). https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Soluciones-Residenciales-Inteligentes-2024_es.pdf&p_Doc_Ref=CAT_Retail-Residential_ES-MX

Electric, S. (20 de 01 de 2025). <https://www.se.com/cl/es/product/LC1D32BD/contactor-3-polos-32a-24v-dc-nanc/>

Electric, S. (2025). https://comercelhn.com/catalogs/schneider/Contactores.pdf?utm_source=chatgpt.com

Electric, S. (2025). Schneider Electric. <https://www.se.com/co/es/product/A9F74325/interruptor-termomagn%C3%A9tico-riel-acti9-ic60n-3p-25a-curva-c/>

Electronics, D. R. (24 de 01 de 2021). french.fusesholder.com. <https://french.fusesholder.com/sale-14148387-2p-35mm-din-rail-fuse-holder-twin-3ag-fuse-block-with-polystyrene-cap.html>

Electrostore. (2019). grupoelectrostore.com. <https://grupoelectrostore.com/shop/fuentes-cargadores-y-adaptadores-de-voltaje/fuente-de-poder-voltaje-220-110v-a-24v-10a/>

Horticultura. (2020). Ministerio de agricultura,pesca y alimentación: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Hort%2FHort_1983_10_5_19.pdf

LABS, M. (2025). Moglix.com. <https://www.moglix.com/siemens-6a-24v-5-pin-plug-in-relay-7rq01000ac00/mp/msnpkep2vvjd9g>

Led, T. (2025). tronicsled.com. <https://tronicsled.com/products/eliminador-de-corriente-110-vac-a-5-vdc-3amp-conector-dc-2-5-mm>

- Maps, G. (21 de Octubre de 2024). Google Maps. [https://www.google.com/maps/@-0.120703,-78.3450713,3a,75y,76.05h,88.24t/data=!3m7!1e1!3m5!1sjAZnV-UvTvOSAaLQGLf8yQ!2e0!6shttps:%2F%](https://www.google.com/maps/@-0.120703,-78.3450713,3a,75y,76.05h,88.24t/data=!3m7!1e1!3m5!1sjAZnV-UvTvOSAaLQGLf8yQ!2e0!6shttps:%2F%2F)
- Olmos, L. M. (16 de febrero de 2023). Tecnología hortícola. Toro Tempus® Air, el riego de precisión sin límites: <https://www.tecnologiahorticola.com/toro-tempus-air-riego-precision-sin-limites-fertirrigacion/>
- Pedrollo. (Septiembre de 2024). pedrollo.com.ec. https://pedrollo.com.ec/producto/bomba-centrifuga-hf-30a_10hp-220v-440-60-hz-3f-npt/
- Propio. (2024). Riego de mini rosas . Quito, Pichincha, Ecuador.
- Propio, A. (21 de Octubre de 2024). Zona de compost de la florícola Anthemon S.A . Quito, Prichincha, Ecuador.
- Propio, A. (24 de Enero de 2025). Diagrama de las fases en el diseño del sistema de riego. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Relepro. (02 de 01 de 2025). INGENIERÍA DE CONTROL Y ELECTRICIDAD S.L. relepro.com: https://relepro.com/inicio/255/siemens_simatic-s7-1200-cpu-1212c-acdcrele-8di6do2ai_6es7212-1be40-0xb0.html
- Riegos Iberia Regaber, S. (2024). regaber.com. RiegosRegaber: <https://www.campodebenamayor.es/wp-content/uploads/Electrovalvulas-riego-Galsol-75-especificaciones.pdf>
- SA, B. (2024). Grupo Bonnett SA. <https://grupobonnett.com/producto/bomba-de-agua-pedrollo-centrifuga-hf-30a-10-hp/>
- Sela, G. (02 de Agosto de 2024). cropaia.com. El oídio: <https://cropaia.com/es/blog/el-oidio/>

Siemens. (15 de 01 de 2022). mall.industry.siemens.com:

<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6AV2123-2GB03-0AX0>

Viakon. (2020). Manual del electricista. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://viakon.com/wp-content/uploads/2020/11/ManualElectricista_2020.pdf

Yong, A. (2004). Cultivos Tropicales. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217832008.pdf

Anexos

Anexo 1

Florícola Anthemon S.A



Anexo 2

Desperdicios de material vegetal en florícola Anthemon S.A



Anexo 3

Reservorio



Anexo 4

Bomba Centrífuga de riego



Anexo 5

válvula angular manual



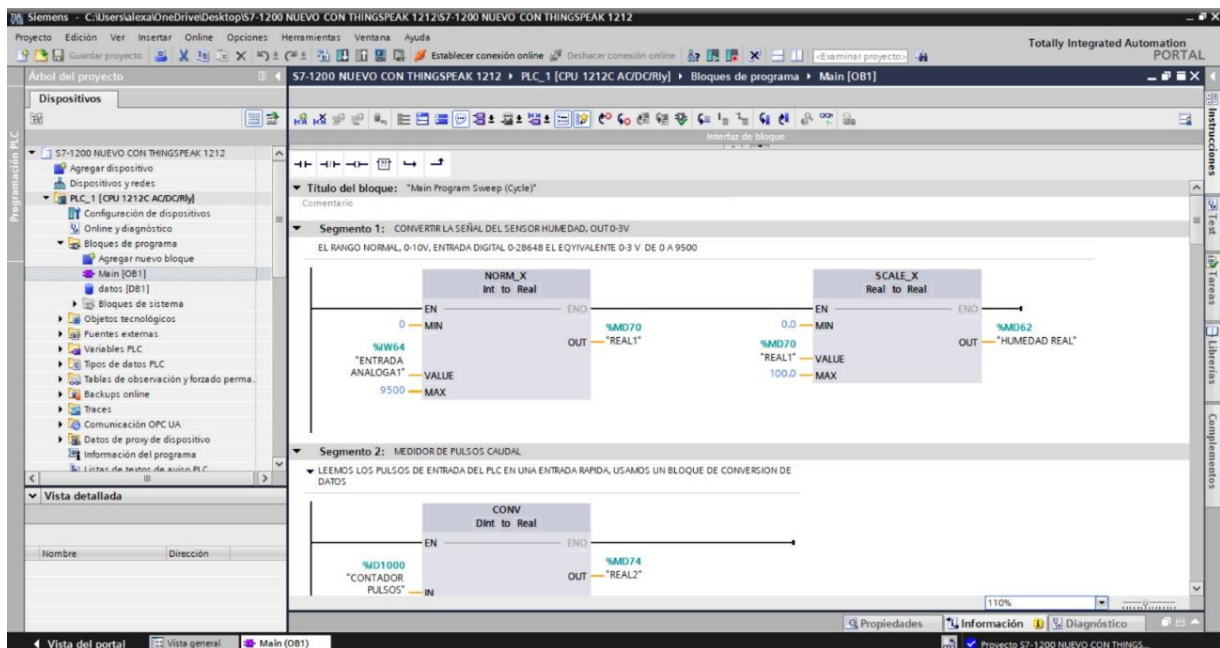
Anexo 6

Medición del suelo con higrotermómetro



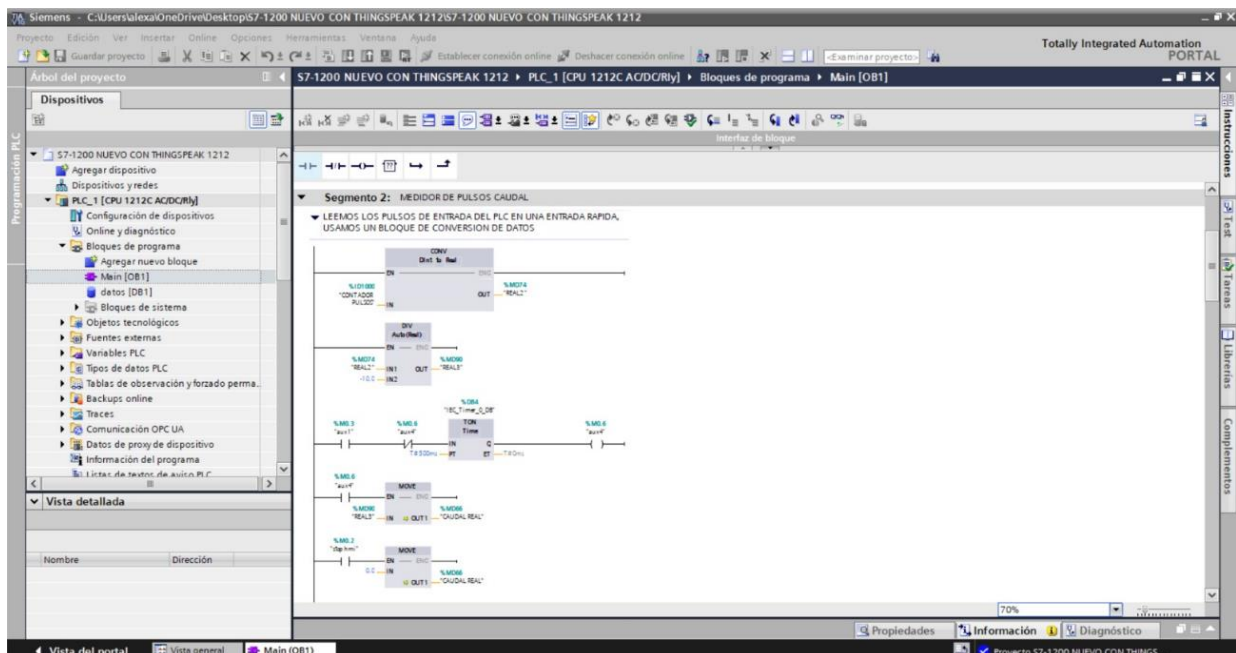
Anexo 7

Programación de sistema de riego en TIA portal primera etapa



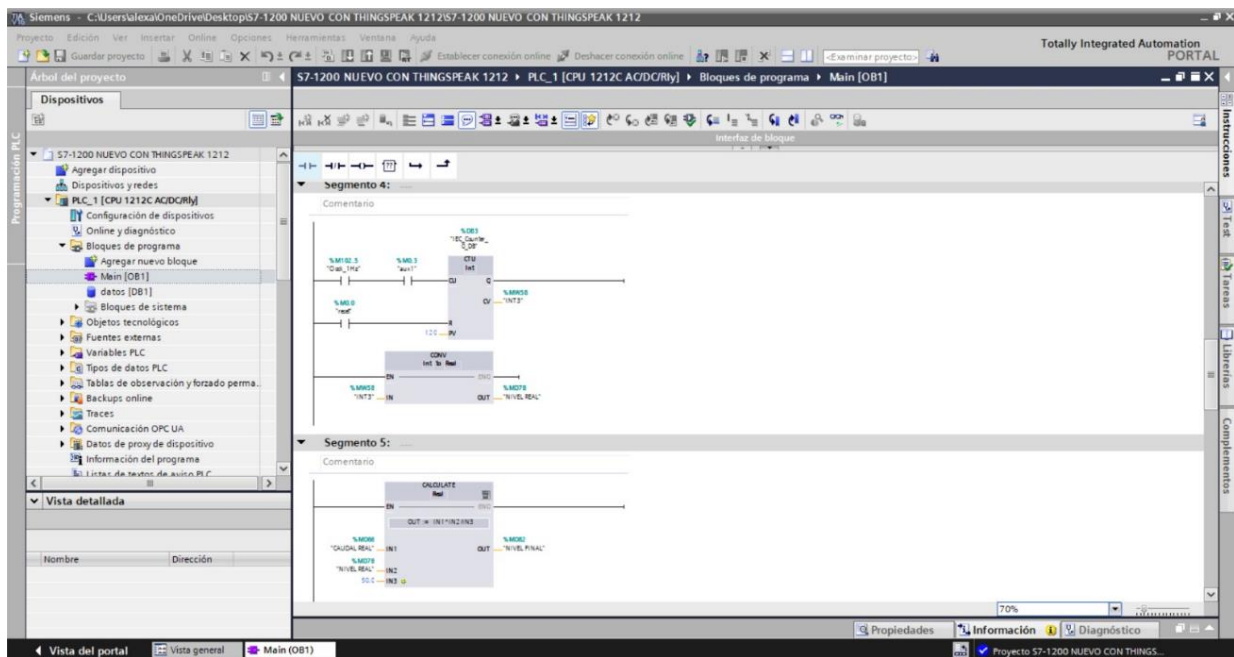
Anexo 8

Programación de sistema de riego en TIA portal segunda etapa



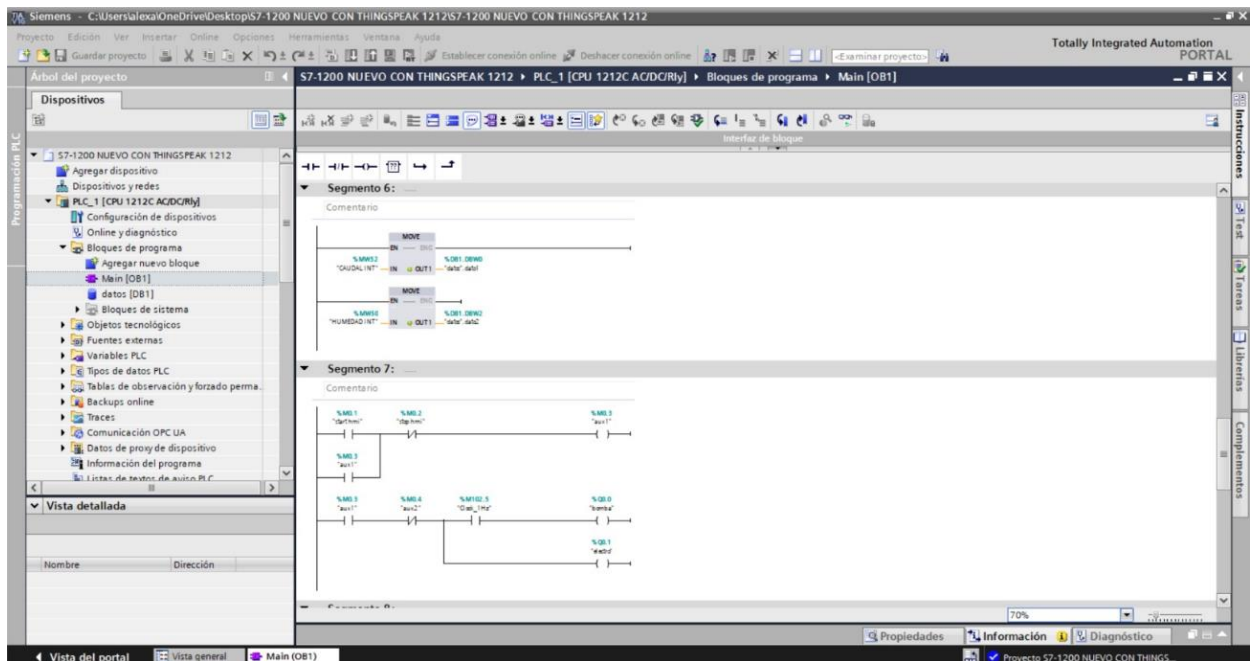
Anexo 9

Programación de sistema de riego en TIA portal tercera etapa



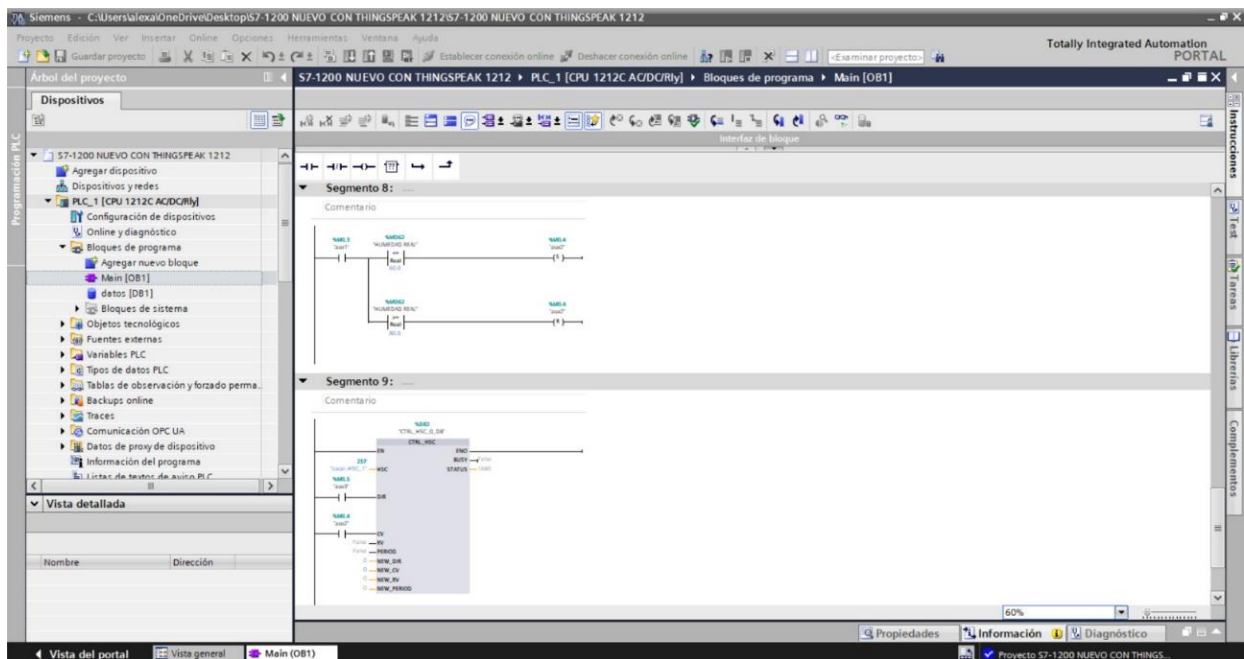
Anexo 10

Programación de sistema de riego en TIA portal cuarta etapa



Anexo 11

Programación de sistema de riego en TIA portal quinta etapa



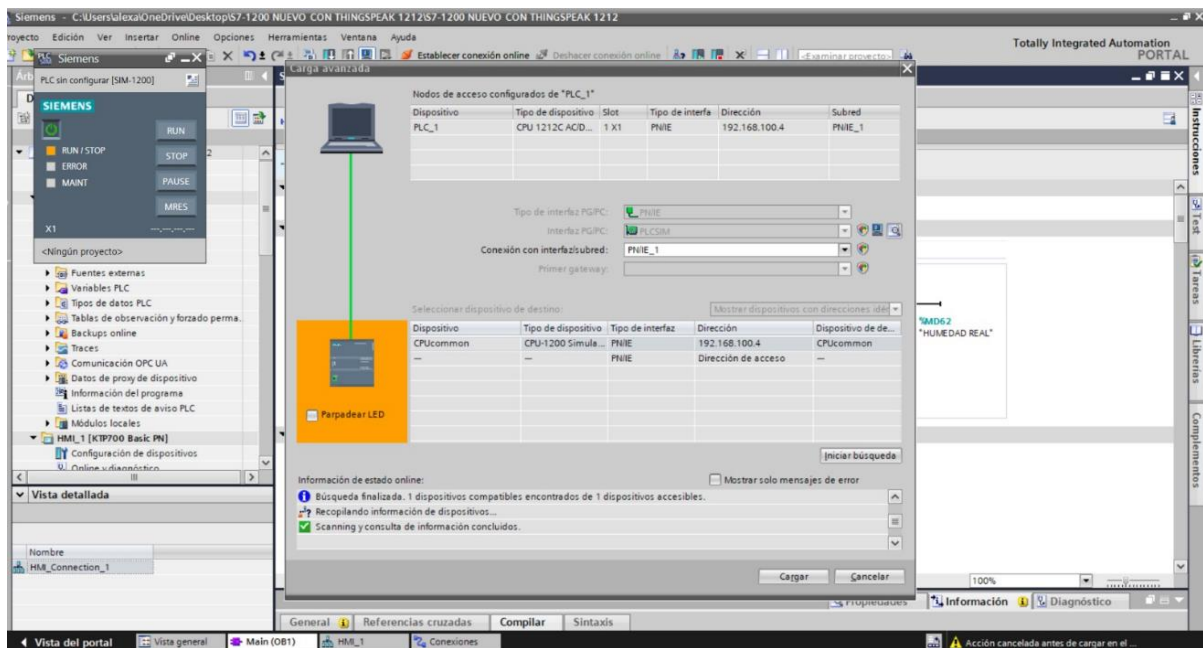
Anexo 12

Variables del sistema de riego automatizado en TIA portal

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	HUMEDAD INT	Int	%MWS0				
2	CAUDAL INT	Int	%MWS2				
3	INT1	Int	%MWS4				
4	INT2	Int	%MWS6				
5	INT3	Int	%MWS8				
6	reset	Bool	%MO.0				
7	HUMEDAD REAL	Real	%MD62				
8	CAUDAL REAL	Real	%MD66				
9	REAL1	Real	%MD70				
10	REAL2	Real	%MD74				
11	ENTRADA ANALOGA1	Int	%IW64				
12	ENTRADA ANALOGA2	Int	%IW66				
13	NIVEL REAL	Real	%MD78				
14	NIVEL INT	Int	%MW60				
15	NIVEL PNAH	Real	%MD82				
16	start hmi	Bool	%MO.1				
17	stop hmi	Bool	%MO.2				
18	aux1	Bool	%MO.3				
19	aux2	Bool	%MO.4				
20	aux3	Bool	%MO.5				
21	bomba	Bool	%Q0.0				
22	electro	Bool	%Q0.1				
23	CONTADOR PULSOS	Dint	%ID1000				
24	SALIDA PULSOS	Real	%MD86				
25	REAL3	Real	%MD90				
26	REAL4	Real	%MD94				
27	aux4	Bool	%MO.6				
28	aux5	Bool	%MO.7				
29	aux6	Bool	%MO.0				
30	aux7	Bool	%MO.1				

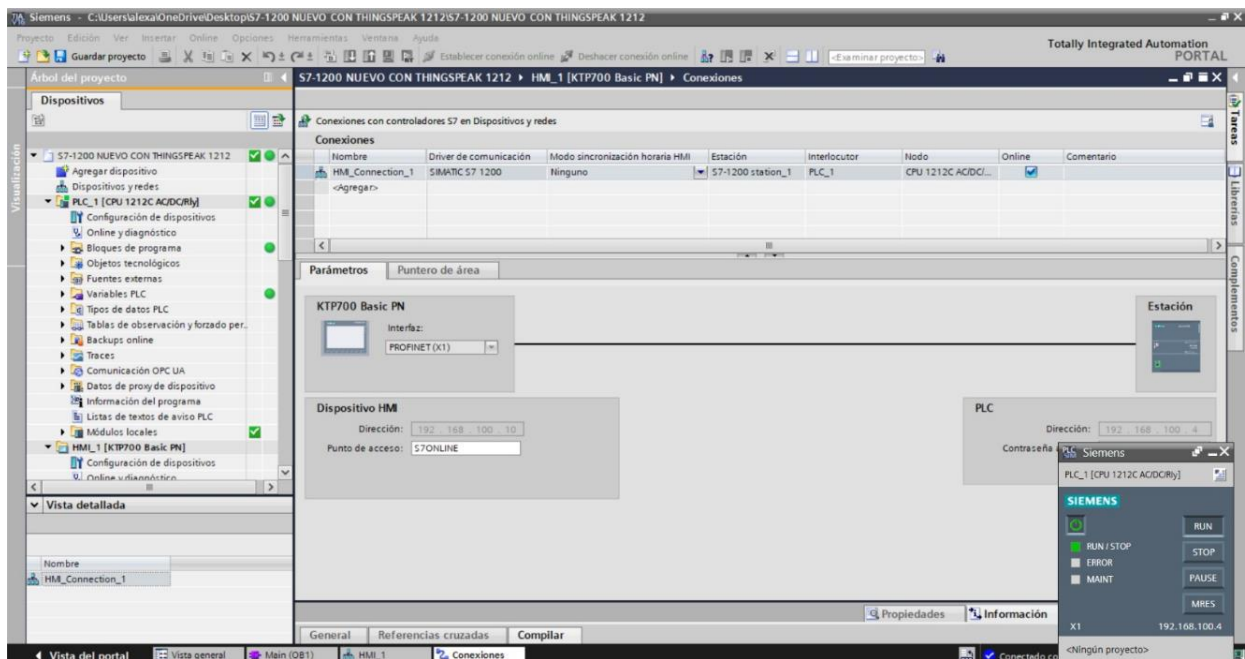
Anexo 13

Comunicación de software con hardware TIA portal



Anexo 14

Comunicación de HMI



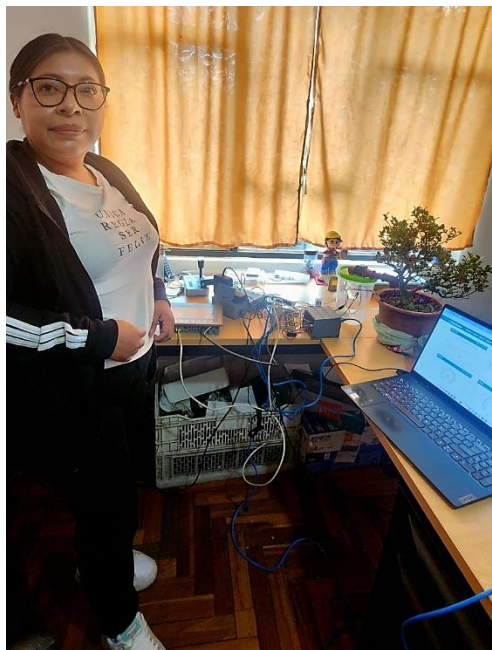
Anexo 15

Pruebas de funcionamiento del sistema de riego automático



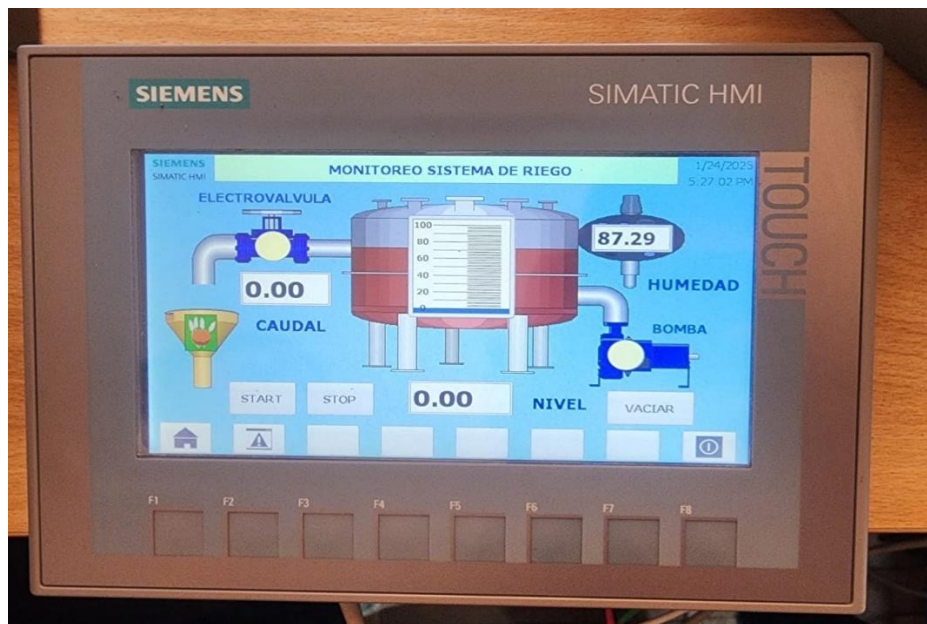
Anexo 16

Pruebas de funcionamiento del sistema de riego etapa final



Anexo 17

Pantalla HMI KTP 700



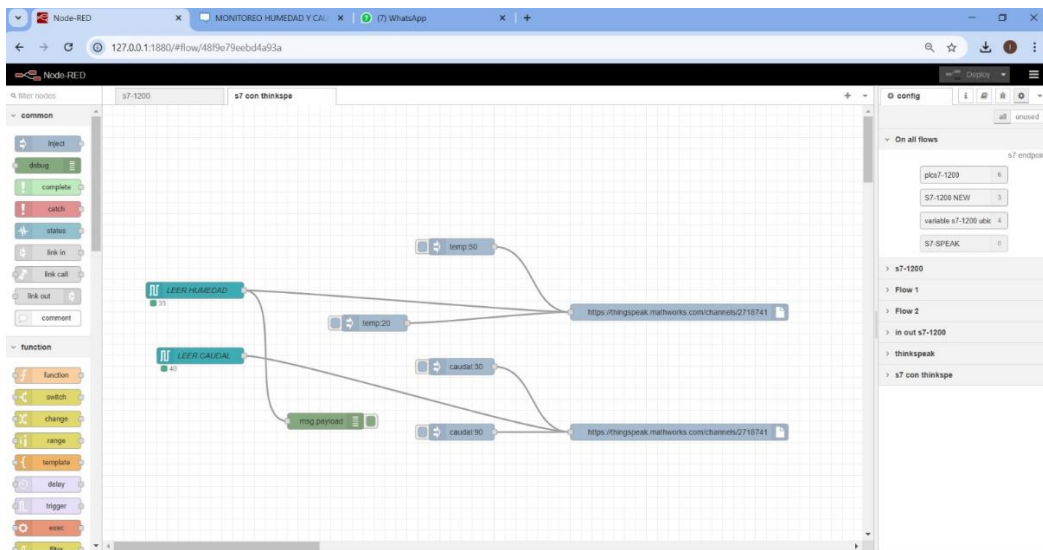
Anexo 18

PLC (CPU 1212C AC/DC/RLY)



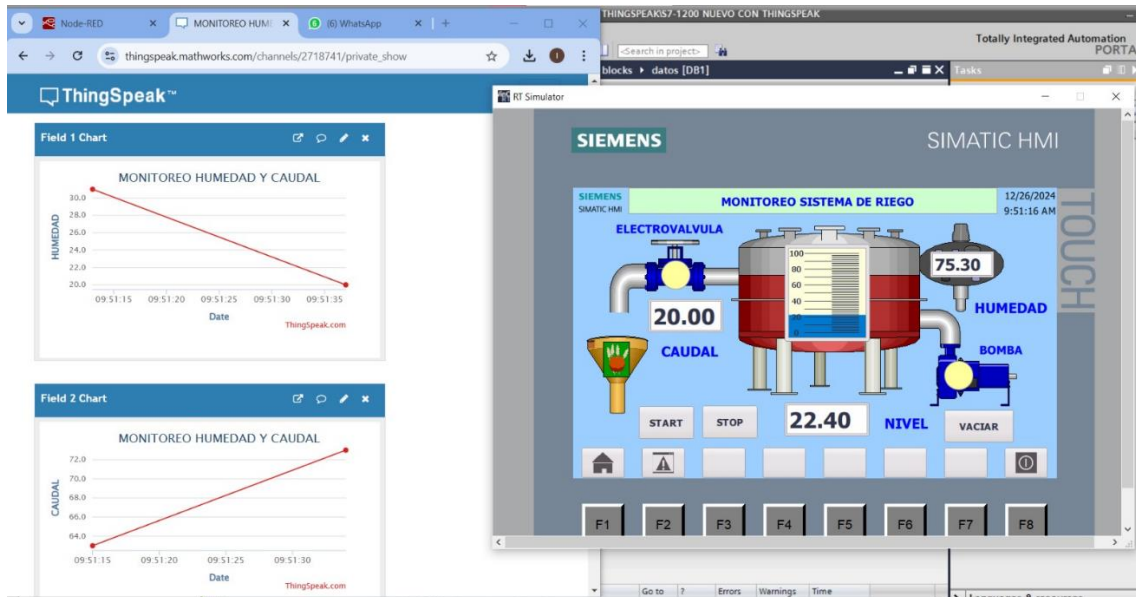
Anexo 19

Software Node-RED



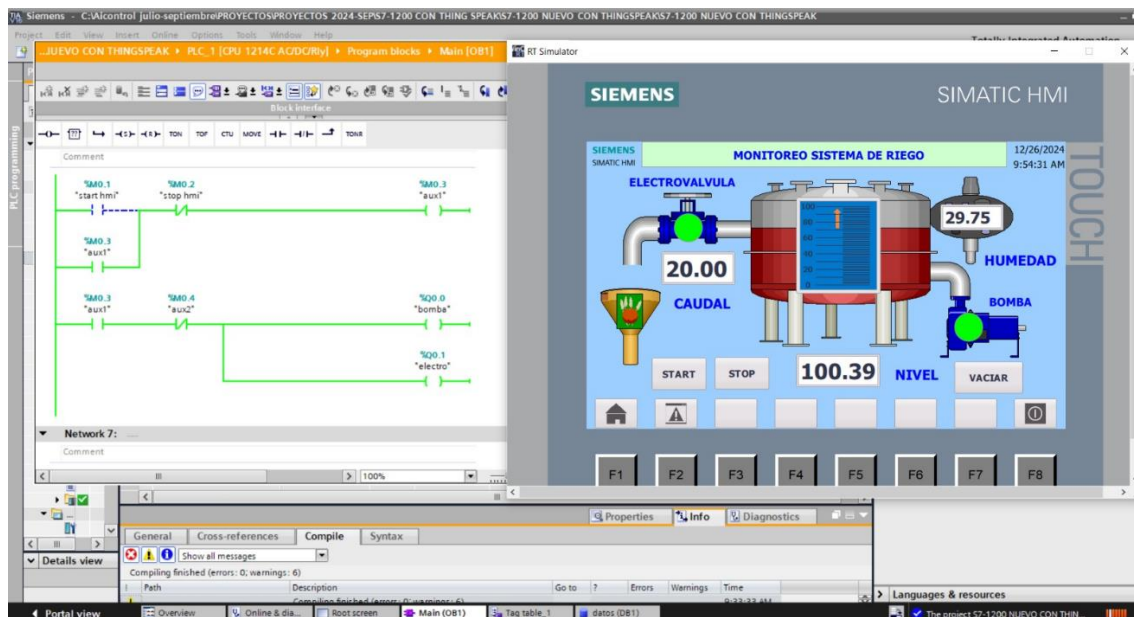
Anexo 20

Pruebas de funcionamiento con software ThingSpeak y HMI



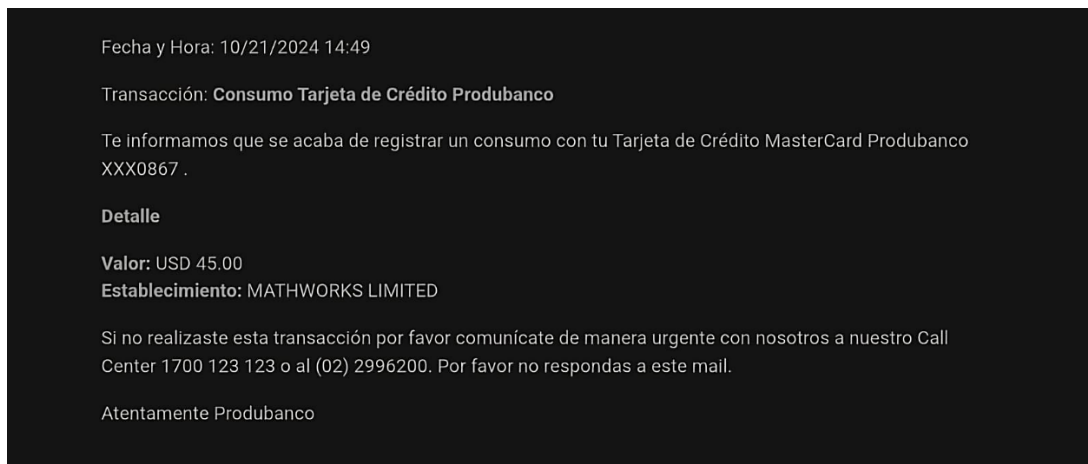
Anexo 21

Pruebas de funcionamiento software TIAportal con HMI



Anexo 22

Pago de licencia de software ThingSpeak



Anexo 23

Bomba centrífuga HF 30A



HF 30A - Electrobomba centrífuga trifásica de 10 HP

Marca: Pedrollo
Referencia: HF 30A
En stock: 8 Elementos

Caudal hasta 2400 l/min (144 m³/h). Cabeza hasta 23 m. Motor de 7,5 kW (10 CV).

798,17 € Impuesto incluido
~~1.376,16 €~~ -42%

Cantidad:

Paga in 3 rate da 266,06€ senza interessi con **PayPal**. TAEG 0%. [Scopri di più](#)

Anexo 24

Sensor de humedad SMT-100



Art. No: SMT-100
Weight: 250.00g

Price: 196.35€
Ex Tax: 165.00€

Qty:

DESCRIPTION

El SMT-100 es un sensor económico de alta calidad para el contenido volumétrico de agua y la temperatura del suelo fabricado en Alemania. El sensor es adecuado para uso universal en suelos minerales y en sustratos de cultivo y también en lugares con alta salinidad.

Anexo 25

Caudalímetro YF-DN40



SENSOR DE CAUDAL YF-DN40 1/2" 5-120l/min

\$49.99

1

Añadir al carrito

SKU: 5A115 / Categorías: Sensores Ambientales, Sin categorizar

Anexo 26

PLC ,CPU 1212C

RelePro automation

Búsqueda en catálogo

MOD. LÓGICOS (LOGO! 8) PLC - SIMATIC S7-1200 PLC - SIMATIC S7-1500 PANTALLAS HMI BLOG

Inicio / S7-1200, CPU 1212C, AC/DC/RELE, 6ES7212-1BE40-0XB0

VISA PayPal

Transferencia Bancaria


SSL Secure Connection https://

INICIO

MOD LÓGICOS (LOGO! 8) +

PLC - SIMATIC S7-1200 +

PLC - SIMATIC S7-1500 +



S7-1200, CPU 1212C, AC/DC/RELE, 6ES7212-1BE40-0XB0

242.21 €

293,07 € IVA incl.

24 HORAS, ENVÍO GRATUITO

SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, CPU compacta, AC/DC/relé, E/S integradas: 8 DI 24 V DC; 6 DO, relé 2 A; 2 AI 0-10 V DC; alimentación: AC 85-264 V AC con 47-63 Hz, memoria de programas/datos 100 kB

Cantidad

1

AÑADIR AL CARRITO

Anexo 27


Costo Pantalla HMI

Su distribuidor para la automatización de procesos | Precios 24 % de media por debajo del PVP | Rápidos envíos a partir de 100 € sin gastos de envío* | Competente servicio al cliente Lu - Vi: 8:00 - 17:00 | 91 903 79...

Automation24 One stop. Smart shop. | Empresa | Servicios | Contacto | ES - EUR | B2B B2C

Todas las categorías | Palabra clave / N° de producto / Fabricante ... | Mi cuenta Iniciar sesión / Registro | Cesta de la compra 828,73 €

Mi cesta

Producto	Cantidad	Precio unitario	Importe total
 Panel HMI Siemens KTP700 Basic PN - 6AV2123-2GB03-0A00 Código producto: 101690 Añadido el 01/02/2025 5:37:11 ✓ Existencias disponibles 📅 Saldrá el siguiente día hábil Accesorios a juego +	- 1 +	684,90 €	684,90 €

Actualizar cesta de la compra

Tramitar pedido →

Anexo 28

Costo Electroválvula 1 1/2

lvulas hidráulicas / Electroválvula Cepex



ELECTROVÁLVULA CEPEX

\$25,00 – \$92,49

La **Electroválvula Cepex** garantiza un control automático del flujo de agua con resistencia y fácil instalación, ideal para sistemas de riego y aplicaciones hidráulicas.

Medidas: Electroválvula 1 1/2" 210 24VAC 2 caminos

Limpia

Código: 2082

\$59,86

1

Añadir al carrito

Anexo 29

Aprobación de abstract departamento de idiomas.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: SALCEDO QUISHPE MIRYAM JOHANA

TUTOR: MSc. TOPON VISARREA BLANCA LILIANA

ABSTRACT

DESIGN OF AN INTELLIGENT AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM FOR A FLOWER FARM

This research is conducted at the Anthemon S.A. floriculture company, located in the parish of Tababela. The company exhibits a high level of stem waste, reaching 138,035 mini rose stems. Therefore, it becomes necessary to design an intelligent automated irrigation system using IoT technology to optimize water usage and enhance productivity within the organization. A technical-operational diagnosis of the current situation is carried out, identifying a productivity level of 4.33 stems per dollar. Subsequently, the appropriate components for the automated irrigation system are selected based on their technical specifications. Finally, the system design is proposed, incorporating the previously selected components. The results obtained through simulation using the TIA Portal and ThingSpeak platforms demonstrated a 51.43% reduction in water consumption and a 14% increase in productivity, reaching a yield of 4.92 stems per dollar. The study concludes the proposed system's technical, operational, and economic feasibility, presenting an efficient, scalable, and sustainable solution to improve the agro-industrial competitiveness and performance of the floriculture company. The estimated cost is \$8,624.33, with a payback period of less than one year, supported by reduced operational labor costs. This reduction stems from eliminating the need for four operators responsible for manually monitoring and controlling the irrigation system, thereby optimizing human resources through automation of the irrigation process. The system's efficiency ensures it can consistently deliver high performance.

KEYWORDS: Productivity, Simulation, Irrigation System, Optimization, Efficiency

