



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE POTENCIA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**SISTEMA DE REGADÍO AUTOMÁTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE  
RIEGO DE LA FLORÍCOLA PINANGO EN EL CANTÓN CAYAMBE.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en  
Sistemas Eléctricos de Potencia.

**Autor:**

Landeta Ulcuango Luis Cristóbal

**Tutor Académico:**

Ing. José Efrén Barbosa Galarza Ms.C

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto - 2023**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **LANDETA ULCUANGO LUIS CRISTOBAL** declaro ser autor de la presente propuesta tecnológica: "**SISTEMA DE REGADÍO AUTOMÁTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DE LA FLORÍCOLA PINANGO EN EL CANTÓN CAYAMBE**", siendo el Ing. **BARBOSA GALARZA JOSÉ EFRÉN** el autor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....  
**Landeta Ulcuango Luis Cristobal**  
C.C. 172222041-3

.....  
**Ing. José Efrén Barbosa Galarza Ms.C**  
C.C. 050142072-3



## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**"SISTEMA DE REGADÍO AUTOMÁTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DE LA FLORÍCOLA PINANGO EN EL CANTÓN CAYAMBE"**, de **LANDETA ULCUANGO LUIS CRISTOBAL**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2023

El Tutor

Firma

**Ing. José Efrén Barbosa Galarza Ms.C**

**c.c. 050142072-3**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA**; por cuanto, el postulante: **Landeta Ulcuango Luis Cristobal** con el título de Proyecto de titulación: **SISTEMA DE REGADÍO AUTOMÁTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DE LA FLORÍCOLA PINANGO EN EL CANTÓN CAYAMBE** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga agosto 2023

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**  
**Ing. Jessica Nataly Castillo Fiallos**  
**CC: 0604590216**

**Lector 2**  
**Ing. Manuel Ángel León Segovia**  
**CC: 0502347768**

**Lector 3**  
**Ing. Marco Aníbal León Segovia**  
**CC: 0502041353**



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de propietario de la Florícola Pinango certifico que mediante el proyecto tecnológico **"SISTEMA DE REGADÍO AUTOMÁTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DE LA FLORÍCOLA PINANGO EN EL CANTÓN CAYAMBE"** del señor **LANDETA ULCUANGO LUIS CRISTOBAL** con número de cédula **172222041-3** realiza la entrega de la automatización y control del sistema de riego en la **FLORÍCOLA PINANGO** en el cantón Cayambe.

Latacunga, agosto 2023

**MARCO VINICIO PINANGO CACUANGO**  
**C.C. 171622657-4**



## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido en la realización de este trabajo de tesis. En especial, quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a dos personas que han sido pilares fundamentales en mi vida y en la culminación de este proyecto.

En primer lugar, a mi amada madre, María Ulcuango, quien ha sido mi fuente inagotable de apoyo, aliento y amor incondicional. Gracias, mamá, por estar siempre a mi lado, por comprender la importancia de este proyecto y por brindarme el espacio y el tiempo para enfocarme en él.

En segundo lugar, a mi querida hermana, Mishell Landeta, a quien considero mi cómplice y mi mejor amiga. Tu presencia en cada etapa de mi vida ha sido fundamental para mantenerme motivado y enfocado en mis metas.

*Landeta Luis*



## DEDICATORIA

A mi amada madre, María Ulcuango, y a mi querida hermana, Mishell Landeta.

Esta tesis es un reflejo de los años de dedicación, esfuerzo y amor que ustedes han depositado en mí. Gracias a su constante apoyo y aliento, he encontrado la fuerza para superar los desafíos y perseguir mis sueños. Madre, desde el primer día me has enseñado el valor del trabajo arduo y la importancia de la educación. Tu ejemplo de valentía y sacrificio ha sido mi mayor inspiración en la vida. Siempre has estado ahí para apoyarme, guiarme y brindarme palabras de aliento en los momentos difíciles. Sin tu amor incondicional y tu presencia constante, este logro no sería posible.

Mishell, mi compañera de aventuras, mi cómplice en risas y lágrimas, tu presencia en mi vida ha sido una bendición inigualable. Gracias por escucharme y por ser mi mayor defensora en cada paso del camino. Tu sabiduría y perspectiva única han sido un valioso aporte a este trabajo, y estoy agradecido por contar con una hermana como tú.

*Landeta Luis*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvi
1 INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2 INTRODUCCIÓN .....	2
2.1 El problema.....	2
2.1.1 Situación Problemática: .....	2
2.1.2 Formulación del problema: .....	2
2.2 Objeto y campo de acción.....	2
2.2.1 Objeto. ....	2
2.2.2 Campo de acción.....	2
2.3 Beneficiarios: .....	3
2.3.1 Beneficiarios directos .....	3
2.3.2 Beneficiarios indirectos .....	3
2.4 Justificación: .....	3
2.5 Hipótesis .....	3
2.6 Objetivos:.....	3
2.6.1 General:.....	3
2.6.2 Específicos:.....	3
2.7 Sistema de tareas.....	4
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	5
3.1 Antecedentes .....	5

3.2	Estado del arte.....	6
3.2.1	Sistemas de riego .....	6
3.2.2	Fertiirrigación .....	7
3.2.3	Conductividad eléctrica .....	8
3.2.4	Potencial de hidrogeno .....	8
3.2.5	Controladores de riego y fertilización .....	9
3.2.6	Automatización.....	10
3.2.7	Partes de un sistema de Automatización .....	13
3.2.8	Logo Siemens .....	13
3.2.9	Módulos de expansión .....	16
3.2.10	Pantalla HMI.....	17
3.2.11	Estructura Básica .....	18
3.2.12	Automatización agrícola.....	19
3.3	Normativas aplicables.....	20
3.3.1	IEC 60204-1.....	20
3.3.2	ISA S5.1.....	21
3.3.3	NTE INEN 23454 .....	22
4	MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
4.1	Métodos de investigación .....	24
4.2	Normativas Aplicables.....	24
4.2.1	IEC 60204-1.....	24
4.2.2	NTE INEN 23454 .....	24
4.3	MeTOLOGÍA de la investigación .....	25
4.4	RECONOCIMIENTO DEL LUGAR.....	26
4.4.1	Ubicación de la florícola Pinango.....	26
4.4.2	Estado actual del Riego .....	26
4.5	elementos aplicados en el proyecto .....	27
4.5.1	Sensor de pH.....	27
4.5.2	Sensor de CE.....	28

4.5.3	Electroválvula .....	28
4.5.4	Válvulas Hidráulicas.....	28
4.5.5	Solenoides .....	29
4.5.6	Flujómetros .....	30
4.5.7	Cable Multipar .....	30
4.5.8	Elementos Hidráulicos para el riego automático .....	31
4.6	Diferentes Software Utilizados para el riego automático.....	31
4.7	PRESUPUESTO DEL RIEGO AUTOMÁTICO .....	32
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	33
5.1	incorporación de los diferentes elementos eléctricos .....	33
5.2	INCORPORACIÓN de los elementos HIDRÁULICOS.....	35
5.3	montaje del gabinete de control.....	37
5.4	CÓDIGO de programación.....	41
5.5	caudales de la demanda diaria .....	41
5.6	puesta en marcha del riego automático.....	44
5.7	análisis de gastos DESPUÉS de la implementación del sistema de riego automático ..	49
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
6.1	Conclusiones.....	52
6.2	Recomendaciones .....	53
7	BIBLIOGRAFÍA .....	54
8	ANEXOS .....	1

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3. 1.</b> Tipos de sistemas de Riego .....	7
<b>Figura 3. 2.</b> Riego por Goteo [6]. .....	7
<b>Figura 3. 3.</b> Escala de Potencial de Hidrogeno [9] .....	9
<b>Figura 3. 4.</b> Tipos de Controladores. ....	10
<b>Figura 3. 5.</b> Controladores de Riego.....	10
<b>Figura 3. 6.</b> Modelo de un sistema automatizado [14]. ....	11
<b>Figura 3. 7.</b> Conversión de tecnologías para la automatización [15] .....	11
<b>Figura 3. 8.</b> Sistema de lazo abierto [17]. ....	12
<b>Figura 3. 9.</b> Control de lazo cerrado [17]. ....	13
<b>Figura 3. 10.</b> Autómata Logo Siemens [19]. ....	14
<b>Figura 3. 11.</b> Software Logo! Soft Comfort. ....	16
<b>Figura 3. 12.</b> Módulo de Entradas Analógicas [22]. ....	17
<b>Figura 3. 13.</b> Módulo de Entrada Digitales [22]. ....	17
<b>Figura 3. 14.</b> Pantalla HMI [23]. ....	18
<b>Figura 3. 15.</b> Estructura básica de conexión para una pantalla HMI [23]. ....	19
<b>Figura 3. 16.</b> Partes que intervienen en un sistema de control [17]. ....	20
<b>Figura 3. 17.</b> Código de Colores de Conductores [27]. ....	23
<b>Figura 4. 1.</b> Flujograma del proyecto de investigación. ....	25
<b>Figura 4. 2.</b> Ubicación en Google Maps de la florícola Pinango.....	26
<b>Figura 4. 3.</b> Riego Actual de la Florícola "Pinango" .....	27
<b>Figura 4. 4.</b> Sensor de PH. ....	27
<b>Figura 4. 5.</b> Sensor de Conductividad Eléctrica. ....	28
<b>Figura 4. 6.</b> Electroválvula [31]. ....	28
<b>Figura 4. 7.</b> Válvula Hidráulica. ....	29
<b>Figura 4. 8.</b> Solenoide. ....	29
<b>Figura 4. 9.</b> Caudalímetro. ....	30
<b>Figura 4. 10.</b> Cable Multipar. ....	30
<b>Figura 4. 11.</b> Elementos hidráulicos. ....	31
<b>Figura 4. 12.</b> Interfaces para la programación. ....	31
<b>Figura 4. 13.</b> Componentes que fueron necesarios para el desarrollo del controlador. ....	32
<b>Figura 5. 1.</b> Termomagnético y transformador de 24-12 V.....	33
<b>Figura 5. 2.</b> Luces piloto y selectores. ....	34
<b>Figura 5. 3.</b> Medidor de voltaje y corriente. ....	34
<b>Figura 5. 4.</b> Relés tipo interfaz para control del sistema. ....	35
<b>Figura 5. 5.</b> Solenoide 24 VAC .....	35
<b>Figura 5. 6.</b> Válvula check. ....	36
<b>Figura 5. 7.</b> Esquema hidráulico del sistema de riego automático. ....	36
<b>Figura 5. 8.</b> Esquema de distribución de las mangueras y electroválvulas del riego. ....	37
<b>Figura 5. 9.</b> Gabinete Eléctrico. ....	37
<b>Figura 5. 10.</b> Esquema del riego antiguo. ....	38
<b>Figura 5. 11.</b> Esquema del riego automático. ....	38
<b>Figura 5. 12.</b> Bomba de agua en la florícola Pinango.....	39

<b>Figura 5. 13.</b> Diagrama de programación. ....	41
<b>Figura 5. 14.</b> Gráfica del caudal diario de a válvula N°1. ....	42
<b>Figura 5. 15.</b> Gráfica del caudal diario de a válvula N°2. ....	43
<b>Figura 5. 16.</b> Gráfica del caudal diario. ....	43
<b>Figura 5. 17.</b> Gráfica del comportamiento de la conductividad. ....	44
<b>Figura 5. 18.</b> Gráfica del comportamiento del PH. ....	44
<b>Figura 5. 19.</b> Pantalla principal del riego automático. ....	45
<b>Figura 5. 20.</b> Caudal semanal de la válvula 1. ....	45
<b>Figura 5. 21.</b> Caudal semanal de la válvula 2. ....	46
<b>Figura 5. 22.</b> Monitoreo del caudal por riego. ....	46
<b>Figura 5. 23.</b> Caudal total diario ....	47
<b>Figura 5. 24.</b> Gráfica del comportamiento de la Conductividad. ....	47
<b>Figura 5. 25.</b> Gráfica del comportamiento del pH. ....	48
<b>Figura 5. 26.</b> Caudal por canales de fertilizantes. ....	48
<b>Figura 5. 27.</b> Gráfica del comportamiento del flujo por canales. ....	49
<b>Figura 5. 28.</b> Histórico de gastos y ahorro conseguido a partir de la implementación del sistema de riego automático. ....	50
<b>Figura 5. 29.</b> Histórico de gastos y ahorro conseguido con el sistema de riego automático bomba y mano de obra. ....	50
<b>Figura 5. 30.</b> Histórico de gastos y ahorro conseguido con el sistema de riego automático fertilizantes y agua. ....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3. 1.</b> Niveles de Conductividad Eléctrica [8] .....	8
<b>Tabla 3. 2.</b> Grupos de Potencial de Hidrogeno[10]. .....	9
<b>Tabla 3. 3.</b> Ventajas y Desventajas del LOGO Siemens [21].....	15
<b>Tabla 3. 4.</b> Código de colores de acuerdo a la Norma IEC60204-1 [25].....	21
<b>Tabla 5. 1.</b> Dimensionamiento del Relé Térmico. ....	40
<b>Tabla 5. 2.</b> Reemplazo de bomba en sistema de riego de la florícola Pinango.....	40
<b>Tabla 5. 3.</b> Caudal de la demanda diaria de la válvula N°1.....	41
<b>Tabla 5. 4.</b> Caudal de la demanda diaria de la válvula N°2.....	42
<b>Tabla 5. 5.</b> Caudal total diario en función al PH y conductividad.....	43

## RESUMEN

**TITULO:** “SISTEMA DE REGADÍO AUTOMÁTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DE LA FLORÍCOLA PINANGO EN EL CANTÓN CAYAMBE.”

**Autor:**

Landeta Ulcuango Luis Cristobal

En la actualidad, las empresas dedicadas a la producción de flores tales como la florícolas Pinango tienen una importancia en la sociedad y en el contexto global. Estas plantaciones no solo representan una fuente significativa de empleo, sino que la mayoría de ellas también se dedican a la exportación, lo que impulsa la economía del país. No obstante, la situación climática actual y la escasez de recursos hídricos plantean inquietudes en relación a la productividad, ya que el agua es un recurso fundamental en estos cultivos.

El objetivo central de este proyecto es implementar un controlador de fertirriego que aproveche el control de la conductividad eléctrica (CE) y el potencial de hidrógeno (pH) con el fin de mejorar la eficiencia del riego en la florícola Pinango. Se busca optimizar el uso del recurso hídrico, disminuir la contaminación del suelo y reducir los costos de producción, especialmente en cuanto a los insumos de fertilizantes. Para validar la efectividad del controlador, se llevó a cabo un enfoque basado en el método experimental, mientras que el método descriptivo fue empleado para recopilar, tabular y analizar los datos.

Con la implementación del controlador en la marca LOGO de SIEMENS, se logró una mejora en la eficiencia del tiempo, generando ahorros significativos en diversas áreas del proceso de riego. Los resultados demostraron un ahorro del 15% en el consumo de agua, una disminución del 25% en los costos de fertilizantes, una reducción del 75% en la mano de obra y una disminución del 15% en el consumo de electricidad. Estos resultados respaldan la efectividad y la viabilidad del controlador, mostrándose como una estrategia exitosa para mejorar la eficiencia y reducir los costos asociados al riego.

**Palabras Clave:** Controlador de riego, sensor de pH, sensor de conductividad eléctrica y Fertiirrigación.

## ABSTRACT

**TITLE:** "AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF IRRIGATION OF THE PINANGO FLOWER FARM IN THE CAYAMBE CANTON".

**Author:**

Landeta Ulcuango Luis Cristobal

Nowadays, companies dedicated to the production of flowers such as the Pinango flower plantation are important in society and in the global context. These plantations not only represent a significant source of employment, but most of them are also engaged in export, which boosts the country's economy. However, the current climatic situation and the scarcity of water resources raise concerns about productivity, as water is a key resource for these crops.

The main objective of this project is to implement a fertigation controller that takes advantage of the control of electrical conductivity (EC) and hydrogen potential (pH) in order to improve irrigation efficiency in the Pinango flower farm. The aim is to optimise the use of water resources, reduce soil contamination and reduce production costs, especially in terms of fertiliser inputs. To validate the effectiveness of the controller, an experimental method approach was used, while the descriptive method was employed to collect, tabulate and analyse the data.

With the implementation of the controller on the SIEMENS LOGO brand, an improvement in time efficiency was achieved, generating significant savings in several areas of the irrigation process. The results showed a 15% saving in water consumption, a 25% reduction in fertiliser costs, a 75% reduction in labour and a 15% reduction in electricity consumption. These results support the effectiveness and feasibility of the controller as a successful strategy to improve efficiency and reduce costs associated with irrigation.

**Keywords:** Irrigation controller, pH sensor, electrical conductivity sensor and fertigation.

## AVAL DE TRADUCCIÓN



CENTRO  
DE IDIOMAS

### *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“SISTEMA DE REGADÍO AUTOMÁTICO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE RIEGO DE LA FLORÍCOLA PINANGO EN EL CANTÓN CAYAMBE”** presentado por: **Landeta Ulcuango Luis Cristóbal** egresado de la Carrera de: **Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Agosto del 2023.

Atentamente,



CENTRO  
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paul Beltrán Sembiantes

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

CC: 0502666514

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:**

Sistema de regadío automático para mejorar la eficiencia de riego de la florícola Pinango en el cantón Cayambe.

**Fecha de inicio:**

Abril del 2023

**Fecha de finalización:**

Octubre del 2023

**Lugar de ejecución:**

Provincia Pichincha – Cantón Cayambe

**Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Electricidad

**Equipo de Trabajo:**

Tutor: Ing. José Efrén Barbosa Galarza. Ms.C.

Estudiantes: Landeta Ulcuango Luis Cristobal

**Área de Conocimiento:**

07 ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0714 Electrónica y Automatización.

**Línea de investigación:**

Energías Alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, comercial y residencial.

## **2 INTRODUCCIÓN**

### **2.1 EL PROBLEMA**

#### **2.1.1 Situación Problémica:**

Debido a la variación climática emergente en los últimos años y las largas sequías hace que los agricultores estén a merced de esta inestabilidad climática, esto sumado a que, en el Ecuador el sector agrícola aún sigue empleando el método de riego mediante surcos e inundación, provocando la erosión del suelo y que sus cultivos no sean eficientes.

Principalmente son las agroindustrias quienes cuentan con tecnología de vanguardia para sistemas de riego, situándoles como los principales productores de flores tanto para uso local y exportación, adicionalmente los costos de los fertilizantes han aumentado su precio, consecuencia de esto los pequeños agricultores ya no son capaces de competir en el mercado consecuencia del déficit tecnológico lo que de a poco precariza su vulnerable economía.

Para asegurar una adecuada producción agrícola las plantas necesitan mantener estables la temperatura, humedad relativa y humedad del suelo, además de requerir nutrientes y otros insumos para controlar a plagas que las amenazan, siendo necesario contar con un sistema automatizado que ajuste el pH y la CE en función de parámetros ambientales, que permita el desarrollo normal de una determinada plantación.

La florícola Pinango no fue construida de forma técnica, las camas donde se encuentran sembradas las rosas difieren entre sus dimensiones, números y capacidad de goteros, laterales de riego, variedades de plantas, motivo por el cual la conductividad eléctrica y el pH debe ser ajustado a los requerimientos de cada válvula que esté activa.

#### **2.1.2 Formulación del problema:**

El cambio climático, la escasez del recurso hídrico, los altos costos de insumos agrícolas y la falta de un sistema de automatización de riego inciden en la baja productividad de la florícola Pinango.

### **2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

#### **2.2.1 Objeto.**

Controlador de Riego

#### **2.2.2 Campo de acción.**

Automatización y Control

## **2.3 BENEFICIARIOS:**

### **2.3.1 Beneficiarios directos**

Propietarios de la florícola Pinango.

### **2.3.2 Beneficiarios indirectos**

Pequeñas florícolas, procesadoras, comerciantes y transportistas de la flor.

## **2.4 JUSTIFICACIÓN:**

La necesidad de mejorar la eficiencia en la gestión del riego en cultivos, con el objetivo de optimizar el crecimiento de los cultivos y reducir los costos asociados al riego. La automatización en la agricultura es una técnica cada vez más utilizada en la producción agrícola, debido a sus múltiples ventajas, como la optimización del uso del agua, la disminución de la contaminación del suelo, reducción de los costos de producción por insumos de fertilizantes.

Sin embargo, en los sistemas de riego tradicionales, el control del riego se realiza de manera manual y no se tiene en cuenta la sustitución en los niveles de CE y pH en el agua de riego, lo que puede afectar el crecimiento y la calidad de los cultivos. Por lo tanto, el desarrollo de un sistema de control de riego que pueda medir y controlar los niveles de CE y pH en los cultivos.

La agricultura a pequeña escala no se le ha dado el suficiente apoyo económico por parte de instituciones gubernamentales por este motivo es necesario construir un dispositivo que económicamente sea accesible para pequeños agricultores dándoles la oportunidad de contar con un sistema automatizado y les permita mejorar la calidad del cultivo sin dañar el suelo, es decir, aportar soluciones concretas al sector productivo, dentro de un esquema de desarrollo agrícola sustentable.

## **2.5 HIPÓTESIS**

¿La implementación de un sistema automatizado de riego en la florícola Pinango permitirá mitigar el desperdicio de agua y fertilizantes empleados en el cultivo?

## **2.6 OBJETIVOS:**

### **2.6.1 General:**

Implementar un controlador de fertirriego mediante el control de la conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno.

### **2.6.2 Específicos:**

Estudiar los sistemas de riego y la importancia del control del pH y la conductividad eléctrica para la agricultura.

Diseñar el controlador de riego de acuerdo con los requerimientos técnicos en la florícola Pinango

Evaluar el desempeño del controlador de riego en términos de eficiencia en la gestión de control del CE y PH.

## 2.7 SISTEMA DE TAREAS

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividad (tareas)</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Técnicas, Medios e Instrumentos</b>
Estudiar los sistemas de riego y la importancia del control del pH y la conductividad eléctrica para la agricultura.	Investigación bibliográfica de trabajos referentes a los sistemas de riego Recopilación información técnica del control del pH y la conductividad eléctrica.	Recopilación de necesidades y requerimientos de los cultivos. Obtención de información para abordar el diseño que satisfaga las necesidades de la florícola.	Investigación bibliográfica: Libros Tesis Artículos Revistas tecnológicas. Normativas Informes Técnicos
Diseñar el controlador de riego de acuerdo con los requerimientos técnicos en la florícola Pinango	Construcción del sistema de riego automatizado. Instalación de electroválvulas, sensores, bombas centrífugas y demás dispositivos. Visualización del control de las variables involucradas	Elaboración de planos. Programación del sistema de control. Ensamble del tablero de control.	Autómatas programables Herramientas de plomería Equipos eléctricos de medición.
Evaluar el desempeño del controlador de riego en términos de eficiencia en la gestión de control del CE y PH.	Recopilación de datos. Validación de datos.	Tabla de caracterización de la producción un antes y después la implementación del sistema automatizado de regadío.	Equipos eléctricos de medición. Software especializado

### 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 ANTECEDENTES

En la industria, la automatización es un concepto que suele utilizarse con referencia al sistema que permite que una máquina desarrolle ciertos procesos o realice tareas sin intervención del ser humano, en 1805 Henri Maillardet construyó una muñeca mecánica capaz de hacer dibujos, en este proceso, se utilizó una serie de levas como programa del dispositivo, en la década de 1920 la industria automotriz transformó estos conceptos en sistemas de producción integrados con el objetivo de reducir precios en la línea de montaje [1].

Daniel Ríos Cruellas [2], a fines de la década de 1960 empleando el controlador C-6 de Moist-O-Matic automatizó con éxito y ayudó a tener una mejor visión sobre los sistemas de riego, se limitaron a controlar la frecuencia de irrigación, por otra parte, finales de la década de 1990 donde se creó una nueva versión del controlador, esta tiene nuevas características para realizar un riego más efectivo, con la creación de nuevos sensores.

Desde el año 2000 se han desarrollado nuevos sistemas más complejos que permite la integración de diferentes sensores, pantallas digitales, funciones, por lo que era necesario controlar muchas válvulas. Sin embargo, la mejora más significativa del nuevo sistema de riego es comunicarse con los usuarios. Por ejemplo, el modelo “Agrónic 4000” tiene la capacidad de enviar mensajes SMS como señales de alarma a los clientes cuando es detectado algún problema [2].

En el trabajo titulado “Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el laboratorio de control y automatización Edime 2016” [3] el sistema de riego automático se realiza mediante la recopilación de información de datos en tiempo real. Este sistema propuesto puede funcionar de forma automática porque los datos se pueden capturar desde el suelo a través de sensores, y el sistema puede funcionar de forma manual, permitiendo a los usuarios seleccionar parte de los datos.

En el año 2016 en el barrio San Gerardo de la ciudad de Latacunga se implementa un controlador que efectúa la programación del riego de manera efectiva, entregando la dosis de recurso hídrico necesario para cubrir los requerimientos de la planta, evitando las dosis excesivas, además se controló la adecuada nutrición de la planta evitando enfermedades en el cultivo, como también en el control de riego por goteo automático, donde se alcanzan los niveles deseados de humedad, temperatura, logrando así el equilibrio correcto de agua y

nutrientes, lo cual es vital para un crecimiento saludable del cultivo, y por lo tanto, concluye que al controlar las variables del crecimiento de la planta de tomate, el tiempo de desarrollo de la planta se aceleró, obteniendo los primeros frutos al mes y en el año más producción. Se ahorró recurso hídrico, fertilizantes e insecticidas, y la planta obtuvo una mejor nutrición [4].

### **3.2 ESTADO DEL ARTE**

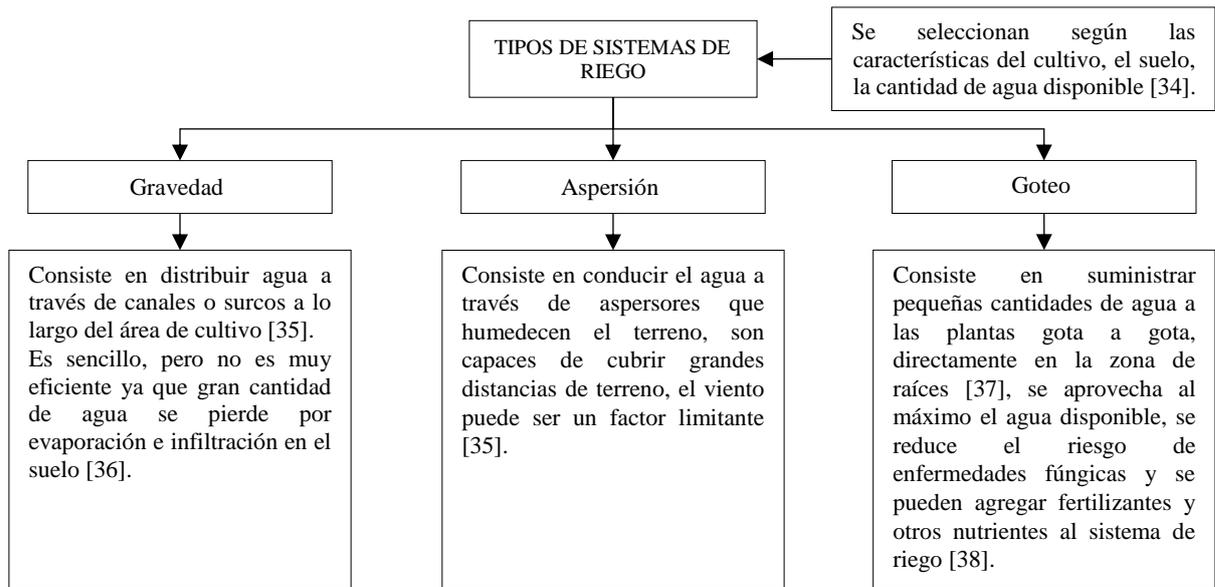
En esta sección se presenta toda la información bibliográfica sobre los diferentes componentes eléctricos e hidráulicos inmersos en el sistema de regadío automático para mejorar la eficiencia de riego de la florícola Pinango en el cantón Cayambe.

#### **3.2.1 Sistemas de riego**

El agua no es un recurso inagotable, aunque la mayor parte del planeta está cubierta por agua, solo una pequeña fracción es agua dulce adecuada para consumo humano y se enfrenta a la amenaza del cambio climático y la sobreexplotación. Además, la contaminación también puede afectar la calidad del agua dulce disponible. Por lo tanto, es crucial cuidar y administrar adecuadamente este recurso limitado para asegurar su disponibilidad para las generaciones futuras [5].

El riego es fundamental en la agricultura y horticultura, puesto que permite proporcionar agua a las plantas con un debido control, lo que es esencial para su supervivencia y crecimiento. Un sistema de riego, diseñado y mantenido correctamente puede aumentar la eficiencia en el uso del agua, reducir los costos de mano de obra, mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos, así como prevenir la erosión del suelo [5].

Asimismo, el uso de sistemas de riego contribuirá a enfrentar desafíos como el cambio climático y la escasez de agua, ya que permite una distribución más precisa y eficiente del agua disponible como lo refleja la Figura 3. 1. De tal manera, los sistemas de riego son herramientas indispensables para los agricultores, cuya importancia crece en un mundo en el que la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos naturales son cada vez más relevantes, el agua puede ser suministrada a una planta a través de diferentes tipos de sistemas de riego [5].



**Figura 3. 1.** Tipos de sistemas de Riego

La agricultura en Ecuador es una fuente de trabajo muy importante para las familias dedicadas a esta actividad y a lo largo de los años ha ido evolucionando debido a las nuevas formas de cultivo y técnicas utilizadas para producirlos, por lo que los modernos sistemas de riego han ayudado mucho a su producción, desarrollo y economía como se observa en la Figura 3. 2.



**Figura 3. 2.** Riego por Goteo [6].

### 3.2.2 Fertiirrigación

Es una técnica de fertilización que consiste en la aplicación de fertilizantes a través de sistemas tecnificados de riego para aportar nutrientes al suelo para ahorrar agua, fertilizantes y aumentar el rendimiento de los cultivos. El localizado de alta frecuencia es una forma razonable de optimizar la fertilización, pero no todas las técnicas de riego permiten este método [15].

Los nutrientes y el agua se consideran los principales componentes del crecimiento de las plantas. Por lo general, los fertilizantes proporcionan nutrientes a las plantas después de

someterse a algún procesamiento y conversión en una forma utilizable, mientras que el agua facilita la distribución de fertilizantes y satisface las necesidades de agua de la planta [15].

A veces, los resultados son buenos y a veces, los resultados no son los esperados. Si no riega lo suficiente, el fertilizante no llegará a las raíces, y si riega en exceso, el fertilizante se filtrará debajo de las raíces y en ambos casos, las plantas no obtendrán los nutrientes que necesitan para crecer [15].

### 3.2.3 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es ampliamente utilizada en la medición de la salinidad y se determina por la velocidad de la corriente eléctrica que atraviesa una solución salina, lo que es proporcional a la cantidad de sales en la solución. Anteriormente se usaba la unidad de medida mmhos/cm, pero hoy en día se usa dS/m y ambas medidas son equivalentes. La conductividad eléctrica se refiere a la capacidad de las sales inorgánicas para conducir la corriente eléctrica, es el parámetro más utilizado para estimar la salinidad de una solución[7].

A través de la medición de la conductividad se pueden identificar los niveles de salinidad del agua, lo cual es extremadamente importante para el correcto manejo del riego y la fertilización. Al monitorear la conductividad eléctrica, es posible identificar el grado de nutrientes y solutos en el agua, lo cual permite realizar ajustes en la fertilización para mejorar la cantidad y calidad de los cultivos, como se observa en la Tabla 3. 1. Por ende, la medida de la conductividad eléctrica es un método valioso para asegurar el éxito de los cultivos en este tipo de sistemas [7].

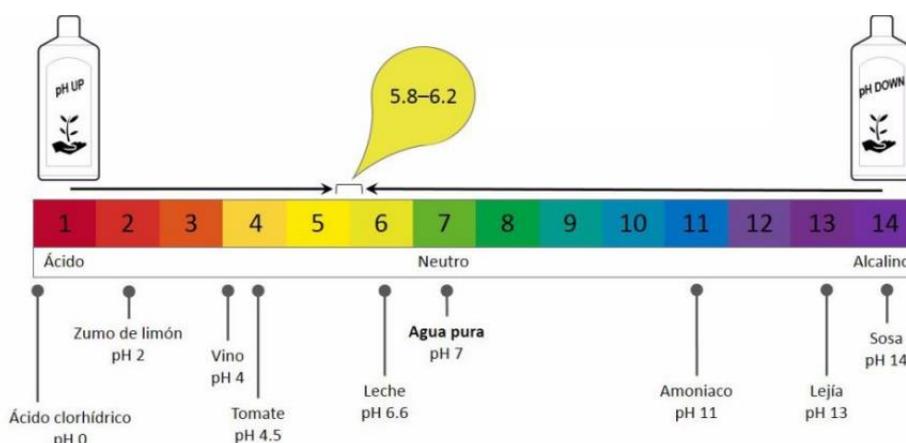
**Tabla 3. 1.** Niveles de Conductividad Eléctrica [8]

Interpretación del nivel de Conductividad eléctrica del agua (dS/m)	
CE del agua dS/m	Grado de problema
<0.5	Prácticamente libre de sales
0.5-1.0	Ligero
1.0-1.5	Moderado
1.5-2.0	Importante
2.0-2.5	Severo
2.5-3.0	Muy severo
>3.0	Grave

### 3.2.4 Potencial de hidrogeno

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución y es el logaritmo negativo en base 10 de la concentración o actividad de los iones de hidrógeno  $[H^+]$ , en comparación con los iones de hidróxido  $[OH^-]$  de la solución. Usando una escala de 0 a 14, donde 0 es el nivel más ácido y 14 el más básico, un pH de 7 corresponde a una solución neutra: ni ácida ni básica. El pH afecta la capacidad de una planta para absorber nutrientes, por lo que es importante mantener esta variable dentro del rango óptimo para cada planta [9].

En la Figura 3. 3 se puede apreciar la escala del potencial de hidrogeno y algunos ejemplos donde podemos varios niveles de pH.



**Figura 3. 3.** Escala de Potencial de Hidrogeno [9]

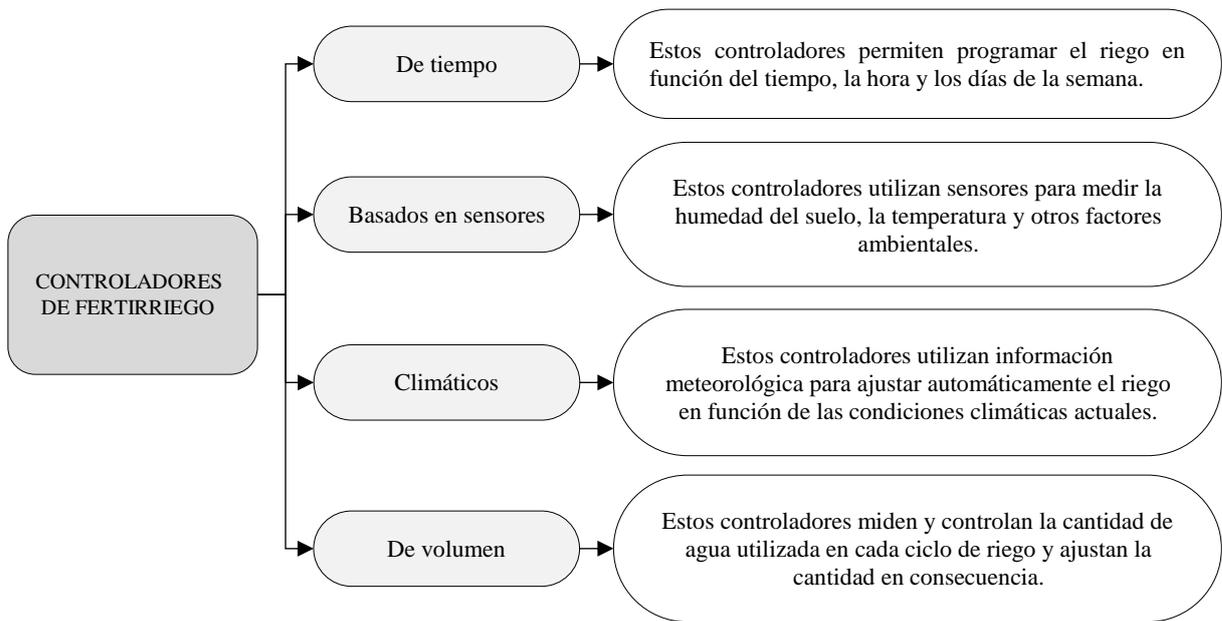
El potencial de hidrogeno está clasificado de acuerdo el nivel de acidez del agua, tal como se indica en la Tabla 3. 2.

**Tabla 3. 2.** Grupos de Potencial de Hidrogeno[10].

Grupo I	Corresponde a ácidos fuertes con pH menor que 4.2. Esta acidez está representada por ácidos libres, ácido sulfúrico $[H_2SO_4]$ adsorbido.
Grupo II	Ácidos débiles, suelos con pH entre 4.2 – 5.2, corresponde al aluminio intercambiable $[Al^{3+}]$ y grupos carboxílicos del humus.
Grupo III	Ácidos muy débiles, con pH de 5.2 – 7.0, están representados por grupos carboxílicos del humus, bordes de los polímeros de aluminio, ácido carbónico $[H_2CO_3]$ y grupos fenólicos.
Grupo IV	Ácidos muy débiles con pH 7.0 – 9.5, están representados por grupos fenólicos del humus, bordes de arcillas, $Al(OH)$ y $Ca(HCO_3)_2$ .
Grupo V	Ácidos extremadamente débiles, con pH mayor que 9.5, representados por grupos alcohólicos, gibbsita y $SiOH$ (sílice).

### 3.2.5 Controladores de riego y fertilización

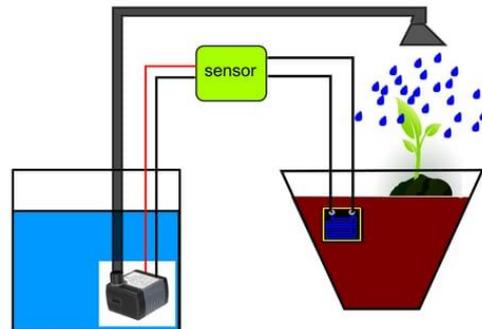
Para el manejo de sistemas de riego y fertirriego existen varios tipos de controladores su funcionamiento puede variar según el modelo y la tecnología utilizada. Algunos de los tipos más comunes se observan en la Figura 3. 4 y Figura 3. 5 [11]:



**Figura 3. 4.** Tipos de Controladores.



(a) Controlador de riego por tiempo [12]

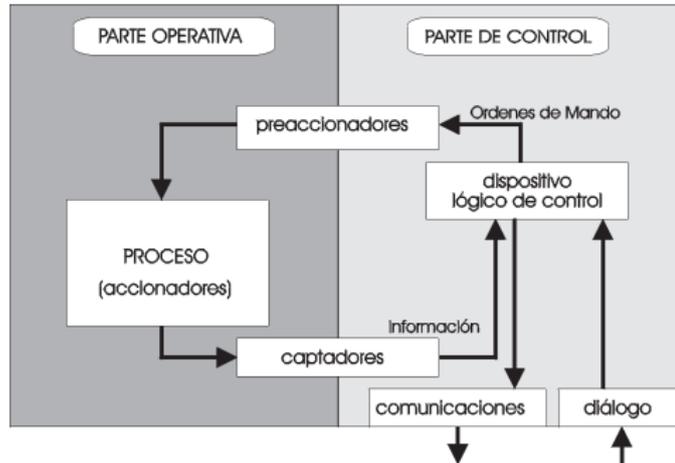


(b) Controladores de riego basado en sensores [13]

**Figura 3. 5.** Controladores de Riego.

### 3.2.6 Automatización

La automatización se refiere al uso de tecnologías, sistemas para controlar y operar procesos o sistemas de manera automática, sin la necesidad de intervención humana. La automatización puede aplicarse en diferentes áreas, como la industria, el transporte, la agricultura, la medicina y muchos otros campos. El objetivo de la automatización es mejorar la eficiencia, la productividad, la seguridad y la calidad de los procesos, al mismo tiempo que se reduce los costos y se minimiza el error humano como se observa en la Figura 3. 6 [14].



**Figura 3. 6.** Modelo de un sistema automatizado [14].

La automatización industrial se refiere al uso de la información para la toma de decisiones en tiempo real en un proceso como se indica en la Figura 3. 7. Esta técnica involucra el uso de la informática y el control automatizado para ejecutar procesos deseados de manera autónoma y eficiente, de acuerdo con criterios de ingeniería [15].



**Figura 3. 7.** Conversión de tecnologías para la automatización [15]

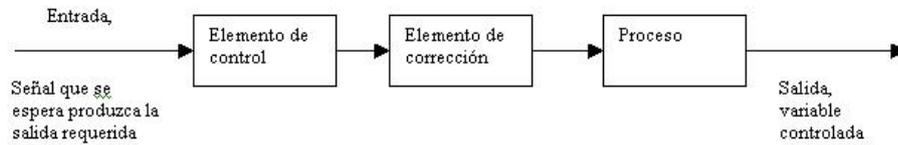
### 3.2.6.1 Control lazo abierto

Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero que se basa en la primera señal. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador, se representa en la Figura 3. 8 [16].

Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto.

- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.



**Figura 3. 8.** Sistema de lazo abierto [17].

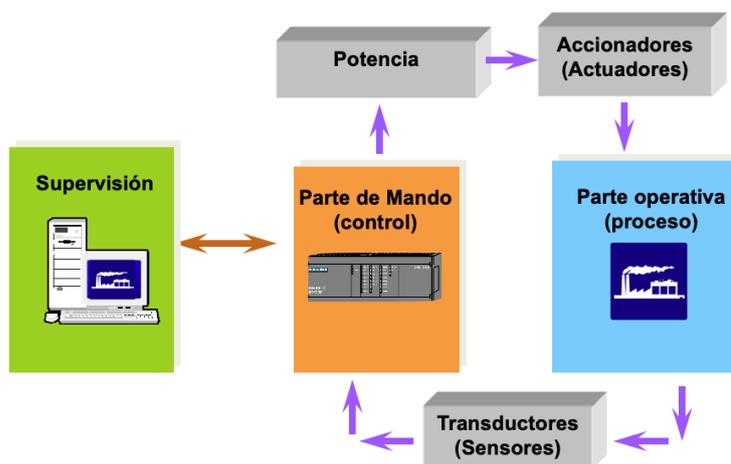
### 3.2.6.2 Control de lazo cerrado

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción, tal como se observa en la Figura 3. 9. En [16] indica que el control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias que se menciona:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- Vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Sus características son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- Su propiedad de retroalimentación.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.



**Figura 3. 9.** Control de lazo cerrado [17].

### 3.2.7 Partes de un sistema de Automatización

Al inicio está la parte de mando es responsable de ejecutar las órdenes programadas por el operario, liberando tiempo para que los trabajadores se enfoquen en otras áreas de la producción. Debe ser capaz de comunicarse con todos los elementos del sistema y actualmente se suele utilizar un autómatas programable para esta tarea, lo que significa que el sistema funciona sin la necesidad de que un ser humano lo controle directamente. Anteriormente, se utilizaba tecnología cableada, como relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos [17].

Por otro lado, la parte operativa es la encargada de actuar directamente sobre la máquina, los elementos que forman parte de la parte operativa incluyen los accionadores de la máquina, como motores, cilindros y compresores. Los actuadores, por su parte, permiten que la parte de mando actúe sobre la parte operativa. Estos elementos pueden incluir motores, cilindros neumáticos, relés eléctricos y electroválvulas [17].

Finalmente, el sistema supervisor permite monitorear y controlar la instalación de forma remota a través de interfaces, que pueden ser paneles de pulsadores y luces, pero normalmente se trata de un sistema SCADA (Simultaneous Control and Data Acquisition) ejecutado en computadoras centrales [17].

### 3.2.8 Logo Siemens

LOGO de Siemens es un módulo lógico inteligente que se utiliza para pequeños proyectos de automatización en entornos industriales, espacios de oficina y/o locales comerciales y para

uso doméstico. Su software intuitivo (LOGO Soft Comfort) de fácil manejo permite programar 400 bloques y tener más de 40 funciones. En la actualidad, el LOGO 8 tiene una pequeña carcasa de solo 4 módulos de ancho y es compatible con el protocolo Ethernet Industrial.

La última versión (LOGO 8.3) como se observa en la Figura 3. 10 permite la conexión a la nube procesando grandes volúmenes de datos. Para el mundo de la docencia, LOGO es un equipo básico que se programa a través de puertas lógicas y permite a los alumnos introducirse en la electrónica digital [18].



**Figura 3. 10.** Autómata Logo Siemens [19].

### 3.2.8.1 Características

En [20] nos menciona algunas características que tiene el autómata LOGO!

- Transferencia de programas cifrados con TLS a LOGO 8.3
- La transferencia del programa a LOGO 8.3 adicionalmente se puede proteger con una contraseña.
- Soporte de pantalla de alta resolución a través de tres factores de zoom configurables
- Pantalla de calidad con asignación de contraseña
- Pantalla mejorada para LOGO 8 en la selección de hardware
- Asistente para conexión a la nube
- Configuración de los datos en la nube mediante los cuadros de diálogo conocidos, incluida la importación / exportación de la tabla de datos desde / hacia el archivo CSV
- Configuración con LOGO Soft Comfort V8.3 para LOGO! TDE V8.3
- Representación de la pantalla TDE en la prueba en línea

- Compatibilidad con todos los LOGO unidades básicas

### 3.2.8.2 Ventajas y desventajas del LOGO Siemens

La tabla 3.3. muestra una lista de los beneficios y limitaciones de LOGO! Siemens en el contexto de la automatización de procesos industriales. Los beneficios resaltan las fortalezas del sistema, como su amplia funcionalidad, facilidad de programación, integración con otros dispositivos y sistemas, confiabilidad y soporte técnico. Por otro lado, las limitaciones señalan posibles restricciones, como el costo inicial, la limitación en escalabilidad y capacidad, la necesidad de conocimientos técnicos y las posibles dificultades en proyectos complejos.

**Tabla 3. 3.** Ventajas y Desventajas del LOGO Siemens [21]

Ventajas	Desventajas
Contiene un amplio display en la carcasa y otro display de texto optativo.	Capacidad limitada.
Dispone interface de Ethernet para comunicaciones industriales.	Límite de salidas y entradas digitales como analógicas.
Incorpora un servidor web de fácil uso.	Funciones avanzadas escasas.
Se puede comunicar a distancia mediante sistema de red móviles.	Centralización de funciones
El software puede llegar a ejecutar 400 bloques y es compatibles con Mac, Windows y Linux.	Se requiere una persona calificada para la manipulación del equipo.
Instalable en cuadros para áreas domésticas.	

### 3.2.8.3 Protocolos de comunicación en LOGO de Siemens

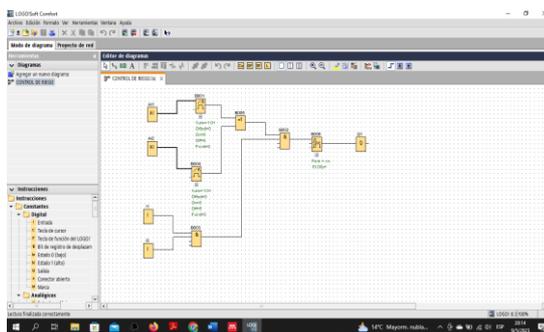
Varias comunicaciones que están incluidas en LOGO Las funciones de conectividad de Siemens son una de sus características más destacadas. A continuación, se enumeran varios tipos de protocolos de comunicación que puede utilizar en LOGO [21]:

- Protocolo S7: Este protocolo es propiedad de Siemens y se utiliza para conectarse con otros LOGO, para la conexión con autómatas de la gama SIMATIC como el S7-1200 y el S7-1500 y para la conexión con otras pantallas Siemens.
- NTP: Es un módulo de sincronización horaria que te permite ser cliente o servidor NTP para que te sincronicen la hora.
- Modbus TCP: Es un protocolo que se utiliza con mucha frecuencia en la industria, en hoteles, en el alumbrado de túneles, entre otras instalaciones.
- http\\: Se utiliza gracias a la comunicación vía servidor/web que tiene LOGO!
- MQTT: Utilizado para transferir datos a la nube.

### 3.2.8.4 Software Logo Soft Comfort 8.3

El software LOGO Soft Comfort ofrece la programación individual idónea para la realización de trabajos de automatización sencillos en la industria y la domótica. Este programa se acompaña de la herramienta LOGO Access Tool y Web Editor para el servidor web integrado en LOGO. Una de las ventajas de LOGO es que lleva simulador y es posible realizar pruebas antes de hacer las automatizaciones. [21]

Web Editor (LWE) es una herramienta gratuita que permite crear páginas web personalizadas para controlar y supervisar las tareas automatizadas de LOGO. También permite dibujar gráficos, integrar textos, imágenes y enlaces en el panel del editor y configurar diferentes resoluciones de pantalla de las páginas web para garantizar una presentación óptima en diferentes dispositivos. El software Soft Comfort como se observa en la Figura 3. 11 proporciona una documentación profesional con toda la información necesaria del proyecto, como los programas de conmutación, comentarios y ajustes de los parámetros [21].



**Figura 3. 11.** Software Logo! Soft Comfort.

### 3.2.9 Módulos de expansión

Una amplia gama de módulos de expansión permite al usuario establecer una configuración flexible de LOGO, con un máximo de 24 entradas digitales, 20 salidas digitales, 8 entradas analógicas y 8 salidas analógicas posibles.

#### 3.2.9.1 Tarjeta de entradas analógicas

Todos los módulos de ampliación disponen de una interfaz para la conexión a LOGO módulos lógicos modulares como se observa en la Figura 3. 12. Los módulos de entradas o salidas analógicas están disponibles en los siguientes rangos de potencia [22]:

- Tensiones de alimentación: 12... 24 V CC; 24 V CC

- Número de entradas analógicas/salidas analógicas: 2/0; 0/2
- Rango de entrada/salida: 0... 10 V o 0/4... 20 mA
- Resolución: 10 bits, normalizada de 0 a 1000



**Figura 3.12.** Módulo de Entradas Analógicas [22].

### 3.2.9.2 Tarjeta de entradas digitales

Todos los módulos de ampliación disponen de una interfaz para la conexión a LOGO módulos lógicos modulares como se observa en la Figura 3.13. Los módulos digitales están disponibles en las siguientes áreas de rendimiento [22]:

- Tensiones de alimentación: 12... 24 V CC; 24 V CC; 24 V CA/CC; 120/230 V CA/CC
- Número de entradas digitales: 4 - 8
- Número de salidas digitales: 4 - 8 (salidas de relé y transistor)
- Corriente continua: 0,3 A para salidas de transistor o 3 A (carga inductiva) a 5 A (carga óhmica) para salidas de relé.



**Figura 3.13.** Módulo de Entrada Digitales [22].

### 3.2.10 Pantalla HMI

Un sistema HMI se refiere a una interfaz de usuario o panel de control que se utiliza para conectar a una persona con una máquina, sistema o dispositivo en particular. Su función principal es garantizar la operación confiable de tecnología en diversas aplicaciones, como cambios de alta velocidad, centros de mecanizado CNC, equipos de producción de semiconductores y equipos médicos de diagnóstico o laboratorio. En esencia, estos sistemas se encargan de garantizar que las operaciones tecnológicas se realicen de manera segura y eficiente en todas las aplicaciones mencionadas anteriormente como se mira en la Figura 3. 14. La interfaz HMI incluye todos los elementos que una persona tocará, verá, escuchará o tocará para interactuar con la máquina, sistema o dispositivo correspondiente [23].

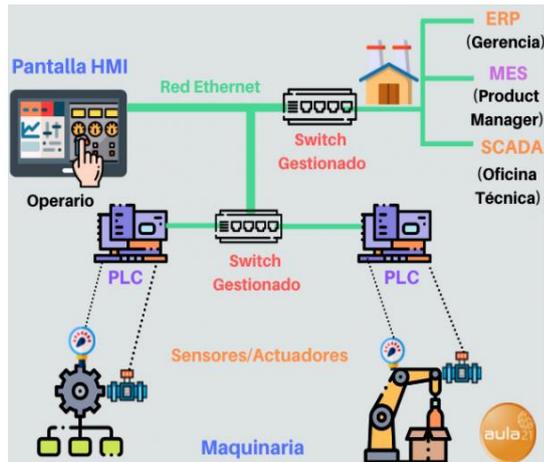


**Figura 3. 14.** Pantalla HMI [23].

### 3.2.11 Estructura Básica

La HMI, también conocida como Interfaz Humano-Máquina, puede adoptar diversas formas, ya sea como pantallas integradas en las máquinas, monitores de ordenador, pantallas táctiles o dispositivos móviles. Sin embargo, su propósito fundamental es el mismo: proporcionar información sobre el desempeño mecánico y el progreso de los procesos productivos como se observa en la Figura 3. 15.

En la última década, los cambios en las necesidades operativas y empresariales han impulsado el desarrollo de tecnología HMI más avanzada. Actualmente, es cada vez más común encontrar modelos mejorados de HMI que ofrecen mayores oportunidades para la interacción y el análisis de los equipos [23].

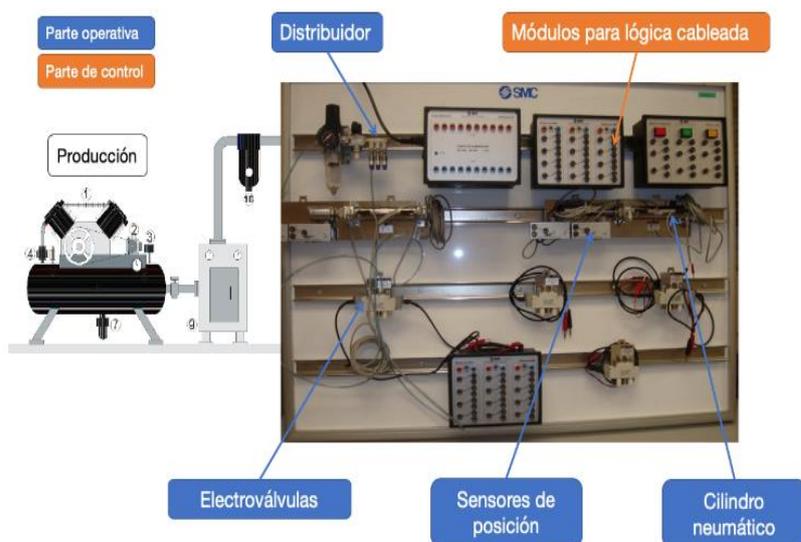


**Figura 3. 15.** Estructura básica de conexión para una pantalla HMI [23].

### 3.2.12 Automatización agrícola

La automatización agrícola es la aplicación de tecnologías de automatización en las prácticas agrícolas para mejorar la eficiencia, la productividad y la rentabilidad de las operaciones agrícolas. Esto incluye el uso de robots y maquinaria autónoma para realizar tareas como la siembra, el riego, la cosecha y la aplicación de productos químicos. También puede incluir el uso de sensores y sistemas de control para monitorear y ajustar el clima, la humedad y otros factores ambientales en tiempo real. La automatización agrícola tiene como objetivo reducir los costos de producción, mejorar la calidad de los cultivos y reducir el impacto ambiental de la agricultura.

En las últimas décadas, la mecanización ha sido utilizada para sustituir las tareas realizadas por los trabajadores en los procesos productivos. Sin embargo, en la actualidad, los desarrolladores de estas tecnologías se enfocan en hacer más con menos recursos, ya que el agua, el suelo y el clima son elementos cada vez más limitados como indica la Figura 3. 16. Para satisfacer las necesidades futuras de la población mundial, se necesitará un sistema agrícola que producirá un 50% más de alimentos en 2050, de forma que proporción una solución nutricional óptima, utilice eficientemente los recursos y proteja el medio ambiente, según el Banco Mundial [24].



**Figura 3. 16.** Partes que intervienen en un sistema de control [17].

### 3.3 NORMATIVAS APLICABLES

En esta sección se detalla las diferentes normas para la seguridad de operarios y equipos eléctricos inmersos en el presente proyecto del sistema de riego automático para mejorar la eficiencia de riego de la florícola Pinango en el cantón Cayambe

#### 3.3.1 IEC 60204-1

La regulación descrita establece las pautas para la elaboración y construcción de dispositivos eléctricos para maquinarias, así como para los tableros eléctricos vinculados a ellas. En [25] el conjunto de normas que deben seguir los productores de maquinarias y tecnologías de automatización industrial.

Esta parte de la norma IEC 60204 proporciona requisitos y recomendaciones relativos a los equipos eléctricos de las máquinas con el fin de promover:

- la seguridad de las personas y de los bienes
- la coherencia de la respuesta de control
- la facilidad de mantenimiento.

##### 3.3.1.1 Indicadores luminosos y visualizadores

La función de los indicadores luminosos y visualizadores proporciona distintos tipos de información. Estos pueden utilizarse para la indicación de una tarea específica que debe ser

realizada por el operador. En general, los colores: rojo, amarillo, verde y azul se utilizan para llamar la atención del operador y hacer una indicación visual. Asimismo, los colores azul y blanco se usan frecuentemente para confirmar un orden, una condición o el final de un proceso de transición. En algunos casos, el color verde también puede usarse para este propósito [25].

### 3.3.1.2 Código de colores

En [25] es obligatorio que los indicadores luminosos (pilotos) sean codificados con colores según la condición actual de la máquina, siguiendo la Tabla 3. 4. Además, se pueden asignar otros significados alternativos según la Norma CEI 60073, siempre y cuando se siga uno de los dos criterios siguientes: la seguridad del personal y del entorno, o el estado del equipo eléctrico.

**Tabla 3. 4.** Código de colores de acuerdo a la Norma IEC60204-1 [25].

Color	Significado	Explicación	Acción por el orden
Rojo	Emergencia	Condiciones peligrosas	Acción inmediata a realizar en condiciones peligrosas.
Amarillo	Anomalía	Condiciones normales, críticas o amenazantes.	Control y/o intervención.
Verde	Normal	Condiciones normales	Opcional
Azul	Obligatorio	Indicación de una condición que requiere la acción por el operador.	Acción obligatoria
Blanco	Neutro	Otras condiciones; Puede utilizarse cada vez que exista duda sobre la aplicación del ROJO AMARILLO, VERDE o AZUL	Control

### 3.3.2 ISA S5.1

La norma ISA (International Society of Automation) es una organización que establece estándares técnicos y promueve las mejores prácticas en automatización industrial y sistemas de control.

La norma ISA desempeña un papel fundamental en la estandarización y mejora de la automatización industrial, proporcionando directrices técnicas que ayudan a garantizar la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad de los sistemas de control y las aplicaciones relacionadas.

Las normas ISA se emplean en diversos ámbitos de la industria, incluyendo:

- Sistemas de control
- Instrumentación y medición
- Comunicaciones industriales

- Seguridad funcional

### **3.3.3 NTE INEN 23454**

Esta normativa de seguridad se refiere a los alambres y cables de un solo conductor que tienen un aislamiento termoplástico y se utilizan en instalaciones eléctricas de 600 V, según lo establecido en el CPE INEN 019. Además, se cumplen los requisitos para los cables de bombas sumergibles con o sin chaquetas, que no se identifican con letras. Los cables multiconductores con aislamiento y chaqueta termoplástica para 600 V se abordan en otras normas. Es importante destacar que los productos cubiertos por esta norma pueden tener aplicaciones que no se describen en el Código Eléctrico Nacional, a menos que se acuerde lo contrario [26].

#### **3.3.3.1 Aislamiento de conductores**

Los cables deben tener aislamiento a lo largo de toda su extensión, que puede ser de PVC u otro material termoplástico que cumpla con los requisitos de la norma. El aislamiento debe aplicarse directamente sobre el conductor o separador y debe adherirse bien a estos elementos. Además, el aislamiento debe estar libre de defectos visibles, tales como poros o ampollas, que pueden ser detectados sin amplificación o corrección visual. Si se utilizan varias capas de aislamiento, la unión entre ellas debe estar sin cavidades visibles y todas las capas deben ser medidas y evaluadas conjuntamente [26].

#### **3.3.3.2 Código de color del aislante**

La identificación de la polaridad de los conductores de circuito que no sean los conductores de puesta a tierra o neutro (puesto a tierra), debe realizarse por medio de colores contrastantes diferentes del blanco, gris o verde; o por medio de venas, franjas, o palabras impresas. Los conductores neutros (puestos a tierra) deben ser de color blanco o gris, o deben tener tres franjas blancas continuas sobre un fondo que no sea verde o verde con franjas amarillas. Las franjas longitudinales blancas deben estar espaciadas entre ellas 120° tal como se muestra en la Figura 3. 17 El conductor de puesta a tierra de equipos debe ser de color verde o verde con franjas amarillas continuas o interrumpidas [26].



Figura 3. 17. Código de Colores de Conductores [27].

## **4 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

El método experimental se utiliza para verificar la eficacia del controlador en la práctica y obtener información confiable para analizar su desempeño. Se pueden llevar a cabo experimentos con el fin de evaluar la estabilidad de la medición de pH y conductividad eléctrica, así como para examinar la capacidad del controlador de ajustar automáticamente los niveles de pH y conductividad eléctrica de acuerdo a las necesidades de las plantas.

Para llevar a cabo el proyecto de diseño de un controlador de riego que pueda medir el pH y la conductividad eléctrica, se requiere aplicar diferentes métodos de investigación. El método descriptivo será utilizado para recopilar, tabular y analizar los datos obtenidos durante el proceso experimental. Además, se realizará una investigación bibliográfica que incluirá el análisis de diversas fuentes secundarias como revistas, guías, libros, tesis, proyectos y normativas relacionadas con el tema de estudio.

El proceso experimental será respaldado por datos relevantes que ayuden al desarrollo de la investigación y que serán registrados durante la obtención de resultados. Este proceso estará compuesto por varios componentes, como los autómatas programables y el software especializado, que proporcionarán datos de la conductividad eléctrica y el pH que intervienen en el controlador de riego. Este método permitirá la realización de pruebas que permitan observar la causa y efecto que los mismos producen en su accionamiento y evaluar la eficacia del controlador.

### **4.2 NORMATIVAS APLICABLES**

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron diferentes normas de diseño y construcción de redes soterradas, técnicas las cuales han sido elaboradas por organismos y empresas eléctricas de distribución.

#### **4.2.1 IEC 60204-1**

La regulación descrita establece las pautas para la elaboración y construcción de dispositivos eléctricos para maquinarias, así como para los tableros eléctricos vinculados a ellas. En [25] el conjunto de normas que deben seguir los productores de maquinarias y tecnologías de automatización industrial.

#### **4.2.2 NTE INEN 23454**

Esta normativa de seguridad se refiere a los alambres y cables de un solo conductor que tienen un aislamiento termoplástico y se utilizan en instalaciones eléctricas de 600 V, según lo establecido en el CPE INEN 019. Además, se cumplen los requisitos para los cables de bombas sumergibles con o sin chaquetas, que no se identifican con letras. Los cables multiconductores con aislamiento y chaqueta termoplástica para 600 V se abordan en otras normas. Es importante destacar que los productos cubiertos por esta norma pueden tener aplicaciones que no se describen en el Código Eléctrico Nacional, a menos que se acuerde lo contrario [26].

### 4.3 METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En la Figura 4. 1 se presenta el flujograma del proceso que se llevó a cabo para el presente proyecto de investigación, donde se especifican los parámetros que se deben cumplir en cada proceso, partiendo desde la recolección de datos, corrección de datos, automatización y puesta en marcha del proyecto.

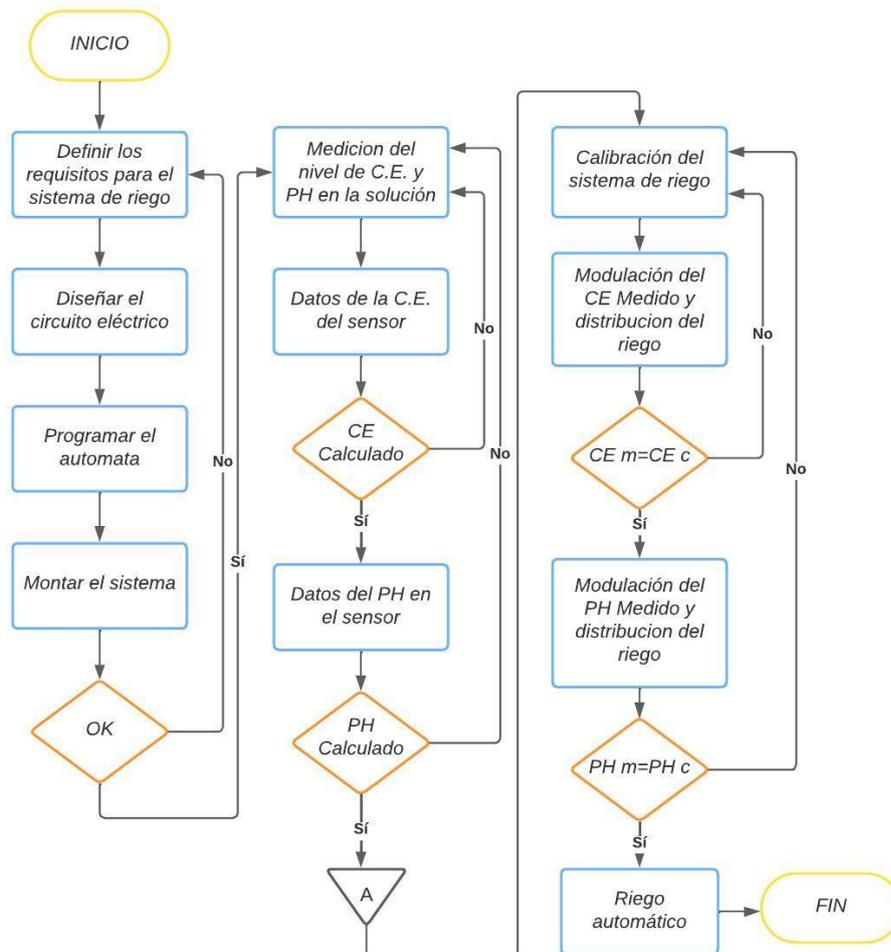


Figura 4. 1. Flujograma del proyecto de investigación.

#### 4.4 RECONOCIMIENTO DEL LUGAR

En este apartado se describe las condiciones iniciales de la florícola “Pinango”, así como su ubicación y estado actual del sistema de riego.

##### 4.4.1 Ubicación de la florícola Pinango

La florícola “Pinango” está ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe. Su principal producto son las rosas de diferentes colores y formas, para que estas sean cultivadas y lograr la mejor productividad es necesario disponer de un correcto sistema de riego, ya que es necesario emplear el riego día tras día.



**Figura 4. 2.** Ubicación en Google Maps de la florícola Pinango.

##### 4.4.2 Estado actual del Riego

Se realizó una visita técnica a la florícola “Pinango”, con el objetivo de conocer de cerca el sistema de riego que disponen actualmente, como se observa en la Figura 4. 3 se trata de un regadío a canal abierto y de forma manual empleando la cantidad incorrecta de agua a cada planta, causando la mala calidad de producción en muchas partes de la plantación, ya que es necesario tener un riego programado y con el caudal adecuado para que la planta absorba todos los nutrientes y lograr su calidad estándar.



**Figura 4. 3.** Riego Actual de la Florícola "Pinango".

#### **4.5 ELEMENTOS APLICADOS EN EL PROYECTO**

En este apartado se detallan los principales elementos eléctricos e hidráulicos que fueron instalados en el proyecto, de acuerdo a su función y características.

##### **4.5.1 Sensor de pH**

Este dispositivo ayuda en el proyecto a medir el pH controlando la actividad de los iones de hidrógeno mediante la generación de una pequeña cantidad de tensión en el sensor y el tubo de referencia. El medidor de voltaje convierte a un valor de pH, permitiendo así la cómoda medición de la acidez o la alcalinidad de una solución y es medido en una escala que va de 0 a 14, tal como se observa en la Figura 4. 4.



**Figura 4. 4.** Sensor de PH.

#### 4.5.2 Sensor de CE

El sensor Conductividad Vernier mide la capacidad de una solución de conducir una corriente eléctrica entre dos electrodos. En el caso del presente proyecto, la corriente fluye por el transporte del ion. Por lo tanto, una gran concentración de iones en la solución del riego en la florícola daría lugar a valores más altos de conductividad y la corriente se convierte en un voltaje que se leerá por una interfaz de la programación realizada, como se observa en la Figura 4. 5.



Figura 4. 5. Sensor de Conductividad Eléctrica.

#### 4.5.3 Electroválvula

Una electroválvula es un elemento que funciona muy bien en circuitos que regulan el flujo de fluidos, sobre todo el agua. Dentro de la florícola “Pinango” está diseñado para controlar el flujo circulado por un conducto como se observa en la Figura 4. 6. Estas válvulas se mueven por la acción de una bobina solenoide, diferentes de las válvulas motorizadas, con un motor que acciona el mecanismo y les permite tener posiciones abiertas o cerradas.

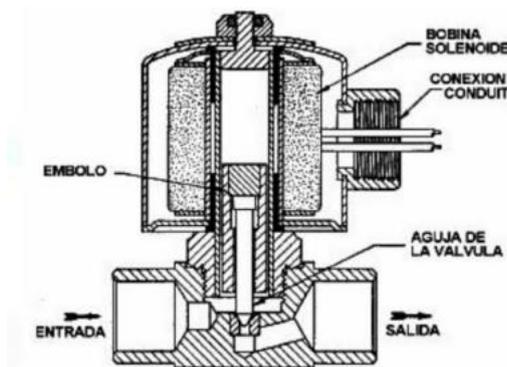


Figura 4. 6. Electroválvula [31].

#### 4.5.4 Válvulas Hidráulicas

La válvula hidráulica instalada en la florícola “Pinango” se acciona por el efecto de la presión del agua que lleva una tubera o una fuente externa. Estas válvulas son multifuncionales y pueden funcionar como reductores de presión, flotadoras de nivel o electroválvulas. Además, se adaptarán en una solución perfecta para muchos problemas que pueden presentarse en las diferentes naves actualmente activas dentro de la florícola, ya que pocas están siendo instaladas

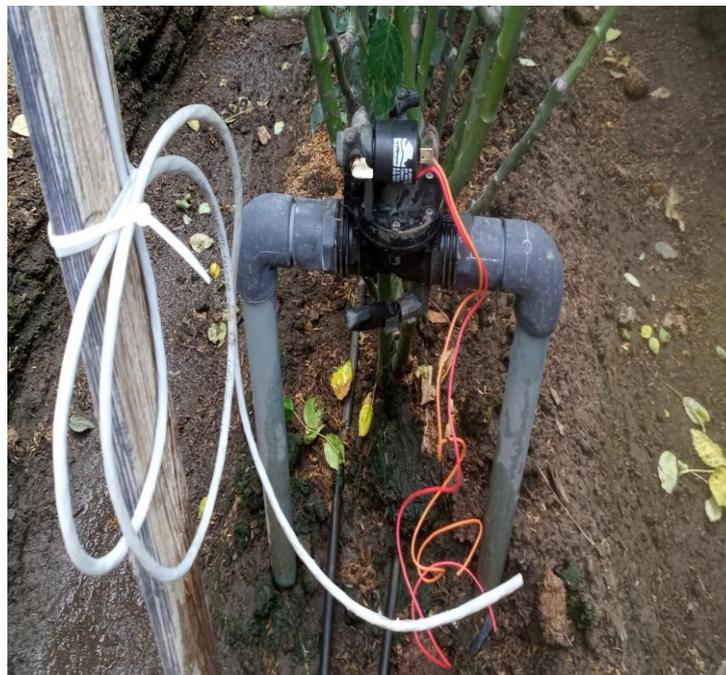
de manera correcta por la cual se ha procedido a readecuarlas acorde a las necesidades de la nueva programación como se observa en la Figura 4. 7.



**Figura 4. 7.** Válvula Hidráulica.

#### 4.5.5 Solenoide

El complemento de la parte hidráulica del proyecto es el Solenoide, ya que es una bobina de material conductor enrollado que funciona a través de campos electromagnéticos para la apertura o cierre de una válvula. Además, genera un campo magnético a través de la aplicación de una corriente eléctrica en su interior para su correcta apertura o cierre del regadío, tal como se observa en la Figura 4. 8.



**Figura 4. 8.** Solenoide.

#### 4.5.6 Flujómetros

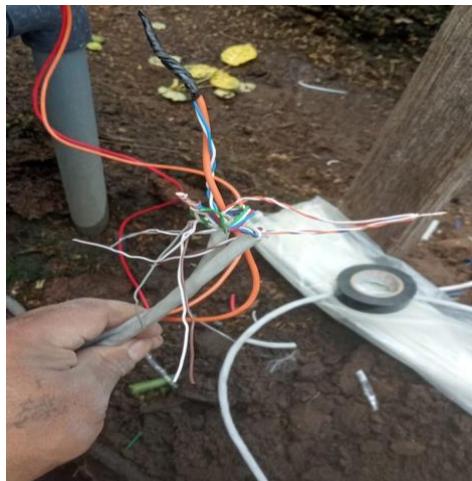
Un flujómetro es un dispositivo que medirá el caudal que circula por las tuberías instaladas en la florícola, el funcionamiento del flujómetro incorpora un imán permanente en un extremo, de manera que cuando el imán gira genera un campo magnético, entonces mediante un sensor y un circuito electrónico se convierte la señal percibida en el valor del caudal del fluido como se observa en la Figura 4. 9.



**Figura 4. 9.** Caudalímetro.

#### 4.5.7 Cable Multipar

En la Figura 4. 10 se observa el tipo de cable multifilar utilizado para las conexiones eléctricas, como es el Cable de 4 a 37 pares con conductores de cobre 0,8 mm. Aislamiento de polietileno sólido, pareados, cableados en capas y con compuesto de relleno en base petróleo. Cubierta interior de polietileno, armadura de acero y cubierta externa de PVC negra. Estos cables están diseñados para la protección de los cables de alimentación y la transmisión de datos. Han sido fabricados para operar como parte integral de un sistema de cables de alimentación y para resistir niveles de tensión inducidos debido a corrientes de fallo en los circuitos adyacentes de hasta 15 Kv.



**Figura 4. 10.** Cable Multipar.

#### 4.5.8 Elementos Hidráulicos para el riego automático

En la Figura 4. 11 se observa los diferentes elementos hidráulicos empleados en el presente proyecto de automatización de riego automático, como son uniones, codos, tapones roscables, etc. estos naturales han sido incorporados para el adecuamiento del nuevo sistema de regadío de la florícola “Pinango”.



Figura 4. 11. Elementos hidráulicos.

#### 4.6 DIFERENTES SOFTWARE UTILIZADOS PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO

En este apartado se detallan los principales softwares utilizados para las diferentes programaciones o diseños que han servido para lograr el tan anhelado sistema automático de regadío.

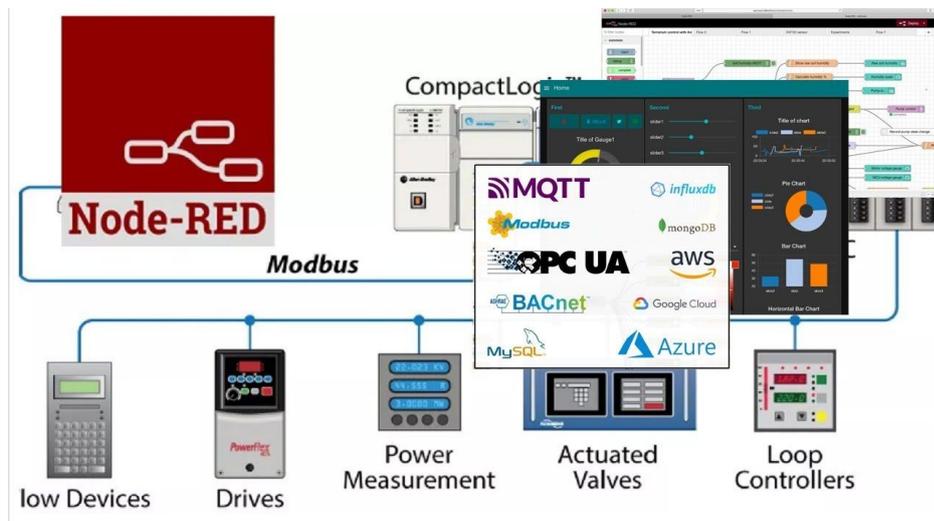
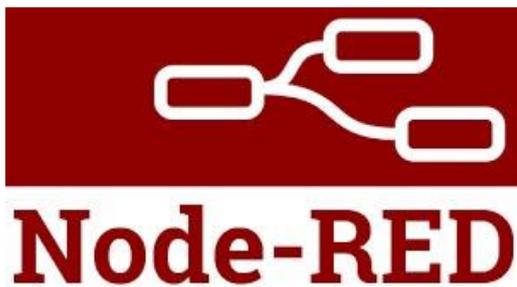


Figura 4. 12. Interfaces para la programación.

En la Figura 4. 12 y Figura 4. 13 se muestran las diferentes incorporaciones de interfaces que se utilizaron en la programación tanto en la parte de control como en la de activación, estos softwares son amigables y su principal función es la de controlar el caudal del riego, además de medir la conductividad y el PH de la solución al momento del regadío para aprovechar al máximo sus nutrientes y lograr la mejor producción en el cultivo de la florícola, sus métodos de programación son en base a códigos y diagramas de bloques para lograr una correcta línea de correlación.



(a) Extensión Node-Red.



(b) Software TouchWin.

**Figura 4. 13.** Componentes que fueron necesarios para el desarrollo del controlador.

#### 4.7 PRESUPUESTO DEL RIEGO AUTOMÁTICO

En el Anexo I se presenta el presupuesto demandado por el sistema de riego automático instalado en la florícola "Pinango", la cual representa los elementos en la parte hidráulica y también eléctrica, partiendo desde lo básico hasta lo primordial como lo es la programación, el valor asciende a los \$ 1847,23.

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se detallan los diferentes resultados obtenidos a partir del presente proyecto, como es la automatización del riego en la finca “Pinango” y los beneficios que claramente se verán reflejados en la producción de la florícola.

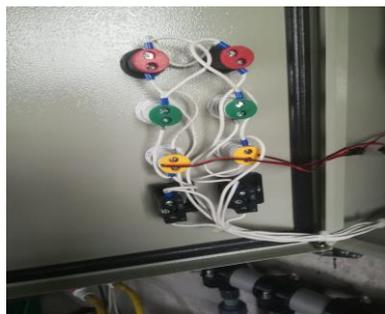
### 5.1 INCORPORACIÓN DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS ELÉCTRICOS

Al incorporar al sistema eléctrico un interruptor termomagnético de 2 A se logra proteger a todo el circuito y los elementos contiguos, de igual forma fue indispensable incorporar un transformador de 24 V a 12 V, el cual alimenta con valores bajos de corriente alterna, ya que la mayoría de dispositivos funcionan en ese rango de voltaje, tal como se observa en la Figura 5. 1.



**Figura 5. 1.** Termomagnético y transformador de 24-12 V.

Además, como se muestra en la Figura 5. 2 se logró incorporar de manera satisfactoria las luces piloto de encendido y apagado, selector de dos posiciones, con esto la florícola “Pinango” tiene la facilidad de saber cómo operar el sistema de riego automático sin abrir el gabinete eléctrico.



**Figura 5. 2.** Luces piloto y selectores.

El resultado de una correcta disposición de todos los elementos eléctricos dentro del gabinete eléctrico, se logró incluir un medidor de corriente y voltaje por la cual se puede monitorear las variaciones de voltaje o corriente, así como también verificar si existe caídas de voltaje, tal como de observa en la Figura 5. 3 existe una caída de tensión considerable ya que se marca 105 V lo cual refleja una mala entrega del voltaje por parte de la empresa comercializadora de energía.



**Figura 5. 3.** Medidor de voltaje y corriente.

En el presente proyecto de riego automático fue necesario incorporar los micro relés para accionar de manera correcta tanto selectores y apertura y cierre de circuitos, de esta forma se logra la automatización deseada por parte de la florícola “Pinango”. Tal como muestra la Figura 5. 4.



**Figura 5. 4.** Relés tipo interfaz para control del sistema.

## 5.2 INCORPORACIÓN DE LOS ELEMENTOS HIDRÁULICOS

En cuanto a los elementos hidráulicos se ha incorporado solenoides de 24 V, los mismos ayudan a accionar a las electroválvulas y generar el riego automático en campo, el resultado de este accionar es muy satisfactorio como se muestra en la Figura 5. 5, de la misma manera el manómetro y el sensor de presión reflejan datos de presión del caudal total del riego, lo cual en el riego automático esta estandarizada en base a valores reales del riego.



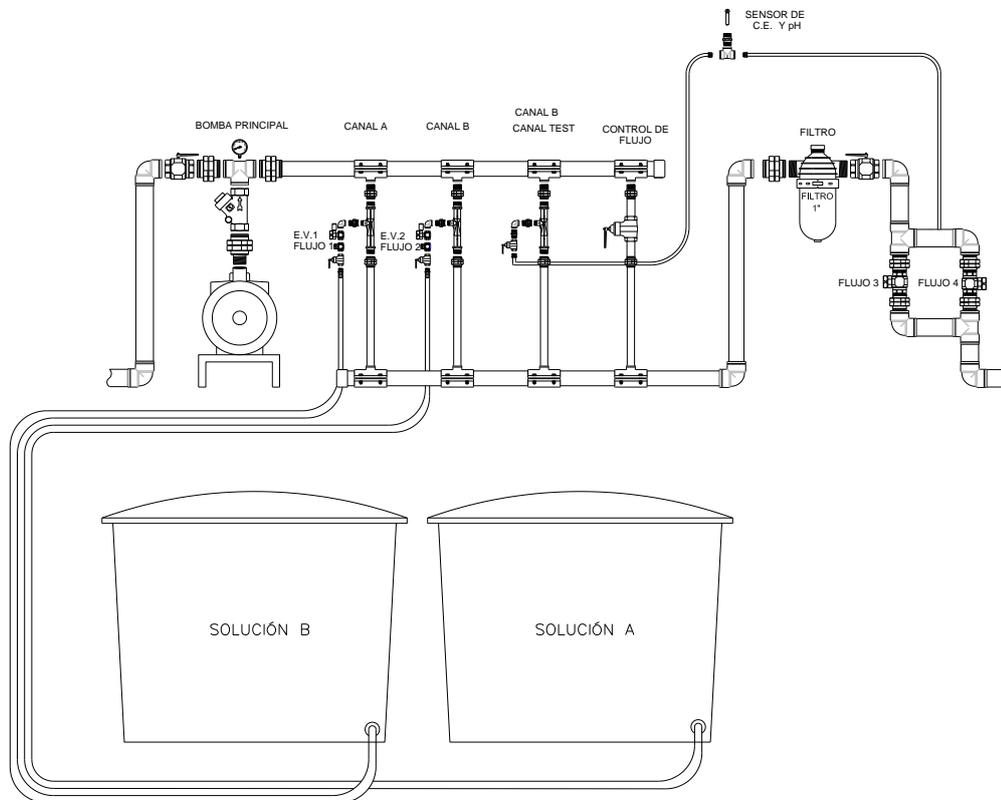
**Figura 5. 5.** Solenoide 24 VAC

En la Figura 5. 6 se emplea un componente indispensable para el correcto sistema de riego, como es el filtro con el objetivo de retener todas las partículas que provocarían taponamientos de la florícola, así como también los sensores de conductividad para lograr la calibración correcta.

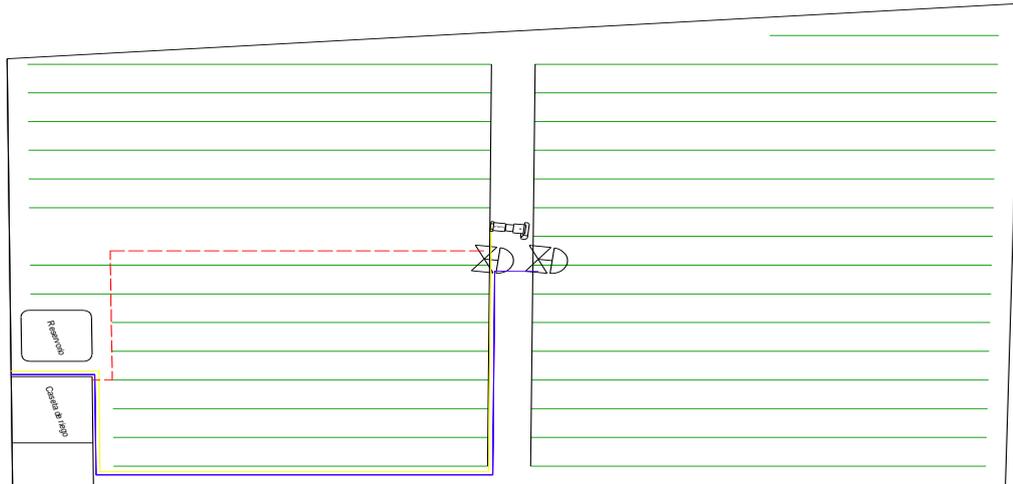


**Figura 5. 6.** Válvula check.

Mediante el software AutoCAD se presenta el esquema del proyecto hidráulico, en la Figura 5. 7 se observa el diseño y disposición de cada una de las piezas destinadas a dar el riego automático en la florícola, de la misma manera la Figura 5. 8 presenta el esquema de distribución del regadío, como mangueras dentro de la producción de rosas, ubicación de válvulas y gabinete de control.



**Figura 5. 7.** Esquema hidráulico del sistema de riego automático.



**Figura 5. 8.** Esquema de distribución de las mangueras y electroválvulas del riego.

### 5.3 MONTAJE DEL GABINETE DE CONTROL

El gabinete de control de la florícola “Pinango” es el resultado de la incorporación de dispositivos eléctricos e hidráulicos, como se observa en la Figura 5. 9, con esto se logra la automatización del riego y la facilidad que brinda al operador de riego de la florícola.



**Figura 5. 9.** Gabinete Eléctrico.

De la misma manera, el software AutoCAD ayudó a diseñar y realizar una comparación del sistema de riego que se manejaba antes como lo muestra la Figura 5. 10 donde se observa un sistema muy simple y sin ningún control, en cambio la Figura 5. 11 se trata del nuevo diseño del sistema de riego automático, correctamente dimensionado y acorde a la necesidad de la florícola.

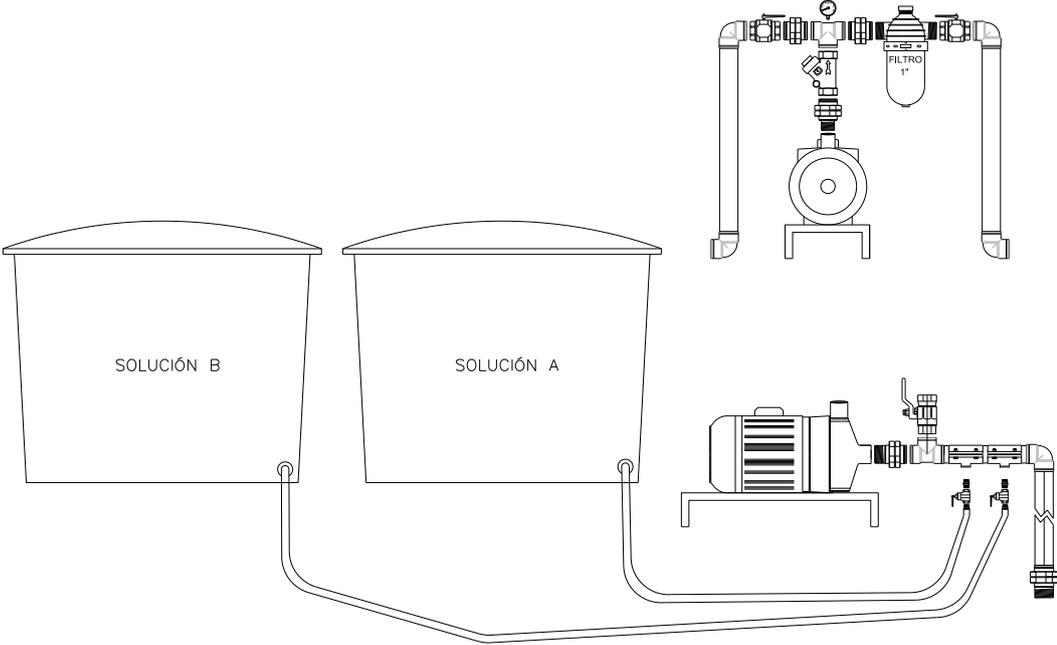


Figura 5. 10. Esquema del riego antiguo.

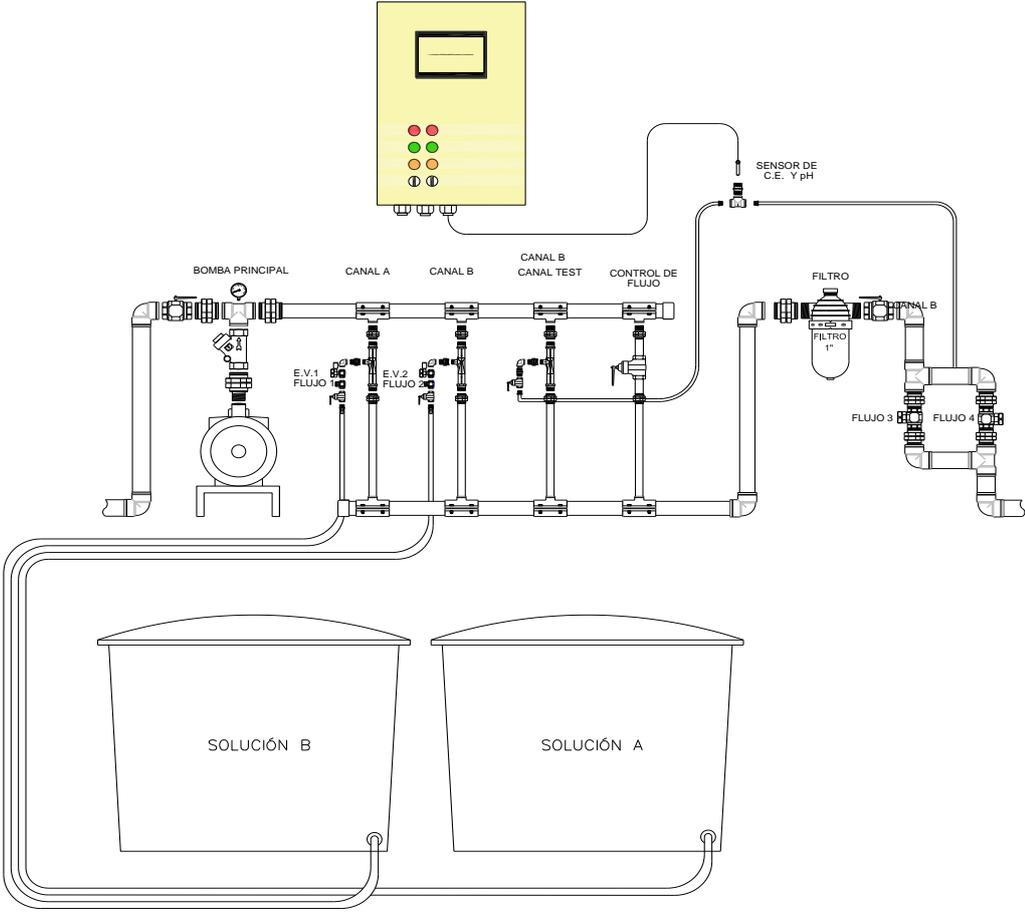


Figura 5. 11. Esquema del riego automático.

Se ha determinado que el relé actualmente utilizado en el sistema presenta una capacidad nominal superior para la carga que debe controlar. Esto ha ocasionado que colapse el sistema dando como resultado la suspensión de la fertilización en la florícola Pinango.

Mediante un análisis técnico, se ha determinado la capacidad adecuada requerida para el relé, considerando los parámetros de funcionamiento del sistema y las especificaciones del equipo que debe proteger. Se ha verificado que el relé actual no cumple con estas especificaciones y que un cambio es necesario para garantizar un rendimiento óptimo y seguro como se observa en la Figura 5. 12.

Cálculo de protección térmica para bomba de agua de 2 HP de marca EVANS, la bomba presenta los siguientes datos en su placa de características técnicas: Voltaje: 110 V, corriente nominal: 9,5 A, factor de servicio: 1,25%, corriente de ajuste:  $9,5 A \times 1,25 = 11,9 A$ .



**Figura 5. 12.** Bomba de agua en la florícola Pinango.

La bomba de 2 HP ofrece un mayor flujo de agua y presión en comparación con la bomba de 1 HP, lo cual es ventajoso para el sistema de riego, ya que permite una irrigación más eficiente y uniforme del área de cultivo anexado en la Tabla 5. 1.

Además, debido al mayor flujo de agua, la bomba de 2 HP reduce el tiempo necesario para el riego en cada ciclo, lo que optimiza el uso del recurso hídrico y reduce los costos operativos.

A pesar de que la bomba de 2 HP funciona a una tensión de 220V en lugar de 110V, sigue consumiendo la misma corriente de 9 amperios. Sin embargo, debido a su mayor potencia, el sistema de riego es más eficiente energéticamente, ya que requiere menos tiempo para bombear la misma cantidad de agua.

**Tabla 5. 1.** Dimensionamiento del Relé Térmico.

	
<p>Relé térmico actual no cumple con las especificaciones técnicas</p>	<p>Relé térmico dimensionado con las características de la carga</p>

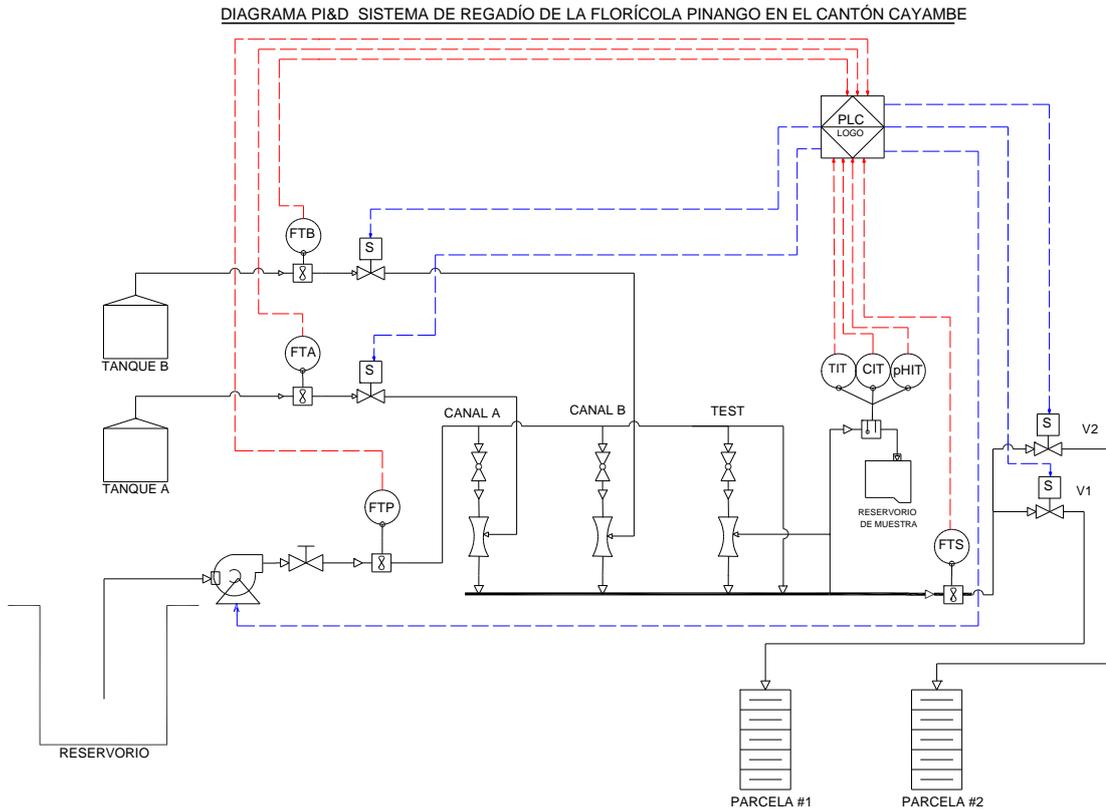
En conclusión, el reemplazo de la bomba de agua de 1 HP por una de 2 HP está justificado por el aumento significativo en la capacidad de riego, la mejora en la eficiencia del sistema y la posibilidad de futuras expansiones. Estos beneficios contribuyen al ahorro de recursos, la optimización de los procesos de riego y el aumento de la productividad agrícola, tal como se muestra en la Tabla 5. 2.

**Tabla 5. 2.** Reemplazo de bomba en sistema de riego de la florícola Pinango.

	
<p><i>Bomba antigua</i></p> <p>Marca Pearl</p> <p>Tensión: 110 V</p> <p>Corriente: 9.5 A</p> <p>Caballos de fuerza: 1 Hp</p> <p>Caudal: 25 l/min</p> <p>Altura: 80 m</p> <p>Cos <math>\phi</math>: 0.92</p> <p>Rpm 3450</p>	<p><i>Bomba actual</i></p> <p>Marca Evans</p> <p>Tensión: 220 V</p> <p>Corriente: 9,33 A</p> <p>Caballos de fuerza: 2 Hp</p> <p>Caudal: 220 l/min</p> <p>Altura: 42 m</p> <p>Cos <math>\phi</math>: 0.83</p> <p>Rpm 3515</p>

### 5.4 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN

En la Figura 5. 13 se observa el diagrama de las instalaciones de los diferentes componentes eléctricos vinculados a la programación e inserción de los sensores de presión, conductividad, pH, la bomba y en definitiva el PLC.



**Figura 5. 13.** Diagrama de programación.

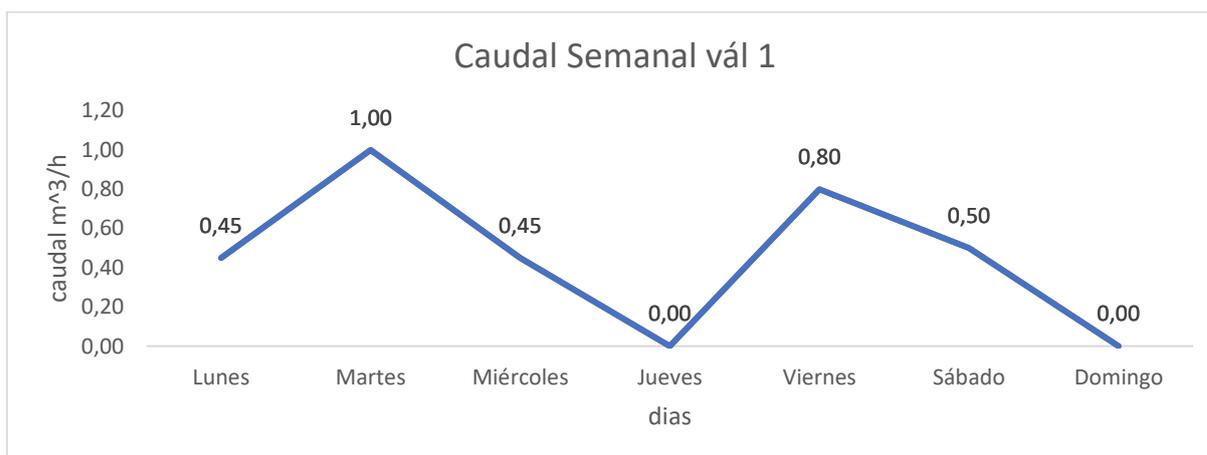
### 5.5 CAUDALES DE LA DEMANDA DIARIA

En la Tabla 5. 3 se muestran los resultados del cálculo realizado en base a la demanda del caudal diario de la florícola “Pinango”, considerando los datos de la válvula N°1 se precisa que los valores de Conductividad y PH están siendo nivelados y se indican valores mínimos y máximos que debe tener el agua cruda y la fertilización. Mientras que, en la Figura 5. 14 se observa el comportamiento del caudal, donde el día viernes presenta un caudal superior y el día domingo presenta un caudal nulo.

**Tabla 5. 3.** Caudal de la demanda diaria de la válvula N°1.

		MIN	MAX			MIN	MAX
OBJETIVOS	CE	1,7	1,9	AGUA CRUDA	CE	0,25	0,34
	PH	5,8	6		PH	6,88	7,07
<b>Caudal de la demanda diaria</b>							

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Tiempo
Tiempo [min]	9	12	9	0	16	10	0	56
Caudal [m <sup>3</sup> /h]	0,4496	0,5994	0,4496	0,0000	0,7992	0,4995	0,0000	2,7972
% Exceso	%	33 %	%	-100 %	78 %	11 %	-100 %	
Lam. Agua [mm]	3,00	4,00	3,00	0,00	5,33	3,33	0,00	



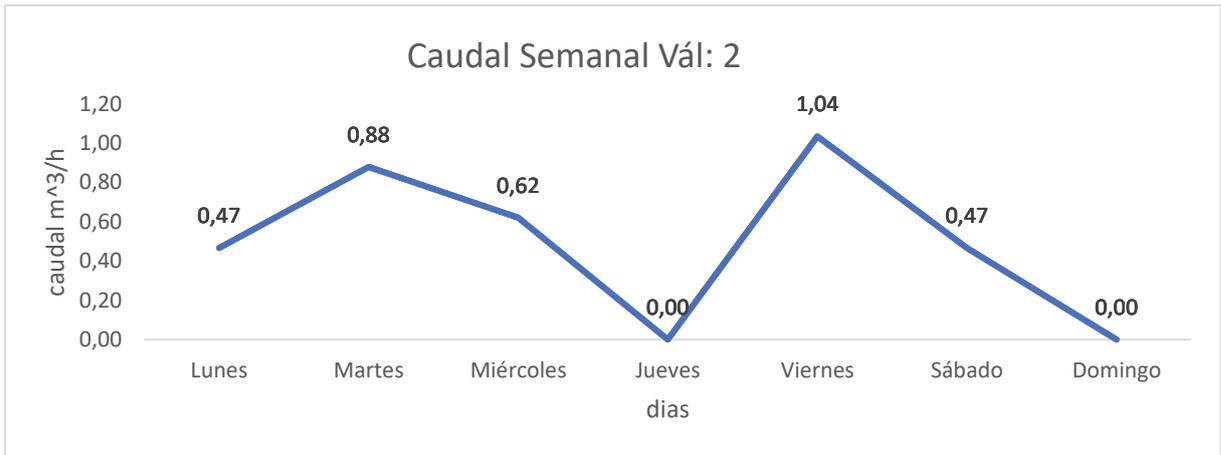
**Figura 5. 14.** Gráfica del caudal diario de a válvula N°1.

El comportamiento de la válvula N°2 está representada en la Figura 5. 15, se observa que el caudal es menor que la válvula N°1, esta viene descrita por todos los días y comúnmente los días viernes presentan mayor consumo a comparación de los otros días. Mientras que, en la Tabla 5. 4 se indica el tiempo que dura el riego por día en minutos, el porcentaje de exceso y el caudal requerido para cumplir con los parámetros del riego en la florícola.

**Tabla 5. 4.** Caudal de la demanda diaria de la válvula N°2

	Caudal de la demanda diaria							Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Tiempo [min]	9	10	12	0	20	9	0	60
Caudal [m <sup>3</sup> /h]	0,4658	0,5175	0,621	0,0000	1,0350	0,4658	0,0000	3,1050
% Exceso	%	11 %	33,33333333	-100 %	122 %	%	-100 %	
Lam. Agua [mm]	3,00	3,33	4	0,00	6,67	3,00	0,00	

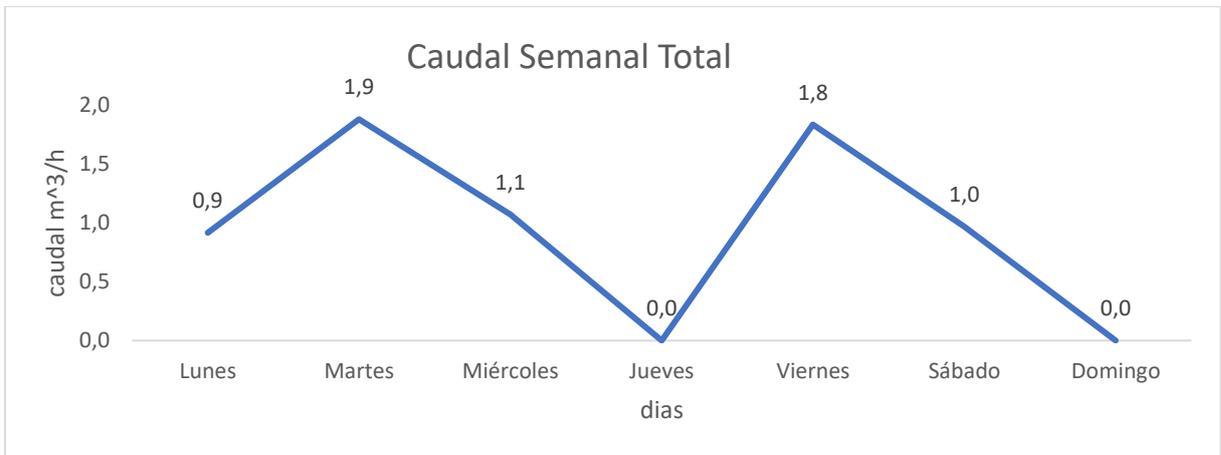
Por último, la Tabla 5. 5 muestra los datos tanto de conductividad y PH, a lo cual se observa un cambio notorio en los diferentes días de riego, estos vienen en función a la cantidad de fertilización que deben cumplir por día, para aquello se presenta la Figura 5. 16, Figura 5. 17, Figura 5. 18 y Figura 5. 18 donde se presenta la curva de la variación del PH y Conductividad, para aquello el nivel de ambos también depende del tiempo determinado para cierta actividad y de la cantidad de caudal utilizado para dicho proceso.



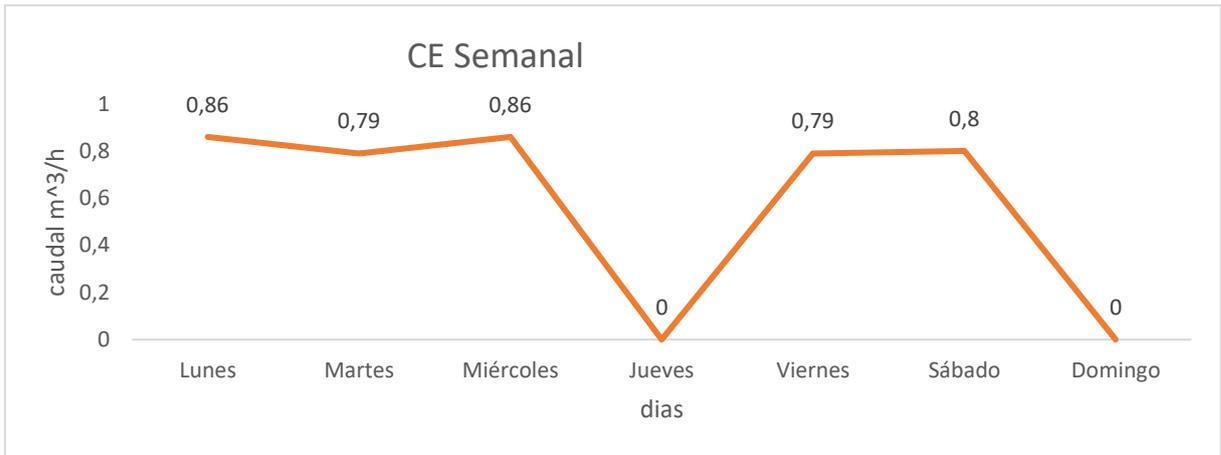
**Figura 5. 15.** Gráfica del caudal diario de a válvula N°2.

**Tabla 5. 5.** Caudal total diario en función al PH y conductividad.

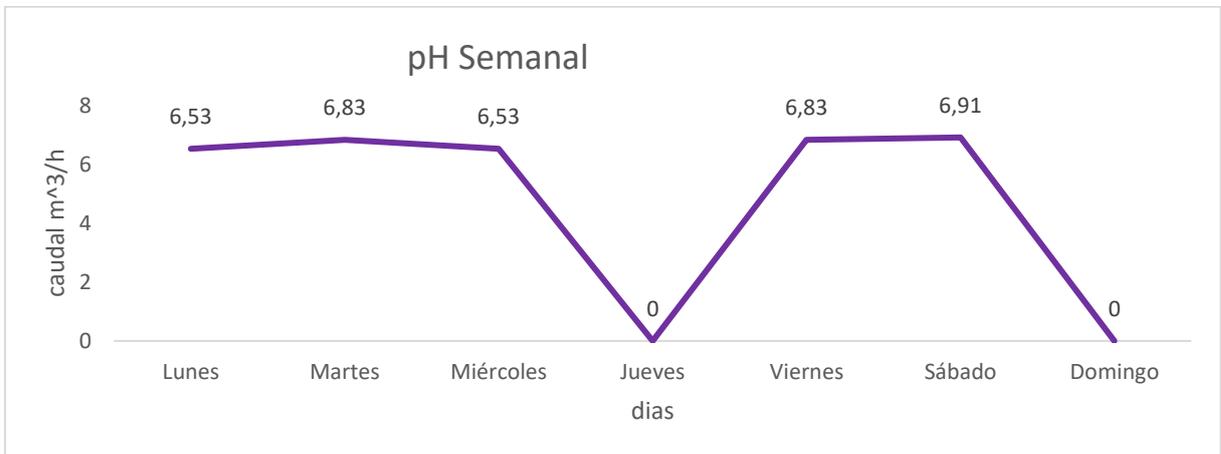
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Tiempo
Tiempo [min]	18 min	22 min	21 min	min	36 min	19 min	min	116 min
Caudal [m³/h]	0,9153	1,1169	1,0706	0,0000	1,8342	0,9653	0,0000	5,9022
% Exceso	%	22 %	17 %	-100 %	100 %	5 %	-100 %	
CE	1	2	3	4	5	6	7	
PH	1	2	3	4	5	6	7	



**Figura 5. 16.** Gráfica del caudal diario.



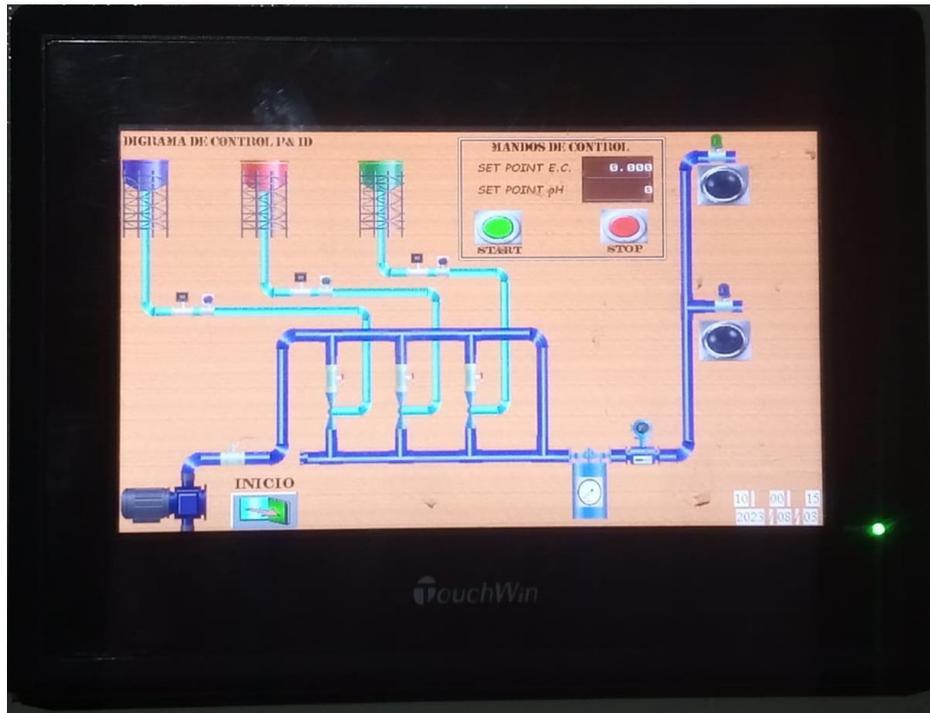
**Figura 5. 17.** Gráfica del comportamiento de la conductividad.



**Figura 5. 18.** Gráfica del comportamiento del PH.

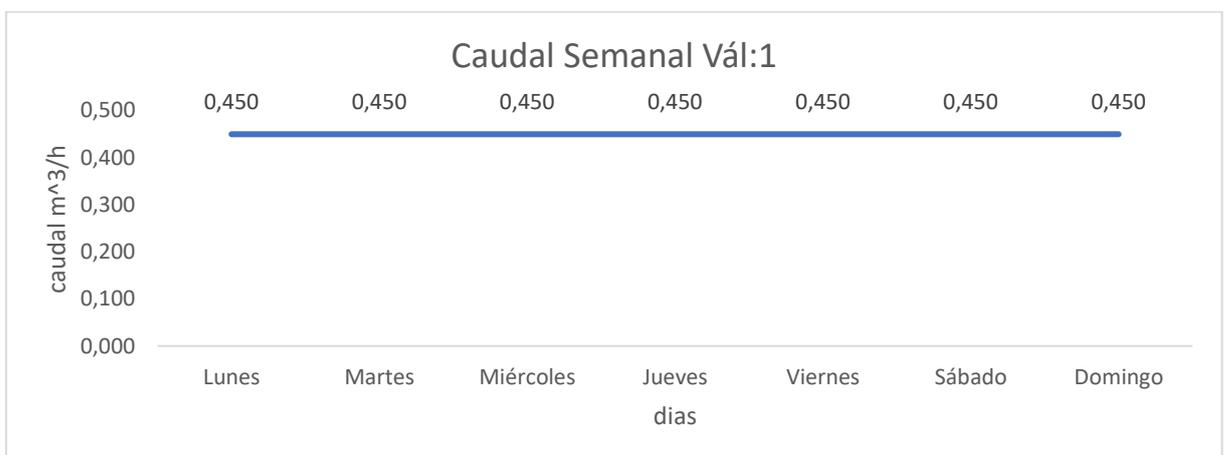
### 5.6 PUESTA EN MARCHA DEL RIEGO AUTOMÁTICO

Una vez realizada las diferentes pruebas tanto de monitoreo en el gabinete eléctrico y de campo en válvulas, se da inicio al riego automático y se comprueba que la implementación es adecuada y está dentro de los parámetros indicados para el riego y fertilización enfocados a mejorar la calidad en la producción de rosas de la florícola Pinango tal como se observa en la Figura 5. 18.

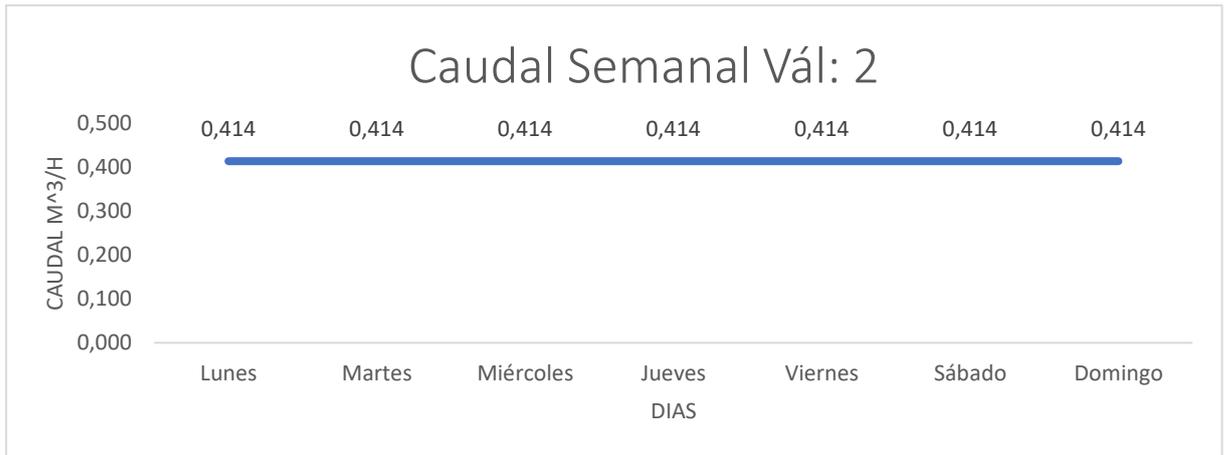


**Figura 5. 19.** Pantalla principal del riego automático.

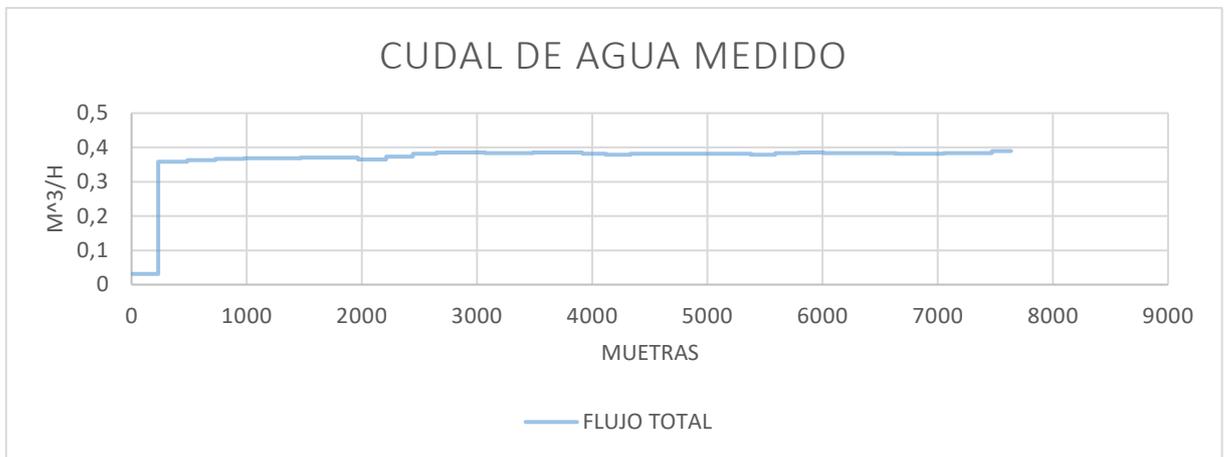
En la Figura 5. 20 se observa cómo se comporta el caudal semanal de la válvula 1 en 0.450 m<sup>3</sup>/h, donde el consumo es constante todos los días lo cual optimiza la producción de rosas ya que se entrega el caudal correcto día a día a comparación de la Figura 5. 14 donde el caudal vario diariamente en el sistema antiguo, de la misma forma en la Figura 5. 21 se indica el comportamiento del caudal de la válvula 2 la cual también se mantiene constante diariamente en un valor de 0.414 m<sup>3</sup>/h.



**Figura 5. 20.** Caudal semanal de la válvula 1.

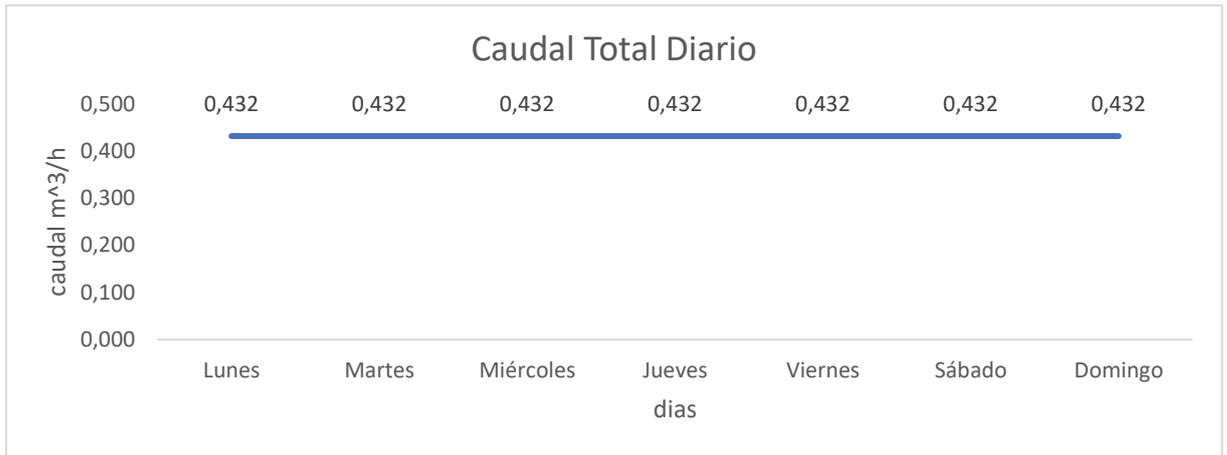


**Figura 5. 21.** Caudal semanal de la válvula 2.



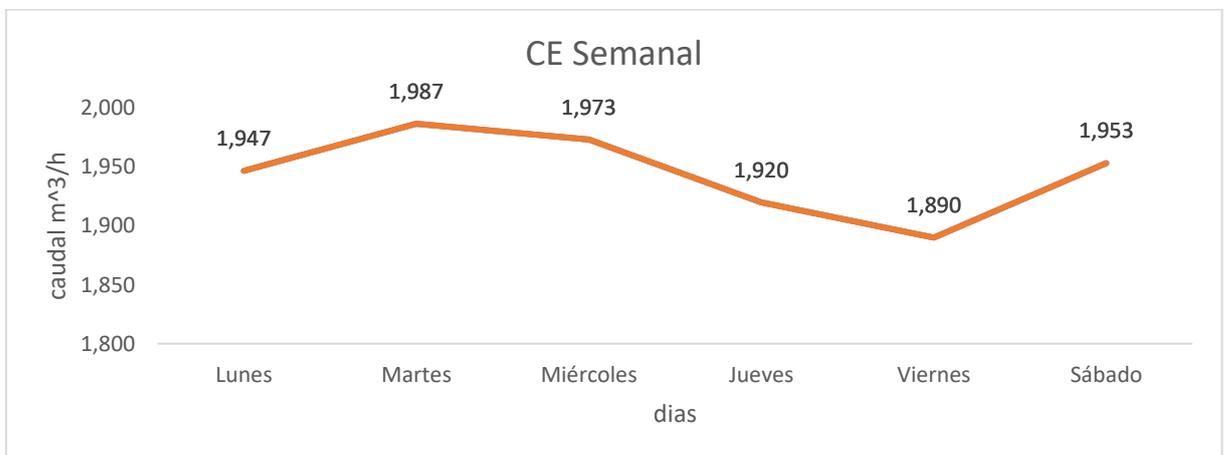
**Figura 5. 22.** Monitoreo del caudal por riego.

En la Figura 5. 23 se presenta el caudal diario calculado de las 2 válvulas, el cual admite un error del 13 % pero de la misma forma se mantiene el riego constante y ayuda a que el agua cruda ingrese correctamente al sistema de riego.

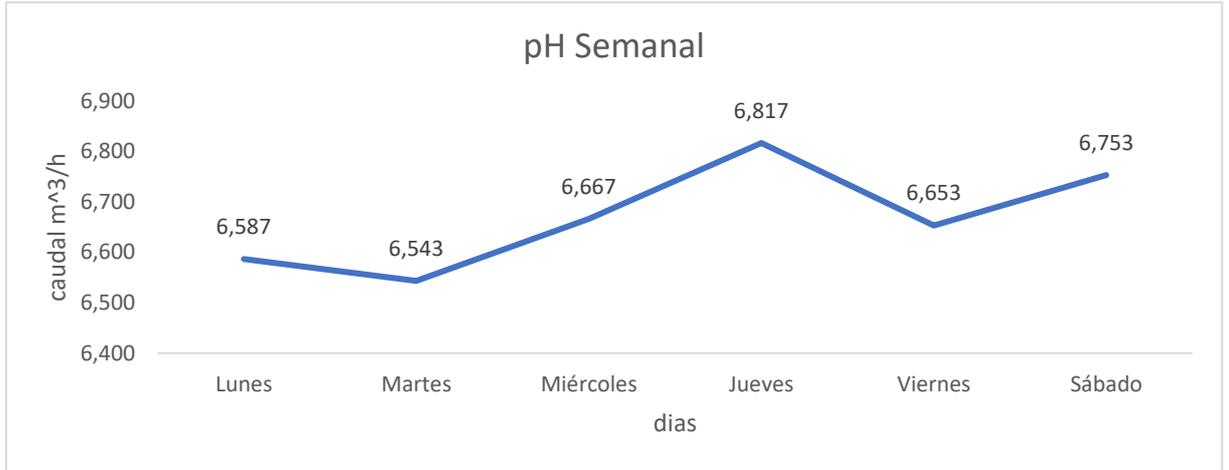


**Figura 5. 23.** Caudal total diario

En cuanto a la conductividad semanal, en la Figura 5. 24 se muestran los valores diarios donde varían entre 1.947 m³/h y 1.953 m³/h, con un error del 6% día a día, lo cual indica que está dentro de los parámetros para mejorar la calidad de producción de rosas, por tanto, se inyecta el fertilizante a la planta y que pueda absorber la adecuada cantidad de nutrientes. De la misma forma el pH varía entre 6.587 m³/h y 6.753 m³/h, también presenta un error del 6% e inyectar la correcta cantidad de ácido al sistema de fertilización.

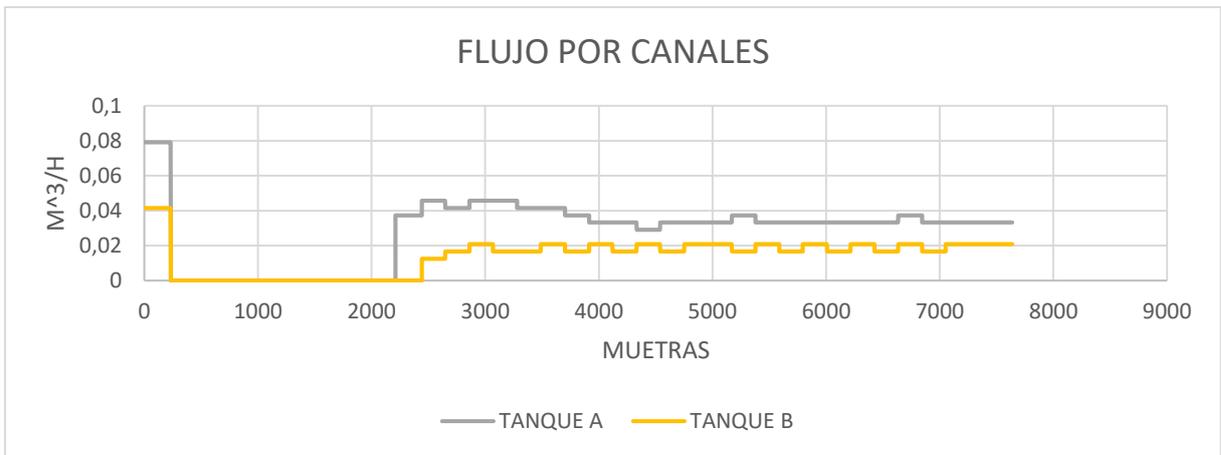


**Figura 5. 24.** Gráfica del comportamiento de la Conductividad.



**Figura 5. 25.** Gráfica del comportamiento del pH.

La Figura 5. 27 y la Figura 5. 26 es el resultado del flujo de canales proporcionado por la pantalla digital y se observa cómo se comporta el flujo por los canales tanto de agua cruda como de fertilizantes, donde se mide en m<sup>3</sup>/h y en diferentes muestras indicadas para varias series de recetas.



**Figura 5. 26.** Caudal por canales de fertilizantes.

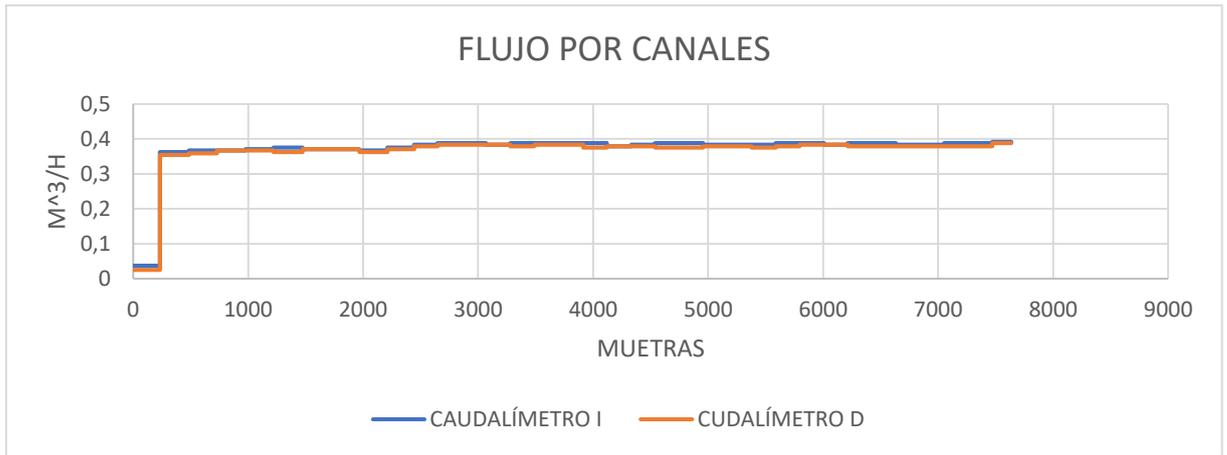
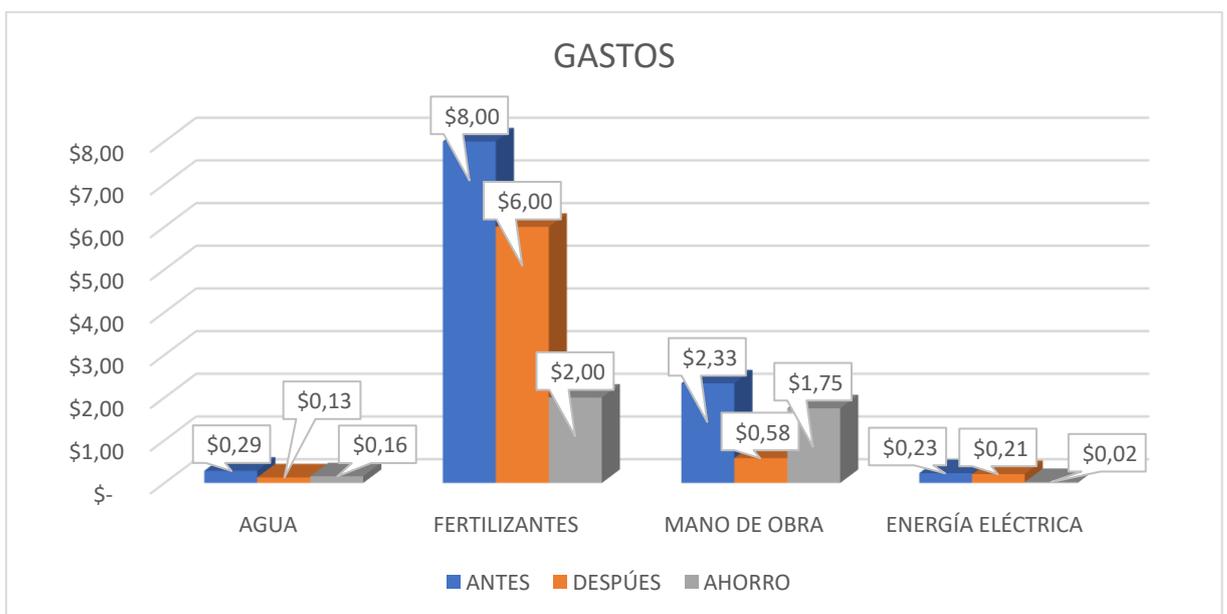


Figura 5. 27. Gráfica del comportamiento del flujo por canales.

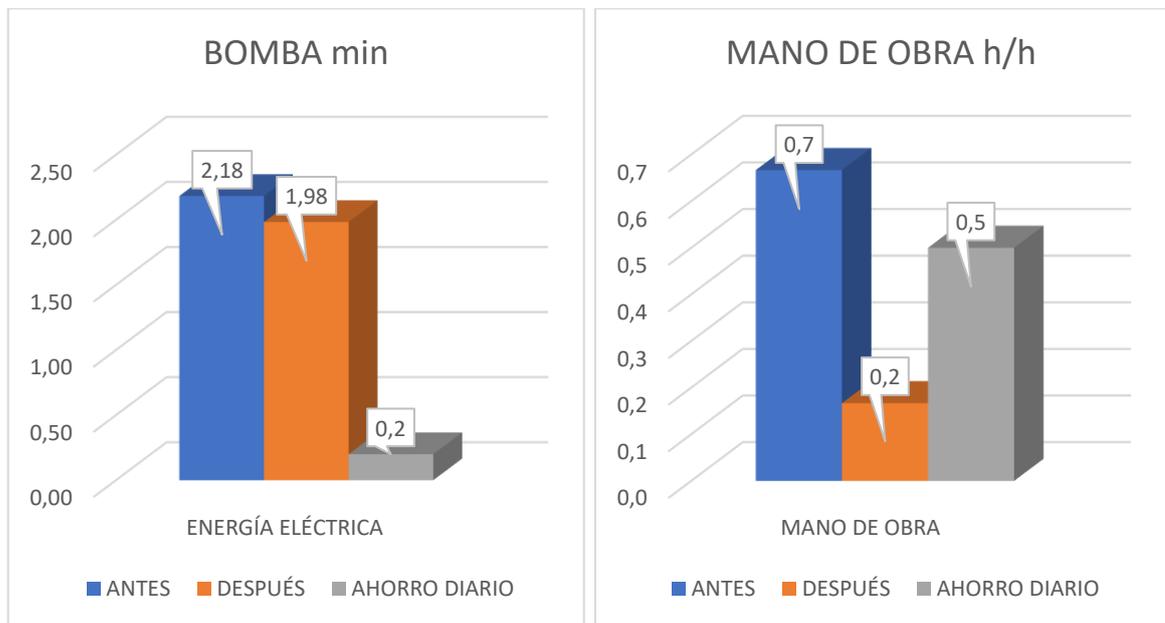
### 5.7 ANÁLISIS DE GASTOS DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO

Una vez puesto en marcha el riego automático en la florícola “Pinango”, se analizan los beneficios en cuanto a gastos en la parte económica teniendo en cuenta el antes, después y el ahorro que representa la implementación, por ejemplo, en la fertilización; antes del riego se gastaba \$8 diarios, después de la implementación se gasta \$6 diarios y se representa un ahorro de \$2 al día, de la misma manera se comporta en el análisis del agua, mano de obra y energía eléctrica, lo cual define al proyecto como viable y beneficioso para el mejoramiento de la calidad en la producción de rosas.



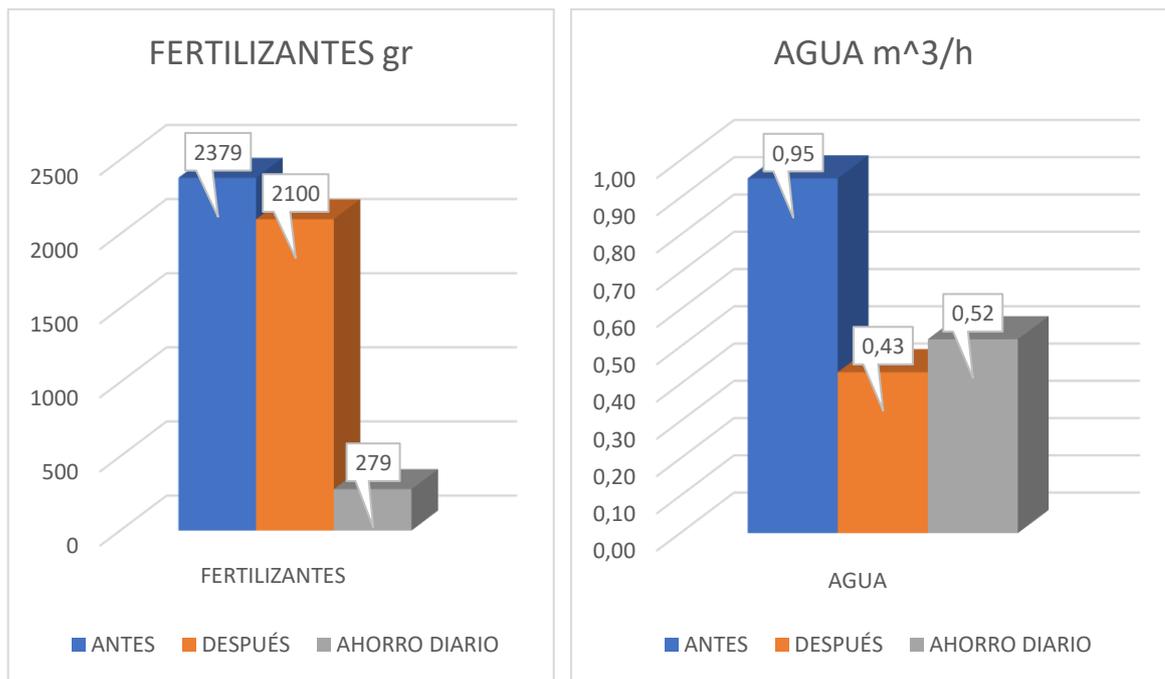
**Figura 5. 28.** Histórico de gastos y ahorro conseguido a partir de la implementación del sistema de riego automático.

En la Figura 5. 29, se observa el comportamiento de la bomba antes, después y el ahorro diario de los minutos que se demora en inyectar agua al sistema, también el ahorro que existe en la mano de obra de los trabajadores de la florícola en realizar sus actividades referentes a la producción del antes y después presentando un ahorro del 70% mejorando en la parte económica.



**Figura 5. 29.** Histórico de gastos y ahorro conseguido con el sistema de riego automático bomba y mano de obra.

De la misma forma en la Figura 5. 30 y La Figura 5. 27 se presenta el análisis del fertilizante y agua, en definitiva, el balance es positivo ya que en todos los casos se presenta un ahorro por tanto la disminución de gastos en la parte de producción de rosas.



**Figura 5. 30.** Histórico de gastos y ahorro conseguido con el sistema de riego automático fertilizantes y agua.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- El controlador de riego ha sido implementado de manera exitosa, logrando importantes ahorros en distintos aspectos del proceso de riego demostrando ser altamente eficiente en el ahorro de tiempo y la reducción de la mano de obra requerida para el riego. La automatización del proceso de riego elimina la necesidad de realizar esta tarea manualmente, lo que permite a los propietarios de la florícola Pinango dedicar su tiempo y recursos a otras actividades productivas y estratégicas, así como también permite eliminar el error humano en el proceso de dosificación.
- El controlador de riego ha sido diseñado tomando en consideración el error admisible del pH y CE del 6% entre lo medido y calculado, ya que el valor del pH Oscila entre 6.587 a 6.753 y el valor de CE de 1.947 a 1.953, con ello se obtiene un ahorro del 15% en el consumo de agua gracias al controlador de riego, lo que se traduce en una reducción del gasto de \$0,03 por unidad de riego. También se ha logrado una disminución del 25% en los costos de fertilizantes, generando un ahorro de \$2,00 por unidad de riego. Además, la automatización y programación del riego han permitido reducir el tiempo de mano de obra en un 75%, generando un ahorro de \$1,75 por unidad de riego.
- La implementación del controlador de riego ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia y reducir los costos en el proceso de riego, la inversión realizada se recupera en 17 meses respaldando su viabilidad y utilidad en la optimización de los recursos y la productividad agrícola. Adicional a los beneficios económicos, la implementación del controlador de riego tiene un impacto ambiental positivo al reducir el consumo de recursos naturales, especialmente el consumo de agua y fertilizantes.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- El desarrollo e implementación de controladores de riego ha demostrado ser una herramienta eficaz para optimizar el recurso hídrico en el sistema de riego de la florícola Pinango. Se recomienda tener como referencia el manual de operación del equipo Galcon del fabricante Galcon, Kfar Blum, [hppt://es.galconc.com](http://es.galconc.com).
- Es importante tener en cuenta que los sensores de conductividad y pH están integrados en el controlador de riego para un monitoreo más completo de las condiciones de la fertirrigación. Esto ayuda en la detección temprana de desequilibrios de nutrientes.
- Es recomendable implementar el riego automático ya que ayuda a mejorar la eficiencia energética, logrando una disminución del 15% en el consumo de electricidad y generando un ahorro de \$0,03 por unidad de riego. En conjunto, el controlador de riego ha generado un ahorro total de \$3,81 por unidad de riego, lo que representa un avance significativo en la rentabilidad del proceso de riego.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ana María Cabello Quiñones, *Solución para el Desarrollo Sustentable*, Primera. Chile: Refinor S.A. y Admuna Chile, 2006. Accessed: Apr. 24, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/3467>
- [2] Daniel Ríos Cruellas, “Sistema de Riego Automático,” Tesis, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2016.
- [3] D. F. Apaza Mamani and I. J. La Torre Javier, “Diseño E Implementacion De Un Sistema Automatizado Para Riego Tecnificado Basado En El Balance De Humedad De Suelo Con Tecnología Arduino En El Laboratorio De Control Y Automatizacion Epime 2016,” *Universidad Nacional del Altiplano*, p. 104, 2017, [Online]. Available: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5970>
- [4] K. Bedón and A. Tovar, “Implementación de un sistema de control automático con monitoreo a través de la web para la producción de tomate riñón variedad Daniela basado en la agricultura hidropónica y control de riego de agua por goteo en el invernadero localizado en el barrio San,” p. 175, 2016, [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12404>
- [5] Alcaldía de Santiago de Cali, “El agua recurso que todos debemos cuidar para que no se agote.” [https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/46149/el\\_agua\\_recurso\\_que\\_todos\\_debemos\\_cuidar\\_para\\_que\\_no\\_se\\_agote/](https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/46149/el_agua_recurso_que_todos_debemos_cuidar_para_que_no_se_agote/) (accessed Apr. 24, 2023).
- [6] GRAVITY HUB, “Tipos de sistemas de riego agrícola,” 2022. <https://newhollandmitsui.com/agricultura/tipos-sistemas-riego-agricola/> (accessed Apr. 24, 2023).
- [7] Alberto Aguirre Hernández, “El Manejo de la Conductividad Eléctrica en Fertirriego,” 2009.
- [8] Intagri S.C, “La calidad del agua para fertirriego.” <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-calidad-agua-para-fertirriego> (accessed Apr. 24, 2023).
- [9] Gabriel Quintero Mosalve, “Desarrollo de un Sistema de Control de PH por PLC para un Sistema de Fertirriego,” Trabajo de Pregrado, Universidad de los Andes, Bogotá, 2020. Accessed: Apr. 25, 2023. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1992/53844>
- [10] Soraya Patricia Alvarado Ochoa, “Determinación de un método para evaluar los requerimientos de cal en suelos ácidos de origen volcánico y no volcánico del Ecuador,” Ambato, 1999.
- [11] R. Kasten Dumroese, T. D. Landis, and K. M. Wilkinson, “Riego y fertirriego.”
- [12] HUNTER, “I-Core™ | Hunter Industries.” <https://www.hunterindustries.com/es/product/i-coretm> (accessed May 02, 2023).
- [13] GIS Ibérica, “Conjunto para control de riego.” <http://www.gisiberica.com/Higr%F3metros%20especiales/HM408.html> (accessed May 02, 2023).
- [14] Emilio. García Moreno and Universidad Politécnica de Valencia., *Automatización de procesos industriales : robótica y automática*. Universidad Politécnica de Valencia, 1999.
- [15] C. Córdoba Nieto and E. Manufactura automatización, “Ingeniería e Investigación,” vol. 26, pp. 120–128, 2006, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64326315>
- [16] Marco Xavier Aillón Abril, “Diseño de un sistema scada de control automático de temperatura y humedad para los lechos de producción de humus de lombriz en la empresa Bioagrotecsa cía. Ltda.,” Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2010. Accessed: Apr. 25, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/101>
- [17] Alberto Brunete, Pablo San Segundo, and Rebeca Herrero, “Introducción a la Automatización Industrial,” 2021. <http://www.albertobrunete.es/automatica/arquitecturasistemaproduct.html> (accessed Apr. 25, 2023).

- [18] SIEMENS S.A., “Manual LOGO!,” España. [Online]. Available: <http://www.ad.siemens.de/logo>,
- [19] SIEMENS S.A., “LOGO! | Controladores SIMATIC | Siemens Spain.” <https://new.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sistemas/simatic/controladores-simatic/logo.html> (accessed May 08, 2023).
- [20] SIEMENS S.A., “LOGO Soft Comfort V8.3 última actualización para PLC LOGO.” <https://masterplc.com/software/logo-soft-comfort/> (accessed May 08, 2023).
- [21] SIEMENS S.A., “LOGO! de Siemens.” <https://www.cursosaula21.com/logo-de-siemens-que-es-y-como-funciona/> (accessed May 08, 2023).
- [22] SIEMENS S.A., “¡LOGO! Módulos de expansión - LOGO! Módulo Lógico - Global.” [https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-expansion-modules.html#DigitalModules?ste\\_sid=e51b2dfe024065df241f3062899d3c50](https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-expansion-modules.html#DigitalModules?ste_sid=e51b2dfe024065df241f3062899d3c50) (accessed May 08, 2023).
- [23] Centro de Información Técnica, “Interfaz Humano-Máquina HMI.” <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/> (accessed May 08, 2023).
- [24] Red Agrícola, “El avance de la automatización en la agricultura - Redagrícola Chile.” <https://www.redagricola.com/cl/el-avance-de-la-automatizacion-en-la-agricultura/> (accessed Apr. 25, 2023).
- [25] Commission Electrotechnique Internationale, *IEC 60204-1*.
- [26] Norma Técnica Ecuatoriana, “NTE INEN 2345,” Quito, Oct. 2015.
- [27] Electro PC, “Código de colores de los cables eléctricos en las instalaciones eléctricas.” <http://www.ep-electropc.com/2016/04/normas-colores-de-los-cables-electricos.html> (accessed Apr. 26, 2023).
- [28] Medidordeph.com, “Sensor de pH.” <https://medidordeph.com/funcionamiento-cuidado-calibrado-medidor-de-ph> (accessed May 09, 2023).
- [29] OMEGA, “Medidores de pH.” <https://es.omega.com/prodinfo/medidor-ph.html> (accessed May 09, 2023).
- [30] Equipos y Laboratorios Colombia, “Sensor de Conductividad.” <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/sensor-de-conductividad> (accessed May 09, 2023).
- [31] Válvulas Arco S.L., “Electroválvulas.” <https://blog.valvulasarco.com/electrovalvulas-que-es-y-para-que-sirve> (accessed May 09, 2023).
- [32] “Solenoides.” <https://www.significados.com/solenoides/> (accessed May 09, 2023).
- [33] Ingenierizado.com, “Flujómetro.” <https://www.ingenierizando.com/laboratorio/flujometro/> (accessed May 09, 2023).
- [34] Fundación Aquae, “Tipos de sistemas de riego: características.” <https://www.fundacionaquae.org/wiki/tipos-de-riego/> (accessed Apr. 24, 2023).
- [35] IAUSA, “Tipos de riego y sus ventajas: ¿cuál es el adecuado? – IAUSA.” <https://iausa.com.mx/tipos-de-riego-y-sus-ventajas-cual-es-el-adecuado/> (accessed May 02, 2023).
- [36] “Tipos de sistemas de riego | Agropinos.” <https://www.agropinos.com/blog/tipos-y-funcionalidades-de-los-sistemas-de-riego> (accessed Apr. 24, 2023).
- [37] Intagri, “Sistema de Riego por Goteo.” <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo?p=registro> (accessed Apr. 24, 2023).
- [38] Mario Liotta, Rolando Carrión, Nicolas Ciancaglini, and Alfredo Olguín, *Manual de Riego por Goteo*, 1st ed., vol. 1. 2015.

## 8 ANEXOS

### Anexo I. Informe Antiplagio Proyecto de Titulación

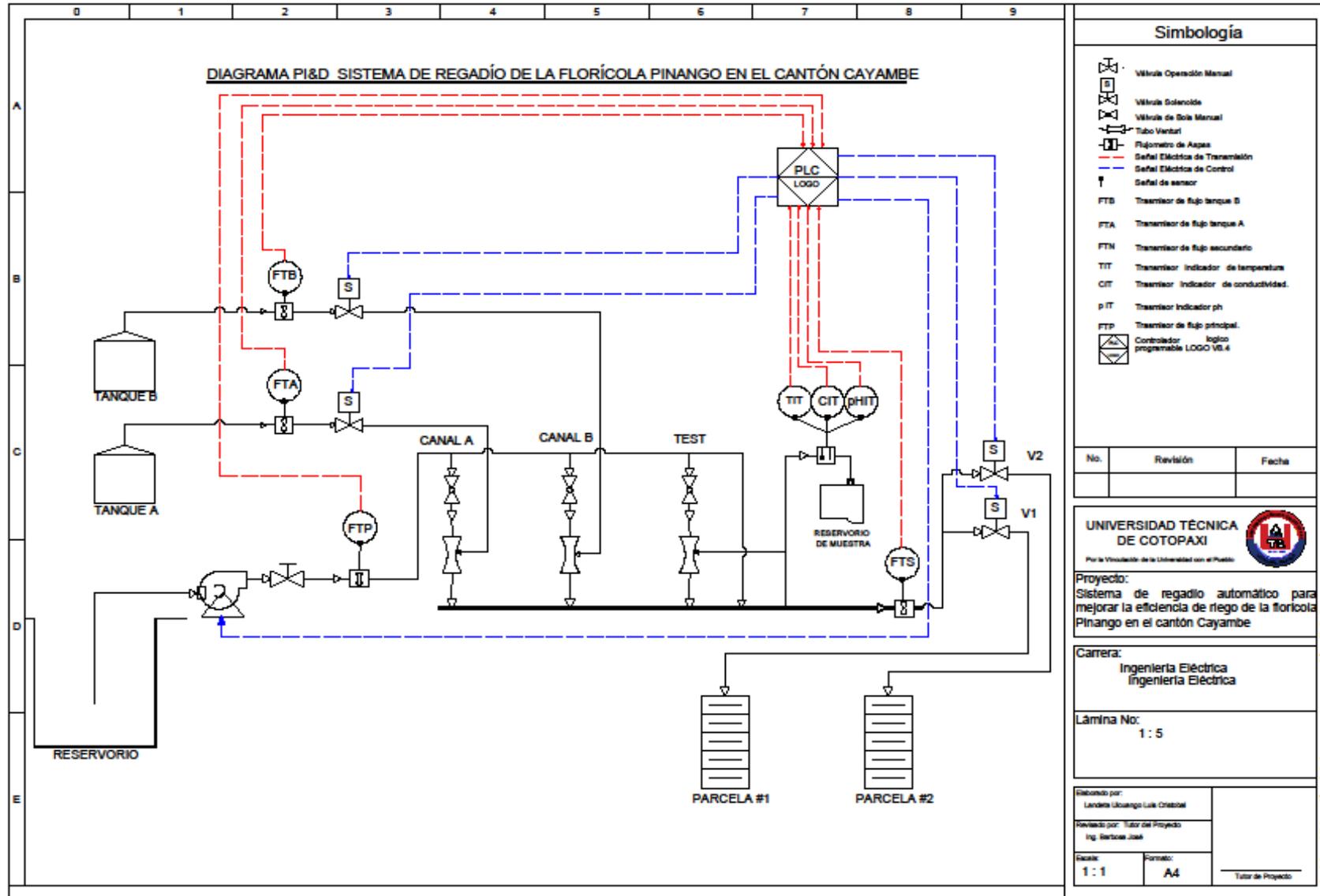
<b>Facultad:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia
<b>Nombre del Docente evaluador que emite el informe:</b>	Ing. José Efrén Barbosa Galarza MSc.
<b>Documento evaluado:</b>	Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia.
<b>Autores del documento:</b>	Sr. Landeta Ulcuango Luis Cristobal
<b>Programa de similitud utilizado:</b>	Sistema COMPILATION
<b>Porcentaje de similitud según el programa utilizado:</b>	6%
<b>Observaciones:</b> Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios:	-X-
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El documento cumple con criterios de originalidad, sin observaciones.</li> <li>• El documento cumple con criterios de originalidad, con observaciones.</li> <li>• El documento no cumple con criterios de originalidad</li> </ul>	
<b>Fecha de realización del informe</b>	09 de agosto de 2023
<b>Captura de pantalla del documento analizado:</b>	
<p>TESIS_LANDETA_LUIS_</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; width: 60%;"> <p><b>6%</b> Similitudes</p> <p><b>2%</b> Texto entre comillas</p> <p><b>0%</b> Idioma no reconocido</p> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; width: 35%;"> <p>Número de palabras: 15.338</p> <p>Número de caracteres: 110.077</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>Nombre del documento: TESIS_LANDETA_LUIS_.pdf  ID del documento: 3f185669ee899ff2df4f6c53dbd5e6da79e9c3df  Tamaño del documento original: 2,79 MB</p> <p>Depositante: Carlos Quinatoa  Fecha de depósito: 9/8/2023  Tipo de carga: interface  fecha de fin de análisis: 9/8/2023</p> </div> <p>Ubicación de las similitudes en el documento:</p>	

**Anexo II. Detalle del presupuesto**

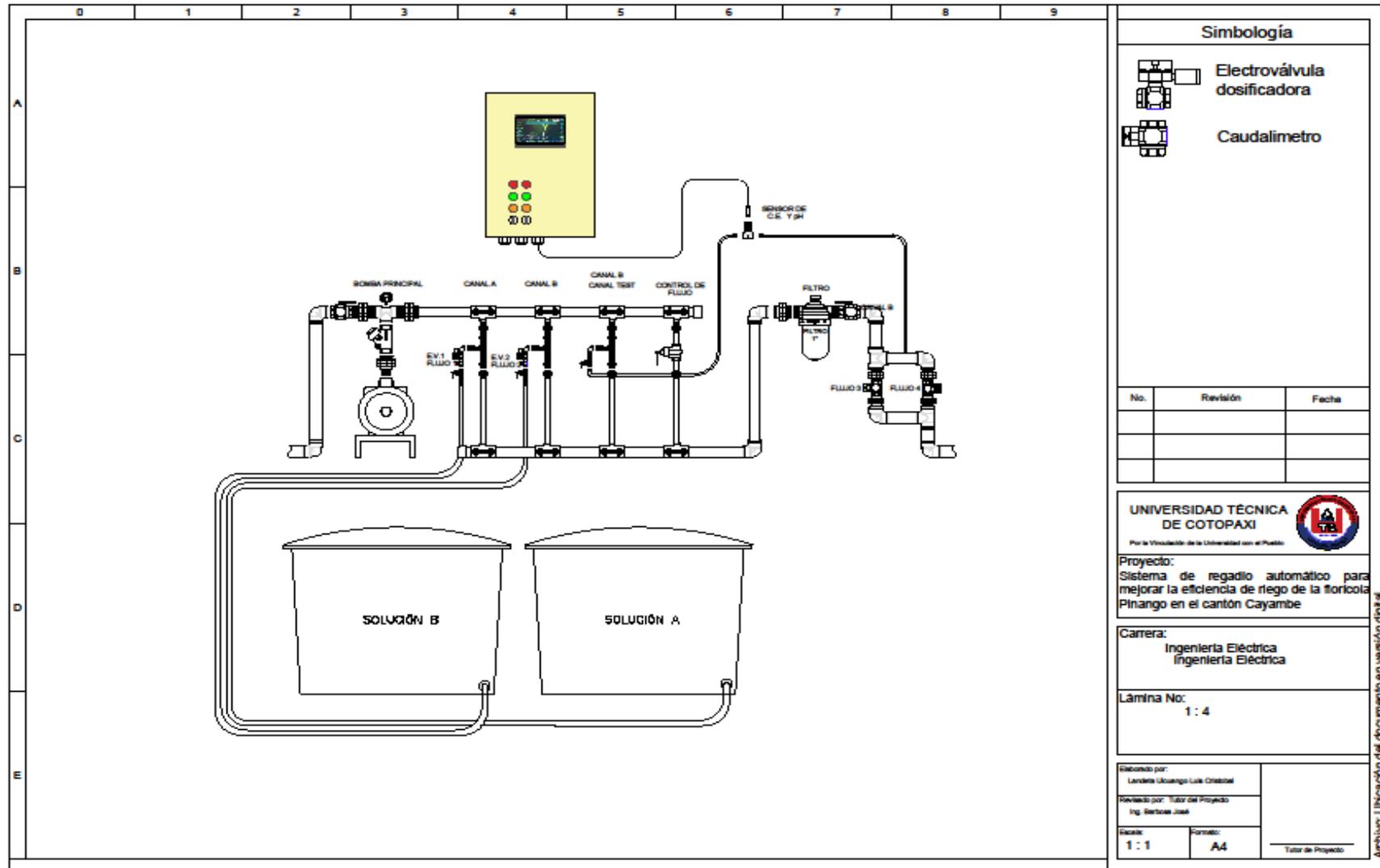
<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
6	UD	UNIVERSAL PVC 25 MM PEGABLE	2.62	15.72
6	UD	UNIVERSAL PVC 32 MM PEGABLE	4.52	27.12
2	UD	ADAPTADOR PVC MACHO 32 MM X 1"	0.82	1.64
6	UD	ADAPTADOR PVC HEMBRA 25 MM X 3/4"	0.44	2.64
8	UD	ADAPTADOR PVC MACHO 25 MM X 3/4"	0.41	3.28
3	UD	VÁLVULA BOLA COMPACTA 3/4" MANGO NARANJA	3.66	10.98
2	UD	ADAPTADOR PVC MACHO DE 25 MM X 1/2"	0.26	0.52
2	UD	ADAPTADOR PVC HEMBRA 20 MM X 1/2"	0.34	0.68
3	UD	UNIVERSAL PVC 1/2" ROSCADA	1.5	4.5
1.5	M	TUBO PVC 32 MM X 1,25 MPA	0.85	1.28
3	M	TUBO PVC 25 MM X 1,25 MPA	0.85	2.55
5	M	ABRAZADERA DE TUBO 20 MM VDL	0.32	1.6
2	UD	VÁLVULA CHECK PVC 20 MM DOBLE UNIVERSAL	8.74	17.48
5	UD	TEFLÓN INDUSTRIAL 1/2"	0.53	2.65
3	UD	CODO PVC 20 MM X 90 GR	0.3	0.9
2	UD	MONTURA 50 X 1 "	1.76	3.52
1	UD	SELLA ROSCA HIDRO 50 CC	5.25	5.25
3	UD	VENTURI NEGRO 3/4"	23.79	71.37
6	UD	MONTURA 50 X 3/4"	1.59	9.54
2	UD	TAPÓN PVC 50 MM PEGABLE	0.65	1.3
3	UD	BUHSING ROSCADO 1/2" ROJA	0.83	2.49
7	UD	UNIÓN ROSCADA 1/2" ROJA	0.48	3.36
4	UD	ADAPTADOR PVC HEMBRA 25 MM X 3/4"	0.44	1,76
4	UD	ADAPTADOR MACHO 25 MM X 3/4"	0.41	1.64
4	UD	CODO PVC 50 MM X 90 GR	1.04	4.16
4	UD	ADAPTADOR FLEX 1/2"	0.12	0,48
3	UD	VÁLVULA BOLA COMPACTA 1/2" MANGO NARANJA	1.55	4.65
4	UD	CODO ROSCADO 1/2" CACHIMBA	1	4
3	M	TUBO PVC 25 MM X 1,25 MPA	0.85	2,55
6	UD	ABRAZADERA DE TUBO 50 MM VDL	1.9	11.4
4	UD	CODO PVC 50 MM X 90 GR	1.04	4.16
2	UD	TEE PVC 50 MM	1.04	2.08
4	UD	REDUCTOR PVC 50 MM 32 MM	0.51	2.04
4	UD	ADAPTADOR PVC HEMBRA 32 MM X 1"	0.49	1.96
1	UD	PEGA WELDON 717 L	20.08	20.08
1	UD	LIMPIADOR POLI-LIMPIA L	12.58	12.58
4	UD	WAYPE	0.4	1.6
2	UD	LUZ PILOTO LED VERDE 22 MM 12 - 450 V	1.14	2.28
2	UD	LUZ PILOTO LED ROJO 22 MM 12 - 450 V	1.14	2.28
2	UD	AMPERÍMETRO CNC 22 MM 0-100 AMP AMARILLO	5.45	10.9

100	M	CABLE THHN FLEXIBLE CENTELSA #18	0.163	16.3
1	UD	GABINETE METÁLICO LIVIANO 600 X 400 X 200	47.9	47.9
3	UD	CANALETA RANURADA DE 40 MM X 40 MM GRIS	9.31	27.93
1	UD	RIEL DIN 1 METRO	4.93	4.93
50	UD	TIRAFONDO 1/4" X 3"	0.09	4.5
50	UD	TACO FIJER F10	0.15	7.5
50	UD	FERRUL DOBLE 0.75 MM	0.05	2.5
50	UD	FERRUL SIMPLE 2.5 MM	0.04	2
2	UD	1NA0 SELECTOR 2 P	5.6	11.2
30	UD	BORNERA PARA RIEL DIN 2.5 MM	0.3	9
4	UD	BORNERA LEG 10 MM 8 AWG P/RIEL DIN	0.35	1.4
6	UD	FINDER RELAY WITH	42.74	256.44
1	UD	MODULO DE PROGRAMACIÓN PLC LOGO 8,3	200	200
2	UD	MODULO ENTRADAS Y SALIDAS PLC	125	250
1	UD	PANTALLA PROGRAMABLE PLC XINJE 7 in	350	350
1	UD	FUENTE DE PODER TRANSFORMADOR 100/24/12	45	45
1	UD	SWITCH ETHERNET LINKSYS SE3005	80	80
1	UD	SENSOR INDUSTRIAL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	80	80
2	UD	ELECTRO VÁLVULA BERMAD	54.83	109.66
4	UD	SENSOR DE CAUDAL YFS201 CAUDALÍMETRO	15	60
			<b>Total</b>	<b>1847,23</b>

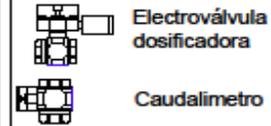
### Anexo III. Diagrama P&ID del Controlador de Riego.



### Anexo IV. Plano de Hidráulico.



#### Simbología



No.	Revisión	Fecha

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
 Por la Virtuosidad de la Universidad con el Pueblo

**Proyecto:**  
 Sistema de riego automático para mejorar la eficiencia de riego de la florícola Pinango en el cantón Cayambe

**Carrera:**  
 Ingeniería Eléctrica  
 Ingeniería Eléctrica

**Lámina No.:**  
 1 : 4

Revisado por: Landerio Ullango Luis Cristóbal	Tutor de Proyecto
Revisado por: Tutor del Proyecto Ing. Barrios José	
Escala: 1 : 1	Formato: A4

Archivo: Ubicación del documento en versión digital