



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

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO  
EMPLEANDO DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA INCREMENTAR LA  
EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL BARRIO ANCHILIVI EN LA  
PROVINCIA DE COTOPAXI.”**

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

**Autores:**

Cajamarca Chasi Jeferson Alexander

Cevallos Pastrano Jhonatan Enrique

**Tutor Académico:**

PhD. Secundino Marrero Ramírez

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Agosto - 2022**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Cajamarca Chasi Jeferson Alexander** y **Cevallos Pastrano Jhonatan Enrique**, declaramos ser los autores del presente Proyecto de Investigación: “**Implementación de un sistema de riego automatizado empleando dispositivos de control para incrementar la eficiencia en el uso del agua en el barrio Anchilivi en la provincia de Cotopaxi**”, siendo el PhD. Secundino Marrero Ramírez, Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....  
**Cajamarca Chasi Jeferson Alexander**  
**CI. 055005495-1**

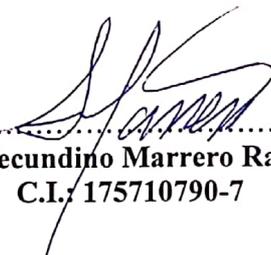
.....  
**Cevallos Pastrano Jhonatan Enrique**  
**CI. 171720114-7**



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO EMPLEANDO DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL BARRIO ANCHILIVÍ EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”** de Cajamarca Chasi Jeferson Alexander y Cevallos Pastrano Jhonatan Enrique, de la carrera 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 Consejo Directivo de la Facultad de **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto de 2022

  
.....  
**PhD. Secundino Marrero Ramírez**  
C.I.: 175710790-7



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**; por cuanto, los postulantes: **Cajamarca Chasi Jeferson Alexander** y **Cevallos Pastrano Jhonatan Enrique**, con el título de proyecto de titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO EMPLEANDO DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL BARRIO ANCHILIVÍ EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, han 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 de 2022

Para constancia firman:

.....  
Lector 1 (Presidente)

MSc. Ing. Corrales Bastidas Byron Paúl  
CC. 050234776-8

.....  
Lector 2

MSc. Ing. Suárez Vinueza Rommel Eusebio  
CC. 180416335-3

.....  
Lector 3

MSc. Ing. Vásquez Teneda Franklin Hernán  
CC. 171043449-7



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente DOCUMENTO PONGO A CONSIDERACIÓN QUE EL SR. CAJAMARCA CHASI JEFERSON ALEXANDER Y CEVALLOS PASTRANO JHONATAN ENRIQUE, portadores de las cédulas de ciudadanía N° 055005495-1 y N° 171720114-7 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA realizaron el diseño e implementación de su propuesta tecnológica bajo el nombre de “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO EMPLEANDO DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL BARRIO ANCHILIVÍ EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”; trabajo que fue desarrollado de manera satisfactoria logrando obtener resultados positivos.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente documento en cuanto estime conveniente mientras se encuentre dentro del marco legal.

Atentamente:

.....  
MSc.Ing. Marco Antonio Rivera Moreno

C.I.:0501518955



## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primeramente a Dios por la vida, salud y fuerzas para seguir en este camino profesional. A mi familia que ha sido el motor fundamental en todo este proceso, en especial a mis padres José Jorge Cajamarca y Beatriz Chasi que a pesar de las adversidades siempre me han brindado su apoyo constante e incondicional permitiendo cumplir con mis metas y objetivos sin desmayar.*

**CAJAMARCA CHASI  
JEFERSON ALEXANDER**



## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme vida y salud, a mi madre Angela Pastrano por no dejarme rendir aun cuando la situación parecía imposible, ya que ella con su ejemplo me ha enseñado a salir adelante.*

*Agradezco a mi novia la licenciada Selena Núñez, quien con su amor y confianza me impulsa a realizar grandes cosas, su apoyo incondicional en todos los ámbitos permitió conseguir la culminación de este proyecto.*

*También agradezco al PhD. Secundino Marrero, quien con su apoyo y conocimientos fue fundamental en el desarrollo de esta propuesta tecnológica.*

*Finalmente agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por la formación brindada y por los docentes de calidad que posee.*

**CEVALLOS PASTRANO  
JHONATAN ENRIQUE**



## **DEDICATORIA**

*La siguiente propuesta tecnológica está dedicada a Dios, quien ha sido mi guía durante este camino, dándome fuerzas para seguir persiguiendo mis metas y por haberme traído hasta este punto crucial en mi desarrollo profesional.*

*A mis padres, José Jorge Cajamarca y Beatriz Chasi, que, con su amor y confianza, paciencia y esfuerzo me permitieron alcanzar un sueño más.*

*A mis hermanos, por sus inquebrantables consejos y apoyo, que me ayudaron a ser mejor persona durante todo el proceso.*

**CAJAMARCA CHASI  
JEFERSON ALEXANDER**



## **DEDICATORIA**

*Este logro va dedicado para mi madre, Angela Pastrano quien con sus consejos y sabiduría permitieron cumplir esta meta.*

*A mi amada novia Selena Núñez, por creer en mis capacidades incluso más que yo mismo.*

*A mi hermana que a pesar de la distancia siempre esta apoyándome, a toda mi familia por su solidaridad durante toda la duración de esta etapa académica.*

*Esto va dedicado para las personas que creyeron en mí y también para las que no pensaron que culminaría de manera exitosa esta etapa.*

*Se la dedico a mis compañeros que ya egresaron y que a pesar del título mantuvieron la humildad de siempre, a mis amigos que siguen en la lucha tranquilos que con fe se puede todo.*

**CEVALLOS PASTRANO  
JHONATAN ENRIQUE**



## INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLMETANCIÓN.....	v
INDICE GENERAL.....	x
INDICE DE FIGURAS .....	xiv
INDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xix
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 INTRODUCCIÓN .....	3
2.1 EL PROBLEMA.....	3
2.1.1 Situación Problémica.....	3
2.1.2 Formulación del problema:.....	4
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.2.1 Objeto .....	4
2.2.2 Campo de acción .....	4
2.3 BENEFICIARIOS .....	4
2.3.1 Beneficiarios directos.....	4
2.4 JUSTIFICACIÓN .....	4
2.5 HIPÓTESIS .....	5
2.6 OBJETIVOS .....	5
2.6.1 General .....	5
2.6.2 Específicos.....	5
2.7 SISTEMA DE TAREAS .....	6
3 FUNDAMENTACIÓN TEORICA.....	7
3.1 ANTECEDENTES .....	7
3.2 PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS DEL LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN .....	8



3.2.1	Temperatura.....	9
3.2.2	Precipitación.....	9
3.3	EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA.....	10
3.4	IMPORTANCIA DEL RIEGO EN LA AGRICULTURA .....	11
3.5	SISTEMAS DE RIEGO.....	11
3.6	CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO.....	12
a.	Sistema de riego por goteo.....	12
b.	Sistema de riego por tapete .....	13
c.	Sistema de riego por aspersión .....	13
d.	Sistema de riego por micro aspersión .....	14
e.	Sistema de riego por inundación.....	15
3.7	SISTEMAS TECNIFICADOS DE RIEGO.....	15
3.8	AUTOMATIZACIÓN.....	16
3.8.1	Automatización para control de procesos.....	16
3.9	AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS .....	17
3.10	ELEMENTOS DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO.....	18
3.10.1	Controlador lógico programable.....	19
3.10.2	Interfaz HMI.....	20
3.10.3	Relé encapsulado electromecánico.....	21
3.10.4	Interruptor termo magnético.....	23
3.10.5	Sensor de humedad.....	24
3.10.6	Luces piloto .....	24
a.	Normativa para seleccionar las luces piloto.....	24
3.10.7	Paro de emergencia.....	25
a.	Normativa Ecuatoriana NTE INEN-ISO 13850 .....	25
3.10.8	Selector de dos posiciones.....	26
3.11	SELECCIÓN DE CONDUCTORES.....	26
3.11.1	Conductores .....	26
3.11.2	Tipos de conductores .....	26
3.11.3	Códigos de colores en conductores .....	27
3.12	TABLEROS ELÉCTRICOS.....	28



3.12.1	Especificaciones técnicas de un gabinete eléctrico .....	29
3.12.2	Tableros de automatización .....	29
3.12.3	Accesorios de montaje.....	30
4	MATERIALES Y MÉTODOS .....	30
4.1	MÉTODOS INVESTIGATIVOS .....	30
4.1.1	Investigación documental .....	30
4.1.2	Investigación cuantitativa .....	31
4.1.3	Investigación experimental.....	31
4.2	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	31
4.2.1	Observación .....	31
4.2.2	Experimentación.....	31
4.3	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	32
4.3.1	Ficha de observación .....	32
4.3.2	Software empleado .....	32
4.3.3	Caudalímetro .....	32
4.4	VARIABLES .....	32
4.5	ETAPAS DEL PROYECTO .....	33
4.6	SELECCIÓN DE ELEMENTOS A UTILIZAR .....	42
4.6.1	PLC LOGO V 8.3 de Siemens .....	43
4.6.2	Interfaz de programación PLC LOGO .....	44
4.6.3	Módulo ampliado Digital LOGO DM8 12/24 TIPO relé.....	45
4.6.4	Temporizador CNC .....	46
4.6.5	Pantalla táctil Kinco HMI GL070 .....	46
4.6.6	Programación Kinco HMI GL070.....	47
4.6.7	Sensor de humedad de suelo resistivo .....	49
4.6.8	Electroválvula proporcional .....	50
4.6.9	Electroválvula de cierre y apertura.....	51
4.6.10	Fuente de alimentación 24 VDC .....	51
4.6.11	Módulo LM2596 .....	52
4.6.12	Fusible de protección.....	53
4.6.13	Interruptor termo magnético.....	53



4.6.14	Selector de dos posiciones .....	53
4.6.15	Paro de Emergencia .....	54
4.6.16	Luces piloto .....	54
4.6.17	Tablero de control.....	54
4.7	SISTEMA DE LASO CERRADO .....	55
4.8	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PROGRAMACIÓN .....	56
4.9	MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL .....	57
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	60
5.1	Ubicación geográfica del proyecto .....	60
5.2	ANÁLISIS PREVIO A LA IMPLMENTACIÓN.....	61
5.2.1	Tiempo de recopilación de datos de consumo de recurso hídrico.....	61
5.3	ANÁLISIS POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN .....	63
5.4	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO ECONOMICO .....	73
5.5	IMPACTOS .....	75
5.5.1	Impacto tecnológico .....	75
5.5.2	Impacto Económico.....	75
5.5.3	Impacto Ambiental .....	76
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
6.1	CONCLUSIONES.....	77
6.2	RECOMENDACIONES .....	78
	BIBLIOGRAFIA .....	79
	ANEXOS.....	79



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b> Temperatura máxima y mínima promedio en San Miguel de Salcedo.....	9
<b>Figura 3.2.</b> Promedio mensual de lluvia en San Miguel de Salcedo .....	10
<b>Figura 3.3.</b> Sistema de riego por goteo.....	13
<b>Figura 3.4</b> .Sistema de riego por tapete .....	13
<b>Figura 3.5.</b> Sistema de riego por aspersión.....	14
<b>Figura 3.6.</b> Sistema de riego por micro aspersión.....	14
<b>Figura 3.7.</b> Sistema de riego por inundación .....	15
<b>Figura 3.8.</b> La automatización una convergencia de tecnologías.....	17
<b>Figura 3.9.</b> Ejemplo de laso cerrado empleado en los sistemas agrícolas.....	17
<b>Figura 3.10.</b> Diagrama referencial de automatización .....	18
<b>Figura 3.11.</b> Partes de un PLC LOGO Siemens. ....	20
<b>Figura 3.12.</b> Interfaz HMI .....	21
<b>Figura 3.13.</b> Estructura de funcionamiento .....	21
<b>Figura 3.14.</b> Relé encapsulado .....	22
<b>Figura 3.15.</b> Interruptor termomagnético de 2 polos .....	23
<b>Figura 3.16.</b> Sensores de humedad .....	24
<b>Figura 3.17.</b> Norma NEMA/ANSI .....	28
<b>Figura 3.18.</b> Gabinete eléctrico industrial .....	28
<b>Figura 4.1.</b> Flujograma de etapas del proyecto.....	33
<b>Figura 4.2.</b> Gráfica de consumo de agua por hora día uno. ....	35
<b>Figura 4.3.</b> Gráfica de consumo de agua por hora día dos.....	36
<b>Figura 4.4.</b> Gráfica de consumo de agua por hora día tres.....	37
<b>Figura 4.5.</b> Sistema de riego por goteo (parcela1).....	38
<b>Figura 4.6.</b> Parcelas con sistema de riego temporizado. ....	39
<b>Figura 4.7.</b> Colocacion de sensores para su calibración .....	39
<b>Figura 4.8.</b> Esquema de distribución de electroválvulas.....	40
<b>Figura 4.9.</b> Distribución de elementos.....	42
<b>Figura 4.10.</b> Elementos y sus conexiones.....	42
<b>Figura 4.11.</b> Ventana LOGO Soft Comfort .....	44
<b>Figura 4.12.</b> Programación LADDER empleada .....	45
<b>Figura 4.13.</b> Interfaz de programación HMI Kinco .....	47
<b>Figura 4.14.</b> Conexion de HMI a PLC .....	48
<b>Figura 4.15.</b> Conexión mediante puerto LAN .....	48
<b>Figura 4.16.</b> Ubicación de sensores de humedad en la parcela 1 .....	49
<b>Figura 4.17.</b> Sistema de laso cerrado.....	55
<b>Figura 4.18.</b> Flujograma de funcionamiento del sistema.....	56
<b>Figura 4.19.</b> Colocación del tablero para realizar pruebas.....	57
<b>Figura 4.20.</b> Colocación de tuberías .....	57
<b>Figura 4.21.</b> Encendido del sistema.....	58
<b>Figura 4.22.</b> Control interfaz modo manual .....	58
<b>Figura 4.23.</b> Control interfaz modo automático.....	59



<b>Figura 4.24.</b> Adecuación de cables interior .....	59
<b>Figura 5.1.</b> Ubicación geográfica del sitio.....	60
<b>Figura 5.2.</b> Gráfica de consumo de agua diario .....	62
<b>Figura 5.3.</b> Gráfica de consumo diario .....	63
<b>Figura 5.4.</b> Programación de tiempos de riego .....	63
<b>Figura 5.5.</b> Gráfica de consumo temporizado.....	64
<b>Figura 5.6.</b> Consumo m <sup>3</sup> /h.....	65
<b>Figura 5.7.</b> Gráfica de consumo diario .....	66
<b>Figura 5.8.</b> Comparacion de gráficas de consumo por días .....	66
<b>Figura 5.9.</b> Analisis de parámetros ambientales .....	67
<b>Figura 5.10.</b> Gráfica de humedad vs temperatura .....	68
<b>Figura 5.11.</b> Gráfica de consumo de agua .....	69
<b>Figura 5.12.</b> Gráfica de humedad del suelo frente al consumo .....	70
<b>Figura 5.13.</b> Gráfica de consumo diario .....	71
<b>Figura 5.14.</b> Gráfica comparativa diaria.....	71
<b>Figura 5.15.</b> Gráfica comparativa de consumo de los sistemas de riego.....	72
<b>Figura 5.16.</b> Comparación de consumo en metros cúbicos.....	72



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 1.....	6
<b>Tabla 2.2.</b> Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 2.....	6
<b>Tabla 2.3.</b> Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 3.....	6
<b>Tabla 3.1.</b> Código de colores según la Norma-IEC-602041. ....	25
<b>Tabla 3.2.</b> Características del conductor tipo TW .....	26
<b>Tabla 3.3.</b> Características del conductor tipo THW.....	27
<b>Tabla 4.1.</b> Variables empleadas en el proyecto.....	32
<b>Tabla 4.2.</b> Características caudalímetro Siemens – Sensor SITRANS FM100.....	34
<b>Tabla 4.3.</b> Mediciones obtenidas previa la instalación del sistema día uno .....	35
<b>Tabla 4.4.</b> Mediciones obtenidas previa la instalación del sistema día dos.....	36
<b>Tabla 4.5.</b> Mediciones obtenidas previa la instalación del sistema día tres .....	37
<b>Tabla 4.6.</b> Características del LOGO 12/24 TDE V 8.3 .....	43
<b>Tabla 4.7.</b> Características Módulo ampliado Digital logo! DM8 12/24 TIPO relé .....	45
<b>Tabla 4.8.</b> Temporizador CNC .....	46
<b>Tabla 4.9.</b> Pantalla táctil Kinco HMI GL070.....	47
<b>Tabla 4.10.</b> Sensor capacitivo de humedad del suelo.....	50
<b>Tabla 4.11.</b> Electroválvula proporcional DHWX 15-25 .....	50
<b>Tabla 4.12.</b> Electroválvula de cierre y apertura .....	51
<b>Tabla 4.13.</b> Características de la fuente de alimentación de 24 VDC. ....	52
<b>Tabla 4.14.</b> Convertidor de voltaje DC-DC LM2596 .....	52
<b>Tabla 4.15.</b> Características de Selector del fusible .....	53
<b>Tabla 4.16.</b> Características del interruptor termomagnético .....	53
<b>Tabla 4.17.</b> Características de Selector de dos posiciones .....	53
<b>Tabla 4.18.</b> Paro de emergencia (tipo hongo).....	54
<b>Tabla 4.19.</b> Características de la luz piloto .....	54
<b>Tabla 4.20.</b> Características del tablero de control.....	55
<b>Tabla 5.1.</b> Datos y coordenadas del lugar.....	60
<b>Tabla 5.2.</b> Datos promedio de consumo de agua .....	61
<b>Tabla 5.3.</b> Consumo de agua en una semana .....	62
<b>Tabla 5.4.</b> Consumo de agua empleando tiempos.....	64
<b>Tabla 5.5.</b> Consumo de agua por semana .....	65
<b>Tabla 5.6.</b> Datos de temperatura ambiental obtenidos .....	67
<b>Tabla 5.7.</b> Datos de humedad y temperatura ambiental en un día.....	68
<b>Tabla 5.8.</b> Consumo registrado con el sistema de porcentajes .....	69
<b>Tabla 5.9.</b> Consumo de agua sistema de sensores.....	70
<b>Tabla 5.10.</b> Presupuesto para la elaboración.....	73
<b>Tabla 5.11.</b> Presupuesto final del tablero de Control.....	74



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO EMPLEANDO DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL BARRIO ANCHILIVÍ EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI.”

**Autores:**

Cajamarca Chasi Jeferson Alexander

Cevallos Pastrano Jhonatan Enrique

**Tutor:**

PhD. Secundino Marrero Ramírez.

### RESUMEN

El presente proyecto realizado bajo la modalidad de propuesta tecnológica se fundamenta en el desarrollo de un sistema de riego automatizado, para el barrio Anchiliví ubicado en el cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi. El sistema de riego cuenta con un programador PLC LOGO 12/24 TDE V8.3, el cual procesa los valores captados por los sensores, y los tiempos establecidos que permite tener un menor consumo de recurso hídrico al realizar la apertura y cierre de electroválvulas. El sistema presenta la disponibilidad de realizar dos tipos de riego adecuados a las necesidades presentes en la comunidad, los cuales son: por goteo activado mediante el procesamiento de la humedad y el de y aspersion, cuya activación se la realiza mediante una programación horaria.

Posterior la implementación las pruebas realizadas demostraron que existe una reducción del consumo hídrico diario en el riego de las parcelas, concluyendo así que los sistemas permiten obtener un riego uniforme sobre las parcelas empleando una menor cantidad de agua.

Los valores tabulados de manera semanal demuestran que el sistema de riego temporizado consume un 53,7% menos de recurso hídrico; mientras que el sistema activado por sensores consume 13,54% menos, de los valores en metros cúbicos tomados previa la implementación en un lapso de una semana

**Palabras Clave:** Recurso hídrico, humedad, lapsos de tiempo, sensores, actuadores, PLC.



## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL

**THEME:** "IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM USING CONTROL DEVICES TO INCREASE WATER USE EFFICIENCY IN THE ANCHILIVÍ NEIGHBORHOOD IN THE PROVINCE OF COTOPAXI."

**Authors:**

Cajamarca Chasi Jeferson Alexander

Cevallos Pastrano Jhonatan Enrique

**Tutor:**

PhD. Secundino Marrero Ramírez.

### ABSTRACT

This project is based on developing an automated irrigation system for the Anchiliví neighborhood located in the Salcedo canton of the province of Cotopaxi, in the region of Cotopaxi. The system presents the availability to perform two types of irrigation appropriate to the community's needs: drip irrigation activated by processing the humidity and sprinkler irrigation, achieved through a schedule. The irrigation system has a PLC programmer LOGO 12/24 TDE V8.3, which processes the sensors' values and the established times that allow a lower water resource consumption when opening and closing solenoid valves.

After the implementation, the tests showed a reduction in the daily water consumption in the irrigation of the plots, thus concluding that the systems allow obtaining uniform irrigation on the plots using a smaller amount of water.

The weekly tabulated values show that the timed irrigation system consumes 53.7% less water. In comparison, the sensor-activated system consumes 13.54% less than the cubic meters values taken before implementation in one week.

**Keywords:** Water resource, humidity, time lapses, sensors, actuators, PLC.



**UTC**  
UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



**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: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO EMPLEANDO DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN EL BARRIO ANCHILIVI EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”** presentado por: **Cajamarca Chasi Jeferson Alexander, y Cevallos Pastrano Jhonatan Enrique**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Eléctrica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Septiembre del 2022

Atentamente,



**CENTRO  
DE IDIOMAS**

**Mg. Mayra Clemencia Noroña Heredia**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI:0501955470**

## **1 INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** Implementación de un sistema de riego automatizado empleando dispositivos de control que permitan incrementar la eficiencia en el uso del agua en el barrio Anchiliví en la provincia de Cotopaxi.

**Fecha de inicio:** abril 2022

**Fecha de finalización:** agosto 2022

**Lugar de ejecución:** Barrio Anchiliví

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

**Carrera que auspicia:** Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

**Proyecto Macro Asociado:** Ninguno

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor de Titulación:**

Nombres: Secundino

Apellidos: Marrero Ramírez

Nacionalidad: cubana

Numero de Cedula: 175710790-7

Dirección: Latacunga, Conjunto habitacional “Los Arupos”

E-mail: secundino.marrero@utc.edu.ec

Teléfono Celular: 0987647713

**Estudiante 1:**

Nombres: Jeferson Alexander

Apellidos: Cajamarca Chasi

Nacionalidad: ecuatoriana

Numero de Cedula: 055005495-1

Dirección: Pujilí, Barrio Alpamalag

E-mail: jeferson.cajamarca4951@utc.edu.ec

Teléfono Celular: 0983551105

Estudios realizados:

Primaria: Escuela: Escuela Marco Tulio Barrea

Secundaria: Colegio “Técnico 19 de septiembre

**Estudiante 2:**

Nombres: Jhonatan Enrique

Apellidos: Cevallos Pastrano

Nacionalidad: ecuatoriana

Numero de Cedula: 171720114-7

Dirección: Cantón Mejía, parroquia de Tambillo, barrio Miraflores

E-mail: jhonatan.cevallos1147@utc.edu.ec

Teléfono Celular: 0987028408

Estudios realizados:

Primaria: Escuela “Oswaldo Guayasamín”

Secundaria: Colegio “Técnico Sucre”

**Área de Conocimiento:** 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

**Línea de investigación:** Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

**Sublíneas de investigación de la Carrera:**

Control y Optimización en el uso de la Energía del sector Industrial, Comercial y Residencial.

Grupos Temáticos:

1. Accionamiento eléctrico automatizado
2. Control y automatización de instalaciones industriales
3. Electrónica aplicada e Instrumentación industrial

## **2 INTRODUCCIÓN**

La presente tesis titulada “Implementación de un sistema de riego automatizado empleando dispositivos de control para incrementar la eficiencia en el uso del agua en el barrio Anchiliví” se realizó mediante el análisis y procesamiento de variables físicas recopiladas por medio de sensores, mediante un LOGO v8.3, que permiten la activación de electroválvulas que regulan de manera automática el riego en el terreno, el interés en esta temática no solo radica en el ámbito de la ingeniería eléctrica, sino que abarca además un aspecto de preservación ambiental, al dosificar de manera adecuada la cantidad de recurso hídrico destinado para el regadío de cultivos.

Actualmente el avance tecnológico permite un control optimizado de los niveles de agua que se emplea para el riego de un terreno, mediante el uso de sensores y actuadores que permiten monitorear los niveles de humedad y realizar actividades como el encendido y apagado de los elementos que componen el sistema, permitiendo así un riego adecuado a las necesidades de cada cultivo en particular, considerado que las técnicas de riego empíricas provocan un mayor consumo de agua, además del desgaste y la erosión del suelo, como es el caso del riego por inundación, debido a que el caudal empleado arrastra todos los nutrientes del terreno y los acumula de manera inadecuada dentro del suelo agrícola.

### **2.1 EL PROBLEMA**

#### **2.1.1 Situación Problémica**

A escala mundial, la preservación del recurso hídrico aprovechable ha impulsado campañas de concientización y la creación de sistemas que permitan una distribución óptima del mismo.

En la actualidad los sistemas de riego empleados de manera empírica provocan un gran desperdicio de agua, lo que ocasiona que la cantidad de fuentes hídricas existente en el sector sean escasas y no abastezca la demanda de las personas que la ocupan para sus cultivos.

Este proyecto se basa en los problemas encontrados en todo el sector agrícola a nivel nacional e internacional, debido a la sequía, el mal uso del agua o la falta de humedad existente en el suelo por los cambios climáticos en los últimos años, afectando la producción agrícola.

En el barrio de Anchiliví se emplea el sistema de riego por inundación, lo que genera malestar entre los habitantes, debido al desperdicio de agua que se presenta por usar este tipo de riego, ya que

consume una cantidad considerable de recurso hídrico, que podría ser aprovechado en un área de cultivo mayor.

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

El aprovechamiento inadecuado del recurso hídrico en el barrio Anchiliví, localizado en la provincia de Cotopaxi, ocasiona la escasez de agua para riego en los terrenos agrícolas y el uso no racional de este recurso.

## **2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.2.1 Objeto**

Sistema de riego ubicado en el barrio Anchiliví, provincia de Cotopaxi.

### **2.2.2 Campo de acción**

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación / 331101 Tecnología de Automatización.

## **2.3 BENEFICIARIOS**

### **2.3.1 Beneficiarios directos**

Los beneficiarios directos de esta implementación son las personas dedicadas a la agricultura en el barrio Anchiliví en la provincia de Cotopaxi.

### **2.3.2 Beneficiarios indirectos**

El proyecto tiene como beneficiarios indirectos a los sectores aledaños al sitio de implementación del sistema de riego.

## **2.4 JUSTIFICACIÓN**

Implementando un control y monitoreo se pretende dosificar el nivel de agua empleado según las necesidades del cultivo, mediante dispositivos que permita medir el nivel de humedad que tiene el terreno y activar el sistema de riego, teniendo una interfaz gráfica donde se muestren dichas variables, considerando que la mayor parte de agricultores son adultos mayores se genera dificultad al momento de abrir o cortar el paso de agua de riego por inundación, pudiendo producirse accidentes o el desperdicio del recurso hídrico por el olvido del cierre del caudal de inundación.

Desde el punto de vista agrícola, es necesaria la utilización de un sistema de riego que permita una distribución adecuada de agua dependiendo del tipo de cultivo, ya que en el sitio donde se

implementara el sistema aún se utiliza el riego superficial tradicional y de baja tecnología que emplea la inundación uniforme o por gravedad de las tierras de cultivo al distribuir el agua en canales en zanjas para el riego agrícola.

Se puede considerar un tipo de riego en el cual no se emplean elementos técnicos por lo cual su costo es considerablemente bajo, pero de la misma forma es un sistema poco eficiente debido a que la utilización de áreas pantanosas húmedas no es apta para todos los cultivos, ya que en ocasiones por la alta humedad proliferan enfermedades en los cultivos, causando un perjuicio para la producción y un exceso de consumo de agua destinada para el regadío.

Al optar por un método de riego más tecnificado se pretende resolver la problemática existente en el sector, ya que, empleando un sistema de riego por goteo fundamentado en la aplicación del agua de forma lenta y localizada a la planta, se obtendrá un menor consumo de agua, debido a que se destinará lapsos que permita al suelo llegar al punto de humedad adecuado dependiendo del tipo de cultivo.

Emplear la automatización del sistema de riego permite que los productos agrícolas se desarrollen de mejor manera debido a que el riego es directo y controlado, generando ahorro en mano de obra al no ser necesaria la operación constante del sistema y gastos por el consumo de agua, ya que el sistema entrara en funcionamiento únicamente cuando sea necesario aumentar el porcentaje de humedad en el suelo.

## **2.5 HIPÓTESIS**

Mediante la implementación del sistema de riego automatizado se obtendrá un ahorro hídrico, permitiendo mejorar la utilización del agua y producción de los terrenos.

## **2.6 OBJETIVOS**

### **2.6.1 General**

Implementar un sistema de riego automatizado empleando dispositivos de control que permitan un incremento en la eficiencia en el uso del agua en el barrio Anchiliví en la provincia de Cotopaxi.

### **2.6.2 Específicos**

- Recopilar información de investigaciones bibliográficas referentes a la automatización de sistemas de riego, con la finalidad de conocer los parámetros vinculados a una distribución óptima del recurso hídrico.
- Diseñar el sistema automatizado para el control de riego.
- Evaluar el comportamiento del sistema implementado, y su viabilidad técnica económica.

## 2.7 SISTEMA DE TAREAS

**Tabla 2.1.** Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 1.

Objetivo específico 1	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Recopilar información de investigaciones bibliográficas referentes a la automatización de sistemas de riego, con la finalidad de conocer los parámetros vinculados a una distribución óptima del recurso hídrico.	Revisión de documentos, páginas web y artículos referentes a la automatización de sistemas de riego. Identificación de la disponibilidad del recurso hídrico en el sitio determinado	Archivos que contengan información científica del aprovechamiento óptimo del recurso hídrico empleado para regadíos. Plano que contenga ubicación geográfica del sitio donde se implementará el proyecto.	Documentos físicos o digitales que contengan la información recopilada. Documento Pdf con las características del lugar donde se implementará el proyecto.

**Tabla 2.2.** Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 2.

Objetivo específico 2	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Diseñar el sistema automatizado para el control de riego.	Determinación de las tecnologías asociadas a sistemas eficientes de riego, a fin de elegir los equipos idóneos para el máximo aprovechamiento del agua. Visualización del control de las variables involucradas. Identificación del lugar de implementación.	Diagrama del sistema de irrigación automatizado diseñado en un sitio determinado.  Programación del sistema de control.  Dimensionamiento del sitio geográfico establecido para la implementación.	Simulación del funcionamiento del sistema en Cade Simu Simulación del sistema de control en el TIA portal. Plano de AutoCAD que contenga la delimitación del lugar de ejecución.

**Tabla 2.3.** Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 3.

Objetivo específico 3	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Evaluar el comportamiento del sistema implementado, y su viabilidad técnica económica.	Verificación del correcto funcionamiento del sistema de irrigación automatizado. Comprobación de la programación. Recopilación de los datos obtenidos en la prueba de campo.	Documento que contenga los parámetros de funcionamiento para cada componente del sistema. Simulación del sistema de control del sistema con los parámetros adecuados. Matriz que contenga los datos obtenidos del nivel de humedad captado por los sensores.	Archivo Pdf con las características técnicas adaptadas al lugar de la implementación.  Archivo de Tia portal con la simulación del control del sistema Tabla en Excel que permita observar los niveles de humedad recopilados por el sensor.

### **3 FUNDAMENTACIÓN TEORICA**

#### **3.1 ANTECEDENTES**

Actualmente preservar el recurso hídrico se ha convertido en una necesidad prioritaria que afronta la humanidad, debido a que las reservas de agua cada día son más escasas, un uso responsable del recurso hídrico, permitirá que exista un equilibrio adecuado entre el agua destinada al uso potable y el agua destinada al riego de cultivos.

Datos de la ONU indican que en la actualidad unas de cada tres personas carecen de acceso al agua potable y proyectan que para 2050 hasta 5700 millones de personas vivirán en zonas donde el agua escasea al menos de un mes al año[1].

Por esta razón la preservación del recurso hídrico se debe considerar como una prioridad; al dosificar de manera adecuada la cantidad de agua que se emplea para el regadío de cultivos se reduce el gasto innecesario de agua, así como las pérdidas que esto puede ocasionar, por lo cual se realizó la investigación de proyectos relacionados al tema los cuales se exponen a continuación:

Según, Cortes Valeria y Vargas Marco, de la Universidad Católica de Colombia en el año 2020, en su tesis titulada “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin”, la cual plantea la realización de un prototipo que consta de un sensor de humedad para determinar los horarios para el riego, además de un sensor de temperatura con el fin de establecer límites climáticos mediante una placa Arduino, si bien este sistema permite una automatización de un proceso de riego empleando programación de código abierto, la resistencia a variaciones de voltaje de dicha placa es baja por lo cual su tiempo estimado de vida útil también es reducido[2].

La tesis denominada “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el Sector Popular de Balerio Estacio”, presentada por Vásquez Juan y Chamba Felipe, en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil en el año 2013, plantea la utilización de un Microcontrolador para el procesamiento de datos, recolectados por medio de sensores de humedad para realizar un proceso de análisis, comparación y así decidir si los diferentes actuadores deberán ser activados, la activación del sistema se realiza de manera remota teniendo como desventaja la utilización de elementos electrónicos sensibles al

daño provocado por un voltaje que supere el porcentaje de tolerancia establecido en su valor nominal [3].

El proyecto denominado “Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados en el recinto Playa Seca del Cantón el Triunfo”, elaborado por Escobar Cesar y Farfán Karina, en la Universidad de Guayaquil en el año 2018, emplea elementos basados en hardware libre que ofrece la placa Arduino, la cual recibe los datos de sensores y a través de estos datos enviados por los sensores se activan y desactivan uno relés que hacen funcionar las bombas eléctricas de agua y las electroválvulas del sistema de riego [4].

En el proyecto “Sistema de riego automatizado controlado por Arduino para las plantas ornamentales de la piscina del complejo Universitario”, presentado por Vásquez Washington, de la Universidad Estatal del Sur de Manabí en el año 2018, plantea Implementar un sistema de riego automatizado controlado por Arduino mediante riego por aspersión para las plantas ubicadas en la piscina del complejo universitario de la Universidad Estatal del Sur de Manabí [5].

Los autores Pardo Franklin y Casa Juan en su tesis, “Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del centro experimental Salache en la Universidad técnica de Cotopaxi”, presentado en el año 2020, se empleó un PLC que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos analógicos o digitales [6].

### **3.2 PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS DEL LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN**

El proyecto se implementó en el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, por lo cual se considera necesario identificar las condiciones climáticas del sitio.

La página web Weather Spark, señala que, en Salcedo, los veranos son cortos y nublados y los inviernos son cortos, frescos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 8 °C a 20 °C y rara vez baja a menos de 6 °C o sube a más de 23 °C [7].

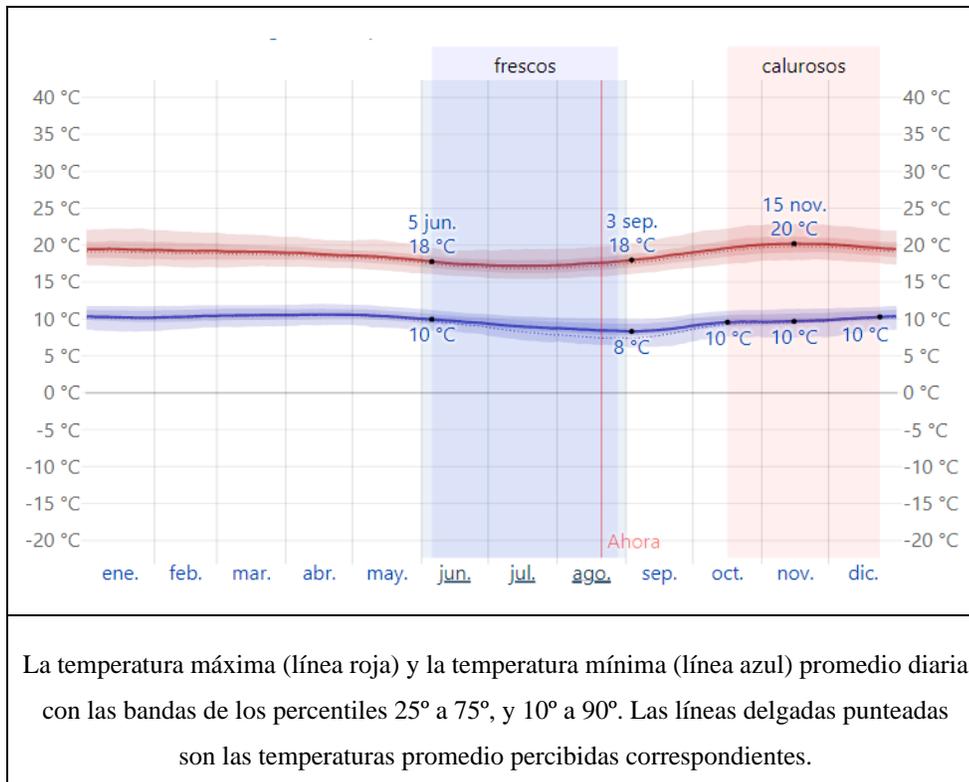
Es necesario identificar el comportamiento climático de la zona debido a que la humedad presente en el suelo es una variable que se verá afectada por las variaciones climáticas que ocurren en el lugar.

### 3.2.1 Temperatura

Para la recolección de datos de temperatura se empleó una base existente, la cual se puede apreciar en la Figura 3.1.

La temporada templada dura 2,2 meses, del 16 de octubre al 24 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 20 °C. El mes más cálido del año en San Miguel de Salcedo es diciembre, con una temperatura máxima promedio de 20 °C y mínima de 10 °C [7].

La temporada fresca dura 2,7 meses, del 5 de junio al 28 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 18 °C. El mes más frío del año en San Miguel de Salcedo es julio, con una temperatura mínima promedio de 9 °C y máxima de 17 °C [7].

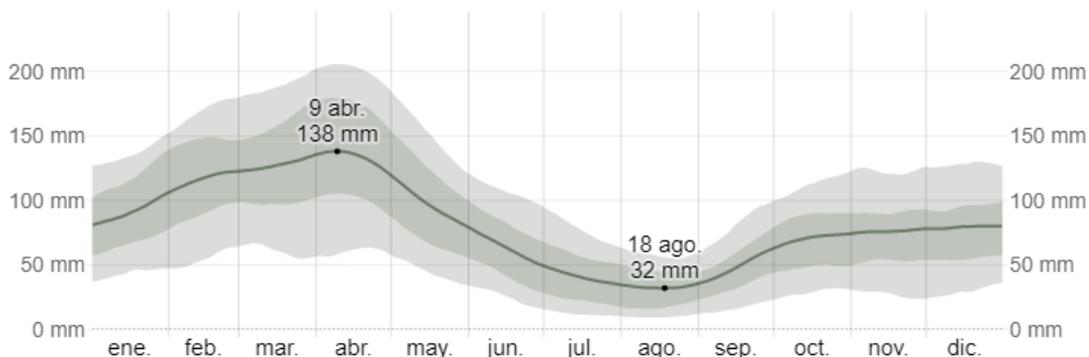


**Figura 3.1.** Temperatura máxima y mínima promedio en San Miguel de Salcedo [7].

### 3.2.2 Precipitación

El término precipitación se utiliza en meteorología para referirse a todos los fenómenos de la caída de agua del cielo en cualquier forma: lluvia, granizo, nieve, etc. La precipitación se conoce generalmente como precipitaciones, en plural, para reflejar la diversidad de estos eventos climáticos.

Conocer la frecuencia con la que se presentan precipitaciones además del historial y pronóstico a futuro en la zona de implementación representa un factor determinante ya que contribuye a establecer un rango a tomar en cuenta dentro de la programación diseñada para el riego, también se debe tener en cuenta que la probabilidad de días mojados en Salcedo varía considerablemente durante el año como se aprecia en la Figura 3.2.



**Figura 3.2.** Promedio mensual de lluvia en San Miguel de Salcedo [7].

La temporada más mojada dura 7,1 meses, del 3 de noviembre al 6 de junio, con una probabilidad de más del 50 % de que cierto día estará mojado. El mes con más días húmedos en Salcedo es abril, con una media de 21,6 días y una precipitación mínima de 1 mm [7].

La temporada más seca dura 4,9 meses, del 6 de junio al 3 de noviembre. El mes con el número de días más bajo en Salcedo es agosto, con una media de 8.4 días y 1 mm de precipitación.

### 3.3 EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

Partiendo del concepto de eficiencia se la puede definir como la capacidad de lograr resultados optimizando el uso de los recursos. También puede referirse a la finalización de un trabajo en un período de tiempo más corto. Se puede decir que un proceso eficiente se logra utilizando la menor cantidad de recursos y maximizando los beneficios.

El agua es fundamental para la producción de cultivos, y la formación de nueva biomasa vegetal depende de su disponibilidad. El agua es la clave para la producción de alimentos, pero se debe tener en cuenta que hoy en día es un recurso cada vez más escaso. Afortunadamente, las mejoras y los aumentos en la producción vegetal son compatibles con la economía del agua, pero es necesario desarrollar más conocimientos y tecnologías para que la producción de alimentos sea más

sostenible. Estas tecnologías ayudan a mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, lo que permite que las plantas produzcan más agua por cada unidad de agua que consumen. El aumento de la superficie de cultivo bajo riego tecnificado es una de las razones de la reducción del uso agrícola del agua.

En el barrio Anchiliví, el consumo de agua para riego representa un factor importante, debido a que en ocasiones se lo realiza de manera empírica empleando la apertura de un canal de riego mediante la inundación del terreno, lo que ocasiona que el consumo de agua empleada para dicha actividad sea exagerada, de la misma manera cuando se emplea el riego por aspersión se lo realiza de forma continua en lapsos de tiempo demasiado prolongados, por esta razón se presenta la necesidad de realizar un sistema eficiente que tenga en cuenta un consumo racional del agua de riego.

### **3.4 IMPORTANCIA DEL RIEGO EN LA AGRICULTURA**

El uso del riego en la agricultura es una práctica antigua, desarrollada para proporcionar suficiente agua para el crecimiento adecuado de los cultivos y así permitir la producción de alimentos durante la estación seca, cuando no hay precipitaciones habituales. Esto permitió que los alimentos existieran constantemente y, como resultado, las ciudades pudieron estabilizarse y desarrollarse. El agua es importante para la siembra porque crea una solución en el suelo en la que los nutrientes se disuelven y, a través de la absorción de las raíces, las plantas pueden acceder [8].

Un adecuado sistema de riego, aporta la cantidad necesaria de agua en el momento que se necesita, humedeciendo el suelo hasta la profundidad que requiera el cultivo, el nivel de humedad necesario dependerá de las necesidades del tipo de planta sobre el cual se realice el riego, además se debe considerar aspectos como el tipo de terreno y todas las características que este posee [9].

Teniendo en cuenta este concepto se diseñó un sistema el cual permite un riego adecuado en los cultivos, optimizando el recurso hídrico en dos etapas: mediante la utilización de sensores de humedad y empleando lapsos de tiempo.

### **3.5 SISTEMAS DE RIEGO**

Un sistema de riego es el conjunto de estructuras que permiten cultivar una determinada zona proporcionando el agua necesaria a las plantas. El sistema de riego consta de una serie de

elementos, los principales de los cuales se enumeran a continuación. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el sistema de riego no tiene por qué estar formado por todos estos elementos; el conjunto de componentes dependerá de si se trata de un riego de superficie, por aspersión o por goteo[2].

Una de las tareas agrícolas clave que permite a los cultivadores lograr un desarrollo potencial de sus cultivos y aumentar el rendimiento. El riego se puede definir como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo. En la actualidad existen varios métodos para el riego de los cultivos; pueden definirse en cuanto a precio, eficacia o uso, pero todos sirven para el mismo propósito. Todos los sistemas automatizados de control tienen el objetivo de producir el menor efecto ambiental posible, manteniendo un control riguroso del riego[10].

La selección de uno u otro tipo de riego depende del tipo de cultivo, del lugar en el que va a desarrollarse, del grado de sectorización, de la uniformidad, de la disponibilidad y calidad del agua.

### **3.6 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO**

#### **a. Sistema de riego por goteo**

Su mecanismo se basa en forzar el agua a través de diminutas aberturas o laberintos en el interior del gotero, lo que provoca una pérdida de capacidad por congelación del agua y provoca una presión de agua muy pequeña, prácticamente inexistente, a la salida del gotero, estos últimos son dispositivos que mantienen un flujo constante de agua en el suelo al requerir muy poca presión en el flujo de agua.

El principio de funcionamiento de este sistema permite la circulación de agua a presión hasta llegar a los goteros, una vez aquí pierde fuerza y velocidad y sale gota a gota. El agua aplicada a través de este sistema se filtra directamente a las raíces, regando su área de influencia a través de los goteros, aumentando así la producción.

La primera etapa del proyecto emplea este tipo de riego debido a que uno de los beneficios de esta técnica es el flujo constante que se obtiene a través de los goteros, lo que permitirá recopilar datos de humedad de manera precisa considerando que el punto que genera la irrigación será fijo.



**Figura 3.3.** Sistema de riego por goteo [11].

#### **b. Sistema de riego por tapete**

El riego de tapete es también un buen sistema si las plantas de invernadero se encuentran mayoritariamente en macetas o bandejas de propagación, ya que evita que se alteren las pequeñas plántulas por el simple hecho de incidir en el agua. Se instala en una orilla un largo tapete con un extremo fijado al canal lleno de agua. La acción capilar mantendrá mojado el tapete. Una absorción de agua similar se producirá en máquinas con plantas que tienen grandes agujeros en sus partes inferiores. Sin embargo, existe el inconveniente de que estos tapices acaban siendo obstruidos por las algas [12].



**Figura 3.4 .**Sistema de riego por tapete [13].

#### **c. Sistema de riego por aspersión**

El sistema de riego por aspersión se utiliza sobre todo en grandes extensiones. Estos sistemas de riego se ajustan a territorios con una orografía imprevisible y se utilizan en regiones donde no hay limitaciones de agua. Se pueden introducir tanto en equipos fijos como sistemas automatizados.

Independientemente del tipo de territorio en el que se introduzca, el aspersor realizará su trabajo con un ochenta por ciento de eficacia, siendo el principal problema que la brisa sería su enemigo, impidiendo su consistencia y área de riego[14].

Dentro del segundo componente del sistema diseñado se empleó este tipo de riego, considerando sus parámetros favorables para el regadío de cultivos, la activación de esta etapa se la realiza con una programación temporizada que permite programar lapsos de tiempo de activación de este sistema, reduciendo así el consumo de agua, al realizar esta tarea de manera automática.



**Figura 3.5.**Sistema de riego por aspersión[15].

#### **d. Sistema de riego por micro aspersión**

Este método de riego consiste en la aplicación de agua en forma de lluvia fina mediante micro aspersores; el diámetro de la mojadura producido puede ser de entre tres y cuatro metros. Se emplea en riegos de bajo volumen en horticultura frutícola, florícola y riego de jardines.



**Figura 3.6.**Sistema de riego por micro aspersión[13].

#### **e. Sistema de riego por inundación**

El sistema de agua por inundación es uno de los sistemas de agua más habituales y de baja tecnología; consiste en suministrar todo el volumen de agua en una sola vez, permitiendo que el suelo se humedezca constantemente. A pesar de que se trata de un sistema extremadamente sencillo, se debe tener en cuenta ciertos detalles como la elevación del suelo, un elevado uso del agua y la evaporación de la misma [16].



**Figura 3.7.**Sistema de riego por inundación [16].

### **3.7 SISTEMAS TECNIFICADOS DE RIEGO**

Las prácticas de cultivo han cambiado en los últimos treinta años, y a lo largo de la historia de la agricultura, existe un alto nivel de consumo de agua debido al exceso de riego, que produce no solo aguas residuales, sino también productos químicos agrícolas disueltos que contaminan los cursos de agua, las aguas superficiales y las aguas subterráneas. Conocer las necesidades de líquidos necesarios de los cultivos permite no solo mejorar el crecimiento, aumentar los rendimientos y la calidad de los cultivos, sino también un importante ahorro de agua. Por lo tanto, se necesita continuar desarrollando sistemas de riego automatizados que aprovechen las nuevas tecnologías.

En la producción agrícola, tanto la falta como el exceso de humedad en el suelo tienen un efecto perjudicial en el cultivo y, por consiguiente, en su productividad, el objetivo principal es que el sistema de riego sea lo más eficaz posible. La elección del sistema a aplicar dependerá de cada situación particular.

El desafío de distribuir el agua de manera uniforme en las tierras de cultivo no es fácil. En el proceso de ensayar, siempre hay muchas dificultades que pueden llevar a una mala distribución al

final de la zanja y afectar seriamente la producción del cultivo. Si bien el suelo es como un depósito del que se nutren las plantas, el agua que contiene no se distribuye uniformemente ni es gratuita. La solución a este problema la dan los sistemas de riego tecnificado, que están diseñados para proporcionar a las plantas el agua que necesitan para desarrollarse y producir, de forma que no se queden sin agua en ningún momento, lo que puede suponer pérdidas de rendimiento y producción.

### **3.8 AUTOMATIZACIÓN**

La definición de automatización se refiere a un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos[17].

El sistema realizado tiene el propósito de usar la capacidad de los aparatos para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana en este caso las actividades que involucra el riego.

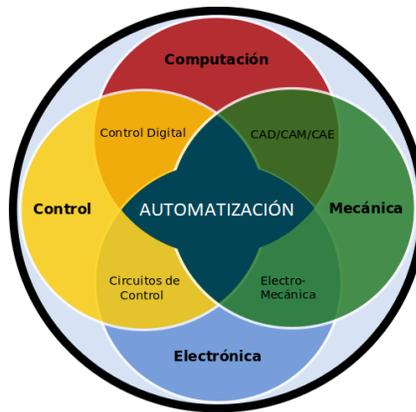
La automatización se entiende como la exclusión o reducción de la intervención humana en los procesos de producción, incluyendo la aplicación de sistemas eléctricos y electrónicos con el objetivo de controlar la producción de tal manera que se optimiza los recursos, al mismo tiempo, que se aumenta continuamente la calidad del producto, logrando un objetivo de manera satisfactoria.

#### **3.8.1 Automatización para control de procesos**

Partiendo del concepto que indica que la automatización de procesos es la operacionalización de un proceso que antes se ejecutaba manualmente, utilizando la tecnología y la integración de sistemas y datos [17] .

Es el uso de varias tecnologías para dirigir y controlar un proceso, máquina, aparato o dispositivo que realiza regularmente tareas o funciones repetitivas, haciéndolo funcionar automáticamente con la menor intervención humana. Esto es posible gracias a la combinación de varias tecnologías y la utilización de sensores y controladores lógicos programables, o PLC, que permiten que todo esté conectado de forma organizada.

Se puede decir que la automatización tiene como objetivo mejorar la producción y la calidad del producto en el menor tiempo posible para ahorrar costos y garantizar la uniformidad de la calidad, en el caso del sistema presentado se realizó una dosificación en el consumo de agua, adaptada a dos tipos de riego empleados para el cultivo en el barrio Anchiliví.

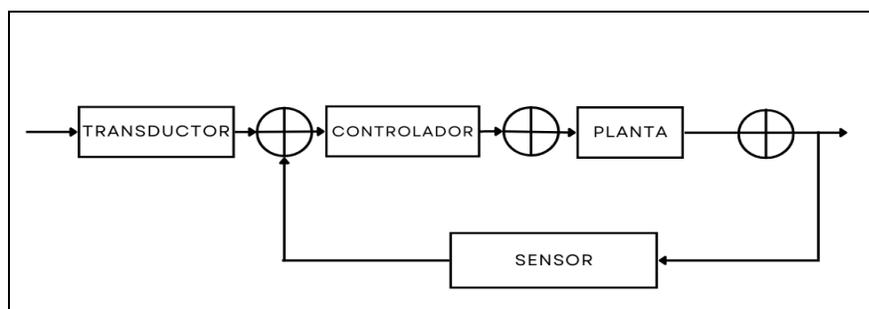


**Figura 3.8.**La automatización una convergencia de tecnologías.

### 3.9 AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS

La automatización agrícola es una forma innovadora de mecanización va más allá de los conceptos convencionales de mecanización y se basa en la sinergia obtenida con la combinación de diferentes áreas tecnológicas; ingeniería de mecanización agrícola, instrumentación, mecatrónica, sistemas de control y tecnología [18].

Un sistema de riego automatizado está constituido por sensores y equipos programables que ayudan al regadío de cualquier tipo de cultivo, mediante órdenes que son asignadas por un computador, como a la hora y el tiempo que debe realizar el riego o la cantidad de agua necesaria para las mismas, un ejemplo de este principio se lo indica en la Figura 3.9.



**Figura 3.9.**Ejemplo de laso cerrado empleado en los sistemas agrícolas

El sistema de riego automatizado permite optimizar el uso del agua en cultivos a través de sensores que miden la humedad y la temperatura en la zona radicular de las plantas. La ventaja de regar empleando el exceso o falta de humedad, permite que el cultivo no entre en estrés, con lo que se garantiza el mejor producto agrícola posible.

Cualquier tipo de cultivo agrícola utiliza una cantidad excesiva de agua, por lo que es importante maximizar su uso aumentando la eficiencia del sistema de riego agrícola para reducir el tiempo de utilización de este recurso.

Existen numerosos sistemas automatizados de cierre, algunos de los cuales se basan en horarios de cierre, otros en las condiciones atmosféricas y otros con sensores que pueden medir la humedad del suelo y la temperatura ambiente. La aplicación de agua será óptima para el suelo y mucho más ventajosa para la agricultura con la implantación de los tipos de sistemas mencionados.

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

### 3.10 ELEMENTOS DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO

La automatización se compone de una parte operativa responsable de ejecutar las diferentes actividades que forman parte de un proceso a través de los diferentes elementos que lo componen; y la parte de control, encargada de coordinar las actividades del proceso, incluyendo el control de calidad, la gestión de herramientas y operaciones de supervisión.

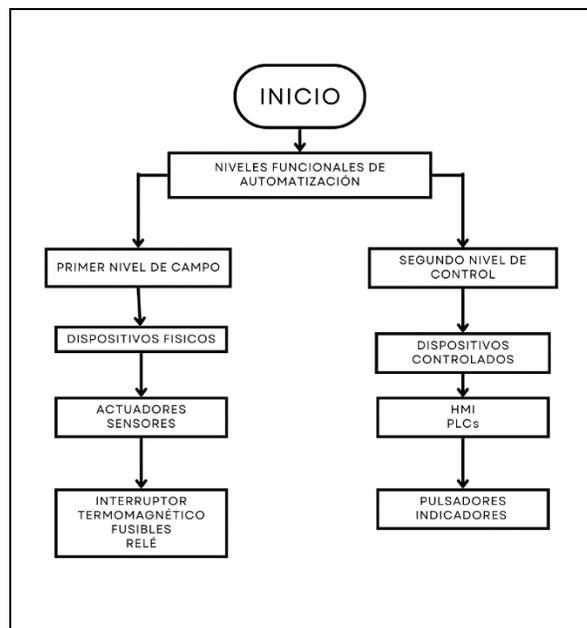


Figura 3.10. Diagrama referencial de automatización

El sistema automatizado se compone de dos partes principales que son:

- Elementos de automatización
- Sensores
- Actuadores
- Elementos de protección

Elementos de automatización: se emplean dispositivos de control lógico, generalmente un controlador programable, capaz de comunicarse con todos los componentes del sistema automatizado, mediante una interfaz Hombre-Máquina (HMI)

Sensores: Dispositivos electrónico capaz de medir variables que pueden ser físicas y químicas del medio, dando una señal de salida transducible y siendo esta proporcional a la señal o variable medida.

Actuadores: elementos que permiten la activación de procesos luego de recibir comandos enviados por los controladores con el fin de realizar una actividad, se subdividen en 3 tipos, se pueden encontrar como accionadores eléctricos, donde la principal fuente de energía es la energía eléctrica, accionadores neumáticos, donde la fuente de energía es el aire comprimido y accionadores hidráulicos, empleados cuando se requiera realizar esfuerzos elevados

Elementos de protección: Esta parte corresponde a la los elementos de protección, así como los indicadores que permiten brindar seguridad a los dispositivos electrónicos internos del tablero.

A continuación, se muestra de manera general algunos elementos empleados regularmente para la automatización de sistemas:

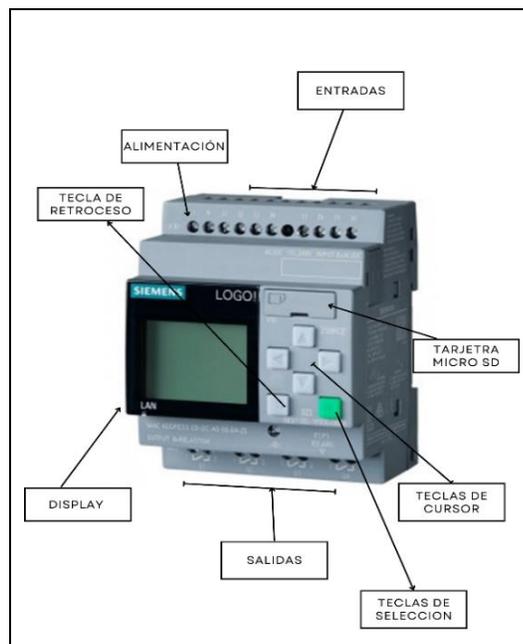
### **3.10.1 Controlador lógico programable**

Un PLC de Siemens es un controlador lógico programable utilizado para aplicaciones de automatización en la industria, este PLC es económico en comparación con otros modelos de la misma familia y para otras marcas.

Tiene excelentes características industriales en relación con hardware y software. Además, tiene varias entradas y salidas, así como la posibilidad para implementar módulos adicionales[19].

El mismo que presenta varias características que le permiten tener un correcto funcionamiento dentro de la automatización de los sistemas de riego agrícola, tales como:

- Configuración sencilla de la conexión a la nube con el asistente de LOGO SoftComfort.
- Creación de páginas web sin conocimientos de HTML con LOGO Web Editor.
- Seguridad mediante encriptación TLS desde la nube de AWS a LOGO
- Posibilidades ilimitadas de almacenamiento y análisis de datos en la nube.
- Comunicación en la nube integrada en todos los módulos base de LOGO 8.3



**Figura 3.11.** Partes de un PLC LOGO Siemens[19].

### 3.10.2 Interfaz HMI

Los sistemas de control industrial siguen avanzando y, en el mundo actual, las tareas de los operarios pueden cambiar con frecuencia. Para gestionar esta complejidad, se necesita flexibilidad y usabilidad en los controles. Esta es la ventaja de la HMI [20].

HMI significa Human Machine Interface y se refiere a un panel que permite al usuario comunicarse con una máquina, software o sistema, Técnicamente, puede referirse a cualquier pantalla utilizada para interactuar con un dispositivo, pero a menudo se usa en entornos industriales debido a que permite apreciar los datos en tiempo real además de brindar al usuario la posibilidad de controlar la máquina a través de una interfaz gráfica.

Las HMI se utilizan en una gran variedad de campos. Es habitual en la fabricación de diversos productos, desde automóviles hasta alimentos, bebidas y productos farmacéuticos. Industrias como la energética, el agua, las aguas residuales, la construcción y el transporte también pueden utilizar las HMI.

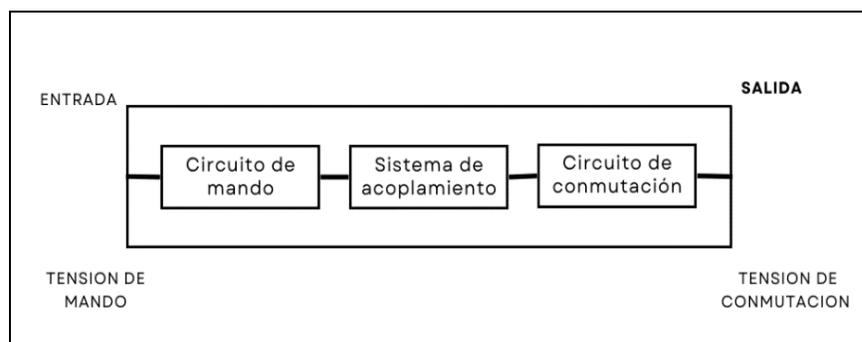


**Figura 3.12.** Interfaz HMI [21].

Puestos como los integradores de sistemas, los operadores y los ingenieros, especialmente los de sistemas de control de procesos, suelen utilizar las HMI para controlar máquinas, vehículos, plantas o edificios.

### 3.10.3 Relé encapsulado electromecánico

Están formados por una bobina y unos contactos los cuales pueden conmutar corriente continua o bien corriente alterna[19].



**Figura 3.13.**Estructura de funcionamiento [22].

A continuación, se detallan las partes que posee un relé electromecánico encapsulado y sus características:

La bobina se puede alimentar con varias opciones de voltaje, en el mercado existe esta selección, 12, 24, 48, 60, 110, 220 Voltios de C.D. y 12, 24, 48, 115, 230 Voltios de C.A.

Los contactos, se pueden encontrar desde uno solo contacto. 1 contacto N.C.; o 1 contacto N.O.; con 2 contactos en tres terminales 1N.C. y 1N.O; cuatro contactos en 6 terminales, hasta una combinación de 4 juegos de contacto en un mismo relevador, si se requieren más se pueden conectar 2 relevadores con sus bobinas en paralelo.

Los relevadores encapsulados son una alternativa cuando, se requieren que un interruptor o un sensor aparezca en diferentes líneas y su apariencia es como se aprecia en la Figura 3.17.



**Figura 3.14.**Relé encapsulado [23].

Para el cálculo de la corriente que soportará el relé encapsulado electromecánico se lo realiza empleando la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{V \cdot (fp)} [A] \quad (3.1)$$

Donde:

I: Corriente o intensidad en amperios (A)

P: Potencia del sistema (W)

V: Tensión en Voltios (V)

Cos  $\varphi$ : Factor de potencia

### 3.10.4 Interruptor termo magnético

Es un dispositivo capaz de interrumpir o cortar el flujo corriente eléctrica de un circuito, cuando ésta sobrepasa el valor máximo permisible de la misma, al igual que los fusibles los interruptores termo magnéticos protegen todo el circuito eléctrico instalado contra sobrecargas y cortocircuitos [24].



**Figura 3.15.** Interruptor termomagnético de 2 polos [25].

Un interruptor termomagnético brinda dos mecanismos de protección. Cuando se produce un cortocircuito en la instalación, la corriente se eleva a niveles muy altos, así que cuando esta supera la capacidad de corte nominal del interruptor, se excita un electroimán generando un campo magnético con una fuerza capaz de mover los contactos del dispositivo con el fin de interrumpir el paso de la corriente.

El dimensionamiento de este dispositivo generalmente se lo realiza empleado la siguiente expresión:

$$I_n = \frac{P}{V} [A] \quad (3.2)$$

Donde:

In: Corriente o intensidad nominal en amperios (A)

P: Potencia del sistema (W)

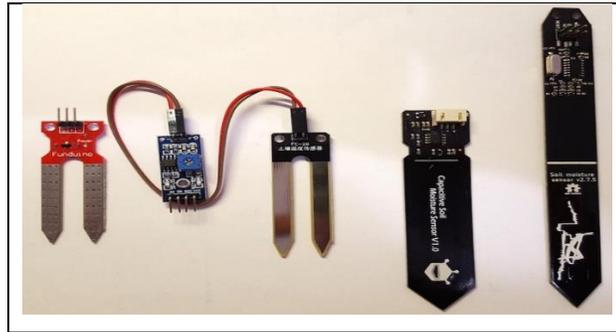
V: Tensión en Voltios (V)

### 3.10.5 Sensor de humedad

Un higrómetro resistivo es un sensor que mide la humedad del suelo mediante la resistencia que presenta el suelo. Es un sensor habitual en los sistemas de riego automático [26].

Son sensores que pueden medir el contenido neto de una zona de cultivo para determinar si se debe aplicar o no agua a las plantas.

En cuanto al funcionamiento de los sensores de humedad, se basan en un sistema de medición de la conductividad del suelo. La principal ventaja de los sensores resistivos es su resistencia a voltajes mayores a 5VDC lo cual permite su operación en largos tramos con una caída de tensión muy baja [27].



**Figura 3.16.**Sensores de humedad [26].

### 3.10.6 Luces piloto

Este dispositivo de señalización se utiliza principalmente como luces indicadoras de existencia de corriente o de algún proceso en funcionamiento y para evidenciar el enclavamiento de contactos, entre otras funciones, que aportan en la implementación de los circuitos de control y tiene un amplio rango de tensión que es de 110V- 220V[28].

#### a. Normativa para seleccionar las luces piloto

Esta normativa señala la técnica para el diseño y la construcción de equipos eléctricos para máquinas, incluidos los cuadros eléctricos conectados a las máquinas. Por lo tanto, es la norma que deben seguir todos los fabricantes de máquinas y automatización industrial.

La Norma-IEC-602041 manifiesta que existen códigos de colores y significados para su utilización según su función como se observa en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1.**Código de colores según la Norma-IEC-602041.

Color	Codificación	Descripción
ROJO	Emergencia	Actúa en caso de condiciones peligrosas o de emergencia.
AMARILLO	Anomalía	Actúa en caso de condiciones anormales.
VERDE	Normal	Actúa para iniciar las condiciones normales
AZUL	Obligatorio	Actúa en caso de condiciones que requieran una acción obligatoria.
BLANCO	Sin significación específica atribuida	Para un inicio general de las funciones excepto la parada de emergencia.
GRIS		
NEGRO		

### 3.10.7 Paro de emergencia

El botón paro de emergencia posee una forma semejante a un hongo, de color rojo con una base de color negro que le permite acoplarse al tablero de control. Su accionamiento permite realizar una pulsación la cual lo deja enclavado y para efectuar el des enclavamiento se lo debe realizar manualmente[28].

Este tipo de dispositivos deben ser instalados en aquellas maquinas o equipos en los cuales existan peligros de tipo mecánico durante condiciones normales de trabajo, se debe tener en cuenta que, dependiendo del tipo de maquinaria, se pueden colocar más de un paro de emergencia.

#### a. Normativa Ecuatoriana NTE INEN-ISO 13850

Esta normativa establece los requisitos funcionales y los principios para el diseño de la función de parada de emergencia de las máquinas, independientemente del tipo de energía utilizada para ordenar la función.

Se debe considerar también que la Norma, INEN-ISO 13850 presenta similitud a la Normativa Internacional ISO 13850:2006, “Safety of machinery. Emergency stop, al ser una traducción literal de la misma.

### 3.10.8 Selector de dos posiciones

El propósito del selector es cambiar el estado en dos posiciones, abierto o cerrado (O-I), así como mostrar una durese ambiental cuando está operando con humedad relativa del aire de 10. 95 %, de acuerdo con la norma IEC 60721, el cual no permite la formación de condensado en cualquiera de los dispositivos detrás del panel frontal. La funcionalidad de los selectores es similar a la de los interruptores y conmutadores, aunque con frecuencia tienen un botón, un panel o una flecha giratoria [28].

## 3.11 SELECCIÓN DE CONDUCTORES

### 3.11.1 Conductores

Los conductores eléctricos se definen como un objeto o tipo de material que permite el flujo de carga a través de él en una o más direcciones.

Los materiales metálicos son conductores eléctricos habituales porque los metales tienen una alta conductancia y una baja resistencia [28].

Considerando que se emplea la terminología alimentadora a un conductor que suministra toda la corriente que un grupo de cargas consume, es decir es el conductor que va desde el tablero de distribución o centro de cargas hasta el equipo que finalmente se utilizara.

### 3.11.2 Tipos de conductores

Se pueden encontrar que el uso de uno u otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas, mecánicas, además del uso específico que se le quiera dar además de costo.

**Tabla 3.2.**Características del conductor tipo TW[29].

Cables Tipo TW	
Conductor de cobre electrolítico blando, sólido o cableado concéntrico. Aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC).	
Usos.	Aplicación general. Sistemas de alambrado eléctrico en edificaciones, para instalaciones en el interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control, etc.
Características particulares.	Alta resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas y calor hasta la temperatura servicio, no propaga la llama. El acabado exterior facilita el deslizamiento de ellos en el interior de tubos Conduit.

**Tabla 3.3.**Características del conductor tipo THW[29].

Cables Tipo THW	
Conductor de cobre electrolítico, blando, cableado concéntrico. Aislamiento de cloruro de polivinilo especial.	
Usos.	Aplicación General. Sistemas de alambrado eléctrico en edificaciones, para instalaciones en el interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tablero de control y en general todas las instalaciones que requieran características superiores al TW. Especialmente aplicable en instalaciones donde se producen sobrecargas frecuentes.
Características particulares.	Alta resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas y calor. No propaga la llama. De fácil deslizamiento dentro de tubos.

### 3.11.3 Códigos de colores en conductores

#### a. Conductor de tierra

El conductor de tierra se puede identificar de tres formas:

- Aislante de color verde
- Aislante de color verde con una línea helicoidal o recta de color amarillo.
- Puede ser un alambre o cable desnudo (sin aislante). Este cable por lo general es de cobre.

#### b. Conductor neutro

Hay diferentes formas de identificarse según el país, pero los más comunes son los siguientes:

- Aislante blanco (utilizado en América) (utilizado en las instalaciones eléctricas de la vivienda)

#### c. Conductor fase

Este conductor puede ser de cualquier color diferente al del neutro o tierra, pero los más utilizados por normas son:

- Aislante negro
- Aislante rojo
- Aislante azul oscuro

### Norma NEMA / ANSI (Americana)

SISTEMA	1 $\Phi$	1 $\Phi$	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ $\Delta$	3 $\Phi$ $\Delta$ -	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ Y	3 $\Phi$ $\Delta$	3 $\Phi$ $\Delta$
TENSIONES NOMINALES (Voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/440	480/440	Mas de 1000 V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES	Negro trifásico	Negro Rojo	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Azul Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Gris	No aplica	No aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	No aplica	No aplica

Figura 3.17. Norma NEMA/ANSI [30].

### 3.12 TABLEROS ELÉCTRICOS

El capítulo 15 de la Norma ENEC-10, menciona que los gabinetes son equipos eléctricos que permiten la protección y operación de los dispositivos internos, brindando seguridad y fiabilidad de la protección del personal y de los equipos.

En una instalación eléctrica de baja tensión o media tensión, los tableros eléctricos de distribución cumplen un papel importante. Aquí se centran los principales dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra de la instalación[31].



Figura 3.18. Gabinete eléctrico industrial

### **3.12.1 Especificaciones técnicas de un gabinete eléctrico**

Para el diseño de los tableros eléctricos se debe tener en cuenta que los mismos deben estar certificados por las normas de calidad ISO 9001:2015, lo que garantiza un correcto y riguroso control en su proceso de montaje, además del cumplimiento de las normas internacionales de calidad como la IEC 60297 -3-100; CEA-310-E; UNE-EN 62208; CEI IEC 60529, en las Normas Nacionales NTE INEN 2568; NTE INEN 2569 / Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 057[32].

Para la aplicación de la normativa en cuanto al uso de los elementos de protección y conmutación mencionados, hay que tener en cuenta algunas recomendaciones, como:

- Los elementos de accionamiento de las protecciones o dispositivos de conmutación sólo serán accesibles a través de la apertura de la puerta exterior, que deberá permanecer cerrada, para lo cual deberá disponer de una placa con llave o dispositivo equivalente.
- Todos los tableros deberán tener una tapa o cubierta interior que cubra el equipo, y todos los tableros de uso doméstico o similar podrán estar exentos del requisito de la puerta exterior.
- Los tableros pueden estar empotrados o superpuestos en la pared si son de baja o media capacidad, tamaño y peso.

### **3.12.2 Tableros de automatización**

El tablero o gabinete de automatización puede incluir otros equipos externos como luces indicadoras, selectores, paro de emergencia. Las luces indicadoras se encuentran para comprobar cuándo se está realizando una acción. Los selectores se utilizan para elegir entre dos o más operaciones de acción que el sistema puede realizar.

Los paneles de control detallan la distribución de los elementos eléctricos para proporcionar seguridad al operador o usuario, para ello se tiene en cuenta algunos factores como las condiciones ambientales y la resistencia de los elementos eléctricos[33].

También se trata de desarrollar una relación correcta entre los componentes que cumplen:

- Viabilidad económica
- Cumplir la normativa nacional e internacional

- Proteger la inversión
- Garantizar el buen funcionamiento y la continuidad de los procesos de producción.

### **3.12.3 Accesorios de montaje**

El ensamblado de un tablero de control destinado a la automatización de un proceso requiere la utilización de elementos complementarios que se los detallan a continuación:

Canaleta ranurada: el material utilizado para la construcción es el PVC (gris) con buen aislamiento y resistencia al calor a 85°C.

Terminales eléctricos: Se utiliza en sistemas de cableado para uso doméstico e industrial, permitiendo la creación de sistemas modulares.

Riel de sujeción o riel din: Accesorio utilizado en el montaje de módulos que presentan una ranura para este fin dentro del tablero eléctrico.

## **4 MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente propuesta tecnológica se realizó empleando el método de investigación cualitativo y experimental, debido a que es necesario conocer los valores numéricos de las variables de humedad y temperatura que presenta la tierra de cultivo, para de esta manera convertir los valores físicos de dichas variables a datos numéricos que puedan ser interpretadas y procesadas por el sistema implementado.

Además, que para la calibración de los sensores es necesario manipular las condiciones del terreno a fin de obtener una relación adecuada entre el porcentaje de humedad presente y el rango de apertura de la electroválvula diferencial.

### **4.1 MÉTODOS INVESTIGATIVOS**

#### **4.1.1 Investigación documental**

La investigación documental se realiza empleando fuentes de carácter documental, es decir documentos que contengan temáticas similares a la investigada[34].

Esta investigación permitió recopilar información acerca de proyectos similares realizados anteriormente, lo cuales permitieron seleccionar el tipo de riego adecuado que permita obtener un uso adecuado del recurso hídrico.

#### **4.1.2 Investigación cuantitativa**

El método de investigación cuantitativa es empleado principalmente para comparar cifras o datos numéricos, además que el enfoque cuantitativo utiliza la lógica o razonamiento deductivo.

Dentro de este tipo de investigación se realizó la recopilación de datos que permitirán conocer el grado de eficiencia que presenta el sistema implementado.

#### **4.1.3 Investigación experimental**

Se empleó el método de investigación experimental debido a que esta permite al investigador manipular una o más variables para determinar cómo esta manipulación afecta el resultado, en este caso se empleó este método en la calibración de los sensores empleados para la medición de la humedad del suelo y la temperatura.

### **4.2 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.2.1 Observación**

La observación estudia aspectos permiten analizar, describir, inferir, interpretar, aprobar o rechazar la formulación de teorías sobre los procesos; así como diagnósticos de realidades y modelos de intervención, todos ellos fundamentados en datos obtenidos de la observación.

Esta técnica permita la observación directa de un fenómeno además de ayudar en la realización del planteamiento adecuado de la problemática a estudiar, es este caso los valores que presentan las variables físicas del terreno.

#### **4.2.2 Experimentación**

En la experimentación, el investigador participa activamente y, conforme a un plan preconcebido, introduce cambios que modifican sistemáticamente el comportamiento del fenómeno. La experimentación permitió realizar la calibración de los sensores, así como la simulación previa a la implantación física del sistema de riego.

### 4.3 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

#### 4.3.1 Ficha de observación

Se empleará un formato que permita la calibración de los sensores, de manera que se pueda relacionar el nivel de humedad del suelo, con el porcentaje de apertura de la electroválvula diferencial.

#### 4.3.2 Software empleado

Se elaboró el sistema planteado mediante la recopilación y el análisis de los datos recopilados mediante instrumentos de medición como el flujómetro, para determinar el caudal que recorrerá la distribución hídrica del sistema, además del diseño de diagramas en Cade Simu, programación del sistema en Logo Soft Confort y esquemas en AUTOCAD.

#### 4.3.3 Caudalímetro

Caudalímetro o medidor de caudal diseñado para la medición de caudales hidrológicos en arroyos, ríos, canales, aguas pluviales, aguas residuales, estudios de afluencia e infiltración y aguas de procesos industriales. Se empleó el caudalímetro SITRANS FM100 que está diseñado para medir caudales pequeños y medianos de líquidos conductores. Gracias a su pequeño tamaño, el dispositivo cabe prácticamente en cualquier sitio. La robusta carcasa de acero inoxidable protege el dispositivo en entornos difíciles.

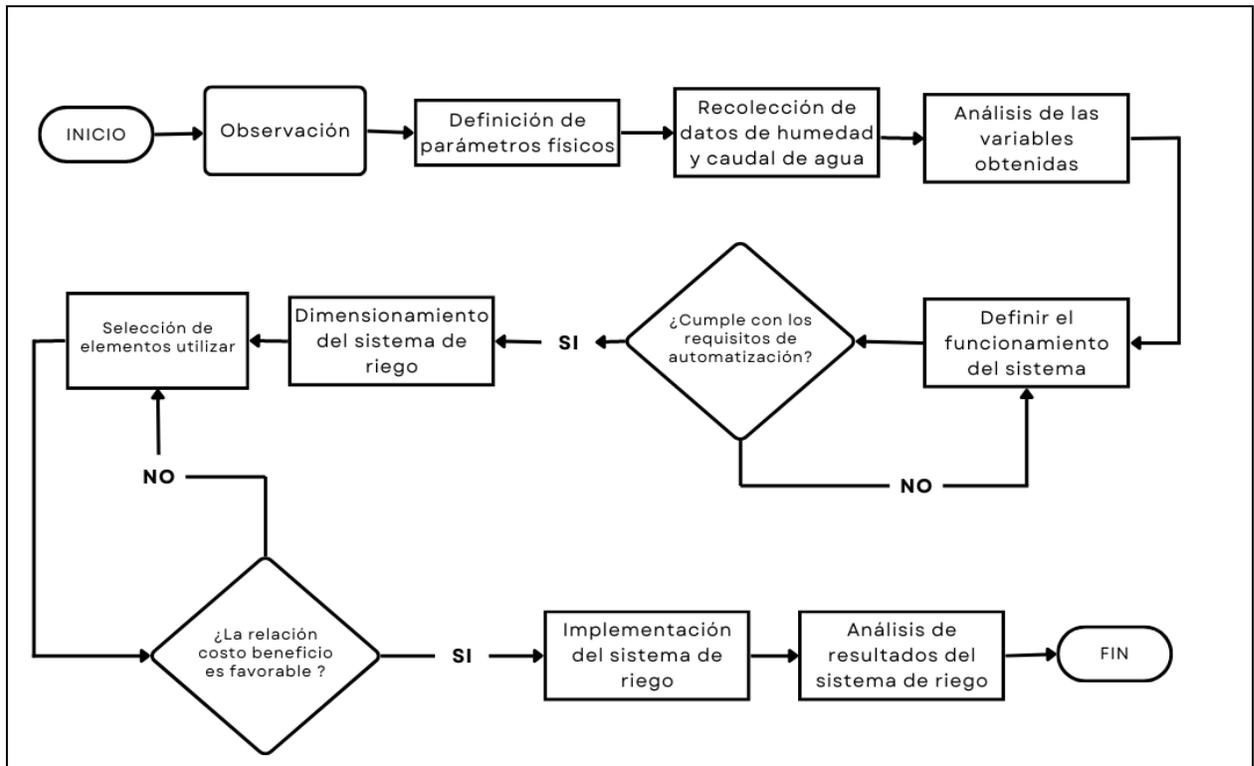
### 4.4 VARIABLES

El proyecto contempla variables dependientes e independientes que se demuestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4.1.** Variables empleadas en el proyecto

<b>Variable dependiente</b>	<b>Variable independiente</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Calibración de sensores de humedad</li><li>• Cierre y apertura de electroválvulas</li><li>• Porcentaje adecuado de apertura de válvula proporcional</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Porcentaje de humedad del suelo</li><li>• Flujo hídrico empleado para el riego</li><li>• Tipo de cultivo</li></ul>

## 4.5 ETAPAS DEL PROYECTO



**Figura 4.1.**Flujograma de etapas del proyecto.

### **Etapa 1: Observación**

Esta etapa comprende una visita técnica que permite constatar la problemática existente en el sitio donde se realizará la implementación.

### **Etapa 2: Definición de los parámetros físicos**

Una vez realizada la primera etapa se procede a determinar las variables físicas involucradas en el regadío de cultivos (humedad y consumo de agua) y la importancia que presenta cada una de ellas.

### **Etapa 3: Recolección de datos de consumo de agua**

Luego se procedió a recopilar datos que permitan realizar un análisis adecuado de las variables tratadas en el punto anterior.

La recolección de datos se la realizo empleando el medidor de caudal, SIEMENS – SENSOR SITRANS FM100, en un lapso determinado de tiempo.

Las características del instrumento de medición empleado se aprecian en la Tabla 4.2

**Tabla 4.2.** Características caudalímetro Siemens – Sensor SITRANS FM100

<b>Sensor SITRANS FM100</b>		
	Principio de medición	Inducción electromagnética
	Entrada de alimentación	IO-Link
	Alimentación eléctrica	19 ... 30 V DC
	Precisión	< ± (0,8 % de la lectura + 0,5 % del total de la escala)
	Consumo de potencia	Máx. 200 mA
	Conexión a tubería	½", ¾", 1", 2"
	Medición	Caudal y temperatura
	Repetibilidad	±0,2 % del total de la escala
	Temperatura	ambiente –20 ... +70 °C (–4 ... +158 °F)
	Clasificación de la carcasa	IP67
	Presión de servicio	Máx. 16 bar
	Resistencia al choque	DIN EN 60068-2-27:2010: 20 g (11 ms)
	Resistencia a la vibración	DIN EN 60068-2-6:2008: 5 g (10 ... 2000 Hz)
	Ensayo ambiental	DIN EN 60068-2-30:2006: nivel de severidad b
Pantalla	TFT en color configurable multiparámetro, con ángulo de giro de 90°	

#### **Etapas 4: Análisis de las variables obtenidas**

La unidad de medida litros se utiliza habitualmente para los líquidos y sólidos vertibles, que se miden por la capacidad o el tamaño de su recipiente, mientras que los metros cúbicos se utilizan más habitualmente para los elementos que se miden por sus dimensiones o tamaño.

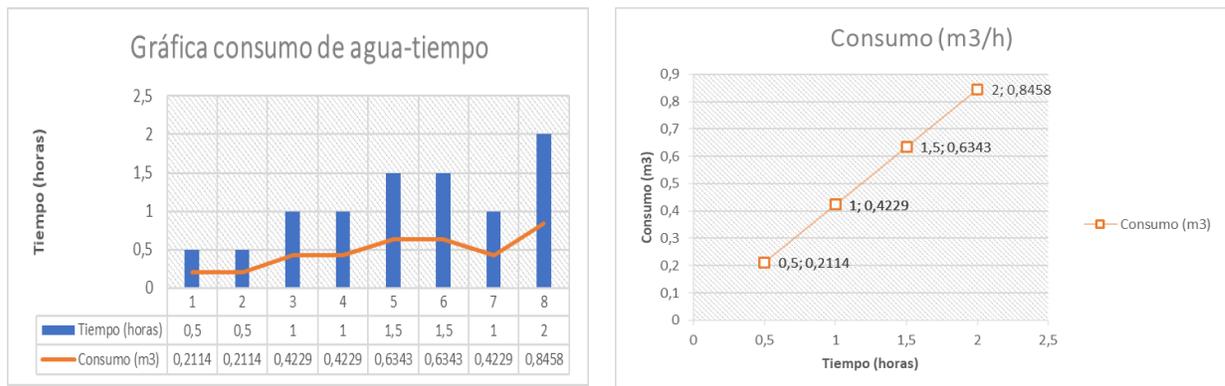
Mediante la utilización del instrumento de medición se obtuvieron los primeros datos referentes al consumo de agua en litros/hora, por lo cual se realizó la conversión de unidades de medida.

$$1 \text{ Litro por hora } \left( \frac{l}{h} \right) = 0.001 \text{ metros cúbicos por hora } \left( \frac{m^3}{h} \right) \quad (4.1)$$

**Tabla 4.3.** Mediciones obtenidas previa la instalación del sistema día uno.

Mediciones realizadas el primer día				
				
Caudal	Hora de inicio	Hora final	Tiempo (horas)	Consumo (m3)
0,4229	8:00	8:30	0,5	0,2114
0,4228	8:30	9:00	0,5	0,2114
0,4229	9:00	10:00	1	0,4229
0,4229	10:00	11:00	1	0,4229
0,4229	11:00	12:30	1,5	0,6343
0,4229	12:30	14:00	1,5	0,6343
0,4229	14:00	15:00	1	0,4229
0,4229	15:00	17:00	2	0,8458

El primer día de mediciones se obtuvo un caudal constante de 422,9 litros/hora que permitió tener una valoración del consumo de agua que se genera en el riego de los cultivos del sector, como se aprecia en la Tabla 4.3, el lapso de tiempo en horas fue el parámetro variable, es decir el riego no tenía un periodo de tiempo determinado, esto se lo puede apreciar de manera gráfica en la Figura 4.2



(a) Curva de consumo

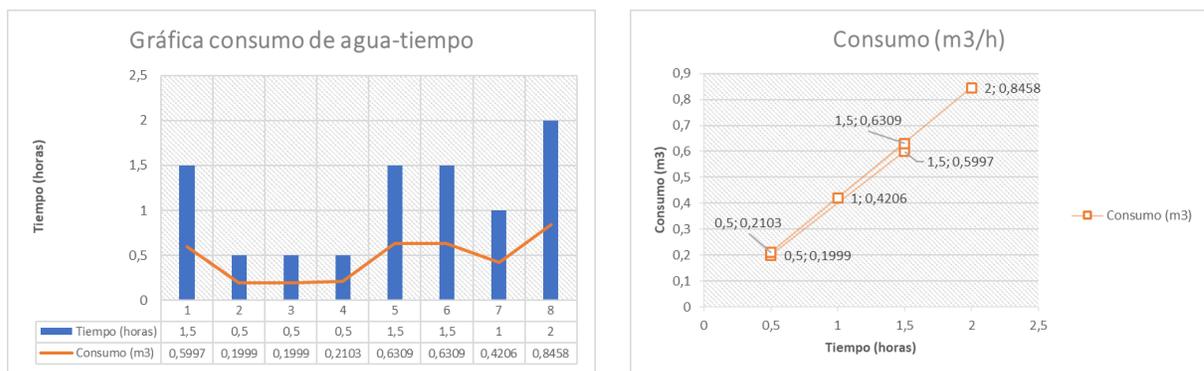
(b) Consumo m3/hora

**Figura 4.2.** Gráfica de consumo de agua por hora día uno.

**Tabla 4.4.** Mediciones obtenidas previa la instalación del sistema día dos.

Mediciones realizadas el segundo día				
				
Caudal	Hora de inicio	Hora final	Tiempo (horas)	Consumo (m <sup>3</sup> )
0,3998	8:00	9:30	1,5	0,5997
0,3998	9:30	10:00	0,5	0,1999
0,3998	10:00	10:30	0,5	0,1999
0,4206	10:30	11:00	0,5	0,2103
0,4206	11:00	12:30	1,5	0,6309
0,4206	12:30	14:00	1,5	0,6309
0,4206	14:00	15:00	1	0,4206
0,4229	15:00	17:00	2	0,8458

En el segundo día se tomaron mediciones variando el caudal del suministro del regadío, para de esta manera evidenciar el cambio de los valores de consumo y tiempo, en la Tabla 4.4 se detallan las cantidades empleadas para esta actividad, de igual manera en la Figura 4.3, se aprecia de manera gráfica los resultados.



(a) Curva de consumo

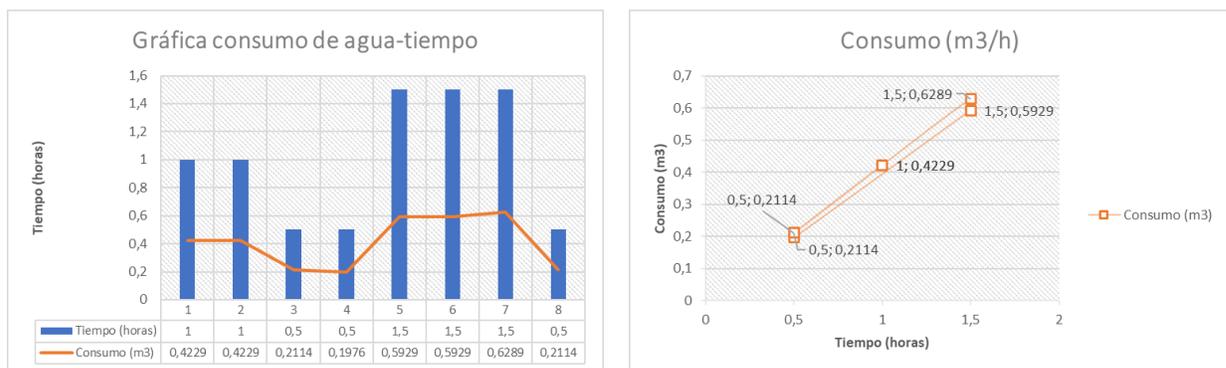
(b) Consumo m<sup>3</sup>/hora

**Figura 4.3.** Gráfica de consumo de agua por hora día dos.

**Tabla 4.5.** Mediciones obtenidas previa la instalación del sistema día tres.

Mediciones realizadas el tercer día				
				
Caudal	Hora de inicio	Hora final	Tiempo (horas)	Consumo (m3)
0,4229	8:00	9:00	1	0,4229
0,4229	9:00	10:00	1	0,4229
0,4229	10:00	10:30	0,5	0,2114
0,3953	10:30	11:00	0,5	0,1976
0,3953	11:00	12:30	1,5	0,5929
0,3953	12:30	14:00	1,5	0,5929
0,4193	14:00	15:30	1,5	0,6289
0,4229	15:30	16:00	0,5	0,2114

Las mediciones tomadas el tercer día incluyen entre sus valores, el caudal constante que presenta la toma, además de variaciones del mismo, como se muestra en la Tabla 4.5, y de manera gráfica en la Figura 4.4, el consumo de los días restantes se trabajó empleando el caudal de 422,9 litros/hora, razón por la cual los valores resultantes son los mismos presentados en la Tabla 4.3.



(a) Curva de consumo

(b) Consumo m3/hora

**Figura 4.4.** Gráfica de consumo de agua por hora día tres.

Las muestras recopiladas permiten apreciar que existe una relación directa entre el tiempo de apertura del riego y el consumo de agua del mismo, esto indica que al no existir ningún tipo de regulación dentro del sistema este puede mantenerse activo sin considerar el desperdicio de agua que existe o las necesidades del cultivo.

### **Etapa 5. Definir funcionamiento del sistema**

La automatización se implementó en dos tipos de riego, distintos considerandos los aspectos positivos que presenta cada uno de ellos; dividiéndose así en tres parcelas, en la primera parcela se empleó el riego por goteo mientras que en las restantes se utilizaron aspersores.

El riego por goteo se lo realizó en una parcela de 124 m<sup>2</sup> separada en seis hileras de 1,10 metros de ancho por 12 metros de largo, empleando como dispositivo de apertura y cierre del recurso hídrico una electroválvula proporcional, que permite un riego regulado dependiendo del nivel de humedad presente en el terreno, estos datos serán adquiridos mediante sensores de humedad resistivos, que transformaran la variable física a datos numéricos que puedan ser procesados por el controlador lógico programable que posee el sistema, para de esta manera tener un control automático en las parcelas dependiendo del nivel de humedad.

Además, se puede apreciar el nivel de humedad presente en el terreno mediante la interfaz HMI que posee el tablero en su parte frontal, así como realizar el control manual de la etapa uno.



**Figura 4.5.** Sistema de riego por goteo (parcela1)

El riego por aspersión se empleó en dos parcelas, en las cuales se colocaron dos tomas en cada una que permitan la conexión del sistema de regadío, este sistema será activado mediante la programación horaria que incorpora el tablero, el usuario tendrá la disponibilidad de seleccionar el día y la hora en la cual desea que se active el sistema, la interfaz gráfica permite además que se

seleccione la activación individual o en conjunto de ambas electroválvulas, en esta etapa se utilizaron actuadores on/off, es decir que solo permitirá un cierre o apertura total del flujo de agua dependiendo de la programación establecida en el controlador lógico programable.



(a) Parcela 2



(b) Parcela 3

**Figura 4.6.** Parcelas con sistema de riego temporizado.

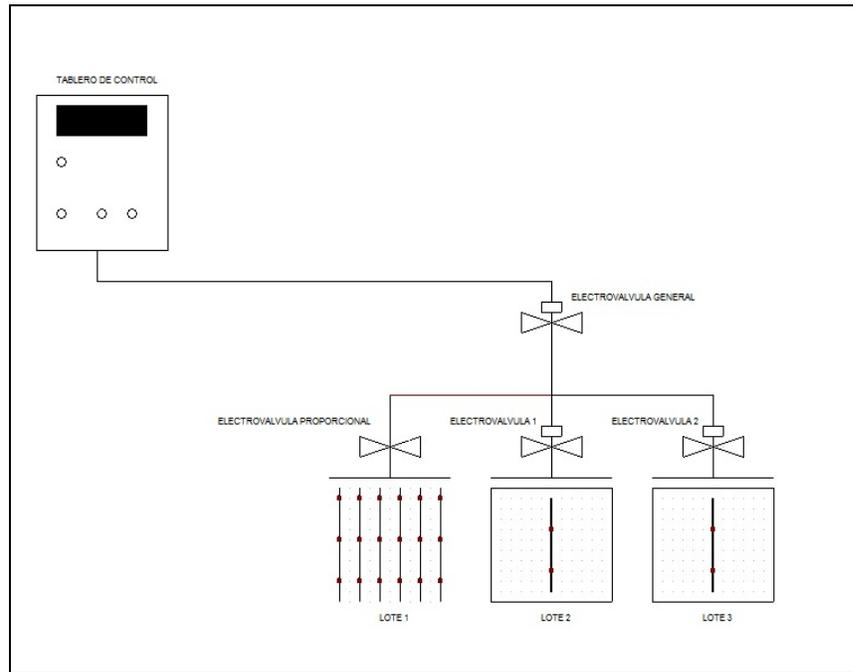
La recopilación de variables físicas se la realizó mediante sensores resistivos programados para realizar un promedio de sus lecturas de humedad y enviar una señal que permita al sistema abrir la válvula proporcional dependiendo de los valores recopilados por los sensores.



**Figura 4.7.** Colocación de sensores para su calibración

La calibración de los sensores se la realizó mediante la interfaz de Arduino que además de recopilar los valores de humedad, permitirá la observar al usuario dichos parámetros en la interfaz HMI.

En términos generales, el funcionamiento del sistema se lo realizará en dos etapas empleando una electroválvula proporcional para la primera y dos electroválvulas de cierre y apertura para la segunda etapa, además se utilizará una electroválvula principal que permitirá el paso del flujo de agua, en la Figura 4.8.



**Figura 4.8.**Esquema de distribución de electroválvulas

### **Etapa 6. Dimensionamiento del sistema de riego**

Empleando las expresiones formuladas anteriormente se consigue el dimensionamiento de los componentes de protección empleados en el tablero de control.

#### **a. Dimensionamiento del interruptor termomagnético**

$$I_n = \frac{P}{V} [A]$$

$$I_n = \frac{1100}{120} [A]$$

$$I_n = 9,16 [A] \quad (4.2)$$

Teniendo en cuenta los valores comerciales de cada elemento se seleccionó el termomagnético de 10 amperios.

### **b. Dimensionamiento del fusible**

Para realizar el dimensionamiento del fusible como primer paso se determina la tensión de funcionamiento de alimentación, al igual que los requisitos necesarios para el circuito.

Empleando el siguiente planteamiento:

$$I_{fusible} = \left( \frac{P}{V} \right) \cdot 135\% [A]$$

$$I_{fusible} = \left( \frac{1100}{120} \right) \cdot 1.35 [A]$$

$$I_{fusible} = 12,36 [A] \quad (4.3)$$

### **c. Dimensionamiento de conductor**

Los conductores empleados dentro del tablero de control se seleccionaron teniendo en cuenta el Código Eléctrico Nacional, con la finalidad de garantizar un funcionamiento adecuado del sistema.

Empleando la siguiente expresión:

$$I_{cond.} = \left( \frac{P}{V * 0.9} \right) [A]$$

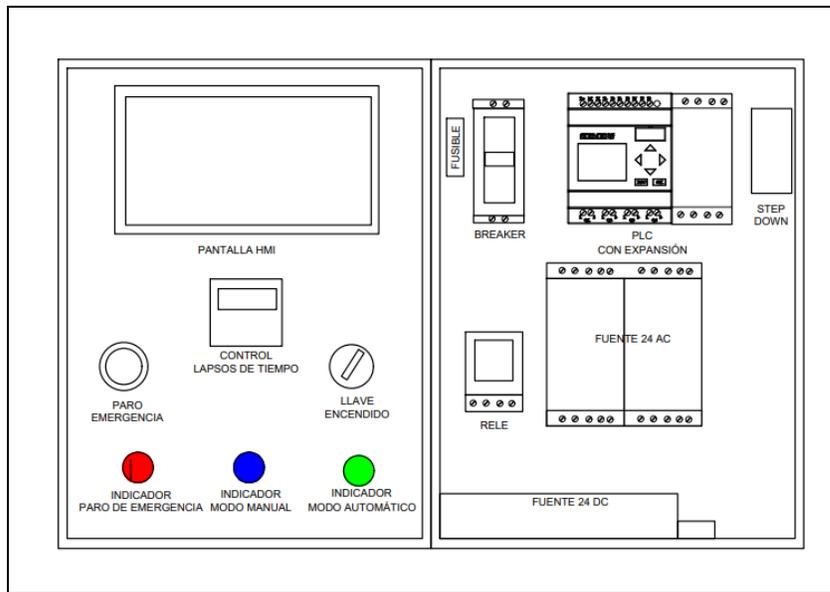
$$I_{cond.} = \left( \frac{1100}{120 * 0.9} \right) [A]$$

$$I_{cond.} = 7,79 [A] \quad (4.4)$$

Debido a que los conductores dentro del tablero no presentan tramos largos no se considera el cálculo de la caída de tensión, una vez calculado la intensidad que soporta el conductor se establece el calibre del mismo siendo esta 16 AWG.

### **d. Dimensionamiento del tablero de control**

El gabinete para el montaje de elementos de control y protección empleados se lo realizara en una cuyas medidas son de 30 x40 x 20, que permite la ubicación correcta de los componentes.

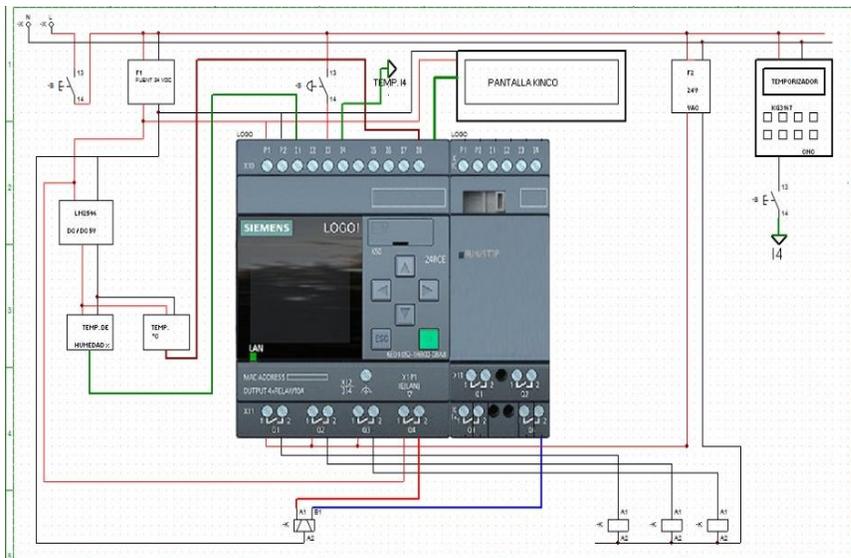


**Figura 4.9.**Distribución de elementos

**Etapa 7, etapa 8, etapa 9:** las etapas finales se abordan por separado siendo parte de los literales que se exponen a continuación del documento.

#### 4.6 SELECCIÓN DE ELEMENTOS A UTILIZAR

En este apartado se indican los elementos empleados para la realización del sistema de automatización de riego, tanto en la parte de control como automatización.



**Figura 4.10.** Elementos y sus conexiones

#### 4.6.1 PLC LOGO V 8.3 de Siemens

El PLC Siemens LOGO contiene la programación lógica que permite a los actuadores realizar las funciones especificadas. Una de las ventajas de este dispositivo es su pequeño tamaño y ciertas características que lo distinguen de otros componentes tecnológicos.

Este dispositivo tiene una pantalla que permite a los usuarios ver el estado de su programación, este modelo de controlador programable incluye conexión a la nube[35].

El modelo de PLC LOGO 12/24 TDE V 8.3 cumple con los requisitos físicos y técnicos de automatización de este proyecto, como se puede ver en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6.**Características del LOGO 12/24 TDE V 8.3

PLC LOGO 12/24 TDE V8.3		
	Tipo o componente	Selector
	Material	Plástico gris
	Voltaje de entrada / Suministro	12/24 V DC
	Memoria	400 bloques
	Entradas a digitales	8 y (4 analógicas) a 24 V
	Salidas digitales a relés	4
	Temperatura ambiente min y máx.	Temperatura ambiente min y máx. -20 °C - 55 °C
	Grado de Protección	IP 20

#### Procesador

Es el responsable del funcionamiento del programa desarrollado por el usuario, es el cerebro del PLC.

#### Tareas principales

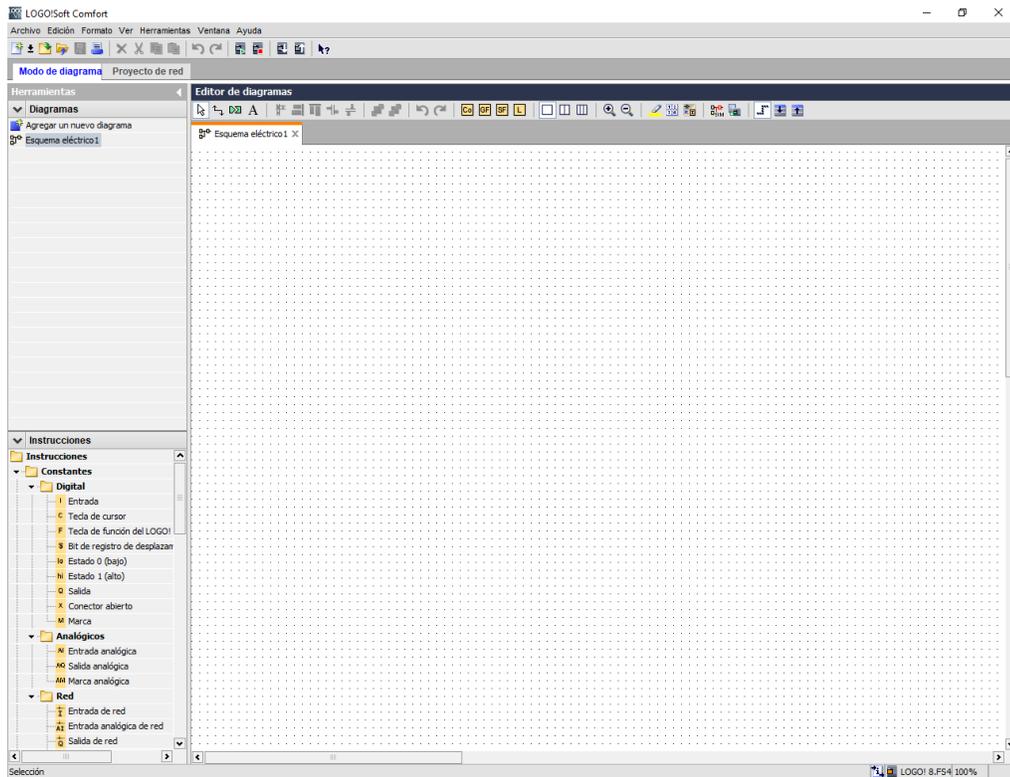
- Ejecutar el programa elaborado por el usuario.
- Administración de la comunicación entre los dispositivos de programación y la memoria, entre el microprocesador y los bornes de entrada y salida.
- Ejecutar los programas de autodiagnósticos.

- Para poder desarrollar todas estas tareas, el procesador necesita un programa escrito por el fabricante, llamado sistema operativo.

#### 4.6.2 Interfaz de programación PLC LOGO

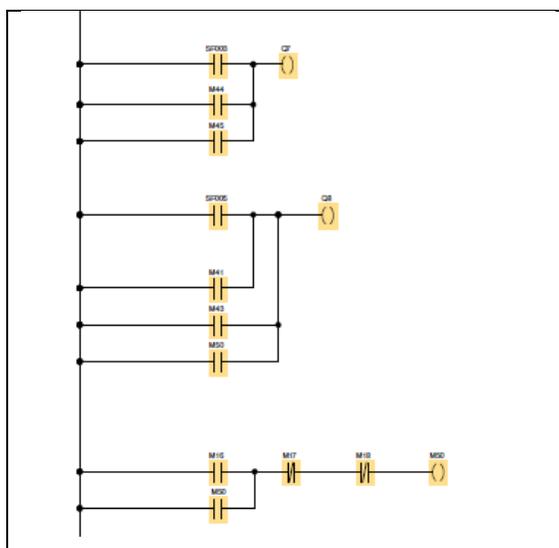
El software LOGO Soft Comfort ofrece una programación individual ideal para tareas sencillas de automatización en la industria y la domótica, este programa va acompañado de la herramienta de acceso LOGO y el editor web para el servidor web integrado en LOGO [19].

Al abrir el modo de programación de LOGO!Soft Comfort, se muestra un esquema de conexiones en blanco en donde la mayor parte de la pantalla corresponde a la creación de programas. Esta zona se denomina interfaz de programación [36]. Contiene los botones y las combinaciones lógicas del programa como se aprecia en la Figura 4.11.



**Figura 4.11.** Ventana LOGO Soft Comfort [37].

Esta interfaz fue empleada para establecer los comandos y secuencias que realizara el sistema de riego a través de sus sensores y actuadores, empelando programación LADDER como se muestra en la Figura 4.12.



**Figura 4.12.** Programación LADDER empleada

### 4.6.3 Módulo ampliado Digital LOGO DM8 12/24 TIPO relé

Módulos de ampliación para la conexión a LOGO Modular. Con entradas y salidas digitales, entradas analógicas o salidas analógicas. La serie de módulos lógicos universales que lleva integrado, mandos, visualización, fuente de alimentación, interfaz para módulos de expansión entre otras, lo que lo hace perfecto para ser implementado en tareas de instalación y ámbito doméstico [35].

**Tabla 4.7.** Características Módulo ampliado Digital logo! DM8 12/24 TIPO relé

Módulo ampliado Digital logo! DM8 12/24 TIPO relé		
	Tipo o componente	Relé
	Material	Plástico GRIS
	Alimentación	12/24 V DC
	Retardo de entrada	1.5ms
	Número de entradas digitales	4
	Salidas digitales a relés	4 relé
	Corriente de salida	5A

#### 4.6.4 Temporizador CNC

Se emplea este temporizador el control ON/OFF de las electroválvulas de cierre/ apertura del sistema de riego, este elemento puede encender y apagar automáticamente varios tipos de equipos eléctricos de acuerdo con la hora fijada [38].

Este dispositivo permitirá la apertura de las electroválvulas mediante un control de tiempo previamente programado, lo cual permitirá un uso adecuado del recurso hídrico realizando un riego optimizado dependiendo de las necesidades del cultivo.

**Tabla 4.8.** Temporizador CNC

 <b>Temporizador CNC</b> 		
	Voltaje de funcionamiento:	110V
	Carga resistiva:	16A
	Rango de control de tiempo:	1min-168 horas
	Capacidad de programación	hasta 16 programas
	Dimensión:	120x75x52mm
	Temperatura de operación	10°C - +50°C

#### 4.6.5 Pantalla táctil Kinco HMI GL070

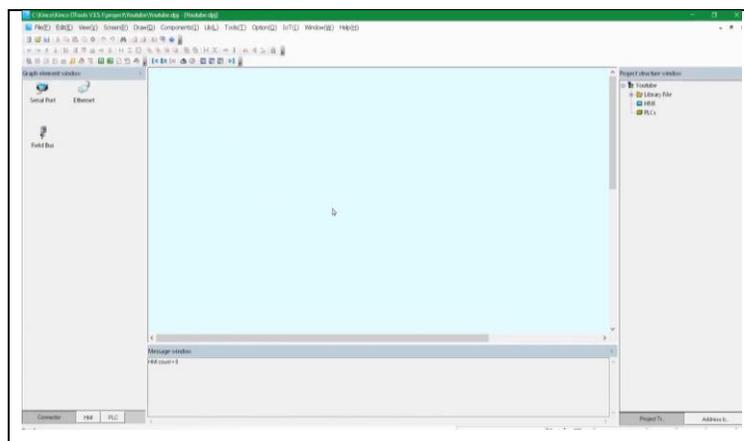
Se empleó una pantalla Kinco HMI GL070, que permite controlar la apertura y cierre de electroválvulas, así como la visualización de datos de humedad del suelo y temperatura, esta pantalla posee un software de configuración de la interfaz hombre-máquina (HMI), además de proporcionar un potente entorno de desarrollo integrado para los usuarios[21]. Este tipo de pantallas se aplican ampliamente en varios tipos de campos como la medicina, la industria química, la energía eléctrica, la impresión, el textil, la alimentación, la defensa nacional y la maquinaria de ingeniería, etc.

**Tabla 4.9.** Pantalla táctil Kinco HMI GL070

<b>Pantalla táctil Kinco HMI GL070</b>		
	Tamaño de la pantalla	TFT de 7”
	Resolución	800 × 480 px
	Panel táctil	Red de resistencia de precisión de 4 hilos (dureza superficial 4H)
	Rango de entrada	DC12V ~ DC28V, fuente de alimentación aislada incorporada
	Potencia	3,6 W
	Peso	0,5 kg
	Temperatura de trabajo	0 ~ 50 °C
	Humedad de trabajo	10 ~ 90% RH (sin condensación)

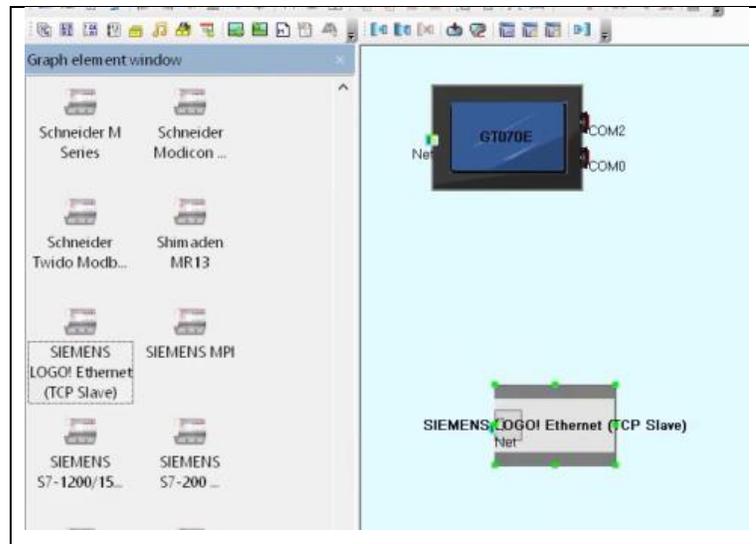
#### 4.6.6 Programación Kinco HMI GL070

El HMI Kinco presenta una interfaz de programación gráfica la cual permite realizar la conexión de un LOGO PLC Siemens como se muestra en la Figura 4.13, para obtener un control táctil mediante una pantalla de siete pulgadas [21].



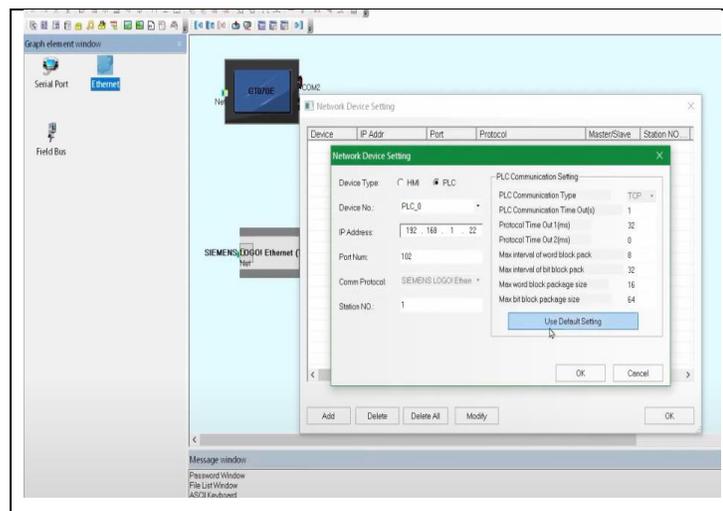
**Figura 4.13.** Interfaz de programación HMI Kinco

Una vez abierto la interfaz se procede a seleccionar el modelo de HMI que se utilizara para el proyecto, así como el Controlador Lógico Programable como se indica en la Figura 4.14.



**Figura 4.14.** Conexión de HMI a PLC

La conexión entre ambos elementos se realiza mediante conexión ethernet empleando los puertos de red de los que disponen Figura 4.15.



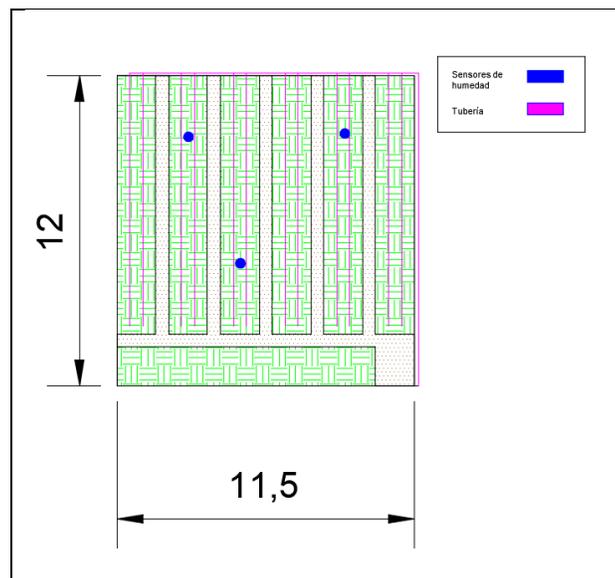
**Figura 4.15.** Conexión mediante puerto LAN

Una vez realizada la conexión se procede a cargar los elementos gráficos que se mostrarán en la pantalla, así como las imágenes o animaciones que el usuario desee proyectar en la pantalla, estas

imágenes serán cargadas al sistema mediante la entrada micro USB que posee la pantalla en la parte inferior.

#### 4.6.7 Sensor de humedad de suelo resistivo

Para la toma de la variable humedad del suelo se empleó una sonda que utiliza una resistencia analógica, la cual permite medir la humedad en el suelo utilizando el principio de conductividad de la tierra, que indica que cuanto mayor es la cantidad de agua presente en una muestra, mayor es la conductividad de la tierra, se empleó este componente debido a que la distancia entre el sensor y la fuente de alimentación es considerable y se desea prevenir caídas de tensión que afecten la medición [39].



**Figura 4.16.**Ubicación de sensores de humedad en la parcela 1

Para su calibración se debe girar el potenciómetro en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario para aumentar o reducir el umbral de detección, los indicadores de alimentación y de señal incorporados permiten conocer el estado de funcionamiento de la placa.

El puerto AO emite un valor analógico, que permite adquirir los datos en tiempo real a través del puerto AD del microordenador integrado, además su sonda incorporada es resistente al agua y a la corrosión, lo que garantiza una vida útil mínimo de 6 meses.

**Tabla 4.10.** Sensor resistivo de humedad del suelo

 <b>Sensor resistivo de humedad del suelo</b> 		
	Voltaje de alimentación:	3,3-12VDC
	Corriente de funcionamiento:	<20 mA (corriente de salida: <30 mA).
	Longitud de la sonda del sensor:	8,8 cm.
	Paso del pin del sensor:	5 mm.
	Puerto de conexión del sensor:	XH2.54 2P.
	Puerto DO:	salida de valor digital 10 mA.
	Puerto AO:	salida de valor analógico.

#### 4.6.8 Electroválvula proporcional

Esta electroválvula posee un motor, el cual permite controlar la cantidad de flujo que pasa a través de ella, es decir se puede obtener diferentes proporciones de apertura o cierre, por lo cual al llegar a una determinada posición se mantiene en ella sin generar un consumo energético, de esta manera su función se diferencia de las electroválvulas solenoides, que solo permiten realizar un cierre o apertura total.

**Tabla 4.11.** Electroválvula proporcional DHWX 15-25

 <b>Electroválvula proporcional DHWX15-25</b> 		
	Voltaje de alimentación:	9 – 24 VDC
	Tamaño de tubería	1”
	Material:	Latón
	Potencia	2 W
	Roscado	NPT
	Modo de operación:	apertura o cerrado de acuerdo al tiempo de energía aplicado

#### 4.6.9 Electroválvula de cierre y apertura

La electroválvula normalmente cerrada está diseñada para un control de apertura y cierre del flujo de fluidos, de manera remota, su principio de funcionamiento consiste en la apertura o el cierre del orificio del cuerpo de la válvula, permitiendo o evitando que exista flujo a través de dicha válvula. Un émbolo abre o cierra el orificio elevándose o descendiendo, por dentro de un manguito tubular, al energizar la bobina con una corriente eléctrica [40].

Se empleó este tipo de válvulas para realizar un riego, ON/OFF mediante un control temporizado que permite la apertura o cierre de las electroválvulas que se encuentran conectadas al sistema de aspersores.

**Tabla 4.12.**Electroválvula de cierre y apertura

 <b>Electroválvula de cierre y apertura</b> 		
	Voltaje de alimentación:	24 VAC
	Tamaño de tubería	1"
	Material:	Plástico
	Potencia	2 W
	Peso	0.45 Kg
	Modo de operación:	apertura MANUAL-OFF-AUTO

#### 4.6.10 Fuente de alimentación 24 VDC

Fuente conmutada 24V 10A es un dispositivo electrónico comúnmente llamado fuente de alimentación, fuente de poder o fuente conmutada. En electrónica se define como el instrumento que transforma corriente alterna en corriente continua en una o varias salidas. Permite transformar la energía eléctrica de VCA a VCD a través de transistores conmutadores[41].

La Fuente de alimentación AC/DC 240W 24V 10A es adecuada para suministrar energía a diferentes dispositivos que constituyen el proyecto tecnológico, tales como el logo 12/24 TDE V8.3, Modulo ampliada digital 12/24 VDC tipo relé y pantalla Kinco. Las especificaciones técnicas del equipo a utilizar se detallan en la Tabla.

**Tabla 4.13.**Características de la fuente de alimentación de 24 VDC.

 <b>Fuente de 24 VDC de 10 A</b> 		
	Voltaje de entrada	AC 110-220V (50/60 Hz)
	Voltaje de Salida	24 V DC
	Corriente de salida máx.	10 A
	Potencia máx.	240 W
	Dimensiones	20x11x5cm (L * W * H)

#### 4.6.11 Módulo LM2596

La función de este dispositivo es entregar un voltaje de salida constante inferior al voltaje de entrada, tomando en cuenta las variaciones que se puedan presentar en la entrada o en la carga, además de soportar corrientes de salida de hasta 3A, con un voltaje de entrada entre 4.5V a 40V y voltaje de salida entre 1.23V a 37V [42].

Se empleó el convertidor DC-DC LM2596 debido a que es un regulador de tipo conmutado reductor de alta eficiencia de conversión, excelente regulación de línea y bajo voltaje de rizado. El módulo permitirá reducir el voltaje de la fuente de alimentación de 24 VDC a 5 VDC permitiendo así el accionamiento de la electroválvula diferencial, además de los sensores de humedad colocados en el terreno.

**Tabla 4.14.**Convertidor de voltaje DC-DC LM2596

 <b>Convertidor de voltaje DC-DC LM2596</b> 		
	Convertidor DC-DC Buck:	LM2596
	Voltaje de entrada:	4.5V a 40V DC
	Voltaje de salida:	1.23V a 37V DC
	Corriente de Salida:	máx. 3A, 2.5A
	Potencia de salida:	25W

#### 4.6.12 Fusible de protección

**Tabla 4.15.**Características de Selector del fusible

 <b>Fusible de protección</b> 		
	Tipo o componente	Fusible
	Material	cuerpo de vidrio / enchapado en níquel
	Diámetro de montaje	7 mm
	Tipo	Estándar
	Temperatura de funcionamiento	-55 °C a +125 °
	Valor nominal	10 A

#### 4.6.13 Interruptor termo magnético

**Tabla 4.16.**Características del interruptor termo magnético

 <b>Interruptor termo magnético</b> 		
	Tipo o componente	Breaker
	Material	Plástico/ contactos en cobre aluminio
	Tipo de montaje	Riel
	Valor nominal	10 A
	Numero de polos	2x10
	Voltaje máximo	400 V

#### 4.6.14 Selector de dos posiciones

**Tabla 4.17.**Características de Selector de dos posiciones

 <b>Selector de dos posiciones</b> 		
	Tipo o componente	Selector
	Material	Plástico cromado negro
	Diámetro de montaje	22 mm
	Posición de operador	2 posiciones de 90°
	Composición de contacto	1 normalmente abierto

#### 4.6.15 Paro de Emergencia

**Tabla 4.18.**Paro de emergencia (tipo hongo)

 <b>Paro de emergencia “Tipo Hongo”</b> 		
	Tipo o componente	Paro de emergencia
	Material	Plástico rojo y negro
	Diámetro de montaje	22 mm
	Composición de contacto	1 normalmente abierto

#### 4.6.16 Luces piloto

**Tabla 4.19.**Características de la luz piloto

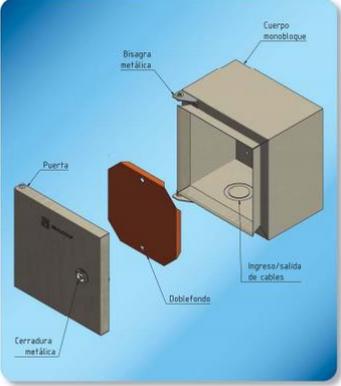
 <b>Luz piloto</b> 		
	Tipo de tensión	AC
	Tensión nominal	110V/ 220
	Frecuencia AC	50Hz-60Hz
	Resistencia de aislamiento	2,5 kV (ac) 1minuto
	Diámetro de abertura	22mm
	Tipo de montaje	Montaje en panel

#### 4.6.17 Tablero de control

Empleados para contener los dispositivos de maniobra y control de un sistema eléctrico, permiten concentrar las conexiones de los distintos elementos que componen el circuito, así como elementos de protección, medida y señalización en caso de que dicho circuito lo requiera.

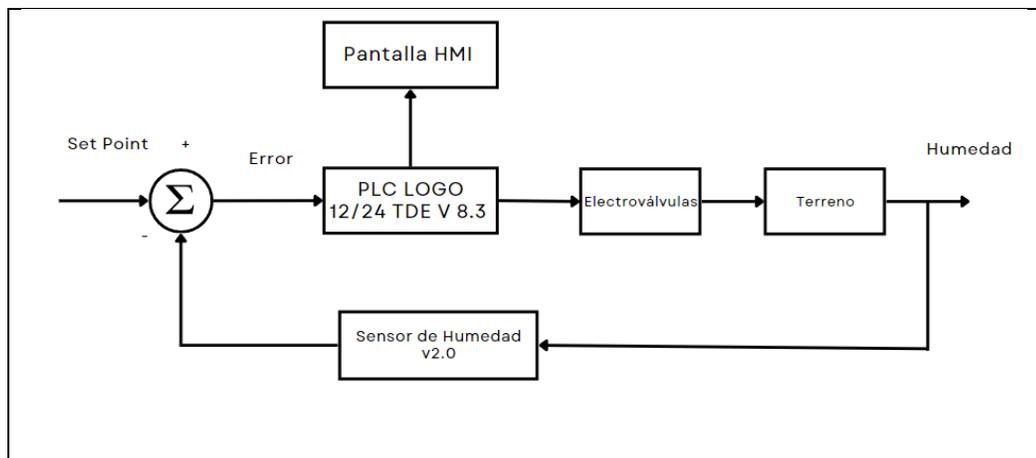
La sujeción de los elementos se la realiza mediante rieles que permiten acoplar los componentes eléctricos en el interior del tablero, además de canaletas ranuradas que permiten colocar de manera ordenada los cables y distribuirlos a los distintos elementos del tablero.

**Tabla 4.20.**Características del tablero de control

<b>Tablero de control</b>	
	<p>Normativa</p> <p>NTE INEN 2568 IEC 60529 NEMA 250</p>
<p>Grado de protección</p> <p>IP 41</p>	<p>Dimensiones</p> <p>40x30x20</p>
<p>Características técnicas</p>	<p>Gabinete de servicio liviano, con cuerpo mono bloque soldado con sistema MIG. Puerta (no reversible) con empaque de poliuretano expandido</p>

#### 4.7 SISTEMA DE LASO CERRADO

En el caso del sistema diseñado se emplearon sensores de humedad que permiten establecer los valores numéricos de dicha variable presentes en el terreno, y su posterior procesamiento mediante un PLC, este proceso se lo representa con un esquema de laso cerrado, como puede verse en la Figura 4.17.



**Figura 4.17.**Sistema de laso cerrado

Comparador: Como se muestra en la Figura 4.17, contiene una entrada que hace referencia a la señal del sensor.

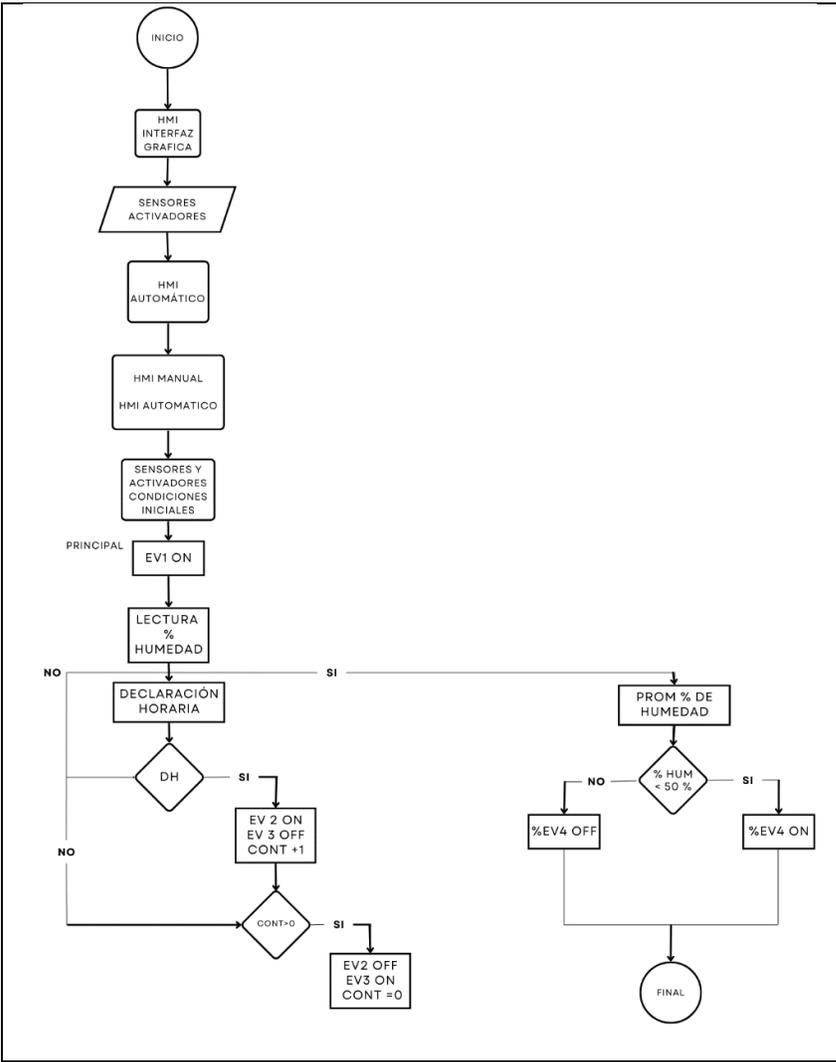
Controlador: este LOGO 12/24 TDE V8.3 es responsable del procesamiento de la señal, en este caso existe una programación ON/OFF con histéresis, si el nivel de humedad presente en el terreno es bajo, la electroválvula proporcional, realizara su apertura.

Pantalla: La pantalla HMI se utiliza para mostrar los datos de humedad y temperatura.

Actuador: Una vez procesados los datos, pasan al actuador, que son las electroválvulas que abren o cierran el flujo de agua.

**4.8 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PROGRAMACIÓN**

En la Figura 4.18 se observa el diagrama de flujo que describe el funcionamiento del sistema de riego automatizado.



**Figura 4.18.**Flujograma de funcionamiento del sistema

#### 4.9 MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL

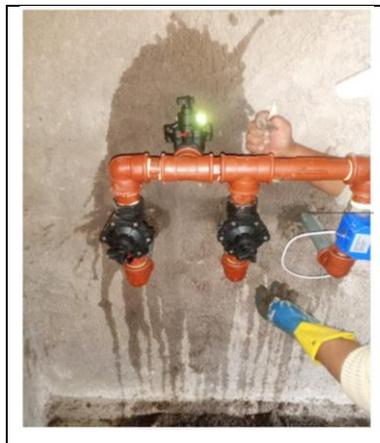
Para el montaje del tablero de control se debe tomar las siguientes consideraciones:

- Los elementos de fijación como son los (tornillos, tuercas y pasadores de conexión) deben ser de acero para que puedan soportar esfuerzos mecánicos. Las borneras deben tener tornillos de acero para asegurar correctamente el conductor.
- Los elementos que conforma el tablero de control deben conectarse a tierra mediante una barra de protección.
- Las canaletas deben tener suficiente espacio para transportar cable y permitir que se doble donde sea necesario.



**Figura 4.19.** Colocación del tablero para realizar pruebas

Se debe considerar que también es necesaria la ubicación de la tubería para la alimentación hídrica del sistema.



**Figura 4.20.** Colocación de tuberías

## Encendido del tablero de control

Después de comprobar la continuidad, se pone en marcha el panel de control, que suministra tensión de 127 V a la entrada del interruptor principal y de 24 V al sistema de control.



Figura 4.21. Encendido del sistema

## Revisión de interfaz de control manual y automático

Los botones de control, permiten un accionamiento adecuado de las funciones del sistema su respuesta es rápida y no presenta complicaciones.



Figura 4.22. Control interfaz modo manual



**Figura 4.23.**Control interfaz modo automático

### **Adecuación de cables de conexión internos**

Se conoce también como peinado de tablero y se realiza para acomodar los cables de conexión entre los elementos, el caso del tablero de control se tuvo que adecuar de manera correcta los conductores tanto de alimentación como de salida a los elementos, con su respectiva nomenclatura para reconocer su conexión de manera sencilla.

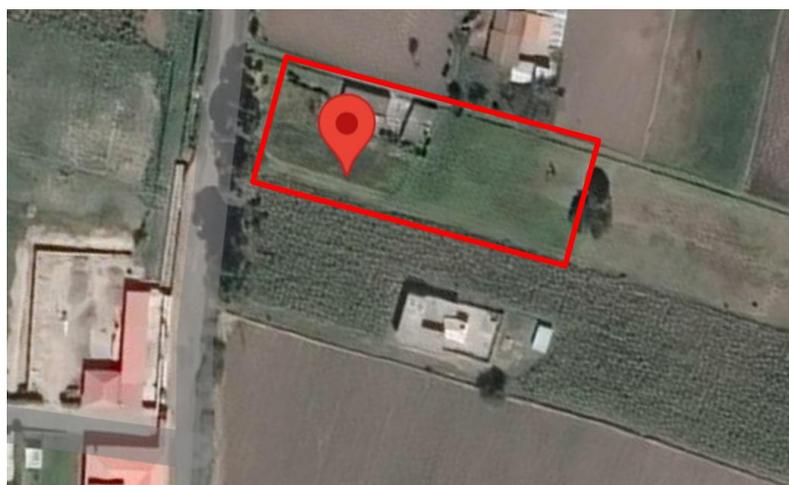


**Figura 4.24.**Adecuación de cables interior

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Ubicación geográfica del proyecto

La presente propuesta tecnológica se ubica en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia San Miguel, barrio Anchiliví, como se indica en la Figura 5.1



**Figura 5.1.** Ubicación geográfica del sitio

Empleando Google Maps, se obtuvo datos más precisos y detallados del sitio en el cual se desarrolló el proyecto, como se muestra en la Tabla 5.1

**Tabla 5.1.** Datos y coordenadas del lugar

<b>Ubicación del Proyecto</b>	
<b>País</b>	Ecuador
<b>Provincia</b>	Cotopaxi
<b>Ciudad</b>	Salcedo
<b>Dirección</b>	Barrio Anchiliví
<b>Coordenadas</b>	-1.056708, -78.568726
<b>Hemisferio</b>	Sur
<b>Altitud sobre el nivel del mar</b>	2683 msnm

## 5.2 ANÁLISIS PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN

### 5.2.1 Tiempo de recopilación de datos de consumo de recurso hídrico

Se recogieron datos sobre el caudal de agua empleado para el riego, así como los niveles de humedad presentes en el suelo, en las parcelas donde se implementará la automatización durante una semana, dividida en lapsos variables de tiempo de aproximadamente de 30 minutos a 1 hora, para desarrollar un sistema de riego que permita tener una humedad de suelo adecuada en lapsos de tiempo más cortos para de esta manera no generar un desperdicio de la misma.

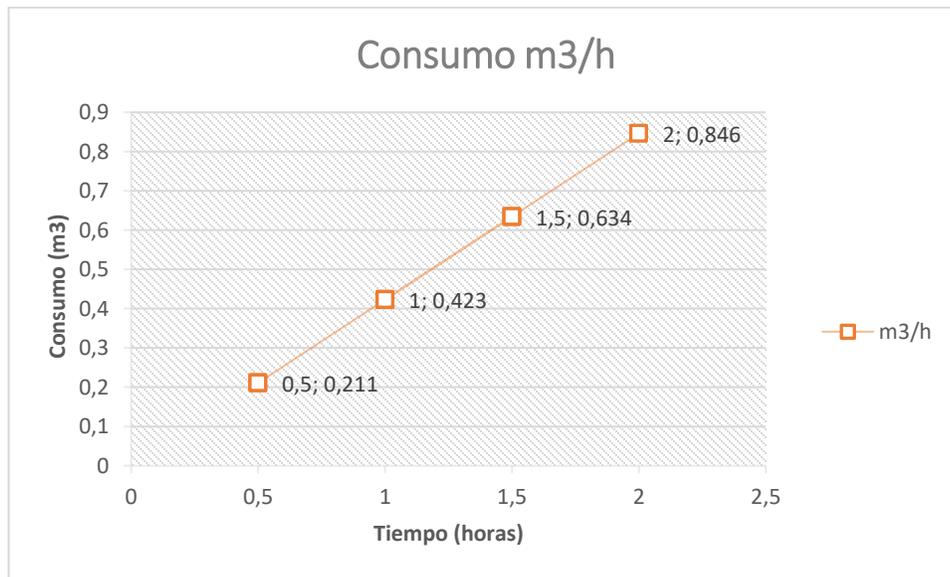
El consumo de agua sin ningún tipo de control automático presenta los siguientes resultados presentados en la Tabla 5.2. que también se muestran en el cuarto apartado.

**Tabla 5.2.** Datos promedio de consumo de agua por hora

Caudal	Hora de inicio	Hora final	Número de horas	m3/h
422,9	8:00	8:30	0,5	0,211
422,8	8:30	9:00	0,5	0,211
422,9	9:00	10:00	1	0,423
422,9	10:00	11:00	1	0,423
422,9	11:00	12:30	1,5	0,634
422,9	12:30	14:00	1,5	0,634
422,9	14:00	15:00	1	0,423
422,9	15:00	17:00	2	0,846

Como se aprecia en la tabla anterior los niveles de consumo de agua crecen de manera directa al tiempo de apertura del sistema sin ningún elemento de automatización, esto se lo puede interpretar de mejor manera en la Figura 5.2, en la cual se aprecia que para un lapso de tiempo de media hora el consumo generado es de 0,21 metros cúbicos; como se mencionó anteriormente el consumo es directamente proporcional al tiempo de apertura por lo cual los metros cúbicos de agua irán aumentando dependiendo del tiempo que el operador mantenga la apertura del sistema.

La operación realizada de esta manera es la que ocasiona un desperdicio de recurso hídrico, debido a que la persona encargada del riego no siempre tiene la disponibilidad de abrir el sistema en horas fijas, por lo cual los tiempos de riego no son los adecuados ya que además no cuenta con un registro de datos que permita realizar dicha acción en las horas indicadas.



**Figura 5.2.** Gráfica de consumo de agua diario

Una vez obtenido los valores de consumo por hora se presenta el consumo diario en metros cúbicos durante los seis días analizados en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3.** Consumo por días en metros cúbicos

Días		Consumo diario m <sup>3</sup>
Miércoles	1	3,7
Jueves	2	3,1
Viernes	3	3,8
Sábado	4	3,8
Domingo	5	3,8
Lunes	6	3,8

Los datos expresados en la tabla 5.3 corresponde a un análisis de consumo diario en metros cúbicos, siendo los días sábado, domingo y lunes, los que generan un consumo de agua mayor, esto principalmente se debe a que en los días antes mencionados opero el sistema de riego al máximo caudal que este posee es decir 0,4229 m<sup>3</sup>/h, y únicamente se varió el tiempo para que los lapsos de tiempo empleados sean iguales a las mediciones recopiladas cuando se empleó caudales menores, estos valores se lo aprecian de manera gráfica en la Figura 5.3, la cual presenta una curva de variación de consumo en m<sup>3</sup> con respecto a los días en que se tomó las mediciones.



**Figura 5.3.**Gráfica de consumo diario

El consumo registrado en seis días de registro de datos revelo que el consumo de agua en  $m^3$ , es de 22 metros cúbicos, los cuales se redujeron al implementar los sistemas de control automatizado presentados en el presente proyecto.

### 5.3 ANÁLISIS POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN

El análisis realizado luego de la implementación se lo realizo tomando en cuenta los dos tipos de sistema instalados: mediante sensores de humedad y por periodos de tiempo establecidos en el controlador. Para las mediciones se empleó lapsos de tiempo de dos horas, programados en la pantalla del temporizador ubicado en el tablero de control, como se aprecia en la Figura 5.4.



**Figura 5.4.**Programación de tiempos de riego

Una vez programado los tiempos de activación se obtuvo los datos que se muestran en la Tabla 5.4 donde se aprecia los valores de consumo en m<sup>3</sup> con el sistema de riego temporizado el cual permite establecer el número de horas dependiendo del cultivo.

**Tabla 5.4.** Consumo de agua empleando tiempos

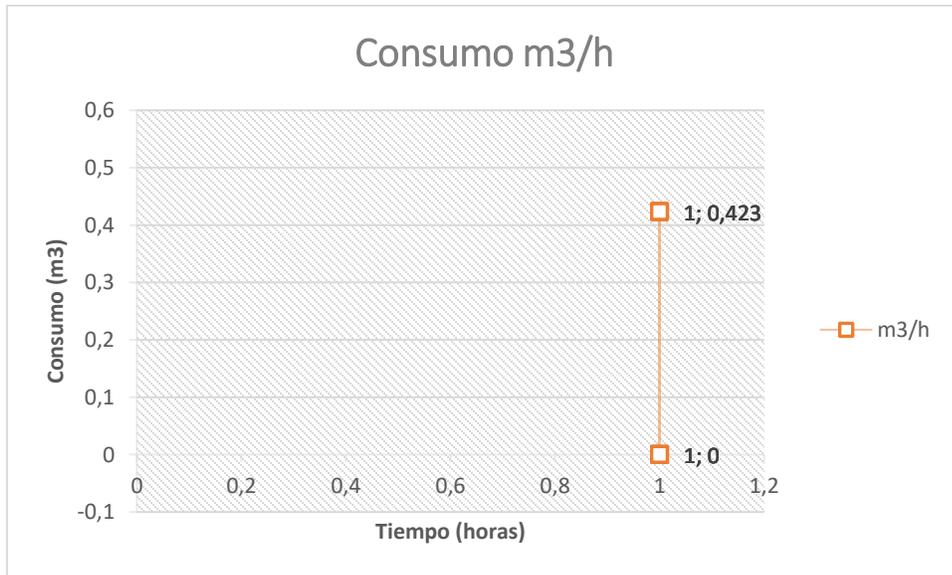
Caudal	Hora de inicio	Hora final	Número de horas	m3/h
422,9	8:00	9:00	1	0,423
422,9	9:00	10:00	1	0,423
0	10:00	11:00	1	0
0	11:00	12:00	1	0
422,9	12:00	13:00	1	0,423
422,9	13:00	14:00	1	0,423
0	14:00	15:00	1	0
0	15:00	16:00	1	0

El consumo registrado en la Tabla 5.4, se lo aprecia de manera gráfica en la Figura 5.5, que contiene la variación de consumo en m<sup>3</sup> representado con una línea roja que se desplaza de manera horizontal, así como los valores de tiempo en horas representados por las barras de color azul.



**Figura 5.5.** Gráfica de consumo temporizado

Como se aprecia la Figura 5.5 presenta una línea que varía el nivel de m<sup>3</sup> consumidos en 2 horas de operación del sistema, teniendo un consumo que únicamente varía en dos estados, 0 y 0,4 m<sup>3</sup>, esta apreciación se la puede ver en la Figura 5.6, que se presenta a continuación.



**Figura 5.6.** Consumo m<sup>3</sup>/h

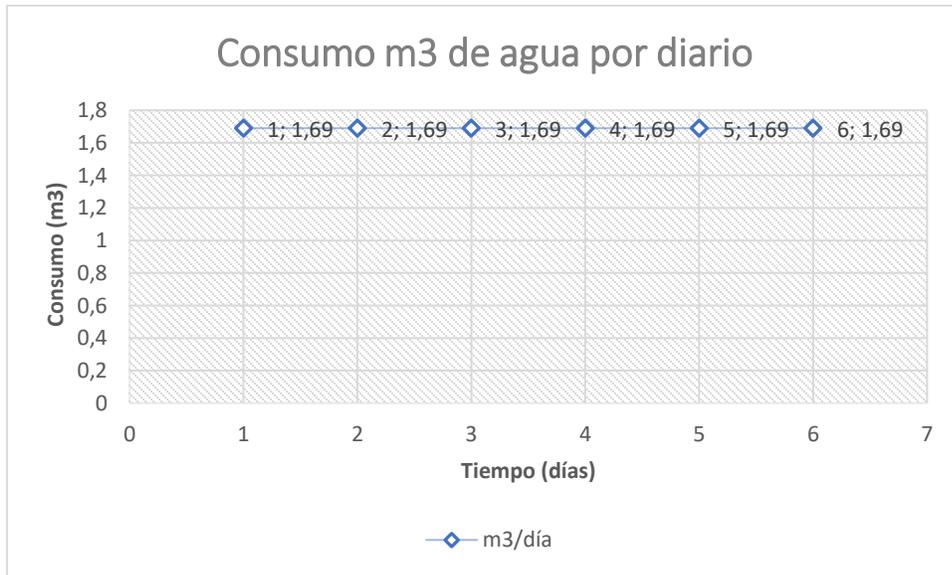
Esta gráfica demuestra que el consumo se da únicamente empleando su caudal máximo o cero, teniendo sistema que consume una menor cantidad de recurso hídrico dentro de las horas establecidas para esta finalidad.

La cantidad de consumo de agua por día es de 1,69 m<sup>3</sup>, como se expresa en la Tabla 5.5, empleando estos datos se obtiene que el consumo de seis días es 10,14 m<sup>3</sup>.

**Tabla 5.5.** Consumo de agua por semana

Días		Consumo diario
Miércoles	1	1,69
Jueves	2	1,69
Viernes	3	1,69
Sábado	4	1,69
Domingo	5	1,69
Lunes	6	1,69

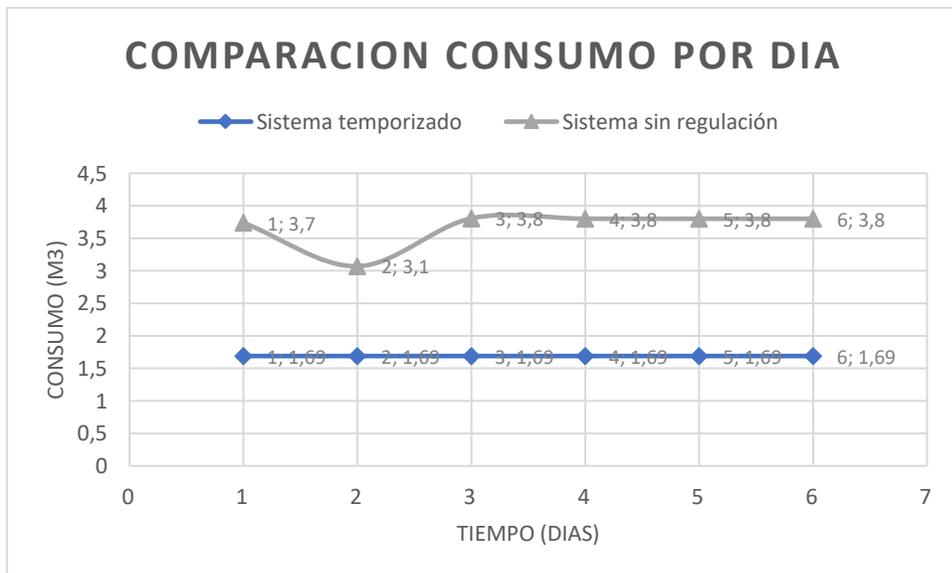
Una vez establecidos que el consumo de agua es menor que el sistema anterior, se procede a la interpretación gráfica de estos datos, los cuales se aprecian en la Figura 5.7, donde resalta que se logra mantener constante los m<sup>3</sup> de agua destinados para el riego, por lo cual se aprecia una línea recta horizontal que representa el consumo.



**Figura 5.7.** Gráfica de consumo diario

Como se puede apreciar los niveles son constantes debido a que el riego se lo realiza de manera programada por lapsos tiempo, que permitan conseguir el nivel de agua necesario para el cultivo en un tiempo menor.

El consumo de agua es notorio debido a que se ha optimizado los tiempos dentro del proceso de regado, a continuación, en la Figura 5.8.se presentará la comparación de las gráficas.



**Figura 5.8.** Comparacion de gráficas de consumo por días

A continuación, se evalúan los valores que intervienen dentro del sistema de riego por goteo automatizado, debido a que este fundamenta su funcionalidad en el nivel de humedad existente en el terreno, además de los parámetros ambientales presentes en el sector, entre las cuales destaca la temperatura ambiente presente en el sector, a continuación, en la Figura 5.9, se muestra la recopilación de variables ambientales para la implementación.



(a) Recopilación de variables ambientales

(b) Datos obtenidos

**Figura 5.9.** Analisis de parámetros ambientales

El consumo de agua empleando el sistema de riego por goteo se tomó en cuenta la variable de humedad presente en el suelo y se estimó los tiempos de activación del sistema.

Para la obtención de datos climatológicos ambientales se empleó páginas web que permitieron conocer dichos valores[7].

**Tabla 5.6.** Datos de temperatura ambiental obtenidos[7]

Días	Temperatura Promedio diario
Domingo	15 °C
Lunes	18°C
Miércoles	20°C
Jueves	20°C
Viernes	19°C
Sábado	20°C
Temperatura promedio semanal: 18,6 °C	

Para determinar el porcentaje de humedad se lo estimo del 0% al 100%; representando la máxima humedad en 100 y la mínima en 0, valores que serán mostrados mediante la interfaz HMI,

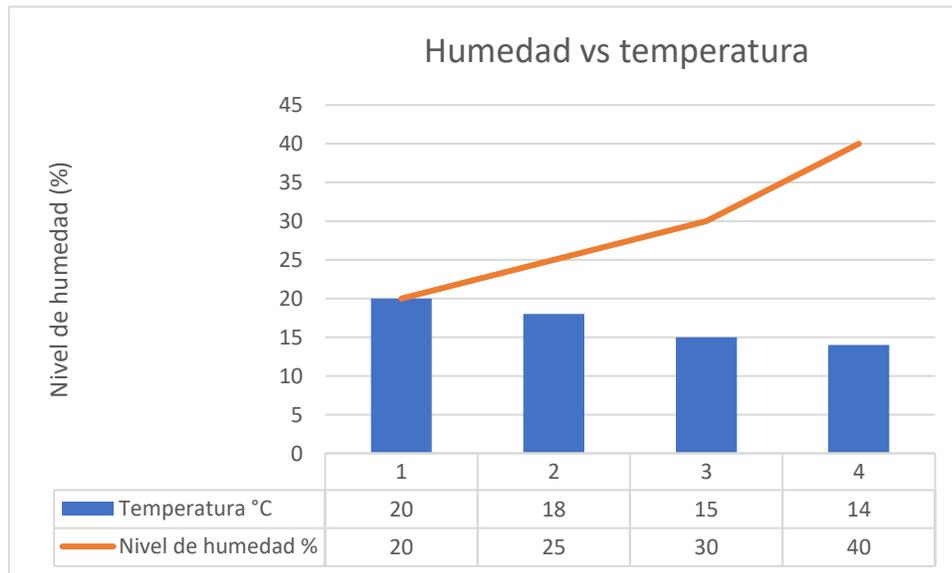
considerando que los niveles de humedad óptimos para el crecimiento de un cultivo varían entre un 30 y 60 porciento, se empleó estos valores para la calibración de la electroválvula proporcional.

**Tabla 5.7.**Datos de humedad y temperatura ambiental en un día

Hora	Diferencia	Temperatura °C	Nivel de humedad %
10:00 - 11:00	1	20	20
11:00 - 12:00	1	18	25
12:00 - 13:00	1	15	30
13:00 - 14:00	1	14	40

La temperatura afecta las propiedades biológicas, químicas y físicas de los suelos, reduciéndolas o aumentándolas. Por lo tanto, la importancia de la temperatura del suelo es objeto de extensas investigaciones en muchos campos científicos, especialmente en biología, física, química, ecología, agricultura y economía.

Debido al campo de interés del proyecto estas variables únicamente serán tratadas de manera superficial, por lo cual no se profundizará en los efectos adversos o positivos que tengan sobre los cultivos realizados en la zona de la implementación.



**Figura 5.10.**Gráfica de humedad vs temperatura

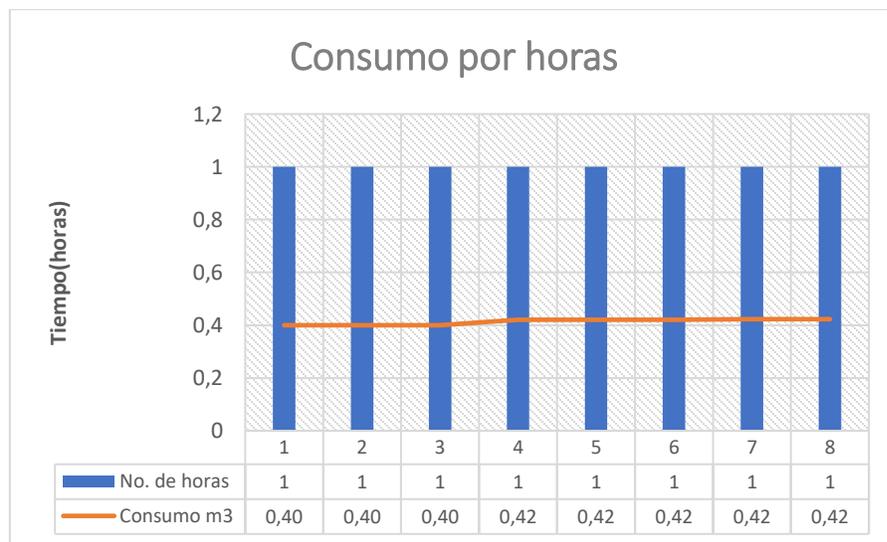
En la Figura 5.10, se aprecia que conforme aumenta la temperatura ambiental barras azules, el porcentaje de humedad representado por la línea naranja disminuye.

Una vez determinadas las variables se realizó un análisis con los niveles de consumo existentes luego de la implementación del sistema.

**Tabla 5.8.** Consumo registrado con el sistema de porcentajes

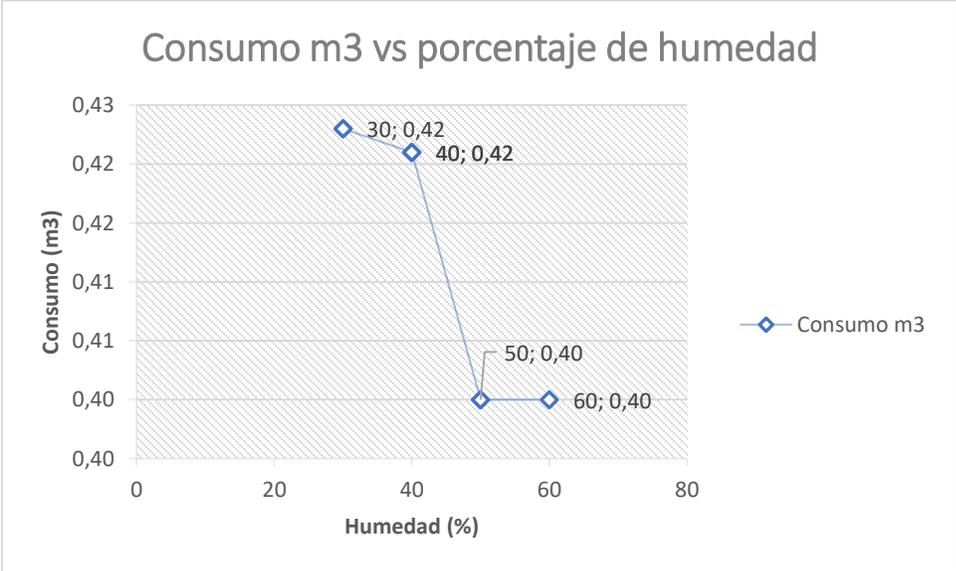
Caudal	Hora de inicio	Hora final	No. de horas	% humedad.	Consumo m3
399,8	8:00	9:00	1	60	0,40
399,8	9:00	10:00	1	50	0,40
399,8	10:00	11:00	1	50	0,40
420,6	11:00	12:00	1	40	0,42
420,6	12:00	13:00	1	40	0,42
420,6	13:00	14:00	1	40	0,42
422,6	14:00	15:00	1	30	0,42
422,9	15:00	16:00	1	30	0,42

Este análisis permite reconocer las horas de activación del sistema, así como el grado de humedad que alcanza el suelo en dichos lapsos de tiempo, se debe tomar en cuenta que al emplearse una electroválvula diferencial activada por sensores de humedad la activación y desactivación de este sistema depende únicamente de las variables recopiladas por los sensores ubicados en el terreno, en la Figura 5.11. se aprecia la gráfica de consumo de agua con respecto al número de horas que permanece activo el sistema.



**Figura 5.11.** Gráfica de consumo de agua

En la Figura 5.12. se aprecia el nivel de humedad existente en el suelo con respecto a los metros cúbicos de agua que se ha consumido, teniendo un consumo de agua mayor al alcanzar el 30 % de humedad, el cual se va reduciendo conforme aumenta la humedad en el terreno.



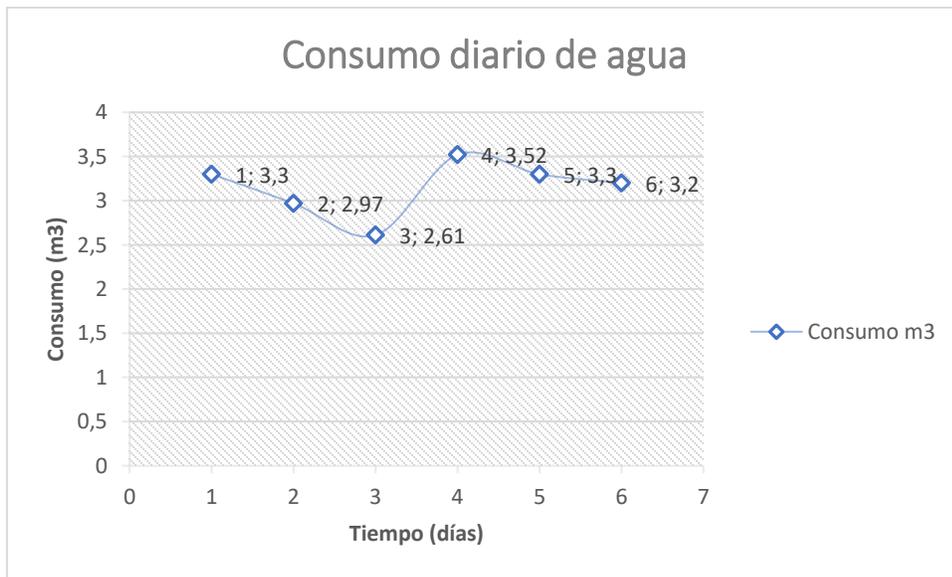
**Figura 5.12.**Gráfica de humedad del suelo frente al consumo

El consumo diario de agua se detalla en la Tabla 5.9, el cual resulta de la toma de datos diaria teniendo en cuenta los parámetros ambientales de la zona.

**Tabla 5.9.**Consumo de agua sistema de sensores

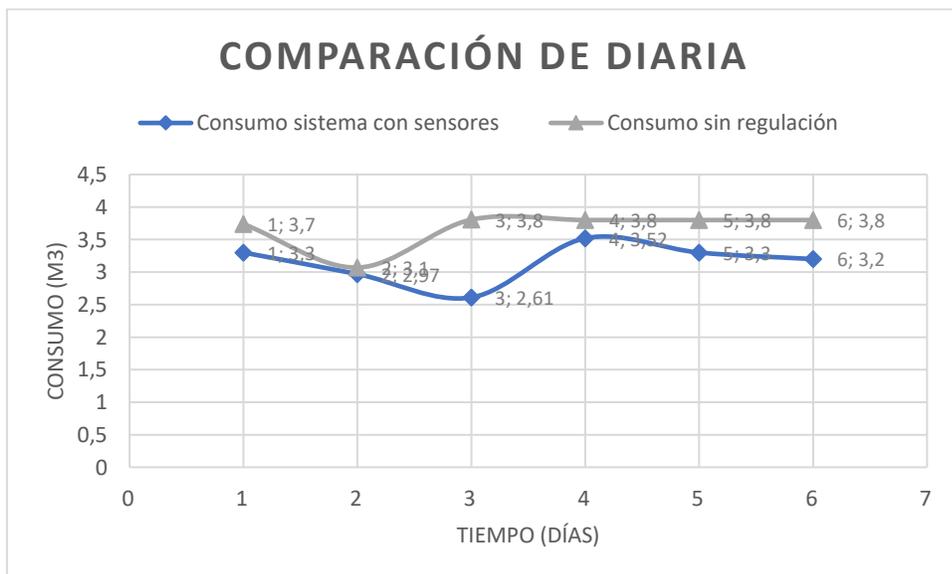
Días	Consumo diario
Domingo	3,30
Lunes	2,97
Miércoles	2,61
Jueves	3,52
Viernes	3,30
Sábado	3,20

La Figura 5.13. contiene la gráfica del consumo de agua diario empleando el sistema implementado, cuya activación se da de manera automática dependiendo de los niveles de humedad del suelo, se debe tener en cuenta que estos pueden variar dependiendo de las condiciones climáticas que se presenten en la zona, en los días evaluados se obtuvo un consumo semanal de 18,9 m³.



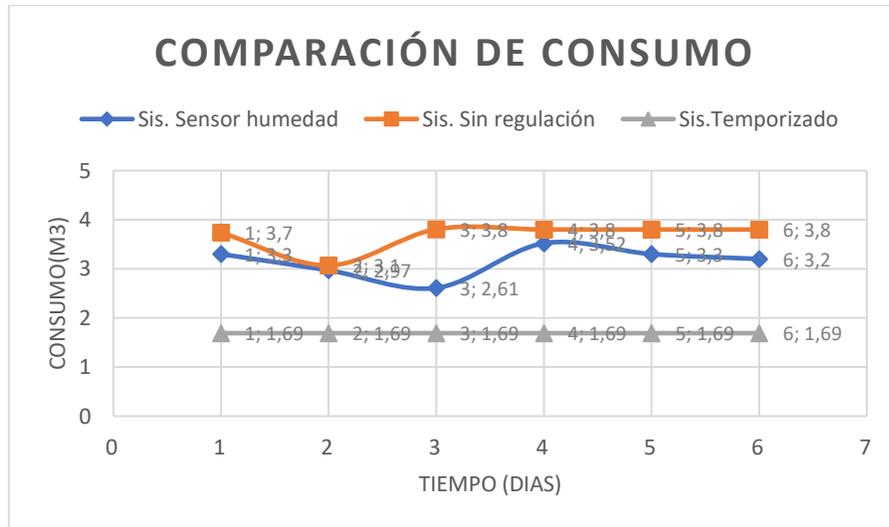
**Figura 5.13.** Gráfica de consumo diario

La figura 5.14. contiene la comparación realizada entre el sistema de riego automatizado y el sistema de riego del cual disponía previamente el terreno pudiendo evidenciarse un consumo de agua menor, pero dependiendo de las condiciones atmosféricas puede llegar a tener un consumo similar, sin embargo, la diferencia de metros cúbicos de agua consumidos es considerable.



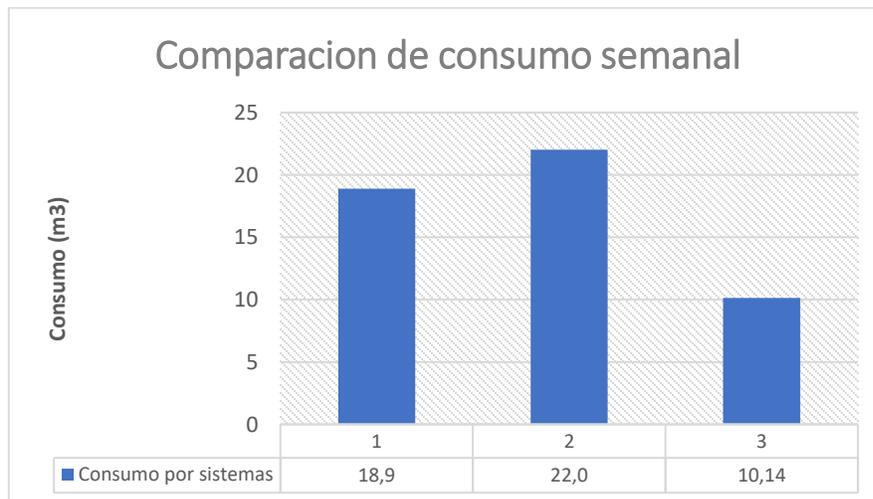
**Figura 5.14.** Gráfica comparativa diaria

Finalmente, en la Figura 5.15, se comparó los tres sistemas para conocer cuál realiza un consumo de agua menor, este análisis tomo como referencia los datos de consumo diario recopilados, dando como resultado que el sistema de riego temporizado resulta tener un menor consumo debido a que únicamente trabaja bajo una variable, mientras que el sistema activado por sensores se ve afectado por factores externo que influyen directamente sobre los porcentajes de humedad del suelo.



**Figura 5.15.**Gráfica comparativa de consumo de los sistemas de riego

Comparando los consumos totales de cada sistema se observa que el consumo temporizado tiene un consumo semanal de 10,14 m<sup>3</sup>, mientras el sistema accionado por sensores consume 18,9 m<sup>3</sup>, ambos valores representan una menor cantidad que 22 m<sup>3</sup> que generalmente es la cantidad empleada para el riego y se aprecia en la Figura 5.16.



**Figura 5.16.**Comparación de consumo en metros cúbicos

## 5.4 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO ECONOMICO

En la Tabla 5.10 y Tabla 5.11 se detalla el presupuesto de la implementación de un sistema de riego automatizado empleando dispositivos de control para incrementar la eficiencia en el uso del agua en el barrio Anchiliví en la provincia de Cotopaxi, teniendo en cuenta tanto los costos directos como los indirectos.

**Tabla 5.10.**Costos directos del proyecto

GASTOS DIRECTOS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	PLC LOGO 12/24 TDE V8.3	\$185,71	\$185,71
1	EXPANSIÓN DM8 12/24 TIPO RELÉ	\$80,36	\$80,36
3	ELECTROVALVULA 1 in MANUAL/AUTOMATICO	\$54,01	\$162,03
1	ELECTROVALVULA 1 in PROPORCIONAL	\$121,21	\$121,21
1	SENSOR DE TEMPERATURA	\$10,71	\$10,71
3	SENSOR RESISTIVO DE HUMEDAD DE SUELO	\$5,36	\$16,07
1	PANTALLA PROGRAMBLE PLC KINCO GL070E	\$165,18	\$165,18
1	PULSADOR INDUSTRIAL PARO EMERGENCIA	\$2,81	\$2,81
1	LUZ PILOTO ROJO	\$1,79	\$1,79
1	LUZ PILOTO VERDE	\$1,79	\$1,79
1	LUZ PILOTO AZUL	\$1,79	\$1,79
1	LLAVE SELECTORA DOS POSICIONES	\$3,13	\$3,13
1	TABLERO METALICO 30x40x20	\$51,79	\$51,79
10	ACCESORIOS PARA TUBERIA DE UNA PULGADA	\$0,89	\$8,93
10	METROS DE TUBERIA PLASTICA DE 1 PULGADA	\$0,52	\$5,18
50	METROS CABLE UTP 5E EXTERIOR	\$0,58	\$29,02
2	UNIONES EMT 1/2	\$0,23	\$0,46
2	CONECTORES EMT 1/2	\$0,23	\$0,46
15	METROS CABLE GEMELO #14	\$0,63	\$9,51
1	CINTA AUTOFUNDENTE	\$4,46	\$4,46
2	ABRAZADERAS METALICAS 1/2	\$0,07	\$0,14
1	CABLE ETHERNET	\$2,68	\$2,68
1	FUENTE 12 VDC	\$10,71	\$10,71
1	RELE CAMSCO 8 PINES	\$7,14	\$7,14
1	BREAKER 2X10 AMPERIOS	\$8,48	\$8,48
1	TUBO EMT 1/2 DE 3 METROS	\$8,93	\$8,93
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$900,46</b>
		<b>IVA 12%</b>	<b>\$108,05</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$1.008,51</b>

En la Tabla 5.11 se muestran los costos indirectos empleados para el desarrollo del presente proyecto incluyendo movilización, alimentación, entre otros.

**Tabla 5.11.** Costos indirectos del proyecto

GASTOS INDIRECTOS				
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	3	Perforaciones del tablero	\$12,00	\$36,00
2	1	Movilización	\$75,00	\$75,00
3	1	Transporte de materiales	\$20,00	\$20,00
4	1	Alimentación	\$50,00	\$50,00
SUBTOTAL				\$181,00
IVA 12%				\$21,72
TOTAL				\$202,72

**Tabla 5.12.** Costos totales del proyecto

COSTO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	
DESCRIPCIÓN	PRECIO
GASTOS DIRECTOS	\$1.008,51
GASTOS INDIRECTOS	\$202,72
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.211,23</b>

## **5.5 IMPACTOS**

### **5.5.1 Impacto tecnológico**

La implementación del sistema de riego automatizado en el barrio Anchiliví genera un impacto a nivel tecnológico debido a que cuenta con un sistema manual y automático de funcionamiento, que permite la activación del sistema por medio de sensores o lapsos de tiempo dependiendo de las necesidades del usuario.

Considerando los sistemas empíricos empleados en el sector donde se implementó el proyecto, se considera que la utilización de tecnologías de riego, representa un avance tecnológico que puede ser replicado por los demás habitantes, promoviendo de esta manera el uso racional del recurso hídrico mediante la utilización de sensores y actuadores comandados por una interfaz de programación accesible para el usuario.

Si bien el sistema presenta un nivel de automatización adecuado, enfocado en resolver necesidades específicas de la comunidad, este puede ser repotenciado incluyendo mejoras que permitan abarcar más parámetros ambientales que puedan afectar el nivel de riego adecuado para los cultivos.

### **5.5.2 Impacto Económico**

Analizando el impacto económico generado por el proyecto, se puede apreciar que en la comunidad no se emplean registradores de consumo, es decir el recurso hídrico no se lo factura según la cantidad consumida, sino mediante una tarifa mínima que se la cobra de manera mensual.

Debido a esta razón no se cuenta con los datos económicos de consumo de agua con los cuales comparar la reducción ocasionada al utilizar sistemas automatizados, pero en términos generales se puede apreciar que al existir un menor consumo de metros cúbicos de agua destinados para el riego esto se lo podría apreciar en la facturación si en caso existiera.

En tanto al consumo energético del sistema se puede apreciar que el nivel de potencia consumida no supera al de ciertos electrodomésticos que se emplea de manera cotidiana, por lo cual no tampoco se considera la existencia de un impacto económico negativo en este apartado.

En tanto a los elementos que fueron empleados para la implementación de este sistema, se procuro obtener elementos que presenten una vida útil adecuada, así como robustes frente a variaciones de voltaje, esto permitió seleccionar elementos que tengan un precio adecuado que

motive a los demás moradores del sector a replicar el sistema en sus parcelas de cultivo.

### **5.5.3 Impacto Ambiental**

Presenta un impacto ambiental al ser un sistema que permite un uso racional del agua, y limita al consumo de la misma dependiendo de las necesidades del cultivo, esto se puede considerar debido a que las plantas sólo pueden almacenar una cierta cantidad de agua, es decir la sobrehidratación de un cultivo puede ser perjudicial ya que este se podrirá, de igual manera con un riego pobre, la planta no podrá desarrollarse.

El agua es fundamental para el desarrollo sostenible y vital para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y la supervivencia humana. El agua también es una parte importante de la adaptación al cambio climático y un vínculo importante entre la sociedad y el medio ambiente.

El agua también es una cuestión de derechos. A medida que crece la población mundial, existe una necesidad cada vez mayor de coordinar las demandas comerciales de agua que compiten entre sí para que las comunidades tengan recursos suficientes para satisfacer sus necesidades.

El agua se la puede utilizar de manera racional y eficiente mediante la implementación de diferentes medidas y tecnologías, así como eliminando posibles pérdidas y desperdicios de agua, e incluso reutilizando el agua en la medida de lo posible.

Dado que el agua es un recurso natural establecido y cada vez más escaso, la planificación para el uso óptimo de los diferentes recursos hídricos es crucial. La planificación tiene en cuenta que la cantidad de agua disponible para los embalses y presas está siempre limitada por el aporte de la precipitación, que en la actualidad está sujeta a cambios bruscos de intensidad, principalmente por el cambio climático.

Estos factores pueden ocasionar la desaparición del agua para riego de tierras de cultivo, debido a la disminución de agua en las fuentes naturales presentes en la zona, por esta razón es de suma importancia replicar sistemas similares en las demás parcelas ya que de esta manera se podrá reducir el riesgo de que la fuente hídrica se seque.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- Se recopiló información relevante para construir una bibliografía acreditada de normas, artículos, libros y revistas científicas de última generación para comprender la función de sus componentes y las características del sistema.
- El dimensionamiento de los elementos del sistema se definió en base a cálculos que permitan determinar las necesidades y requerimientos técnicos en la instalación de la presente propuesta tecnológica.
- Las pruebas de campo permitieron conocer el nivel promedio de consumo de agua destinada para el riego, y establecer un parámetro que permita disminuir dicho promedio que fue optimizado con la implementación.
- El sistema implementado puede incorporar actuadores que permitan realizar un control total de todas las parcelas, pero debido al aspecto económico se realizó únicamente la automatización de las tres parcelas seleccionadas pudiendo evidenciarse en estas una reducción de consumo del 13,5 % empleando el riego mediante sensores y un 53,7% empleando el riego temporizado.

## 6.2 RECOMENDACIONES

En base a los estudios y pruebas realizadas en el desarrollo de la presente propuesta tecnológica se recomienda lo siguiente:

- Revisar el manual de funcionamiento del sistema previa su utilización con la finalidad de familiarizarse con sus componentes.
- Establecer los lapsos de tiempo correspondientes para el riego de cada tipo de cultivo, y programarlos mediante la interfaz.
- Revisar el funcionamiento de los sensores de humedad periódicamente, debido a que este componente se encuentra en contacto directo con el ambiente.
- Si se considera necesario se puede realizar una repotenciación del sistema que incluya la opción de un control a distancia.
- Se recomienda además que se incorpore elementos que permitan la desactivación total del sistema en caso de existir precipitaciones sobre la zona de implementación.
- En caso de emplear distancias mayores para la ubicación de los sensores solventar la variación de datos ocasionados por la caída de tensión.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] ONU, “Agua | Naciones Unidas.”
- [2] V. Cortes and M. Vargas, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES MEDIANTE IOT EN LOS CULTIVOS URBANOS DE LA FUNDACIÓN MUJERES EMPRESARIAS MARIE POUSSEPIN,” vol. 4, no. 1. 2020.
- [3] J. Vasconez and F. Chamba, “Diseño e Implementación De Un Sistema De Riego Automatizado Y Controlado De Forma Inalámbrica Para Una Finca Ubicada En El Sector Popular De Balerio Estacio,” *Univ. Politécnica Sales.*, vol. 1, pp. 1–144, 2013, [Online]. Available: <https://www.dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>
- [4] C. Escobar and K. Farfán, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CULTIVOS AUTOMATIZADOS EN EL RECINTO PLAYA SECA DEL CANTÓN EL TRIUNFO,” 2018.
- [5] W. Vasquez, “Sistema de riego automatizado controlador por arduino para las plantas ornamentales del complejo universitario,” JIPIJAPA-UNESUM, 2018.
- [6] F. Pardo and J. Casa, “AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CONTROL DE HUMEDAD EN LOS CULTIVOS DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI,” 2020.
- [7] W. Spark, “El clima en San Miguel de Salcedo, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador) - Weather Spark.” [Online]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20019/Clima-promedio-en-San-Miguel-de-Salcedo-Ecuador-durante-todo-el-año>
- [8] S. G. Estrada and I. O. Cabrera, “Implementación de un sistema automatizado para riego basado en la tecnología arduino para controlar balance de humedad de suelo en el recinto Siete Ríos.” Ecuador : La Maná : Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), 2021.
- [9] Gobierno de Mexico, “En la agricultura, los sistemas de riego son utilizados para un

aprovechamiento óptimo del agua.”

- [10] G. Á. Ayala and D. M. Ortega, “Automatización De Un Sistema De Riego Y Su Monitoreo a Través De Una Aplicación Móvil, Para El Centro Experimental La Playita,” 2017.
- [11] AgroHuerto, “【 Riego por goteo 】 Qué es - Cómo funciona - Tipos de riego - Ventajas.”
- [12] G. Sacsa, “Sistemas de riego para invernaderos - Grupo SACSA.”
- [13] Boutique GHL Pro., “Tapete de capilaridad AQUAMAT®.”
- [14] P. E. Demin, “Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego,” 2014.
- [15] IAgua, “¿Cómo funciona el riego por aspersión?”
- [16] Encolombia, “Riego por inundación, Sistema de riego superficial por inundación o aniego.”
- [17] Curso Básico de Autómatas Programables, “AUTOMATIZACIÓN.”
- [18] J. Negrete, *MECANIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN AGRÍCOLA*. 2018.
- [19] Aula 21 Formación, “LOGO! de Siemens: qué es, cómo funciona y para qué sirve.”
- [20] COPA-DATA, “¿Qué significa HMI? Interfaz humano-máquina.” [Online]. Available: <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/>
- [21] Kinco, “ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GREEN Series HMI GL070/GL070E.”
- [22] D. electrónicos de potencia, “Relés.” [Online]. Available: [https://www.ugr.es/~\\$amroldan/enlaces/dispo\\_potencia/reles.htm](https://www.ugr.es/~$amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm)
- [23] Grupo Camsco, “CATÁLOGO GENERAL DE PRODUCTOS 2020 V1.2,” 2020. [Online]. Available: <https://camsmark.com/wp-content/uploads/2021/07/Copia-de-Catálogo-general-Camscol-2020-V.1.2.pdf>
- [24] F. Chico and J. Gómez, “ELABORACION E IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE PRUEBAS DE PERDIDAS EN VACIO Y CORTOCIRCUITO DE

TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE DISTRIBUCION Y POTENCIAS DE HASTA 25KVA, ” 2012.

- [25] PROMATIC, “BREAKER RIEL CHINT 2 POLOS 50A-240V 10K.” 2022. [Online]. Available: <https://ventaspromatic.com/breaker-riel-chint-2-polos-50a-240v-10k/>
- [26] L. Llamas, “Sensor de humedad del suelo capacitivo.” [Online]. Available: <https://www.luisllamas.es/sensor-de-humedad-del-suelo-capacitivo-y-arduino/>
- [27] K. A. Chulde Quiróz, “Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo parcial, a campo abierto en el Centro Experimental del Riego de la Facultad de Recursos Naturales,.” 2017.
- [28] D. Quishpe, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TABLERO PRÁCTICO PARA CONTROLAR DE FORMA MANUAL O AUTOMÁTICA DEL ENCENDIDO DE LUMINARIAS PARA UN PARQUEADERO,.” 2013.
- [29] E. Alberca and E. Pareja, “MEJORAMIENTO, READECUACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y PUESTA A TIERRA EN LA ‘ESCUELA FISCAL MIXTA HUMBERTO VACAS GOMEZ, ” 2013.
- [30] FARADAYOS, “Código de Colores de los cables eléctricos normalizados.” [Online]. Available: <https://www.faradayos.info/2014/01/colores-cables-electricos-normas.html>
- [31] Inducom, “Tableros eléctricos: uso y aplicaciones - Inducom Ecuador.” [Online]. Available: <https://inducom-ec.com/tableros-electricos-uso-y-aplicaciones/>
- [32] BEAUCOUP, “CATALOGO DE PRODUCTOS BEAUCOUP.”
- [33] A. Farina, “Tableros eléctricos, ” vol. 90364, pp. 44–47, 2019.
- [34] R. Hernández, *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*, Sexta. Mexico: Mc Graw Hill Education, 2014.
- [35] Siemens, “Logo! Manual Edición 06/2003, ” *Siemens AG*, no. Accedido: mar.10, 22, p. 322, 2003.
- [36] Siemens, “Logo 8.3 de Siemens, ya se anda por las nubes | Araelec.”

- [37] M. Dziallas and H. Nahlik, “Módulos adicionales 900-011 Documentación didáctica SCE Siemens Automation Cooperates with Education |,” 2016.
- [38] CNC, “Manual de usuario Temporizador CNC.” pp. 1–34, 2014.
- [39] NAYLAMP, “Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo.” 2021.
- [40] Vyrsa, “Riego eficiente por un mundo sostenible.”
- [41] U. Electronics, “Fuente Conmutada 24V 10A - AC110-220V 50/60Hz,” *UNIT Electronics*, 2021.
- [42] TECMIKRO, “Modulo LM2596 - Regulador step down.”

## ANEXOS

### Anexo A. Revisión anti plagio



#### Document Information

Analyzed document	Tesis_Cajamarca_Cevallos.pdf (D143396491)
Submitted	8/30/2022 2:33:00 PM
Submitted by	Secundino Marrero Ramirez
Submitter email	secundino.marrero@utc.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	secundino.marrero.utc@analysis.orkund.com

#### Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>TESIS Correccion despues de la revision 19-02-2020 definitivo.docx</b> Document TESIS Correccion despues de la revision 19-02-2020 definitivo.docx (D64133224)	 <b>1</b>
<b>SA</b>	<b>ALULEMANELLY_CAPITULOI_RECOMENDACIONES.docx</b> Document ALULEMANELLY_CAPITULOI_RECOMENDACIONES.docx (D112030782)	 <b>3</b>
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS_TIPAN_VEGA FINAL.pdf</b> Document TESIS_TIPAN_VEGA FINAL.pdf (D143337266) Submitted by: edgar.salazar7619@utc.edu.ec Receiver: edgar.salazar7619.utc@analysis.orkund.com	 <b>4</b>

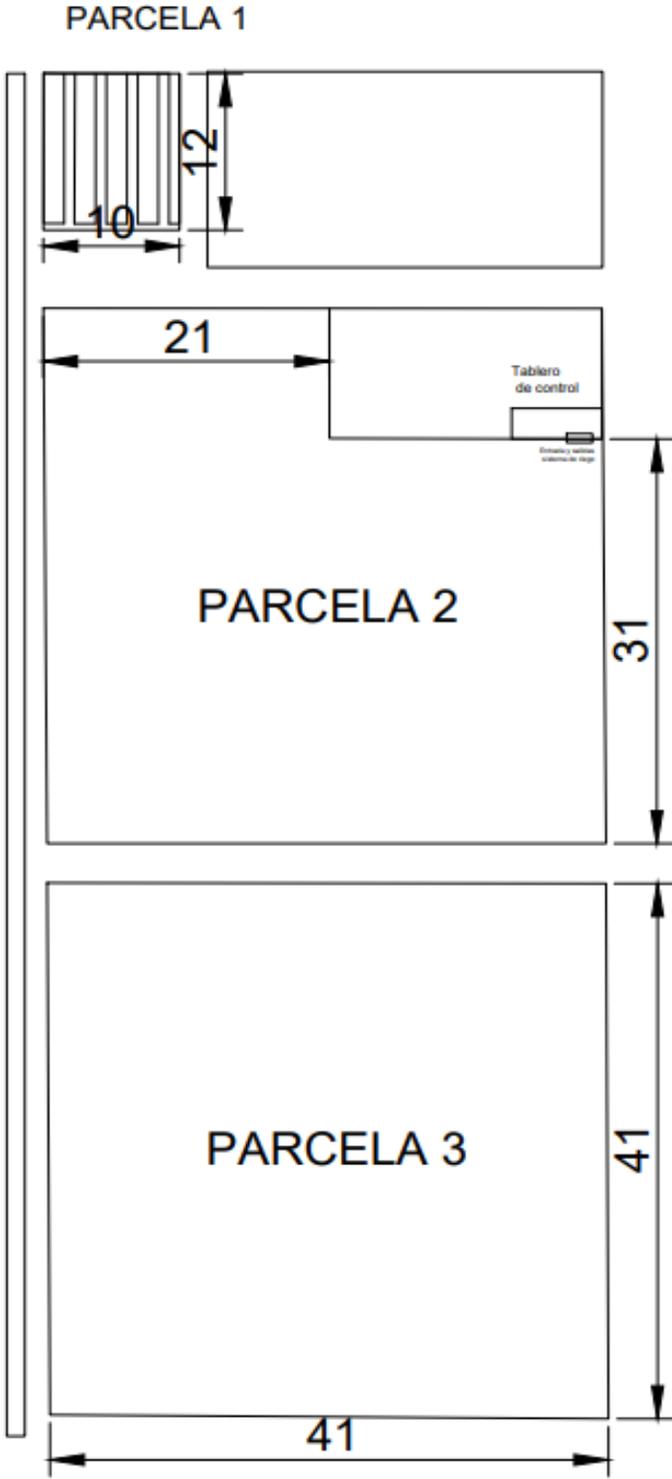
**Anexo B.** Reconocimiento de las parcelas donde se implementará el sistema de riego por goteo



**Anexo C.** Presentación de la propuesta en el barrio Anchiliví



Anexo D. Planos de parcelas



**Anexo E. Reconocimiento de los sistemas de riego que emplean en el sector**



**Anexo F. Mediciones de caudal realizadas**



**Anexo G .Ensamblaje de canaletas internas del tablero**



**Anexo H. LOGO PLC Siemes utilizado y su expansión**



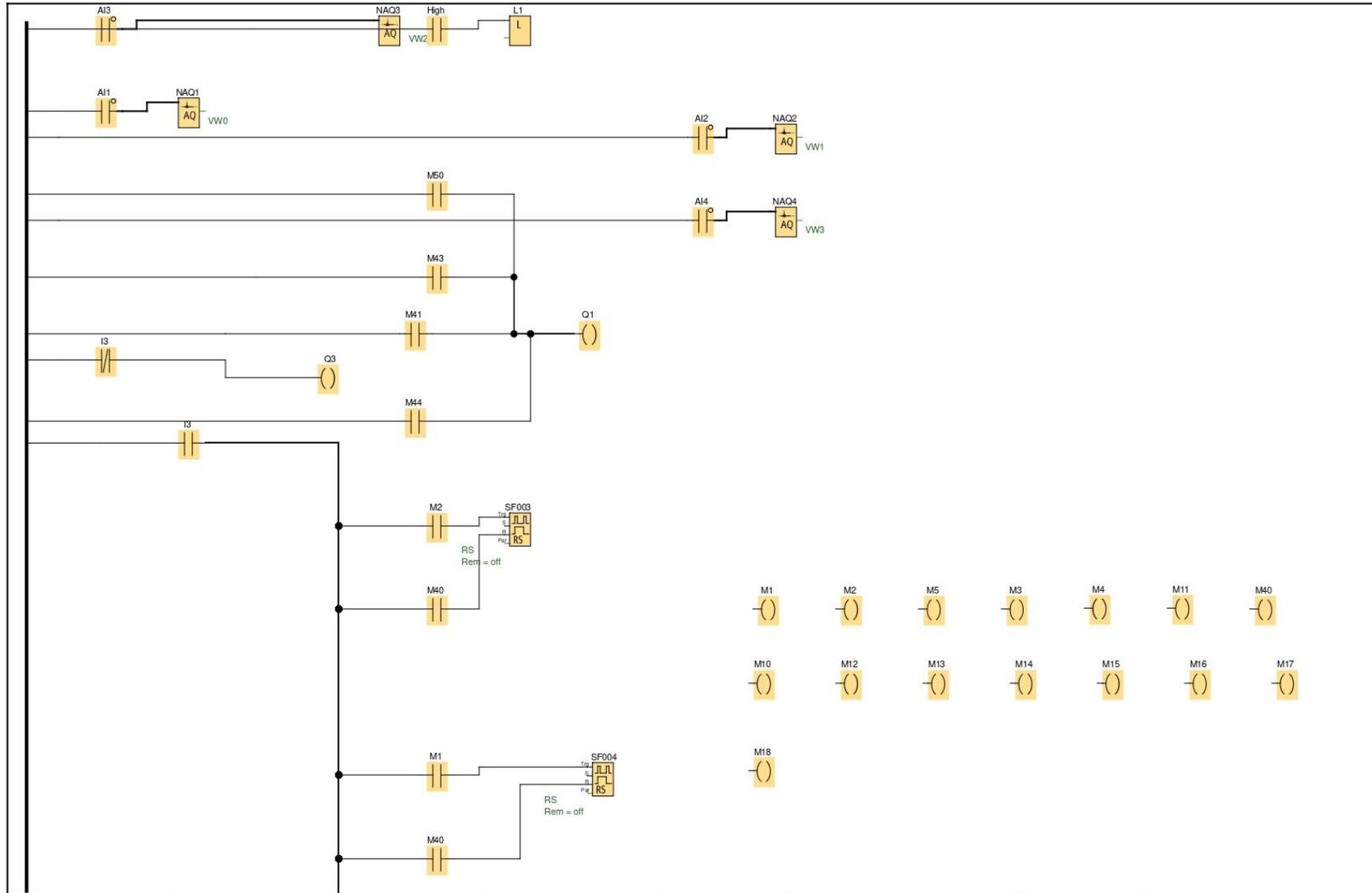
**Anexo I.** Electroválvulas empleadas en el proyecto

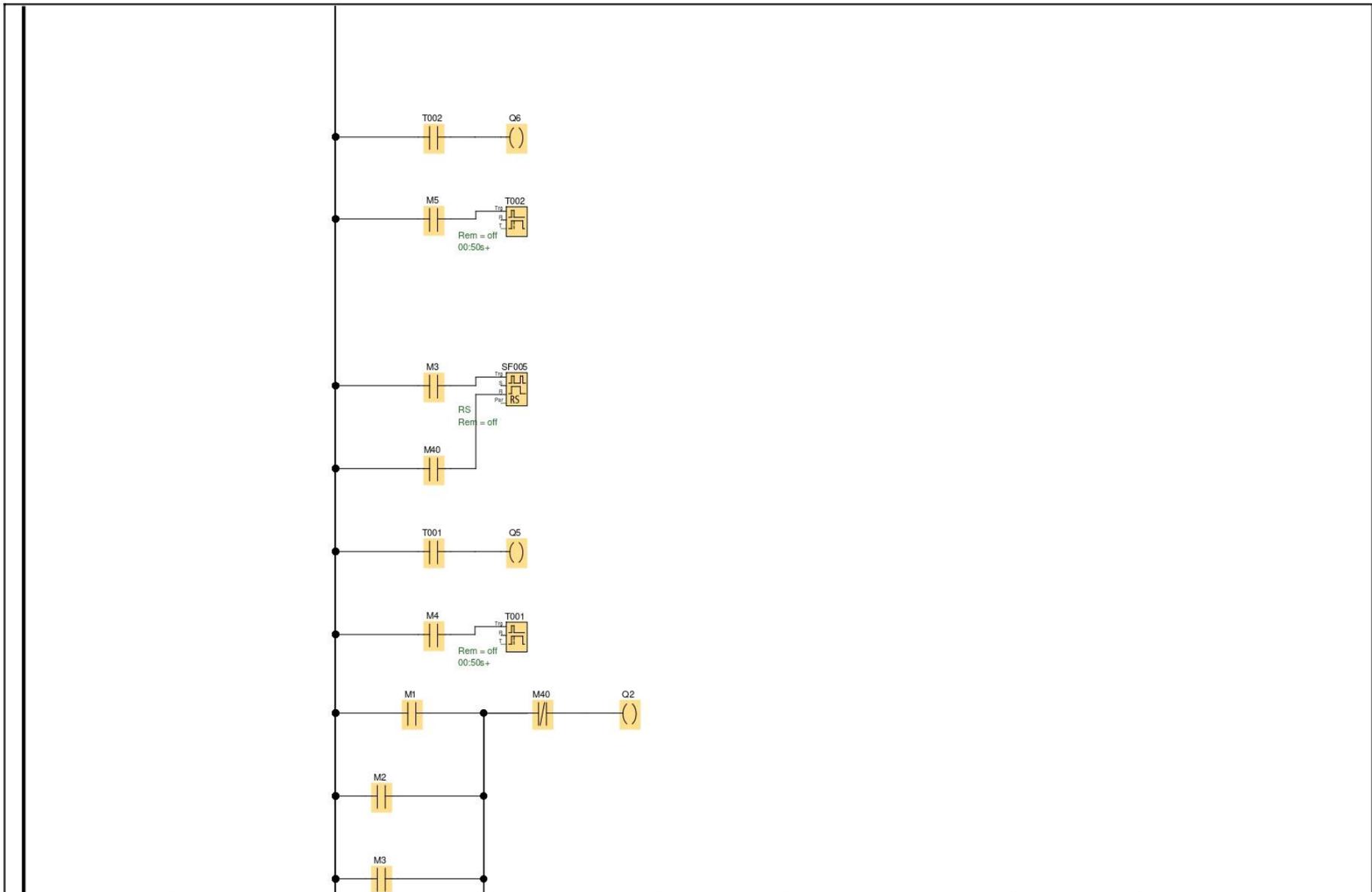


**Anexo J.** Diseño de programación de LOGO PLC

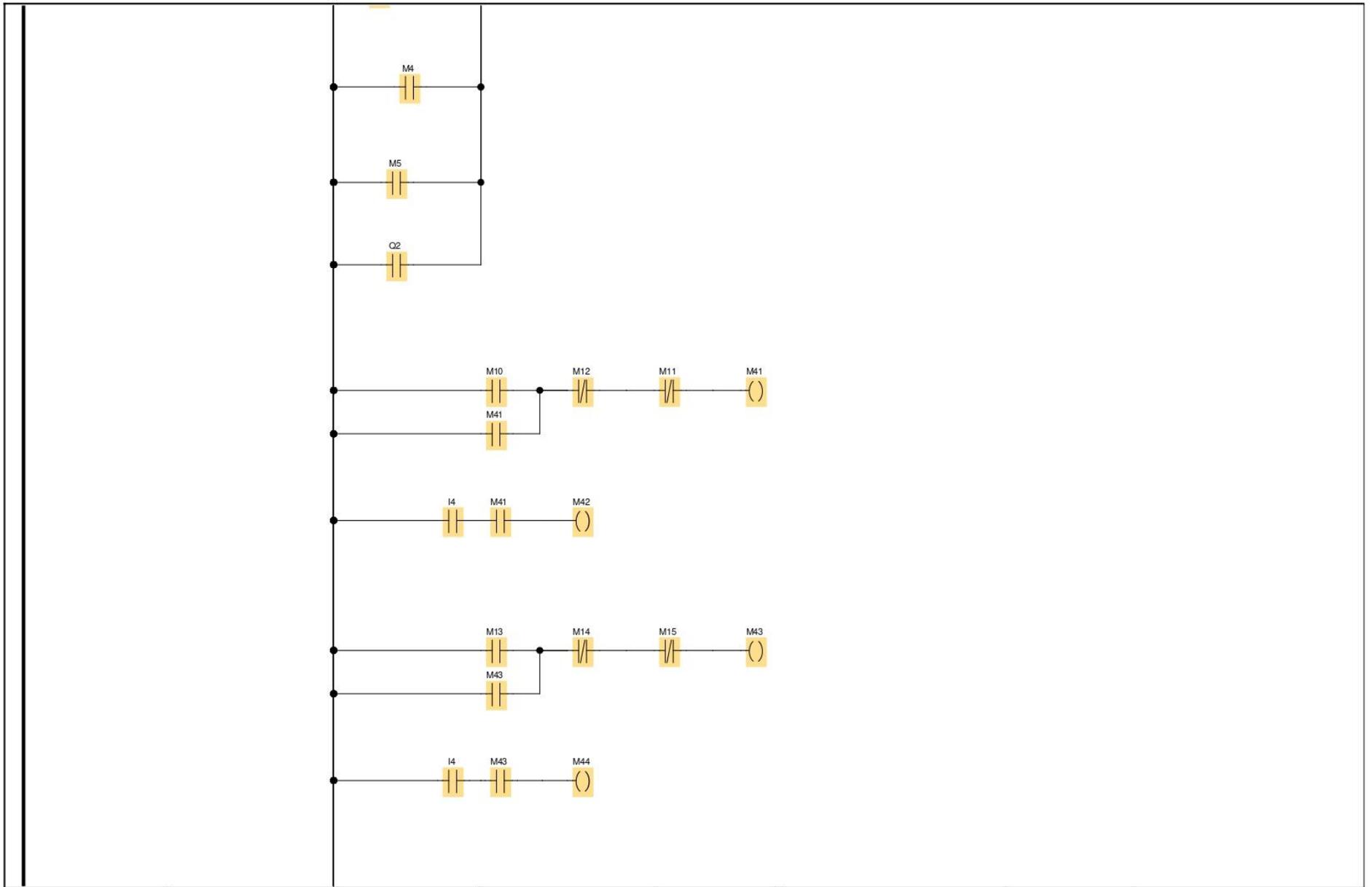


# Anexo K. Programa cargado al PLC

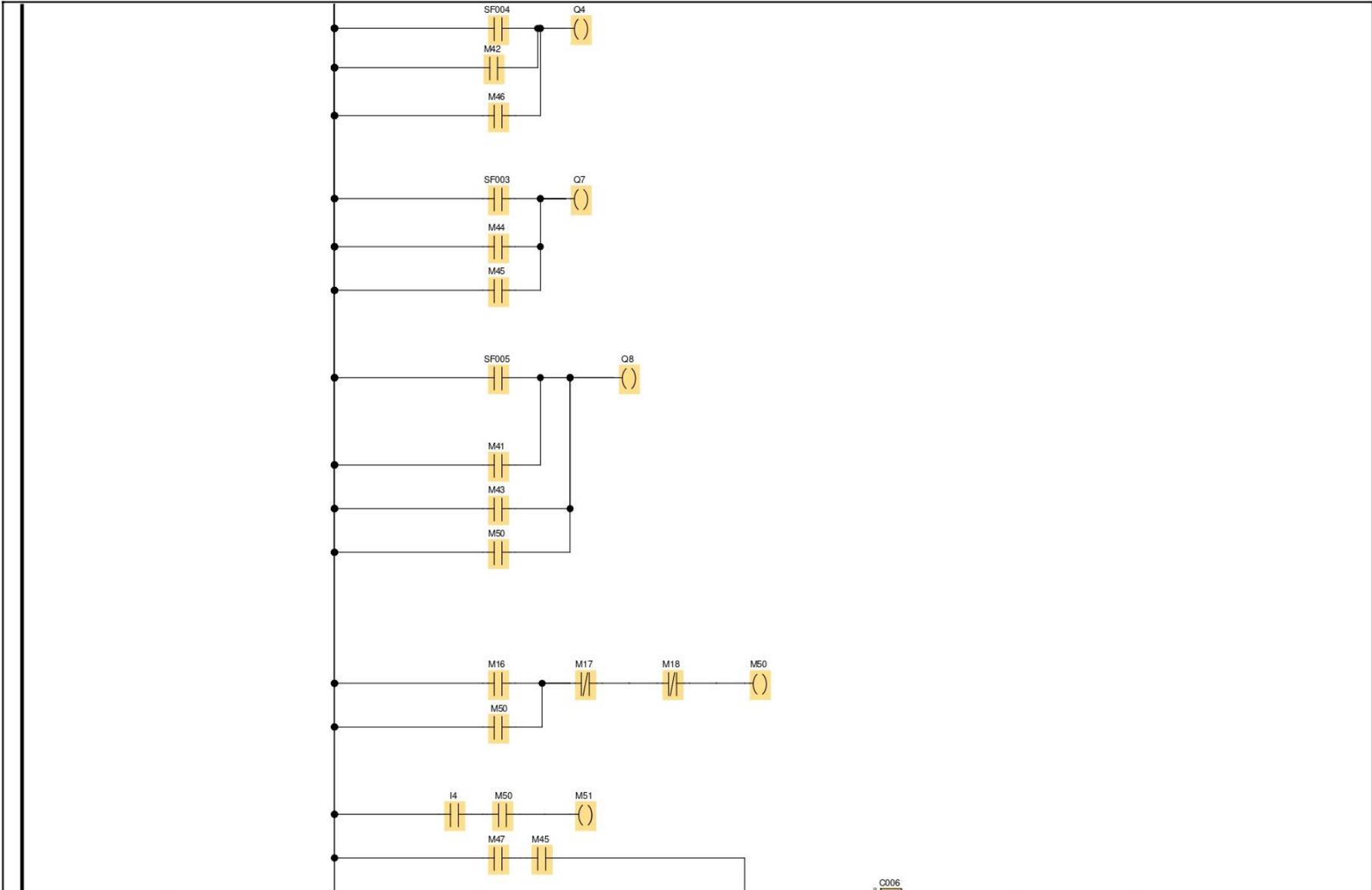




Autor:	jasta	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		N° diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	21/08/22 13:28/22/08/22 20:39	archivo:	esquema_riego.ild	Página:	3 / 9



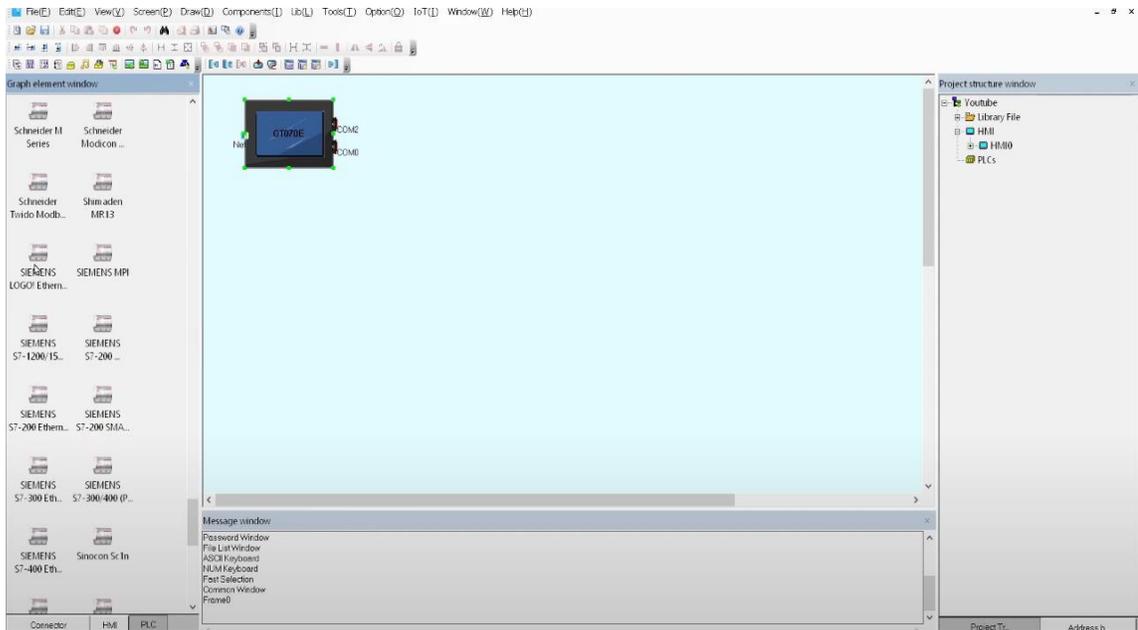
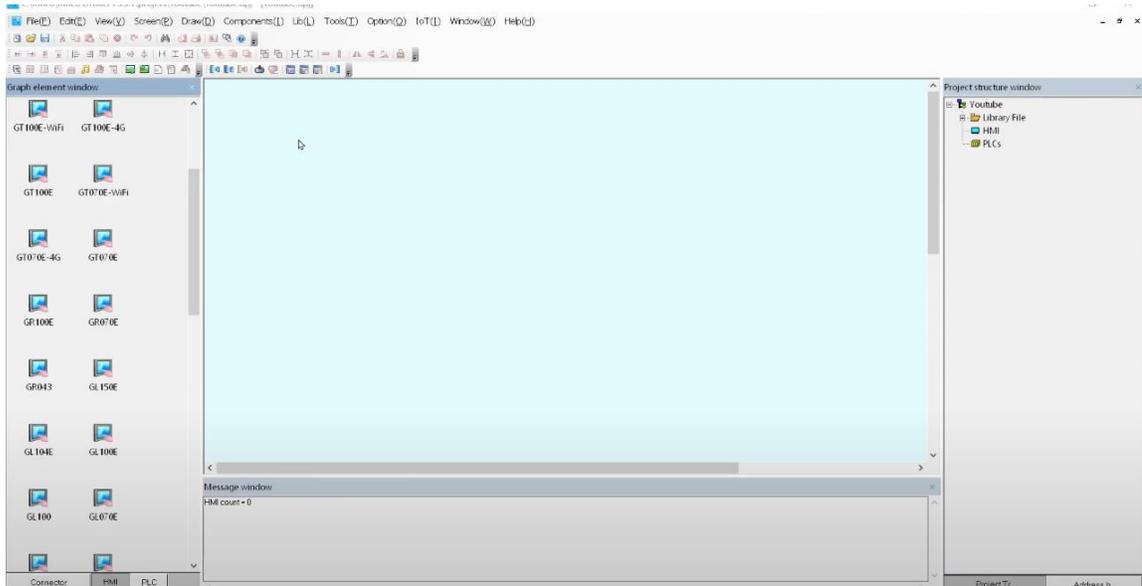
Autor:	jasta	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	21/08/22 13:28/22/08/22 20:39	archivo:	esquema_riego.lld	Página:	4 / 9

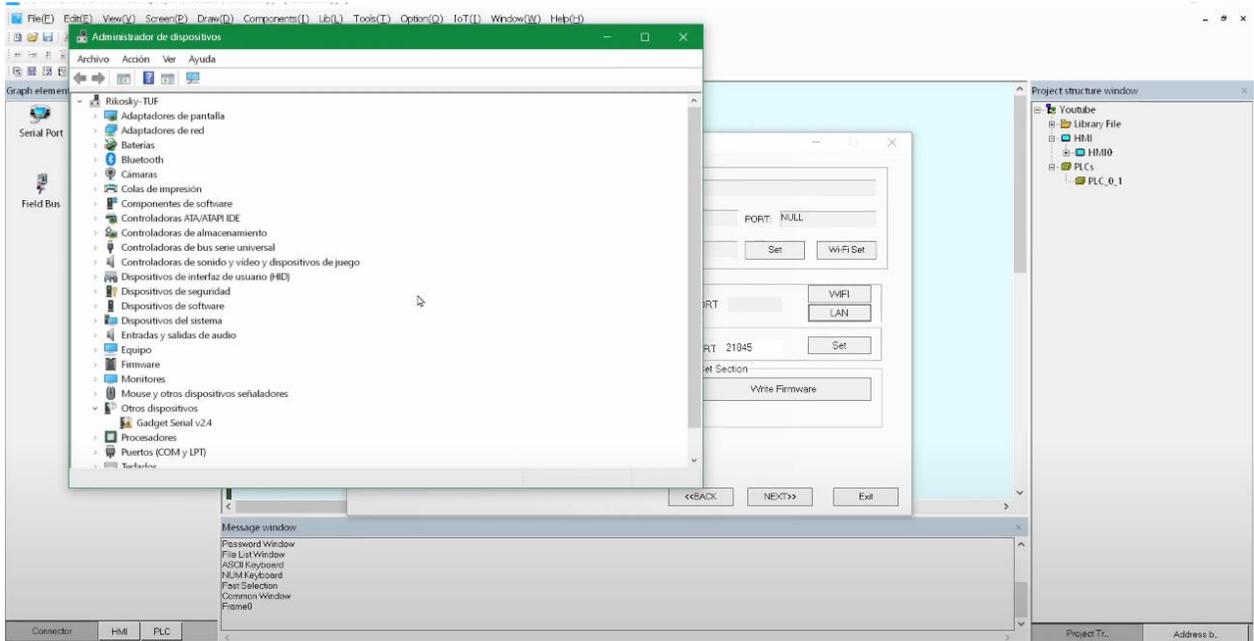
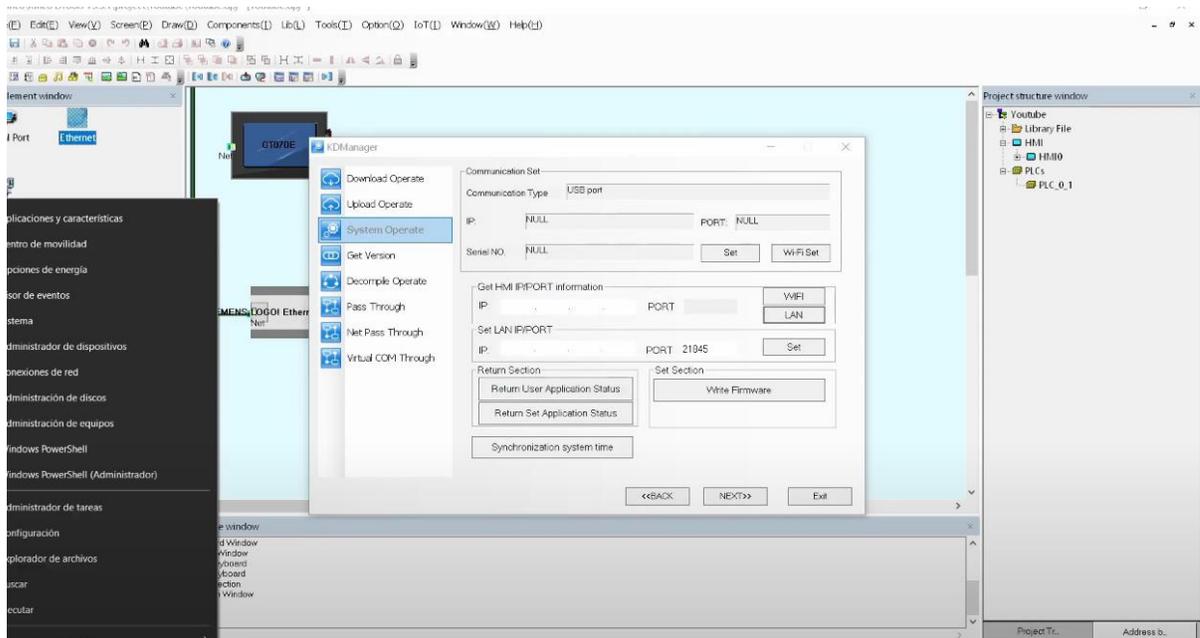


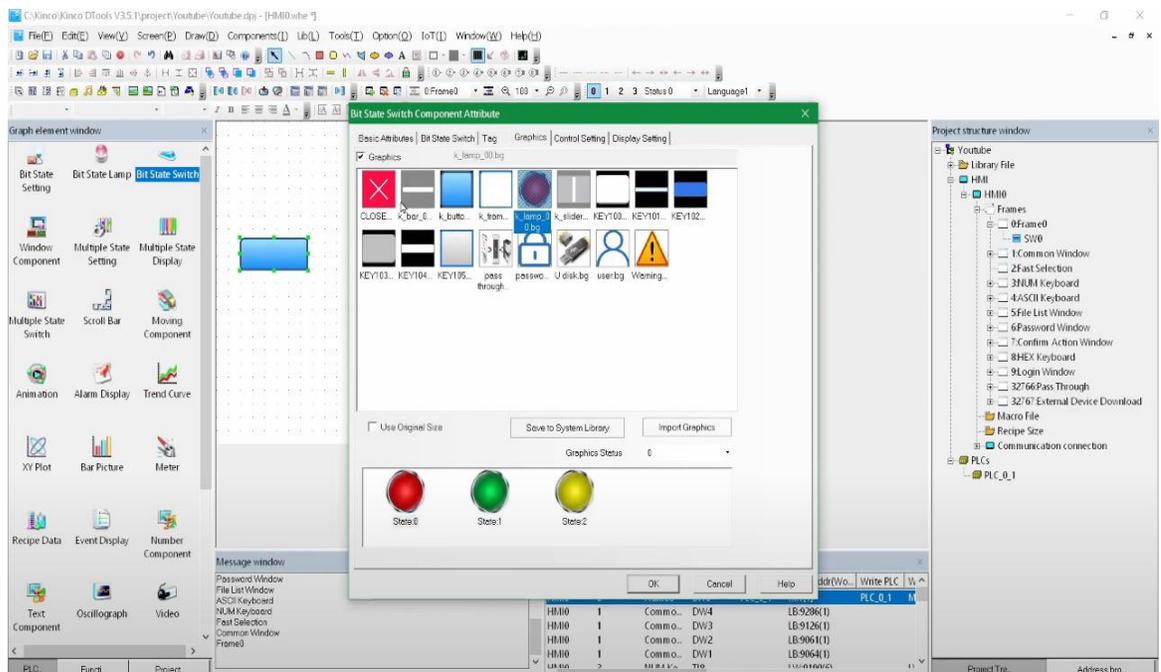
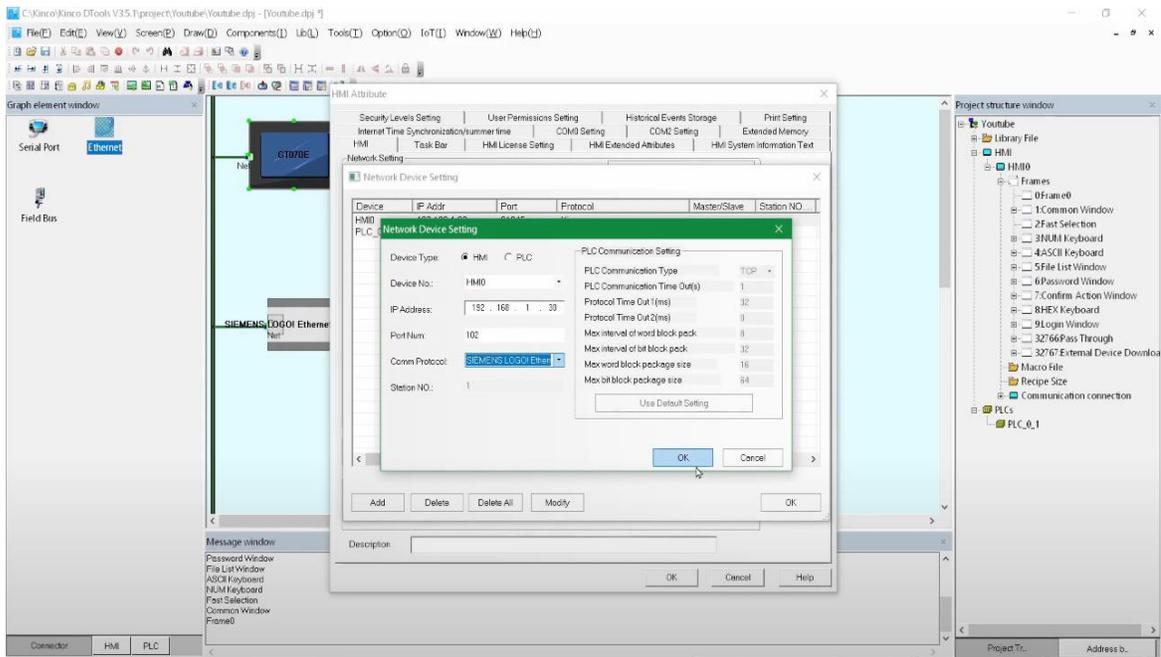
Autor:	jasta	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		N° diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	21/08/22 13:28/22/08/22 20:39	archivo:	esquema_riego.ild	Página:	5 / 9



## Anexo L. Programacion de la interfaz Kinco- Logo



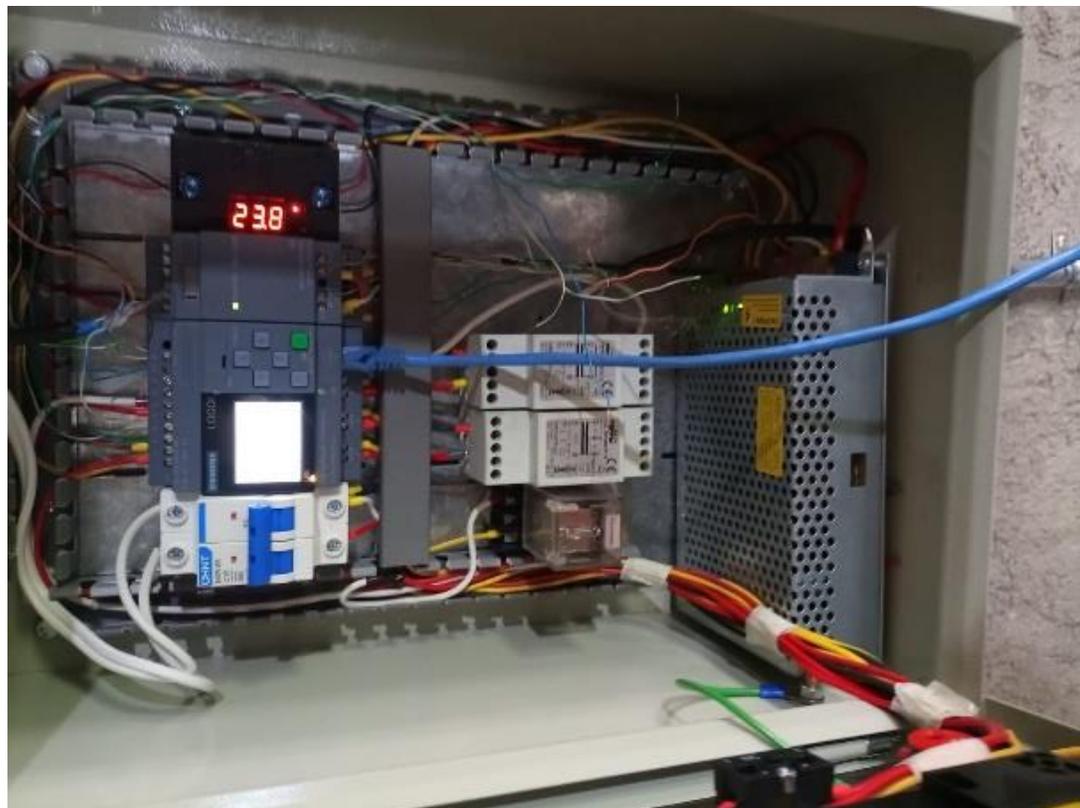




**Anexo M. Conexión física HMI Kinco PLC LOGO**



**Anexo N. Ensamblaje y prueba de elementos del tablero**



**Anexo O.** Calibración de sensores de humedad y temporizador



**Anexo P.** Pruebas de control del sistema



**Anexo Q.** Interfaz gráfica de control manual y automático



**Anexo R.** Peinado y adecuaciones finales del tablero



## Anexo S. Manual de mantenimiento

### MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO



Autores: Cajamarca J. – Cevallos J.

#### CONTENIDO

A continuación, realizaremos un manual de operación y mantenimiento en base al sistema de riego automático para futura aplicación de consulta.

#### CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

- El sistema opera a 110 v (red pública)
- Verificar que todas las electroválvulas se encuentren en modo automático, y que la alimentación sea 24 V.

#### CONTENIDOS

- Leer este manual con atención.
- Este manual usted encontrara consejos útiles para usar apropiadamente el sistema de riego.

#### INTRODUCCIÓN

- Información de Seguridad.
- Información de Partes.

#### ANTES DE INICIAR EL SISTEMA AUTOMÁTICO.

- Preparación antes de comenzar el riego.

#### INSTALACIÓN

- Instalación.

#### CUIDADO Y MANTENIMIENTO

- Limpieza y mantenimiento.

#### PROBLEMAS

- Problemas comunes en la máquina.

## 1. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD.

El manual está dividido en dos partes: Advertencia y Precaución.

**PELIGRO:** El símbolo peligro significa el incumplimiento de esta declaración de seguridad causará daños personales o muerte.



**ADVERTENCIA:** El símbolo (WARNING) significa advertencia que el incumplimiento de esta declaración de seguridad causará daños personales o muerte.

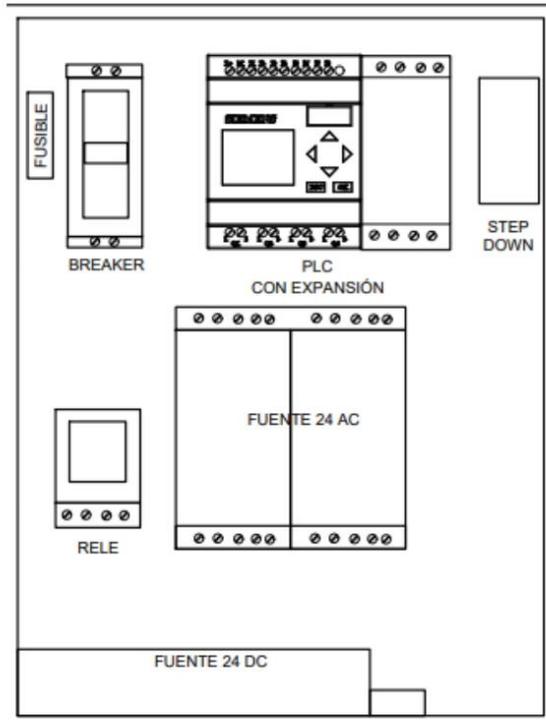


**PRECAUCIÓN:** El símbolo (CAUTION) significa precaución que el incumplimiento de esta declaración de seguridad causará daños personales o muerte.



- La instalación correcta debe realizarse utilizando todos los datos técnicos de la instalación.
- Una instalación incorrecta puede producir fugas eléctricas que podrían provocar un accidente.
- Al utilizar el Tablero de control es importante asegurarse de que no hay componentes quemados que puedan perjudicar el funcionamiento del sistema.
- Verificar que este bien conectadas las alimentaciones indicadas para evitar un corto circuito.
- Evite desactivar los controles sin los conocimientos necesarios o con herramientas inadecuadas.
- Asegurarse de que los cables no están cortados.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE PARTES



- PLC logo 12/24

### PLC LOGO 12/24 TDE V8.3



Tipo o componente	Selector
Material	Plástico gris
Voltaje de entrada / Suministro	12/24 V DC
Memoria	400 bloques
Entradas a digitales	8 y (4 analógicas) a 24 V
Salidas digitales a relés	4

- Expansión dm8 12/24 tipo relé

<b>Módulo ampliado Digital logo! DM8 12/24 TIPO relé</b>		
	Tipo o componente	Relé
	Material	Plástico GRIS
	Alimentación	12/24 V DC
	Número de entradas digitales	4
	Salidas digitales a relés	4 relé
	Corriente de salida	5A

- Temporizador CNC KG316T |110 V

<b>Temporizador CNC</b>		
	Voltaje de funcionamiento:	110V
	Carga resistiva:	16A
	Rango de control de tiempo:	1min-168 horas
	Capacidad de programación	hasta 16 programas
	Temperatura de operación	10°C - +50°C

- Electroválvula 1 in manual/automático

<b>Electroválvula de cierre y apertura</b>		
	Voltaje de alimentación:	24 VAC
	Tamaño de tubería	1"
	Potencia	2 W
	Modo de operación:	apertura MANUAL-OFF-AUTO

- Electroválvula 1 in proporcional

<b>Electroválvula proporcional DHWX15-25</b>		
	Voltaje de alimentación:	9 – 24 VDC
	Tamaño de tubería	1”
	Potencia	2 W
	Modo de operación:	apertura o cerrado de acuerdo al tiempo de energía aplicado

- Sensor resistivo de humedad del suelo

<b>Sensor resistivo de humedad del suelo</b>		
	Voltaje de alimentación:	3,3-12VDC
	Corriente de funcionamiento:	<20 mA Corrient salida: <30 mA).
	Longitud de la sonda del sensor:	8,8 cm.
	Paso del pin del sensor:	5 mm.

- Pantalla programable táctil KINCO GL070E

<b>Pantalla táctil Kinco HMI GL070</b>		
	Resolución	800 × 480 px
	Panel táctil	Red de resistencia de precisión de 4 hilos (dureza superficial 4H)
	Rango de entrada	DC12V ~ DC28V, fuente de alimentación aislada incorporada

- Fuente de alimentación de 24 V DC

<b>Fuente de 24 V AC/DC de 10 A</b>		
	Voltaje de entrada	AC 110 V-240V (50/60 Hz)
	Voltaje de Salida	24 V DC
	Corriente de salida máx.	10 A
	Potencia máx.	250 W
	Dimensiones	215x113x50 mm

- Módulo lm2596

<b>Convertidor de voltaje DC-DC LM2596</b>		
	Convertidor DC-DC Buck:	LM2596
	Voltaje de entrada:	4.5V a 40V DC
	Voltaje de salida:	1.23V a 37V DC
	Corriente de Salida:	máx. 3A, 2.5A

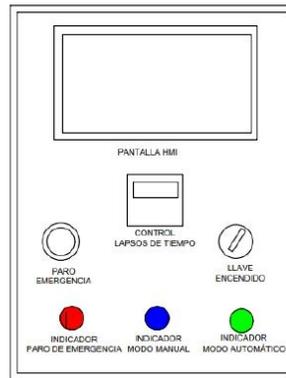
- Relé CAMSCO de 24 v

<b>Relé CAMSCO de 24 v</b>		
	Relé	Camsco
	Voltaje de entrada:	110 V
	Voltaje de salida:	24 V
	Corriente de Salida:	máx. 3A, 2.5A

### 3. MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

#### a. INSTALACIÓN

El tablero de control debe ser colocado en un espacio plano, firme y visible y de fácil acceso para el operador. Es recomendable colocar una protección contra humedad o aseso de agua.

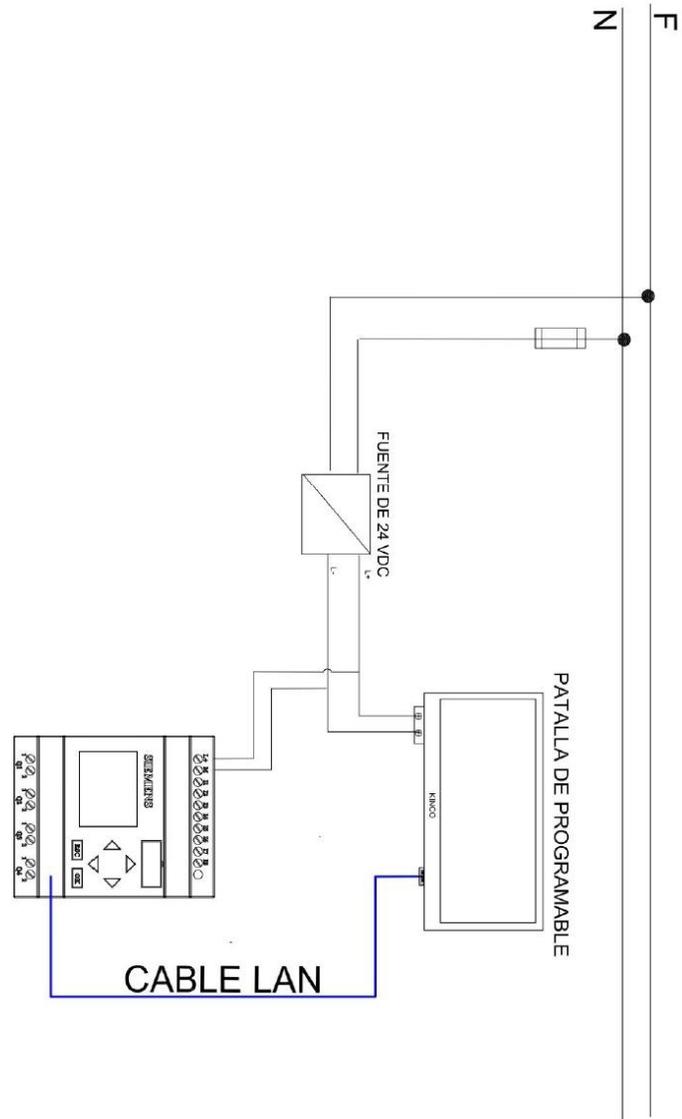


#### 4. CUIDADO Y MANTENIMIENTO

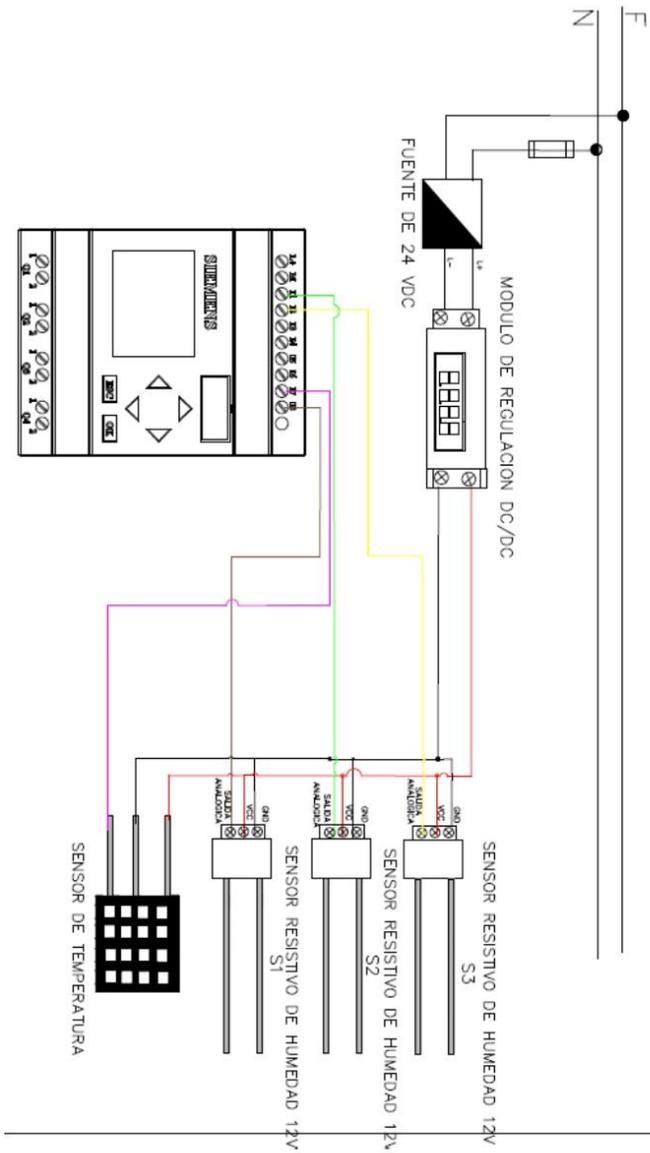
- Apagar el equipo en su totalidad, revisar que no esté encendido ninguno de los mandos.
- La carama de control se puede limpiar con un trapo seco.

POSIBLES PROBLEMAS	CAUSAS POSIBLES	SOLUCIONES Y MEDIDAS PREVENTIVAS
La máquina no enciende.	<ul style="list-style-type: none"><li>Verificar alimentación.</li><li>Problemas de alimentación eléctrica.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Verifique si el fusible está en buen estado.</li><li>Verificar si los breakers estén en on.</li></ul>
El modulo no alcanza la presión necesaria.	Las electroválvulas se encuentran obstruidas.	Limpiar las electroválvulas en su interior.
No existe control sobre las electroválvulas.	<ul style="list-style-type: none"><li>Problema en la programación del sistema.</li><li>Verificar el cableado del sistema.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Reiniciar el sistema de programación.</li><li>Cambiar fusibles.</li></ul>

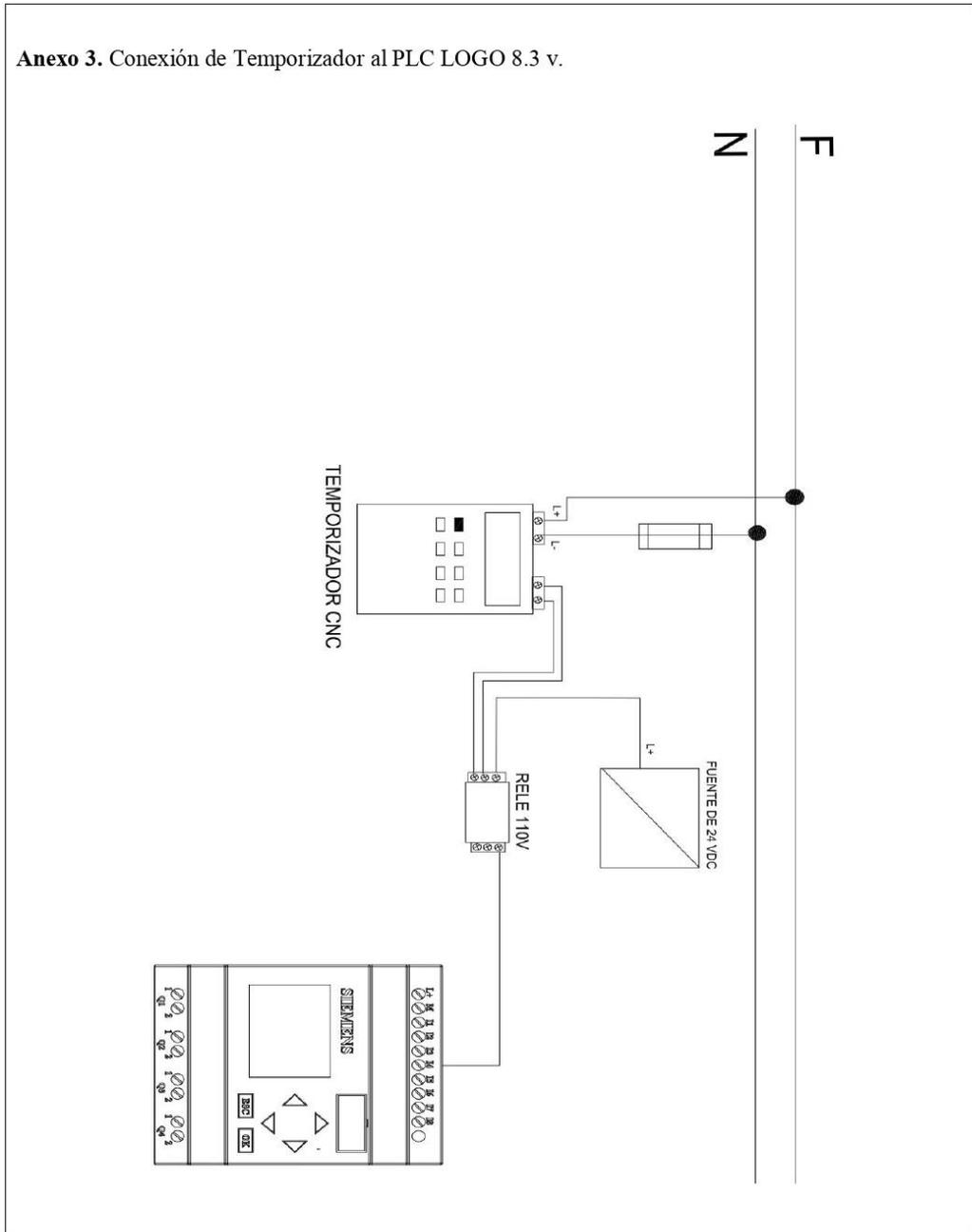
**Anexos 1 :** En el siguiente grafico se encuentra el diagrama de conexión de la pantalla programable kinco al sistema de con una fuente de alimentación de 24 V DC y al PLC LOGO 8,3 V de 12/24 TDE Dc.



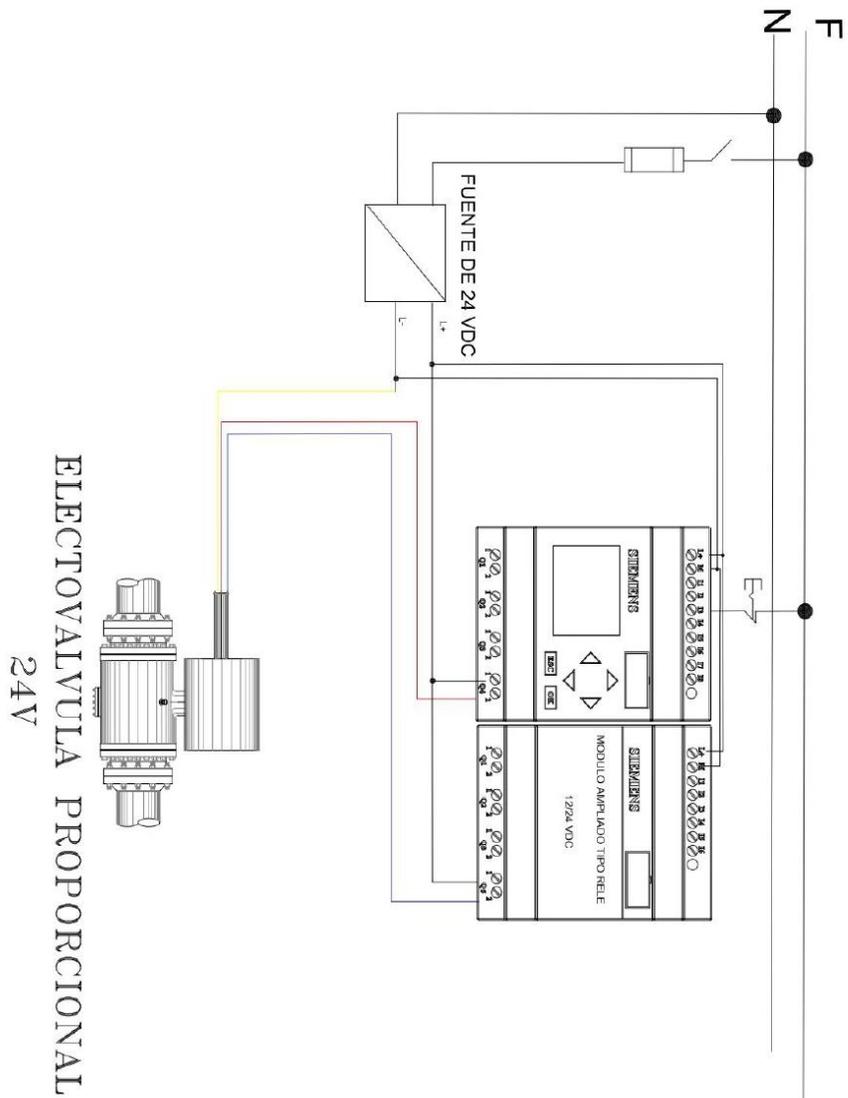
**Anexo 2.** Conexión de los sensores capacitivo de humedad.



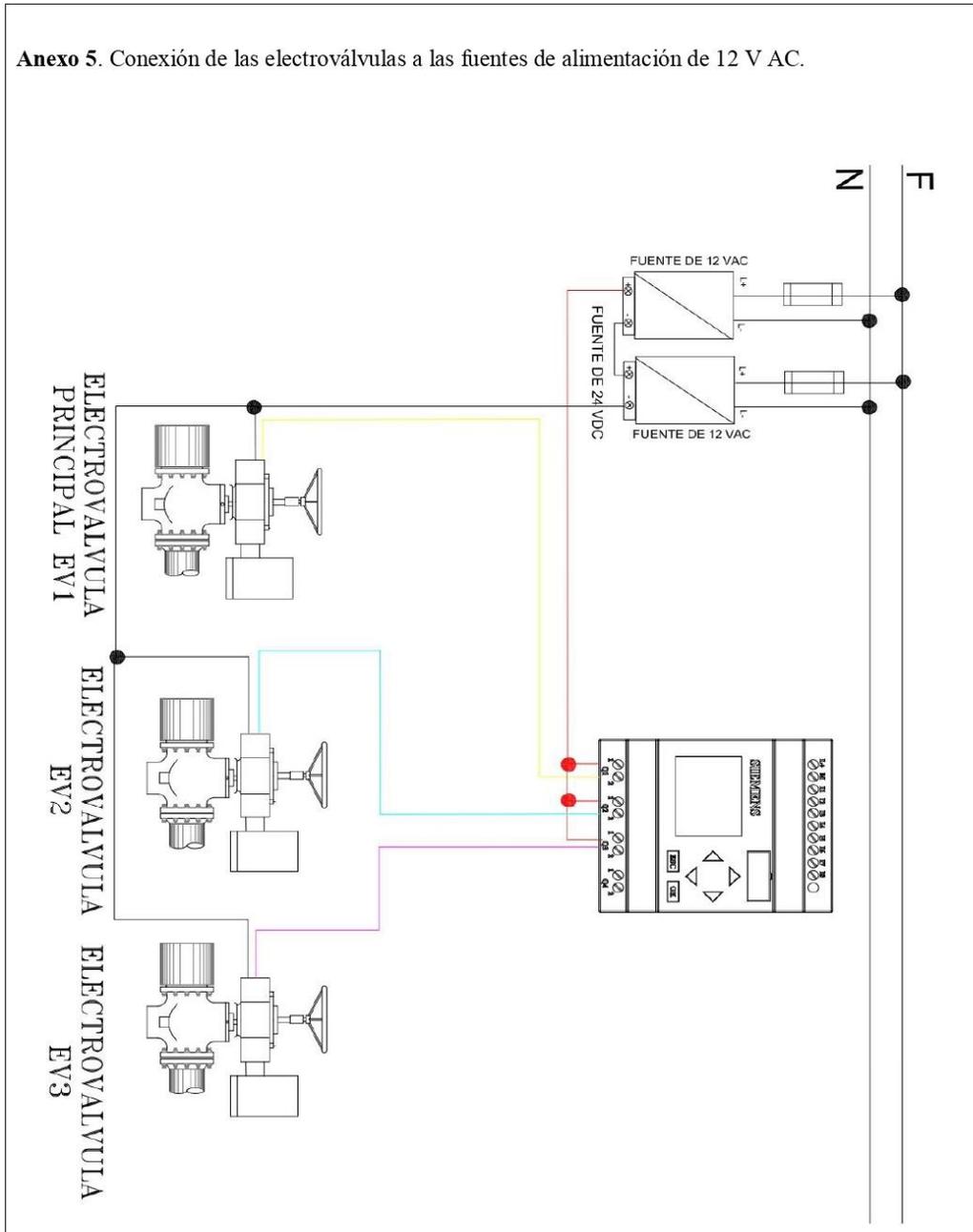
Anexo 3. Conexión de Temporizador al PLC LOGO 8.3 v.



**Anexo 4.** Conexión de la electroválvula proporcional al PLC LOGO 8.3 V y a la fuente de alimentación de 24 v dc, módulo de expansión.



Anexo 5. Conexión de las electroválvulas a las fuentes de alimentación de 12 V AC.



## Anexo T. Manual de usuario

### SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO

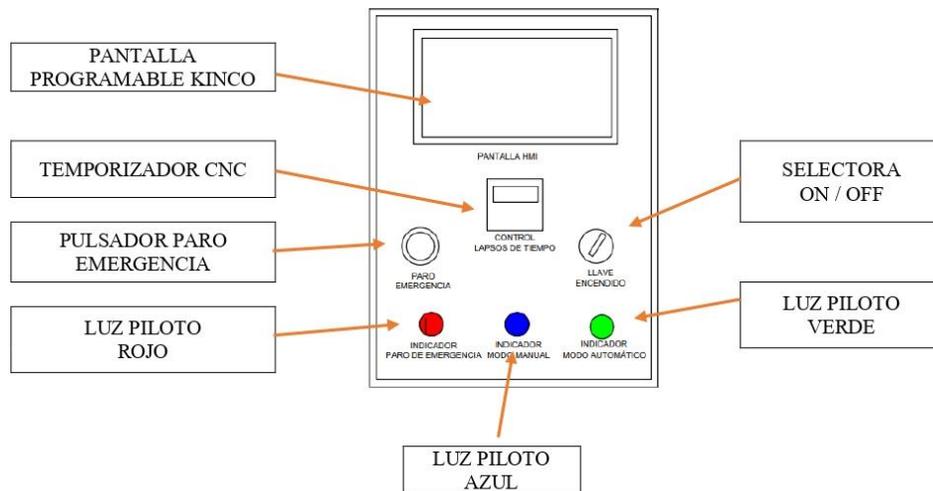


#### 1. OBJETIVO

Establecer un instructivo que permita identificar los pasos a seguir para una adecuada operación del tablero de control del **SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO**, instalada en el barrio Anchiliví en la provincia de Cotopaxi, con ello evitar malas manipulaciones y accidentes durante su funcionamiento, garantizando una correcta operación del equipo.

#### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Dirigido a los usuarios para conocer al detalle la activación del tablero de control del sistema de riego automatizado, instalada en el barrio Anchiliví en la provincia de Cotopaxi, para su supervisión al momento de su operación y puesta en marcha, garantizando una correcta operación del equipo.



**Nota:** Esta imagen muestra los componentes que tiene el tablero de control.

### 3. DESCRIPCIÓN

#### I. PROCEDIMIENTO PARA EL USO DEL TABLERO DE CONTROL

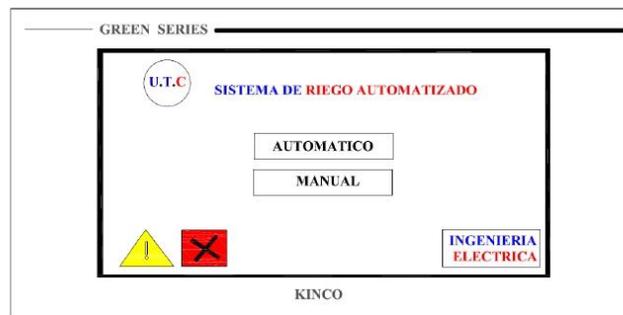
1. Energizar el equipo.
2. Verificar que la pantalla ubicada en la parte frontal del tablero esté encendida.
3. Verificar que el selector principal está en modo manual o automático
4. Seleccionar el modo manual o automático dependiendo el uso que se la quiera dar.

#### II. PASOS

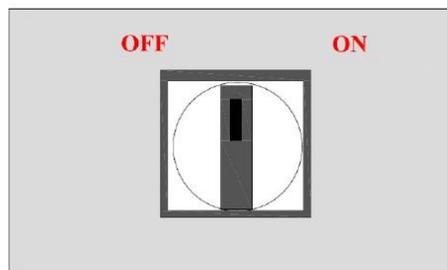
**Paso 1.** Identificar el tablero de control del sistema de riego automatizado del agua en el barrio Anchiliví en la provincia de Cotopaxi donde se desarrolló la propuesta tecnológica.

**Paso 2. Activación del sistema**

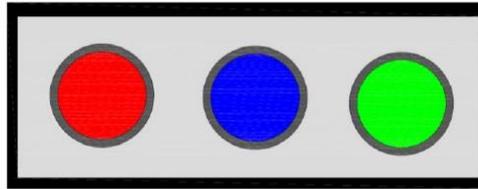
1. Encendido del tablero: El tablero de control consta de un selector de 2 posiciones el cual permite el encendido y apagado del mismo.



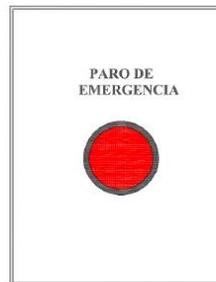
2. El selector debe estar girado a la izquierda en su totalidad, lo cual nos indica que el tablero está apagado y para lograr el encendido se debe girar el selector hacia la posición derecha, al estado on, activando los elementos que se encuentran en el interior del tablero.



3. Consta de luces piloto (rojas, azul y verde), las cuales al estar encendidas la luce piloto color rojo significa que se acciono el paro de emergencia, cuando se encuentran encendida la luces piloto color verde, significa que se encuentran encendido le sistema automático, respectivamente cuando se encendida la luce piloto color verde, significa que se encuentran encendido le sistema manual.



4. También consta de un paro de emergencia, el cual sirve para PARAR el sistema en caso de que ocurra un fallo en el mismo.



**Paso 3:**

La pantalla programable Kinco se enciende automáticamente, la cual nos muestra un menú de operación donde podemos seleccionar el modo en el cual necesitamos trabajar:

- a. Control manual
- b. Control automático

**III. MODO MANUAL**

- a) Verifique que la electroválvula principal (Ev1) este abierto antes de enviarle a iniciar el sistema.
- b) Verificar que las electroválvulas estén funcionando.
- c) Seleccionar la electroválvula que desee trabajar.



Al presionar en la pantalla la opción CONTROL MANUAL se despliega una ventana de operación, la cual detallan cada uno de los elementos a controlar, con sus respectivas opciones de encendido y apagado.

En esta pantalla

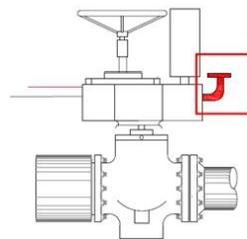
Los elementos a controlar son:

1. Electroválvula principal
2. Electroválvula 2 (Ev2)
3. Electroválvula 3 (Ev3)
4. Electroválvula proporcional

La electroválvula proporcional en forma manual nos permite regular el tiempo de apertura o cierre de agua en lazos de tiempo.

5. Cierra de la ventana
6. En esta pantalla se puede apreciar el porcentaje de humedad registrada por el sensor capacitivo de humedad.

**Nota:** Las Electroválvulas (1, 2,3) permite la apertura o cierre del agua de forma manual accionando el selector de posición de color roja que se encuentran al costado de la electroválvula en caso de no tener energía eléctrica.

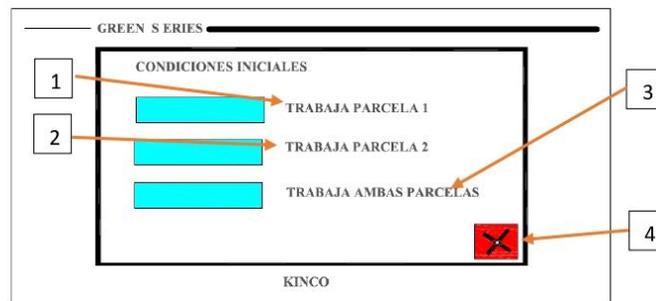


#### IV. CONTROL AUTOMATICO

##### a. Electroválvula on/off

En esta pantalla se puede apreciar el porcentaje de humedad registrada por el sensor de humedad capacitivo.

Al presionar en la pantalla la opción de control automático se despliega una ventana de operación la cual nos permite seleccionar 3 diferentes condiciones iniciales.



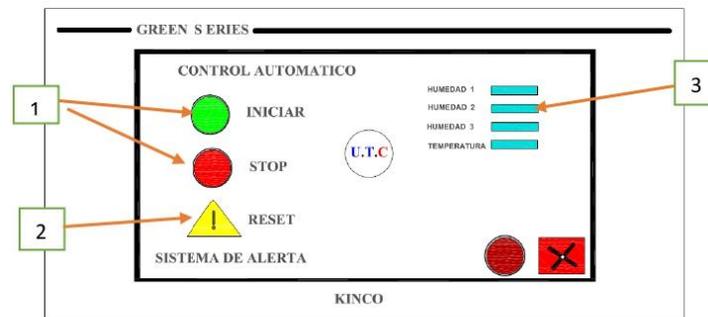
##### Botón digital (1, 2):

- Se debe trabajar de forma separada.
- Tienen que utilizar el temporizador para programar sus tiempos de apertura o cierre antes de enviarlos a correr el sistema.

##### Botón digital (3):

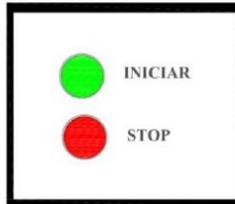
- La condición 3 permite que trabajar las electroválvulas de forma continúa.

Funcionamiento de panel de control de las electroválvulas (Ev2 y Ev3) respectivamente. Si se pulsa el siguiente botón se despliega una nueva imagen donde se puede ver un conjunto de elementos y botones en el interior de esta pantalla como se puede observar a continuación.



En esta pantalla se divide en 3 partes, así como el anterior caso, pero en esta imagen ya se tiene más literales que se puede ver a continuación.

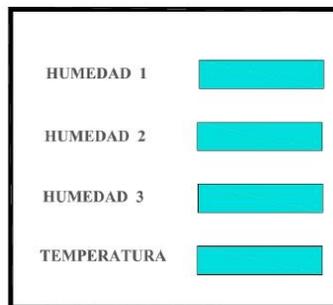
1. Este es el sistema de encender y apagar automático, es decir este botón verde se encarga de manipular el inicio el sistema, el botón rojo significa stop.



2. Este símbolo indica Reset de sistema de riego en el caso de no querer seguir utilizando el sistema riego automático o querer seleccionar otra condición inicial.



3. Este pequeño cuadrado se puede visualizar la lectura del sensor capacitivo de humedad donde se puede evidenciar el incremento o decremento de los niveles que se tiene en el lote 1.



## V. ELECTROVÁLVULA PROPORCIONAL

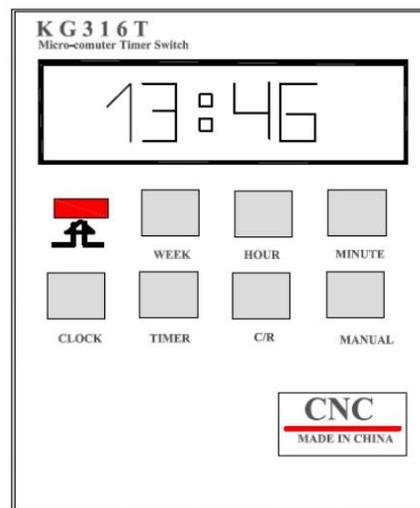
Una vez que el rango de humedad se encuentre dentro de los límites especificados, se activarán o se desactivarán la electroválvula proporcional automáticamente.

## VI. PROGRAMACIÓN DEL TEMPORIZADOR CNC

Al presionar en la pantalla la opción CONDICIONES INICIALES se debe programar el temporizador CNC, la cual nos permite controlar el encender y apagado de las electroválvulas en un lazos de tiempo de cada una de las hileras que conforman nuestro sistema.

### a) Ajuste de hora

- Antes de usar el micro controlador, revise la hora en pantalla para calibrar la hora actual.
- Mantenga presionado el botón “CLOCK” mientras ajusta respectivamente “HORA” (HOUR), “MINUTO” (MINUTE) y “SEMANA” (WEEK) presionando el botón de cada uno de estos.



### b) Ajuste de tiempos

PASOS	BOTÓN	AJUSTE
1	Presione TIMER	El primer ajuste de encendido aparece en pantalla como (display 1 on)
2	Presione hora “HOUR ” y minuto “MINUTE”	Para ajustar la hora y minuto de encendido
3	Presione botón “WEEK”	Modo de operación: Ajuste el encendido en los días de operación
4	Presione “TIMER” nuevamente	El primer ajuste de apagado aparece en pantalla como (display 1 off)

5	Presione Hora "HOUR" y minuto MINUTE"	Para ajustar la hora y minuto de apagado
6	Presione botos "WEEK"	Modo de operación: Ajuste el apagado en los días de operación
7	Repita los pasos del 1 al 6	Para el ajuste de 3er encendido y apagado, 4to encendido y apagado hasta el 16vo encendido y apagado.
8	Presione el botón "CLOCK"	Termina el ajuste de los tiempos y regresa a la pantalla del reloj
9	Presione el botón "AUTO/MANU"	Ajusta el interruptor ▼Al estado de encendido y apagado de modo automático.

**Notas:** Cuando hay un error al ajustar el tiempo o se desea cancelar el tiempo programado, presione el botón "RESET/RECALL", en la pantalla se mostrara "--:--"significa que ya no hay tiempo programado y podrá ingresar nuevamente la configuración de tiempo deseada.

**I. RECOMENDACIONES**

- Realizar una rápida inspección visual del equipo para asegurarse de que está en excelentes condiciones.
- Asegurarse de que los dispositivos del interior del tablero funcionan correctamente antes de intentar utilizarlos.
- Asegurarse de leer el manual antes de manipular el tablero de control del sistema de riego automatizado para garantizando una correcta operación del equipo.