



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE POTENCIA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA FLORICOLA PILATASIG ANALUISA MARTHA CECILIA UBICADO EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Eléctricos en
Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Pilatasig Chicaiza Henry Fabricio

Yugsi Caiza Luis Rene

Tutor Académico:

Ing. José Efrén Barbosa Galarza MSc.

LATACUNGA - ECUADOR

Marzo 2022



Ingeniería
Eléctrica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **PILATASIG CHICAIZA HENRY FABRICIO** y **YUGSI CAIZA LUIS RENE** declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica “**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA FLORICOLA PILATASIG ANALUISA MARTHA CECILIA UBICADO EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, siendo el **ING. JOSÉ EFRÉN BARBOSA GALARZA** 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, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Pilatasig Chicaiza Henry Fabricio

C.I. 055000817-1

Yugsi Caiza Luis Rene

C.I. 172317356-1



AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

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

“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA FLORICOLA PILATASIG ANALUISA MARTHA CECILIA UBICADO EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de **PILATASIG CHICAIZA HENRY FABRICIO** y **YUGSI CAIZA LUIS RENE**, 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 Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo 2022

El Tutor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Efrén Barbosa Galarza', written over a horizontal blue line.

Ing. Barbosa Galarza José Efrén

C.I. 050142072-3



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **PILATASIG CHICAIZA HENRY FABRICIO** y **YUGSI CAIZA LUIS RENE** con el título de Proyecto de titulación **“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA FLORICOLA PILATASIG ANALUISA MARTHA CECILIA UBICADO 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, Marzo 2022

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ms.C. Jiménez Jiménez Diego Leonardo
CC: 0503493702

Lector 2

Ms.C. Castillo Fiallos Jessica Nataly
CC: 0604590216

Lector 3

Ms.C. Pacheco Mena Carlos Francisco
CC: 0503072902



Ingeniería
Eléctrica

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de propietaria de la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia certifico que mediante la propuesta tecnológica **“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA FLORICOLA PILATASIG ANALUISA MARTHA CECILIA UBICADO EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”** de los señores **PILATASIG CHICAIZA HENRY FABRICIO** con número de cédula 0550008171 y **YUGSI CAIZA LUIS RENE** con número de cédula 1723173561, realizan la entrega del proyecto de titulación en pleno funcionamiento.

Latacunga, Marzo 2022

Sra. Pilatasig Analuisa Martha Cecilia

C.I. 0502148182

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza necesaria para luchar por cumplir mis metas, por darme salud para compartir de momentos inolvidables junto a mis seres querido y por siempre guiarme para ser una persona de bien.

A mis padres por haberme dado la vida, por apoyarme en los momentos buenos y malos, por cada consejo brindado para formarme como persona y por la motivación brindada que ha sido parte fundamental a lo largo de mi formación académica.

A mi hermano por ser la persona que siempre me ha cuidado y apoyado, por enseñarme que siempre hay que luchar por conseguir lo que uno se anhela, por ser mi soporte en los momentos más difíciles de mi vida y ayudarme a salir adelante buscando una solución a mis problemas.

Henry Pilatasig

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme día tras día por el mejor camino, por darme la oportunidad de cumplir cada una de mis metas establecidas, por permitirme ser una persona de bien y de disfrutar de los mejores momentos junto a mis seres queridos.

A mis padres, por haberme dado la vida y enseñarme a luchar por lo que uno se anhela, por sus sabios consejos que ayudaron a formarme a lo largo de la vida, por sus palabras de aliento y motivación para cumplir mis sueños y por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica.

A mi hermana, por ser la persona que me ha cuidado y apoyado a salir adelante en los momentos más difíciles con su carisma dulzura y alegría, por estar siempre a mi lado y nunca dejarme solo.

Luis Yugsi

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis con todo mi amor y cariño a Dios por darme salud, vida y cuidarme siempre en mi día a día, por acompañarme en cada proyecto realizado y por no dejarme vencer por las adversidades de la vida.

A mis padres Arturo Pilatasig y Jhanette Chicaiza por su gran esfuerzo y sacrificio, por motivarme y permitirme seguir una carrera universitaria a pesar de atravesar momentos difíciles, por creer en mis capacidades y en mis ganas de salir adelante y tener una profesión.

A mis hermanos Fernando y Jorge quienes me brindaron su apoyo incondicional para continuar con mis estudios y por ser siempre un motivo de inspiración para salir delante de cualquier problema.

Henry Pilatasig

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis con todo mi amor y cariño a Dios por guiarme en el trayecto de mi vida universitaria y a la virgencita de Baños de Agua Santa porque me acompaña y siempre me ha ayudado a levantarme de los tropiezos.

A mis padres Fabian Yugsi y Nancy Caiza por su gran esfuerzo y sacrificio, por creer en mis capacidades y por brindarme la oportunidad de seguir una carrera universitaria, ya que, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre me han brindado de su apoyo, cariño y afecto.

A mi hermana Adriana y mi tía Lucia quienes sin esperar nada a cambio con sus palabras de aliento y motivación me dan fuerzas para seguir adelante y superar cualquier problema.

Luis Yugsi

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1 EL PROBLEMA	4
2.1.1 Situación Problemática	4
2.1.2 Formulación del problema.....	4
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.3 BENEFICIARIOS	5
2.3.1 Beneficiarios Directos	5
2.3.2 Beneficiarios Indirectos.....	5
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	5
2.5 HIPÓTESIS	5
2.6 OBJETIVOS.....	6
2.6.1 General.....	6
2.6.2 Específicos.....	6
2.7 SISTEMA DE TAREAS	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9
3.1 PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE FLORES EN EL ECUADOR	9
3.1.1 El Cultivo de Stock (MathiolaIncana).....	9
3.1.2 Requerimientos del Cultivo del Stock.....	9
3.1.2.1 Exigencia Climática.....	9
3.1.2.2 Exigencias Edáficas.....	10
3.1.3 Técnicas de Cultivo del Stock	10
3.1.3.1 Proceso de Siembra del Stock	10
3.1.3.2 Proceso de Riego en la Zona de Cultivo del Stock	11
3.1.4 Estructura de los Invernaderos	12
3.1.4.1 Materiales de cubierta del invernadero.....	13

3.1.4.2 Sistema de Ventilación en Invernaderos	13
3.1.4.3 Sistema de Nebulización en Invernaderos	14
3.1.5 Automatización del Invernadero	15
3.1.5.1 Sistema de calefacción en Invernaderos	15
3.1.5.2 Sistema de Enfriamiento en Invernaderos	16
3.1.5.3 Sistema de Riego en Invernaderos.....	16
3.1.6 Tipos de Bombas Utilizadas para el Riego de Agua	18
3.1.6.1 Bombas centrifugas	18
3.1.7 Automatización Industrial	18
3.1.8 Control Automático Industrial.....	18
3.1.8.1 Sistema de Control de Lazo Abierto	19
3.1.8.2 Sistema de Control de Lazo Cerrado.....	20
3.1.9 Controlador Lógico Programable	20
3.1.9.1 PLC Logo	20
4. METODOLOGÍA Y MATERIALES	22
4.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	22
4.1.1 Método Científico.....	22
4.1.2 Método Deductivo	23
4.1.3 Método Inductivo	23
4.2 CLASIFICACION DE LA INVESTIGACION	23
4.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	23
4.3.1 Estudios explorativos.....	23
4.3.2 Estudios descriptivos	23
4.3.3 Estudios explicativos	23
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	24
4.4.1 Recopilación de Información	24
4.4.2 Planificación del Proyecto del Sistema de Control de Temperatura y Humedad.....	24

4.4.3 Ejecución del Proyecto del Sistema de Control de Temperatura y Humedad.....	24
4.4.4 Seguimiento y Control de la Tecnología Implementada	24
4.4.5 Herramientas e Instrumentos de Medida	24
4.4.6 Programación de los Sistemas de Control	25
4.5 MATERIALES EMPLEADOS	26
4.5.1 Materiales Utilizados en el Sistema de Control de Temperatura	26
4.5.1.1 PLC Logo Siemens 12/24 RCE (4DI/4DO) Tipo Relé	26
4.5.1.2 Fuente De Alimentación Industrial	27
4.5.1.3 Sensor Termocupla tipo K.....	27
4.5.1.4 Módulo MAX6675 para Termocupla Tipo K.....	28
4.5.1.5 Arduino Nano	28
4.5.1.6 Display o Pantalla LCD.....	29
4.5.1.7 Extractor de aire.....	29
4.5.2 Materiales Utilizados en el Sistema de Control de Humedad	29
4.5.2.1 Bomba Centrifuga para Riego de Agua.....	30
4.5.2.2 Materiales del Sistema de Succión	31
4.5.2.3 Tubería Plástica para Sistemas de Riego	32
4.5.2.4 Manguera Ciega para Sistemas de Riego	33
4.5.2.5 Microaspersor Gyronet.....	34
4.5.3 Materiales del Tablero de Control del Sistema de Temperatura y Humedad.....	34
4.5.3.1 Selector Metálico 3 Posiciones.....	35
4.5.3.2 Luz Piloto CHNT	35
4.5.3.3 Pulsador de Emergencia	36
4.5.3.4 Canaleta Ranurada.....	36
4.5.3.5 Riel Din	37
4.5.3.6 Contactador LS Bobina 9A	37
4.5.3.7 Guardamotor LS 5-8 A.....	37

4.5.3.8 Pulsador de Marcha y Paro	38
4.5.3.9 Breaker Monofásico	38
4.5.3.10 Barra de Tierra 12 Orificios	39
4.5.3.11 Cable THHN Flexible Centelsa.....	39
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	40
5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO IMPLEMENTADO	40
5.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE HUMEDAD	41
5.2.1 Adaptación del sistema de Riego de Agua	42
5.2.2 Distribución de Manguera y Microaspersores de Agua.	43
5.3 INSTALACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA	43
5.3.1 Instalación del Extractor de Aire en el Invernadero	45
5.4 INSTALACION DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	46
5.5 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD ..	47
5.5.1 Esquema de Conexión del Sistema de Control de Temperatura y Humedad.....	47
5.5.2 Sistema de control de riego y ventilación.....	48
5.5.2.1 Programación en LOGO 12/24 RCE.....	48
5.5.2.2 Esquema de conexión de placa electrónica para adquisición de datos.....	51
5.5.2.3 Programación en Arduino.....	52
5.6 DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	56
5.6.1 Calculo de protecciones y del cableado.....	57
5.7 DISEÑO GENERAL DEL TABLERO DE CONTROL DEL INVERNADERO.....	60
5.7.1 Selección del modelo del tablero de control.....	60
5.7.2 Ubicación de componentes Eléctricos y Electrónicos.....	61
5.7.3 Conexión de componentes eléctricos	62
5.8 PRUEBAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	62
5.8.1 Control del Sistema de Ventilación y Riego de Agua.....	62

5.8.1.1 Pruebas del Sistema de Control de Temperatura.....	63
5.8.1.2 Pruebas del Sistema de Control de humedad.....	67
5.9 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	68
5.9.1 Presupuesto.....	68
5.9.1.1 Gastos Directos.....	68
5.9.1.2 Gastos indirectos	69
5.9.1.3 Presupuesto Total	70
5.9.2 Análisis Financiero	70
5.9.2.1 Costos Fijos	70
5.9.2.2 Materiales Orgánicos.....	70
5.9.3 Análisis de Impactos.....	71
5.9.3.1 Impacto Social	71
5.9.3.2 Impacto Tecnológico	72
5.9.3.3 Impacto Ambiental	72
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
6.1 CONCLUSIONES.....	72
6.2 RECOMENDACIONES	73
7. BIBLIOGRAFÍA	74
8. ANEXOS	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Plantas germinadas Flor Alhelí o stock.....	10
Figura 3.2. Siembra directa y distribución de la semilla de la Flor Alhelí.....	11
Figura 3.3. Siembra indirecta en bandejas con alvéolos de la Flor Alhelí	11
Figura 3.4. Sistema de riego mediante la utilización de aspersores	12
Figura 3.5. Tipos de Estructuras de Invernaderos	13
Figura 3.6. Ventilación Activa de los Invernaderos	14
Figura 3.7. Ventilación Pasiva de los Invernaderos	14
Figura 3.8. Sistema de Nebulización en Invernaderos	14
Figura 3.9. Sistema de Riego por aspersion	17
Figura 3.10. Bomba Centrifuga	18
Figura 3.11. Sistema de Control Lazo Abierto.....	19
Figura 3.12. Sistema de Control Lazo Cerrado	20
Figura 3.13. Principales Partes del PLC Logo Siemens	21
Figura 4.1. Procedimientos en forma secuencial del método científico.....	22
Figura 4.2. Diagrama de la metodología	25
Figura 4.3. Algoritmo de funcionamiento del Sistema de Control de Temperatura y Humedad	25
Figura 4.4. LOGO 12/24RCE SIEMENS 12/24VDC (4DI / 4DO) Tipo relé.....	26
Figura 4.5. Fuente De Alimentación Industrial 24Vdc 2.5A 60W MDR6024.....	27
Figura 4.6. Sensor Termocupla Tipo K.....	27
Figura 4.7. Módulo MAX6675 tarjeta acondicionadora para Termocupla Tipo K.....	28
Figura 4.8. Arduino Nano.....	28
Figura 4.9. Display o Pantalla LCD para Arduino	29
Figura 4.10. Extractor de aire comercial de 45W	29
Figura 4.11. Bomba centrifuga para Riego de Agua de 0.5 HP	30
Figura 4.12. Implementación de accesorios para bomba centrifuga	30

Figura 4.13 a. Manguera de Succión Anillada para Succión de Agua	31
Figura 4.13 b. Válvula Check de Canastilla para Succión de Agua.....	31
Figura 4.13 c. Adaptador Flex para la Manguera de Succión	32
Figura 4.13 d. Abrazadera de Presión 32-35 para la Manguera de Succión.....	32
Figura 4.14. Tubería Plástica 32 mm Empleada en el Sistema de Riego	33
Figura 4.15. Manguera Ciega 16mm Empleada en el Sistema de Riego	33
Figura 4.16. Tapón de tipo t 16 mm Empleada en el Sistema de Riego	34
Figura 4.17. Microaspersor Gyronet.....	34
Figura 4.18. Gabinete Metálico Liviano de 600x400x200.....	35
Figura 4.19. Selector Metálico de 3 Posiciones.....	35
Figura 4.20. Luz piloto roja y verde	36
Figura 4.21. Pulsador de paro con retención	36
Figura 4.22. Contactor estándar.....	37
Figura 4.23. Guardamotor marca Siemens	38
Figura 4.24. Pulsador de marcha y paro	38
Figura 4.25. Breaker de 1 polo de 10 Amp	39
Figura 4.26. Barra de Tierra de 12 Orificios	39
Figura 5.1. Localización de la Florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia	41
Figura 5.2. Simulación del sistema de control de humedad en el software LabVIEW	41
Figura 5.3. Ubicación del Sensor de Humedad SHT10 en las bandejas del Invernadero	42
Figura 5.4. Distribución de TUB EC 25mm a lo largo del Invernadero	43
Figura 5.5. Adaptación del Sistema de Riego por Microaspersores.....	43
Figura 5.6 Simulación del sistema de control de temperatura en el software LabVIEW	44
Figura 5.7. Ubicación del Sensor de temperatura Tipo K en el Invernadero	44
Figura 5.8. Ubicación del extractor de aire para el correcto funcionamiento	46
Figura 5.9. Instalación del sistema de puesta a tierra	47
Figura 5.10. Diagrama de control de automatización del invernadero.....	47

Figura 5.11. Asignación de rango de valores automáticos	48
Figura 5.12. Configuración de los valores establecidos para el comparador analógico.....	49
Figura 5.13. Programación del sistema de ventilación en diagrama de funciones (FUP).....	49
Figura 5.14. Asignación de rango de valores automáticos	50
Figura 5.15. Configuración de los valores establecidos para el comparador analógico del Sistema de Riego	50
Figura 5.16. Programación del Sistema de Riego en diagrama de funciones (FUP)	51
Figura 5.17. Esquema final del programa de los procesos de control de Temperatura y Humedad	51
Figura 5.18. Diseño de placa electrónica.....	52
Figura 5.19. Diagrama de conexión de los diferentes equipos en la placa electrónica	52
Figura 5.20. Pasos para añadir una nueva biblioteca en el programa de Arduino.....	53
Figura 5.21. Ventana del gestor de librerías	53
Figura 5.22. Asignación de librerías y pines a utilizar en el Arduino 1.8.19	54
Figura 5.23. Configuración de parámetros y direccionamiento de los objetos creados	55
Figura 5.24. Configuración de datos a visualizar y formula para la señal de salida en voltaje	55
Figura 5.25. Esquema unifilar	57
Figura 5.26. Esquema unifilar	58
Figura 5.27. Tablero de control del Invernadero	60
Figura 5.28. Ubicación del tablero de control dentro del invernadero	61
Figura 5.29. Vista frontal de la línea primaria de regadío de agua.....	61
Figura 5.30. Vista superior de distribución de microaspersores	62
Figura 5.31. Datos de temperatura y humedad en el día	63
Figura 5.32. Datos de temperatura y humedad en la pantalla LCD.....	63
Figura 5.33. Representación gráfica de los valores de temperatura correspondiente a la primera semana de enero.....	64
Figura 5.34. Representación gráfica de los valores de temperatura correspondiente a la segunda semana de enero.....	65

Figura 5.35. Representación gráfica de los valores de temperatura entre un rango de 10,2 °C y 20,8 °C.....	66
Figura 5.36. Representación gráfica de los valores de temperatura entre un rango de 18,6 °C y 29 °C.....	66
Figura 5.37. Representación gráfica de los valores de temperatura entre un rango de 13,1 °C y 22,5 °C.....	67
Figura 5.38. Funcionamiento del sistema para obtener una humedad del 70 %	67
Figura 5.39. Representación gráfica de los valores de humedad del terreno en porcentajes ...	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas en relación al objetivo específico 1.	6
Tabla 2.2. Sistema de tareas en relación al objetivo específico 2.	7
Tabla 2.3. Sistema de tareas en relación al objetivo específico 3.	8
Tabla 3.1. Comparación de los tipos de siembra del Stock.....	11
Tabla 4.1. Calibre de conductores.	40
Tabla 5.1. Coordenadas de la ubicación de la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia.	40
Tabla 5.2. Características del Sensor de Humedad SHT10.	42
Tabla 5.3. Características del Sensor de Temperatura Tipo K.....	44
Tabla 5.4. Características del extractor de aire.....	46
Tabla 5.5. Consumo de corriente de los equipos implementados para el Sistema de Control de Temperatura y Humedad.	58
Tabla 5.6. Datos de Temperatura en °C correspondiente a la primera semana del mes de enero.	64
Tabla 5.7. Datos de Temperatura en °C correspondiente a la segunda semana del mes de enero.	65
Tabla 5.8. Datos de Humedad en porcentaje correspondiente a la primera semana del mes de enero.	68
Tabla 5.9. Gastos Directos del Proyecto.	69
Tabla 5.10. Gastos Indirectos del Proyecto.	69
Tabla 5.11. Presupuesto Total del Proyecto.	70
Tabla 5.12. Total, de costos fijos del Proyecto.....	70
Tabla 5.13. Materiales orgánicos utilizados para el cultivo.	70
Tabla 5.14. Análisis económico VAN y TIR.	71

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA FLORICOLA PILATASIG ANALUISA MARTHA CECILIA UBICADO EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.

Autores:

Pilatasig Chicaiza Henry Fabricio

Yugsi Caiza Luis Rene

RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad diseñar e implementar un sistema de control que permita la adquisición de variables físicas de temperatura y humedad en el área de germinación de semillas de la flor Alhelí en el invernadero Pilatasig Analuisa Martha Cecilia, con el fin de realizar el proceso de automatización del sistema de riego y extracción de aire para mejorar las condiciones ambientales en el interior del invernadero. Para realizar el sistema de control de temperatura y humedad, se realizó una investigación bibliográfica acerca de las exigencias climáticas de la flor alhelí y los procesos de riego en la zona de cultivo para realizar el diseño que permita detallar las características técnicas y el costo de los materiales que se utilizaron para el sistema de control, tomando como referencia el uso de un PLC Logo 12/24 RCE marca Siemens el cual brinda un sistema de control flexible, seguro y confiable, además de ser un dispositivo fácil de adquirir en el mercado y aun costo relativamente moderado, que permite establecer rangos de temperatura entre los 5 a 25 °C y un porcentaje de humedad entre el 50 y 70 %, si sobrepasa el límite máximo de temperatura el controlador permite el funcionamiento de un extractor de aire y si el porcentaje de humedad es menor a 50 % accionara el sistema de regadío de agua, sistemas que estarán en funcionamiento hasta llegar a los parámetros establecidos.

Se realizó un análisis financiero de la implementación de la propuesta tecnológica, dando como resultado que el proyecto es factible debido a que la inversión realizada se recupera en un corto periodo de tiempo, obteniendo también otro tipo de beneficios como optimizar los recursos que se emplean para la germinación de la flor alhelí.

Palabras clave: Invernadero, Control, PLC Logo, Regadío, Humedad, Temperatura.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "IMPLEMENTATION OF A TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL SYSTEM IN THE FLORICOLA PILATASIG ANALUISA MARTHA CECILIA LOCATED IN THE PROVINCE OF COTOPAXI".

Authors:

Pilatasig Chicaiza Henry Fabricio

Yugsi Caiza Luis Rene

ABSTRACT

The purpose of this project is to design and implement a control system that allows the acquisition of physical variables of temperature and humidity in the germination area of wallflower seeds in the greenhouse Pilatasig Analuisa Martha Cecilia, in order to perform the automation process of the irrigation system and air extraction to improve the environmental conditions inside the greenhouse. To make the temperature and humidity control system, a bibliographic research was made about the climatic requirements of the wallflower flower and the irrigation processes in the cultivation area to make the design that allows detailing the technical characteristics and the cost of the materials that were used for the control system, taking as reference the use of a PLC Logo 12/24 RCE Siemens brand which provides a flexible, safe and reliable control system, In addition to being a device easy to acquire in the market and at a relatively moderate cost, which allows establishing temperature ranges between 5 to 25 °C and a humidity percentage between 50 and 70 %, if the maximum temperature limit is exceeded the controller allows the operation of an air extractor and if the humidity percentage is less than 50 % it will activate the water irrigation system, systems that will be in operation until the established parameters are reached.

A financial analysis of the implementation of the technological proposal was carried out, giving as a result that the project is feasible because the investment made is recovered in a short period of time, also obtaining other benefits such as optimizing the resources used for the germination of the wallflower.

Keywords: Greenhouse, Control, PLC Logo, Irrigation, Humidity, Temperature.

AVAL DE TRADUCCIÓN

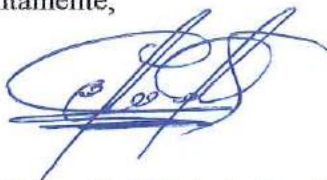
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA FLORICOLA PILATASIG ANALUISA MARTHA CECILIA UBICADO EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, presentado por: **Pilatasig Chicaiza Henry Fabricio y Yugsi Caiza Luis Rene**, estudiantes 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, 23 marzo del 2022

Atentamente,



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes



**CENTRO
DE IDIOMAS**

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de un Sistema de Control de Temperatura y Humedad en la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia ubicado en la provincia de Cotopaxi.

Fecha de inicio: Octubre del 2021.

Fecha de finalización: Octubre del 2021.

Lugar de Ejecución: Parroquia de San José de Poaló de la Provincia de Cotopaxi.

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

Carrera que Auspicia: Ingeniería Eléctrica mención Sistemas Eléctricos de Potencia.

Proyecto Macro Asociado: Invernadero inteligente con autonomía energética para cultivos de la familia de la Jícama.

Equipo de trabajo:

- Ing. José Efrén Barbosa Galarza.
- Pilatasig Chicaiza Henry Fabricio.
- Yugsi Caiza Luis Rene.

Tutor de titulación:

Nombres y Apellidos: José Efrén Barbosa Galarza.

Cédula de ciudadanía: 0501420723

Nacionalidad: ecuatoriana.

Estado Civil: Casado.

Número telefónico: 0983000577.

E-mail: barbosa.galarza0723@utc.edu.ec.

Ocupación: Docente.

Estudiantes:

Henry Fabricio Pilatasig Chicaiza

Luis Rene Yugsi Caiza

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:

Sublínea 3: Control y Automatización 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

El presente documento detalla el diseño de un sistema de control de temperatura y humedad en la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia situado en la parroquia de San José de Poaló de la Provincia de Cotopaxi, con la finalidad de mejorar la producción mediante el control de la dosis adecuada de agua y de la temperatura ideal para el crecimiento de las semillas de las flores en un determinado tiempo.

El factor principal para la producción de flores en el país son los cambios bruscos de temperatura, el mismo que afecta directamente en el crecimiento de la planta, es decir, cuando existen periodos de temperaturas bajas las flores tienden a tomar mayor tiempo para su desarrollo, y con una temperatura alta se tiene problemas de plagas en las plantas. Para esto, se ha propuesto el control de temperatura mediante la utilización de un sensor, extractor, y un PLC Logo Siemens 12/24 RCE (4DI/4DO) tipo relé que permitirá el monitoreo de los datos adquiridos de la temperatura a tiempo real, buscando el incremento de productividad.

Otro factor a tomar en cuenta para la producción es, la humedad del suelo, debido a que de ella depende el tamaño y grosor de la planta, por consiguiente, si no se suministra una dosis de agua exacta, la misma tiende a tener una altura y un grosor inferior a la requerida para su comercialización. Por lo que, gracias al avance tecnológico que se ha visto en los últimos años, se puede dar solución a problemas que en años anteriores eran difíciles de corregir, debido a la escasa tecnología con la que se contaba para realizar proyectos de control y automatización, por ende, los procesos de riego en los semilleros de las florícolas, se lo realiza de forma manual. Para ello, se ha propuesto la automatización del invernadero para controlar con exactitud, el tiempo de distribución de agua de riego en las diferentes áreas de cultivo, mediante la utilización de un PLC Logo Siemens 12/24 RCE (4DI/4DO) tipo relé que permitirá el control de una bomba.

La implementación del sistema de automatización genera un impacto positivo que permite obtener un riego equilibrado, evitando el desperdicio de recursos básicos y aprovechando al máximo el consumo de agua al realizar el proceso de riego, optimizando el tiempo que toma realizar el proceso de riego de forma manual, permitiendo que el sistema de control actúe conforme a las necesidades para el desarrollo de la planta de la flor alhelí.

2.1 EL PROBLEMA

2.1.1 Situación Problemática

En la actualidad los cambios bruscos de temperatura afectan en gran proporción a la zona agrícola, con lluvias intensas, temperaturas bajas que promuevan a la helada, temperaturas altas y fuertes vientos, cada uno de estos factores facilitan al desarrollo inapropiado de las plantas y por ende a su baja producción.

Otro factor a tomar en cuenta es la época del año en el que se realice el cultivo, ya que debido al cambio de temperatura que se da en distintas etapas del año, ocasionan una alteración en el crecimiento de la planta, es decir, puede tener un periodo más corto o largo de germinación.

En este caso específico se trabajará con la flor Alhelí, es una planta sensible a la humedad de la tierra, en consecuencia, se requiere de un cuidado específico para salvaguardar la integridad de la misma y evitar las plagas como gusanos entre otros, que afecten a la producción de la planta y tiendan a ser desechadas por no cumplir con los parámetros establecidos para la comercialización.

La temperatura juega un papel importante en el desarrollo de la planta, debido a que afecta directamente en el crecimiento, es decir, existen temperaturas adecuadas para cada horario, por ejemplo, la temperatura ideal para el desarrollo de la planta en la noche es de 2 a 4 grados sin perjudicar en el cultivo de la misma, en el día las temperaturas menores a 8 grados retardan el crecimiento y vuelve al cultivo propenso a enfermedades.

2.1.2 Formulación del problema

Cuál es el impacto en un invernadero al mantener una temperatura y humedad del terreno adecuadas con un control en base a PLC Logo Siemens 12/24 RCE (4DI/4DO).

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Invernadero de producción de flores alhelí ubicado en la Provincia de Cotopaxi.

El campo de acción para el proyecto:

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación / 331105 Equipos Eléctricos de Control.

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

2.3 BENEFICIARIOS

2.3.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos son los dueños de la florícola ya que podrán obtener un sistema control de temperatura y humedad del terreno en base a un PLC Logo Siemens 12/24 RCE.

2.3.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos serán los estudiantes de la carrera de Ingeniera Eléctrica, ya que mediante este proyecto podrán implementar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera para el beneficio de la sociedad.

2.4 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como finalidad implementar un sistema de control de temperatura y humedad del invernadero de la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia ubicado en Parroquia de Poaló del Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi para mejorar la producción de la flor Alhelí, debido a que se pueden tener inconvenientes por el exceso de humedad que se genera a consecuencia de no tener un control adecuado del regadío de agua, influyendo también, el no tener la temperatura ideal en las áreas de cultivo, con la implementación de este sistema automático, lo que se desea es controlar el tiempo adecuado para el regadío de agua y reducir el lapso de duración que toma realizar este tipo de labores, optimizando también el consumo de este recurso (agua) que es necesario para el cuidado de la planta. Controlando también los grados de temperatura para que se encuentren en un nivel adecuado para el desarrollo de la flor Alhelí, obteniendo así una mayor cantidad de producción.

Aplicando lo antes mencionado, se pretende diseñar un sistema automático que se enfoque en el control climático y regadío de agua en el área de cultivo, mediante la adquisición de datos que permitan controlar la temperatura a la que se encuentra el invernadero y que esta actúe de manera automática hasta llegar a una temperatura adecuada para las plantas, garantizando un óptimo funcionamiento y obteniendo un producto de calidad.

2.5 HIPÓTESIS

El control de la temperatura y humedad del suelo en la Florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia ubicado en la Provincia de Cotopaxi, garantizará un ambiente de acuerdo a las exigencias climáticas para la correcta germinación de la flor Alhelí y evitará pérdidas por cambios bruscos de temperatura.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Implementar un Sistema de Control de Temperatura y Humedad en la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia ubicado en la provincia de Cotopaxi.

2.6.2 Específicos

- Recopilar información sobre el proceso de automatización de una florícola
- Diseñar e implementar un sistema de automatización para el control de temperatura y humedad del terreno de la florícola.
- Evaluar la tecnología implementada verificando las condiciones de operación del sistema de automatización.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas en relación al objetivo específico 1.

Objetivo específico 1	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Recopilar información sobre el proceso de automatización de una florícola.	-Revisión bibliográfica acerca de los procesos de desarrollo de cultivos. -Información sobre los diferentes cambios climáticos que afectan al desarrollo de la planta. -Revisión bibliográfica sobre los factores que afectan al cultivo dentro del invernadero.	-Informe compilatorio de procesos asociados al cultivo de la flor alhelí. -Informe de valores óptimos de temperatura y humedad del terreno en el invernadero.	Material bibliográfico sobre el tema que sustente la investigación. Tesis, Artículos, Revistas tecnológicas, Informes técnicos.

Tabla 2.2. Sistema de tareas en relación al objetivo específico 2.

Objetivo específico 2	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Diseñar e implementar un sistema de automatización para el control de temperatura y humedad del terreno de la florícola.	<p>-Especificación de todos los materiales a utilizarse para el control del proceso.</p> <p>-Diseño del proceso de automatización mediante el uso del software AutoCAD.</p> <p>-Programación del PLC Logo, en base a los parámetros requeridos para el proceso de cultivo de la planta.</p> <p>-Montaje de los diferentes elementos en los tableros de control</p>	<p>-Compilación de información para la implementación de los procesos que se desea controlar mediante la automatización del invernadero.</p> <p>-Plano eléctrico de implementación, plano unifilar y diagramas de conexiones para la automatización de los procesos.</p>	Material bibliográfico digital, uso de software que sustente la investigación y mano de obra para la implementación de los diferentes procesos.

Tabla 2.3. Sistema de tareas en relación al objetivo específico 3.

Objetivo específico 3	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
<p>Evaluar la tecnología implementada verificando las condiciones de operación del sistema de automatización.</p>	<p>-Verificación del correcto funcionamiento del sistema de control de temperatura del invernadero.</p> <p>-Verificación del correcto funcionamiento del sistema de control de humedad del terreno del invernadero.</p>	<p>-Informe sobre el proceso de crecimiento de la flor alhelí mediante la utilización de dosis adecuada de químicos y agua para su fertilización.</p> <p>-Informe de los resultados obtenidos de la temperatura en tiempo real una vez implementado el sistema de control, para garantizar la temperatura ideal que contribuya al desarrollo adecuado de la flor alhelí.</p>	<p>Materiales eléctricos, material bibliográfico digital y uso de software que sustente la investigación.</p>

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE FLORES EN EL ECUADOR

La florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia se dedica al cultivo del alhelí. El alhelí o Stock es una de las flores conocidas en casi todo el mundo por su amplio comercio a nivel internacional, es una planta sensible a los repicados y trasplantes, esta puede ser de tallo grueso y duro, con una longitud de tallo de 120 cm de altura, estas flores pueden tener un olor ligero y pueden ser clasificadas en dobles o sencillas, sin embargo, para que esta planta alcance las condiciones óptimas para su exportación tiende a depender de la fertilización que se les aplique o del tiempo de goteo de agua que se les suministre para que tengan el debido cuidado y se encuentren en óptimas condiciones para su exportación. Sin embargo, el riego es una práctica que se la debe de realizar cuidadosamente, debido a que el alhelí es una planta que al estar expuesta a un exceso de humedad puede sufrir grandes daños, ocasionando que esta deje de ser ideal para su comercialización [1].

En la actualidad existe diferentes variedades del stock que tranquilamente puede satisfacer con las necesidades de la demanda ya que tiene un periodo de producción relativamente corto, son plantas que generalmente que se desarrollan durante un clima frío en su etapa de cultivo, es decir, la temperatura ideal esta entre los 5 °C y los 25 °C, siendo estas la condiciones óptimas para que la flor se desarrolle correctamente sin dañar la siembra [2].

3.1.1 El Cultivo de Stock (Mathiola Incana)

El alhelí o stock es un cultivo de hace más de 100 años que ha sido empleado para la producción de flor cortada originaria del sur de Europa, en Ecuador este tipo de especie ha sido introducida hace 90 años, el alhelí forma el género Matthiola de la familia de las Crucíferas, cuyo nombre científico es Cruciferae [3].

3.1.2 Requerimientos del Cultivo del Stock

3.1.2.1 Exigencia Climática

El alhelí es una planta que se caracteriza por el clima frío que requiere durante su etapa de cultivo, para ello es importante que exista un ambiente acorde a estas necesidades, es decir, debe existir una buena ventilación de aire entre las plantas. La temperatura óptima para que el cultivo se desarrolle saludable varía entre los 5 °C a los 25 °C, teniendo como característica que el cultivo tendrá un periodo de tiempo más corto cuando la temperatura es alta, caso contrario, al estar expuesto a temperaturas bajas el tiempo de cultivo será más prolongado [1].

El cultivo del alhelí necesita entre 14 a 16 horas de luz, con ello podemos decir que el alhelí es una planta que obtiene su mayor parte de desarrollo durante el día.

3.1.2.2 Exigencias Edáficas

Este tipo de planta puede ser cultivado en diferentes tipos de suelos, ya que no es muy exigente, pero se recomienda que la tierra sea fértil cuyo pH se encuentre dentro de un rango de 6.5 y 7.5 para un desarrollo óptimo de la flor, es decir, suelos ligeramente pesados y provistos de calcio.



Figura 3.1. Plantas germinadas Flor Alhelí o stock [1]

3.1.3 Técnicas de Cultivo del Stock

3.1.3.1 Proceso de Siembra del Stock

La semilla del alhelí es pequeña, por ende, en un gramo puede haber entre 500 a 640 semillas, su precio varía de acuerdo a la variedad y se puede realizar la siembra de forma directa en el suelo de cultivo o su vez de forma indirecta mediante la utilización de semilleros.

La siembra directa tiene característica principal la preparación del terreno mediante la utilización de fertilizantes. Su procedimiento de siembra es manual en donde se debe realizar un pequeño agujero en la tierra y colocar la semilla, posterior a ello se debe tapar con un sustrato preparado, para el riego del cultivo hay que tener en cuenta un sistema por aspersion con la finalidad de que las gotas de agua no afecten a la siembra.

La siembra indirecta se realiza mediante la utilización de bandejas con cavidades, poniendo entre 1-2 semillas en cada compartimiento, se ejecuta de forma manual realizando con la punta del dedo o con un palo de una dimensión corta un pequeño agujero en cada cavidad o alvéolo, después se colocan las semillas y se tapan, para finalizar se recubre con vermiculita que viene a ser un mineral que está conformado por silicatos de hierro y magnesio, y se realiza el riego de forma cuidadosa mediante el uso de aspersores [1].

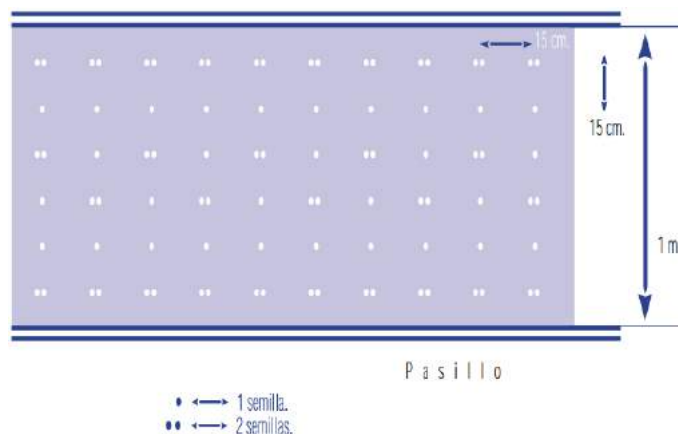


Figura 3.2. Siembra directa y distribución de la semilla de la Flor Alhelí [1]



Figura 3.3. Siembra indirecta en bandejas con alvéolos de la Flor Alhelí [1]

Tabla 3.1. Comparación de los tipos de siembra del Stock [1]

	Siembra Directa	Siembra Indirecta
Tiempo de ocupación del invernadero	Mayor	Menor
Cantidad de semillas necesarias	Mayor	Menor
Condiciones de Germinación	Menos favorable	Más favorable
Uniformidad Plantas nacidas	Menor	Mayor
Aclareo de plantas	Muy engorroso	Poco engorroso
Shock de trasplante	No existe	Mayor o menor incidencia
Floración de las plantas	Se adelanta	Se retarda
Variedades seleccionadas	No se debe hacer	El mejor sistema

3.1.3.2 Proceso de Riego en la Zona de Cultivo del Stock

El riego para este tipo de cultivo es una práctica que se la debe realizar de manera cuidadosa, ya que el stock o alhelí es una planta que no soporta un ambiente con exceso de humedad, para ello, después de realizar el proceso de siembra es necesario dar un riego abundante a la planta, la siguiente etapa de riego debe conservar la humedad de la capa superficial del suelo, teniendo en cuenta que el riego debe realizarse de manera uniforme en todo el cultivo, este proceso se

debe realizar de manera controlada durante la primera etapa de crecimiento de la planta hasta que las yemas florales sean visibles. A partir de esta etapa la planta debe comenzar a recibir menos agua es decir se debe disminuir el riego [3].



Figura 3.4. Sistema de riego mediante la utilización de aspersores [3]

3.1.4 Estructura de los Invernaderos

Un invernadero es considerado como una construcción agrícola de estructura metálica con una cubierta de vidrio o plástica translúcida utilizada principalmente para el cultivo de plantas, cuya finalidad es evitar el acceso de agentes externos, de las condiciones climáticas adversas que eviten el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas cultivadas en su interior [4].

La estructura de un invernadero es la parte más fundamental ya que es el principal soporte de la cubierta y de las diferentes condiciones atmosféricas como el viento, la lluvia etc. La misma debe cumplir con ciertas normas a nivel internacional para que garanticen la seguridad tanto del personal como del cultivo. La principal función de un invernadero es controlar el clima que se produce en su interior, en términos de temperatura y humedad óptima para el desarrollo de la planta, el mismo tiene una gran ventaja, la cual es la producción de las plantas en diferentes estaciones del año.

Existen diferentes tipos de estructuras de invernaderos. En la figura 3.5 se puede visualizar tres tipos de invernaderos más comunes y utilizados que son Parabólico tipo túnel, Parabólico tipo aéreo y el de dos aguas, cada uno con diferentes características de construcción, pero con un mismo propósito que es mantener la temperatura y humedad del entorno para producir diferentes tipos de plantas entre ellas flores y hortalizas [5].

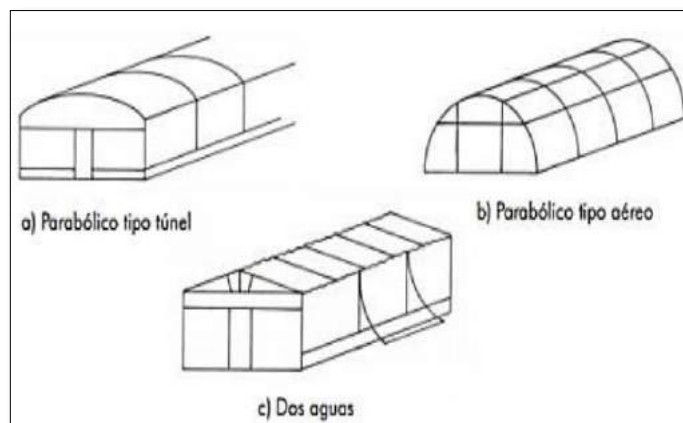


Figura 3.5. Tipos de Estructuras de Invernaderos [5]

3.1.4.1 Materiales de cubierta del invernadero

La cubierta tiene como objetivo conservar un clima adecuado en el invernadero que permita el crecimiento y desarrollo de las plantas en las diferentes etapas del año y las condiciones climáticas del exterior.

a. Cubierta de Vidrio

Se puede encontrar dos tipos de vidrio tanto transparente como el translucido cada uno con características diferentes. El vidrio transparente permite pasar más luz al interior del invernadero mientras que el vidrio translucido difumina la luz consiguiendo una distribución uniforme, este tipo de material tiene una vida útil prolongada.

b. Cubierta de plástico

Es el material más económico, y su periodo de vida es relativamente corto varía de acuerdo a la calidad del material, es decir, entre los cuatro a seis meses en polietileno normal y de dos a tres años en polietileno de larga duración [4].

3.1.4.2 Sistema de Ventilación en Invernaderos

Existen dos tipos de ventilación activa y pasiva, la primera se caracteriza por el uso de un sistema de ventilación y extracción que permite refrescar el aire existente dentro del invernadero, este sistema permite obtener un flujo de aire de forma equitativa la misma que ayuda al correcto desarrollo de las plantas, por otro lado, si no existe una buena ventilación del ambiente el cultivo estará propenso a enfermedades y por ende se verá reflejado en los niveles de producción. La temperatura juega un rol muy importante por la cual, estos sistemas de ventilación ayudan a mantenerla en un rango de acorde a las necesidades del cultivo [6].



Figura 3.6. Ventilación Activa de los Invernaderos [6]

En la figura 3.7 se puede visualizar un sistema de ventilación pasiva la cual hace referencia al sistema manual de apertura y cierre de las cortinas siendo este, el único método de control de temperatura.



Figura 3.7. Ventilación Pasiva de los Invernaderos [6]

3.1.4.3 Sistema de Nebulización en Invernaderos

El proceso de nebulización consiste en la utilización de difusores para evaporar una gota de agua, al momento de implementar este proceso en el invernadero se tiene como resultado el aumento de la humedad del terreno y la disminución de la temperatura, favoreciendo en gran proporción a la etapa de crecimiento de la planta y, por ende, el aumento de la producción.



Figura 3.8. Sistema de Nebulización en Invernaderos [6]

3.1.5 Automatización del Invernadero

En la actualidad gracias al avance de la tecnología los invernaderos cuentan con un sistema de control de riego automatizado, fertilización y temperatura que permite el desarrollo adecuado del cultivo. Sin embargo, el agricultor debe mantener un registro del correcto funcionamiento de estos sistemas para que se mantenga en condiciones de operación normal ya que cualquier alteración en los rangos de control puede arruinar al cultivo [7].

3.1.5.1 Sistema de calefacción en Invernaderos

Si las condiciones climáticas del lugar geográfico donde se encuentre el invernadero son bajas, se da la posibilidad de implementar un sistema que permita calentar el aire en su interior, con la finalidad de mantener una temperatura necesaria para el desarrollo del cultivo, el diseño del sistema de calefacción tiene que cumplir con una distribución uniforme del aire caliente que circula por el invernadero.

Existen tres formas en las que el calor se puede transferir en un invernadero, mediante convección, conducción y radiación.

a. Sistema de Calefacción de tipo Convectivo

Este sistema utiliza al aire como elemento conductor, el costo de instalación es más bajo y por ende la vida útil es reducida a comparación del sistema de agua caliente.

Entre los sistemas de calefacción de tipo convectivo se tiene los Aero-termos que mediante la utilización de una resistencia eléctrica permite calentar el aire y con la ayuda del ventilador distribuye uniformemente el aire caliente en el invernadero, también se puede utilizar generadores de aire caliente a combustión, este sistema puede contaminar el aire a consecuencias de los gases producidos por la combustión, para ello, es recomendado utilizar gas natural o propano para su funcionamiento y por último se tiene un sistema de generadores de aire de combustión indirecta, este método separa los gases de combustión expulsándolos al exterior e introduciendo al invernadero únicamente el aire caliente [8].

b. Sistema de Calefacción por Conducción

Este sistema emplea como componente principal una caldera que aporta calor mediante tuberías enterradas por donde circula agua caliente a una temperatura inferior a los 40 °C, este sistema emplea una distribución uniforme de calor siendo más efectivas que los generadores de aire caliente, el costo de implementación es elevado ya que las tuberías deben estar enterradas a 50 cm de profundidad.

c. Sistema de Calefacción por Radiación

La transferencia de aire caliente en el invernadero se produce mediante la implementación de tubería área o cerca del área de cultivo, por donde circula agua caliente con una temperatura entre los 30 °C y 90 °C, se emplea un tipo de tubería metálica para que soporte la temperatura alta a la cual está sometida [8].

3.1.5.2 Sistema de Enfriamiento en Invernaderos

Existen diferentes sistemas de enfriamiento, la selección de uno de ellos va depender de la localización geográfica del invernadero, este sistema tiene como finalidad enfriar el invernadero durante el periodo diurno en especial en la época de verano donde la temperatura del ambiente tiende a elevarse considerablemente, se realiza mediante la utilización de ventiladores y extractores manteniendo así una temperatura que no afecte al cultivo [7].

El sistema de ventilación se da cuando la temperatura del invernadero es elevada por lo que es necesario la expulsión del aire caliente y el ingreso de aire frío al interior para controlar la temperatura y humedad del cultivo, existen dos tipos de sistemas de ventilación que puedan adaptarse: Ventilación Natural o Pasiva y la Ventilación Mecánica o Activa.

a. Ventilación Natural o Pasiva

La ventilación natural se da mediante la apertura y cierre de las cortinas existentes en el invernadero, se basa en la diferencia de temperatura que crea el medioambiente y el invernadero debido a que el aire caliente sale por estas aberturas refrescando el entorno del cultivo. Para que exista una buena circulación de aire es necesario que la abertura se encuentre entre el 15% y 20% de la longitud del invernadero.

b. Ventilación Mecánica o Activa

La ventilación mecánica se da mediante la utilización de ventiladores y extractores cuya función principal es la de extraer y recircular el aire caliente del invernadero, no existe alguna norma que indique las renovaciones de aire que debe realizar este sistema, por ende, se lo realiza de acuerdo a las necesidades del área de cultivo para mantener rangos de temperatura moderados y no afecte a la planta [6].

3.1.5.3 Sistema de Riego en Invernaderos

El sector agrícola consume un tercio del agua dulce existente en el planeta, la agricultura tiene mucho que ver en cuanto se refiere al consumo y calidad de agua, ya que en algunas zonas

debido a la falta de control de los procesos de fertilización se ha evidenciado una contaminación en los ríos y fuentes de agua dulce, siendo una de las causas principales para la falta de calidad de este recurso vital.

La agricultura representa el 70% del consumo de agua dulce a nivel mundial, jugando un papel importante en el desarrollo productivo, para ello en la actualidad se ha generado gracias al avance de la tecnología mejores procesos para el riego de la tierra, con la finalidad de ahorrar el uso de este recurso vital [9].

El sistema de riego es uno de los métodos importantes utilizados en el sector agrícola, ya que proporciona ayuda en las tareas complejas del agricultor, volviéndolas en acciones prácticas y rápidas, para ello al poseer un invernadero para el cultivo de flores se necesita adquirir un sistema de riego conveniente y confiable.

El sistema de riego presenta grandes ventajas en su implementación, entre ellas se tiene la reducción de la evaporación del suelo, es ideal para un proceso de automatización y por ende se da un ahorro en cuanto a la mano de obra, este sistema es utilizado especialmente en terrenos áridos ya que ayuda a mejorar las condiciones del suelo, permite un control ideal de nutrientes y agua sin pérdidas o excesos para el cultivo.

Existen diferentes tipos de riego para el cultivo de flores, entre las cuales tenemos el riego por aspersión que se caracteriza por entregar a la planta agua en forma de lluvia, el método de este sistema se basa en la utilización de mangueras del alta presión que son distribuidas a lo largo del cultivo, en cada una de ellas se coloca una serie de aspersores que al momento que el agua llega a estos dispositivos o aparatos se rompe en abundantes gotas tipo lluvia que caen al suelo mojando la superficie de manera equitativa [10].



Figura 3.9. Sistema de Riego por aspersión [10]

3.1.6 Tipos de Bombas Utilizadas para el Riego de Agua

Una bomba hidráulica es una máquina que transforma la energía mecánica con la que es accionada, en energía de fluido, este fluido puede ser líquido o a su vez una mezcla entre un elemento sólido y líquido, la bomba aumenta la presión del fluido líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido desde una zona a otra con mayor presión.

3.1.6.1 Bombas centrifugas

La bomba centrifuga es rotativa por lo tanto es considerada como un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica en energía cinética, el principio de funcionamiento de una bomba centrifuga se basa en la entrada del fluido hacia el impulsor o rodete el mismo que está conformado por álabes para conducir el líquido y por efecto de la fuerza centrífuga que produce la bomba, expulsa el fluido con presión al exterior [11].

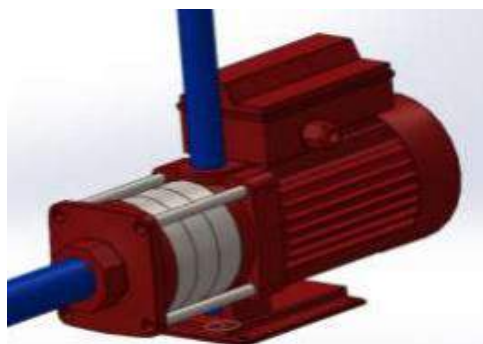


Figura 3.10. Bomba Centrifuga [11]

3.1.7 Automatización Industrial

La automatización es un proceso que combina diferentes tecnologías para poder controlar de manera automática máquinas o dispositivos que realizan tareas específicas reduciendo la intervención del ser humano. Hoy en día se puede encontrar la automatización en diferentes procesos industriales, automotrices, plásticos, agrónomos que tienen la finalidad de mejorar las operaciones haciéndolas más efectivas, optimizando recursos y reduciendo el tiempo de ejecución [9].

3.1.8 Control Automático Industrial

Un sistema de control hace referencia al uso de la conexión de diferentes componentes para cumplir con un proceso o acción deseada, el principal objetivo de un sistema de control automático es, mediante la recolección de datos de diferentes procesos cumplir con las acciones necesarias para llevar a cabo dicho proceso de manera efectiva, normalmente se tiene un parámetro de entrada, un valor referencial y a partir de ello una programación [10].

El sistema de control debe cumplir con las características y términos necesarios para efectuar los diferentes procesos indicados por el operador, el sistema debe de ser flexible, es decir, debe contar con la capacidad de maniobra de control manual y control automático, en este caso debe ser capaz de realizar el control de temperatura y humedad de acuerdo a los parámetros establecidos y los tiempos de ejecución indicados.

El método manual es aquel en el cual el operador deberá poner en marcha el sistema de riego y de temperatura en el tiempo que considere necesario, con el método automático el controlador lógico programable comenzará a ejecutar estos procesos de acuerdo a las necesidades del entorno, únicamente el operador tiene que accionar el botón de inicio.

Es importante que en la implementación de un sistema automático se utilice materiales que sean de fácil acceso de adquisición en el mercado, con el propósito de que si existe alguna avería en uno de estos materiales se pueda realizar el cambio del elemento sin ninguna dificultad [12].

3.1.8.1 Sistema de Control de Lazo Abierto

Este tipo de sistema consta con un solo proceso, es decir, está formado por una señal de entrada que da como resultado una acción o señal de salida sin ningún tipo de retroalimentación, este sistema se caracteriza porque las variables que ejecutan el proceso van en una sola dirección, es decir, va desde el sistema de control al proceso. El sistema de laso abierto es sencillo por consecuencia es inestable ante una perturbación, la precisión de funcionamiento va a depender de la calibración que se le dé al inicio del proceso y la señal de salida no se comprara a la señal de entrada [13].

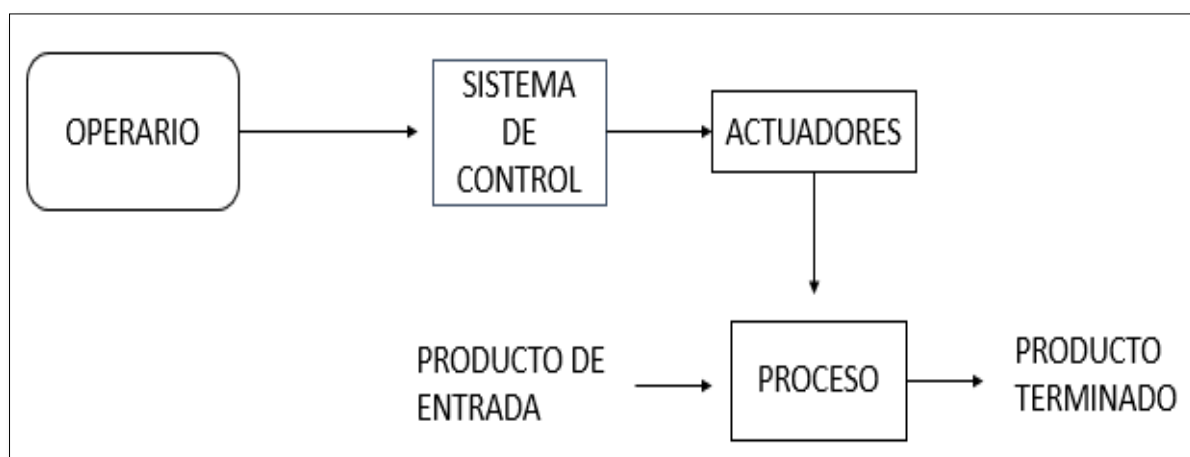


Figura 3.11. Sistema de Control Lazo Abierto [9]

3.1.8.2 Sistema de Control de Lazo Cerrado

Los sistemas de circuito cerrado utilizan la retroalimentación desde el final del proceso para ajustarla teniendo como resultado una acción de proceso de secuencia, al contar con esta característica el proceso no se detendrá hasta un periodo de tiempo fijo previamente programado, por ejemplo, al realizar el sistema de control de riego el programa seguirá activado hasta lograr tener la humedad apropiada del suelo y se apagará después de este proceso, caso contrario cuando el sensor detecte la falta de humedad el sistema será activado y así la cantidad de veces que sea necesaria [10].

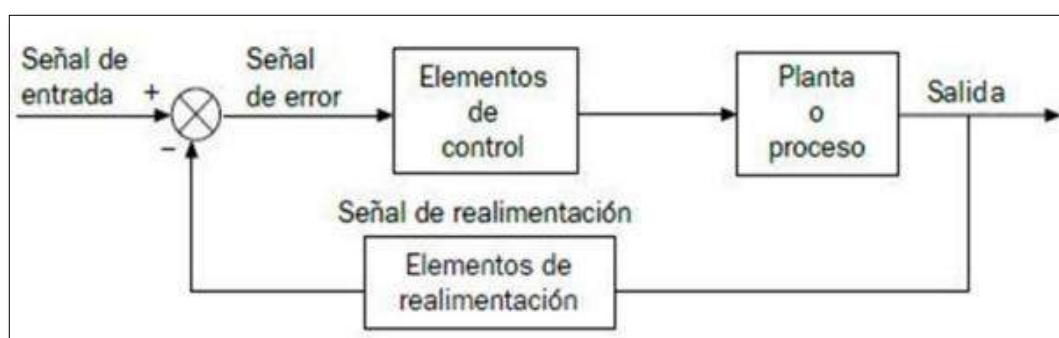


Figura 3.12. Sistema de Control Lazo Cerrado [10]

3.1.9 Controlador Lógico Programable

Un autómatas programable es un equipo diseñado para controlar procesos industriales en secuencia a tiempo real, estos equipos sofisticados tienen incluidos funciones de tratamiento lógico, regulación de PID y servocontrol, siendo así un aparato electrónico que implementa funciones lógicas, contadores, módulos de entrada y salida analógicas y digitales utilizada en diferentes máquinas o procesos.

Estos controladores tiene como ventaja la elaboración de proyectos en menor tiempo, tiempo reducido de puesta en funcionamiento, consta con un sistema flexible que puede hacer cambios de acuerdo a las necesidades de la maquina o procesos minimizando gastos, se puede instalar en ambiente húmedos, polvo y con presencia de dominios eléctricos y químicos [14].

3.1.9.1 PLC Logo

Es un dispositivo compacto que está formado por microprocesadores que permite llevar a cabo diferentes procesos industriales o control de máquinas, este módulo permite el ahorro de recursos como tiempo y cableado eléctrico al momento de implementarlo en un proceso industrial, existen diferentes tipos de acuerdo a las necesidades del sistema, algunos de ellos incluyen módulos de entrada y salidas de señales analógicas y digitales [15].

Las principales partes del modelo son las siguientes:

- a. Pestañas de fijación retractiles: permite fijar el módulo dentro del gabinete de control directamente o a través del riel DIN.
- b. **Entrada de alimentación:** el módulo puede ser energizado mediante voltaje continua de 12-24 Vdc y por medio de voltaje alterno de 120 V.
- c. **Pantalla en cristal líquido:** es autoiluminable que permite la visualización de datos y de las opciones de programación.
- d. **Bloque de entradas digitales.**
- e. **Bloque de entradas analógicas.**
- f. **Entrada de conexión PC:** permite la comunicación entre el módulo y la PC.
- g. **Teclas de desplazamiento:** nos da la opción de darle accionamiento a un programa en ejecución.
- h. **Teclas de selección:** este tipo de teclas son las que permiten la aprobación del mando del programa en ejecución.
- i. **Teclas de navegación:** permite movilizarse de manera fácil dentro de las opciones del módulo, permitiendo la programación directa.
- j. **Bloque del terminal de salidas a relé:** son los que permiten la conexión con los actuadores on/off.

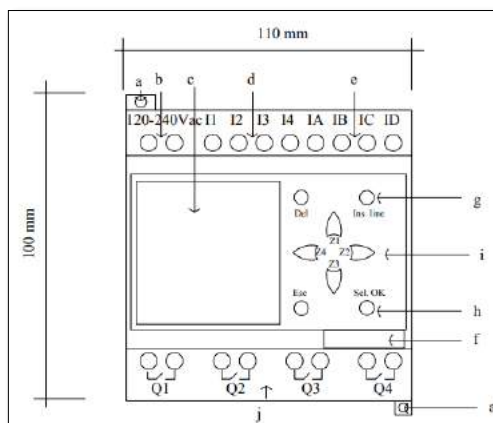


Figura 3.13. Principales Partes del PLC Logo Siemens [15]

4. METODOLOGÍA Y MATERIALES

4.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación se da mediante una serie de ideas las cuales tiene como objetivo un acercamiento a la realidad que se tiene que investigar, el método de investigación a aportando en gran cantidad a la educación ya que mediante técnicas y procedimientos alcanza la verdad de tipo objetiva para implementarla en una investigación haciéndola menos compleja. Gracias a la curiosidad del ser humano la metodología de investigación ha realizado un proceso de construcción de etapas que consta con la definición, construcción y validación de datos adquiridos [16].

4.1.1 Método Científico

Es aquel que utiliza un conjunto de tácticas, pasos e instrumentos para tener la capacidad de desarrollar un conocimiento y explicar de forma general los fenómenos producidos en el entorno de la investigación, considerado como método universal que permite la adquisición de conocimiento enfocados a diferentes ramas de estudio.

El método científico se caracteriza porque sigue una serie de procedimientos en forma secuencial:

- Determina un problema de investigación.
- Genera hipótesis.
- Contrasta las hipótesis de manera empírica es decir mediante la utilización de diseños de investigación.
- Determina conclusiones en las cuales avalúa la investigación [17].

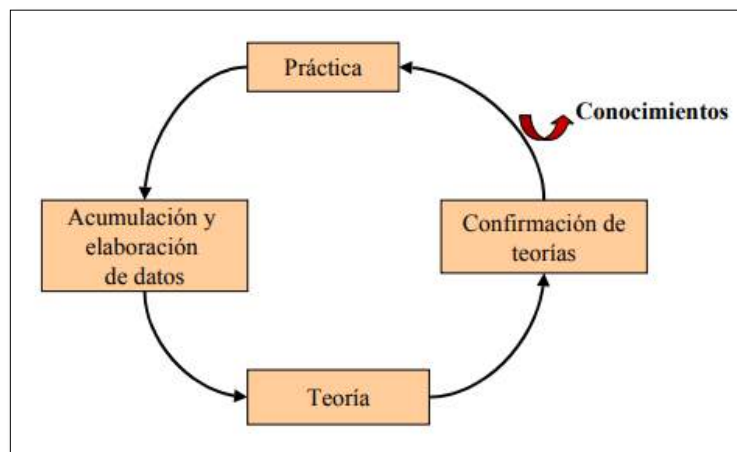


Figura 4.1. Procedimientos en forma secuencial del método científico [17]

4.1.2 Método Deductivo

Es una forma de conocimiento que parte a través de lógica racional para poder encontrar conclusiones de manera particular, este método se lo utiliza para poder ocultar consecuencias desconocidas de principios conocidos [18].

4.1.3 Método Inductivo

Este método aplica una forma de conocimiento que mediante el análisis de un hecho realista se pretende llegar a la contemplación de leyes de carácter universal, se basa en la descomposición de un suceso con el fin de llegar a una conclusión mediante la utilización del método analítico [18].

4.2 CLASIFICACION DE LA INVESTIGACION

La investigación tiene como objetivo principal mejorar el conocimiento del ser humano ya que tienden a tener curiosidad del entorno que lo rodea, mediante la utilización de técnicas de carácter científico para aclarar las respuestas del problema.

La clasificación de los tipos de investigación se aplica de acuerdo al problema que se quiere resolver.

4.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.3.1 Estudios explorativos

El estudio exploratorio presenta entornos desconocidos donde el problema necesita ser aclarado con cierto grado de delimitación, este tipo de estudio incluye una gran variedad de investigación a través revisiones de literaturas.

4.3.2 Estudios descriptivos

Presenta como base una serie de conocimientos ya no son exploratorios, para el análisis del estudio descriptivo se tiene un conocimiento previo del problema obteniendo hipótesis, pero se necesita de información adicional para poder aclarar las relaciones causales. Fundamentalmente describe los fenómenos sociales o educativos en circunstancias temporales.

4.3.3 Estudios explicativos

Los estudios explicativos buscan problemas previamente aclarados con la finalidad de buscar la causa y efecto del porque el problema mediante formulación de hipótesis que buscar las causas y efectos del problema previamente identificado [17].

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

4.4.1 Recopilación de Información

Esta técnica fue utilizada como método de sustentación de la parte teórica a través de la investigación en diferentes fuentes bibliográficas que tengan relación con el tema de la propuesta tecnológica, la recopilación de información permite comprender de mejor manera cada uno de los aspectos fundamentales que interviene en el diseño e implementación del sistema de control de temperatura y humedad en un invernadero.

4.4.2 Planificación del Proyecto del Sistema de Control de Temperatura y Humedad

Esta etapa es una de las importantes ya que permite el control del tiempo necesario empleado en cada parte de ejecución del proyecto, esta técnica fue implementada para realizar los planos arquitectónicos, adquisición de materiales y la construcción de cada proceso estableciendo límites de tiempo.

4.4.3 Ejecución del Proyecto del Sistema de Control de Temperatura y Humedad

Esta técnica permitió la ejecución de la propuesta tecnológica mediante una serie de procesos como la visita técnica, la misma que permitió conocer las características del terreno en donde se produce la flor alhelfí y el estado de la estructura del invernadero para poder realizar una lista de los materiales que son necesarios para el diseño del sistema de control de humedad y de temperatura, además de la toma de datos para realizar los planos arquitectónicos y eléctricos del invernadero

4.4.4 Seguimiento y Control de la Tecnología Implementada

Esta técnica fue aplicada para realizar un seguimiento del correcto funcionamiento de los sistemas implementados y corregir aspectos técnicos de ser necesarios, también permitió la toma de datos de los diferentes sensores de temperatura y humedad para obtener rangos y tiempo de funcionamiento de los sistemas de control.

4.4.5 Herramientas e Instrumentos de Medida

Este punto describe la utilización de diferentes herramientas e instrumento de medida, para el proceso de armado del gabinete de control, sistema de riego y temperatura, se utilizó un multímetro para verificar los niveles de tensión que llegara a las protecciones ubicadas en el gabinete de control, este proceso se realizó con la finalidad de entregar a los dispositivos los niveles de tensión adecuados para su funcionamiento y evitar la avería de los mismos.

También cabe recalcar la utilización de la herramienta adecuada para la instalación del sistema de riego, temperatura y para armar el gabinete de control, en este punto se puede detallar el uso de alicates, pinzas, peladora de alambre, taladro, etc.



Figura 4.2. Diagrama de la metodología

4.4.6 Programación de los Sistemas de Control

Para el control de temperatura y humedad fue necesario la técnica de programación tanto para el Arduino como para el PLC Logo Siemens 12/24 RCE (4DI/4DO) tipo relé, ya que son los encargados de recolectar los datos de los sensores para accionar los diferentes procesos en condiciones normales de operación y en ciertos lapsos de tiempo.

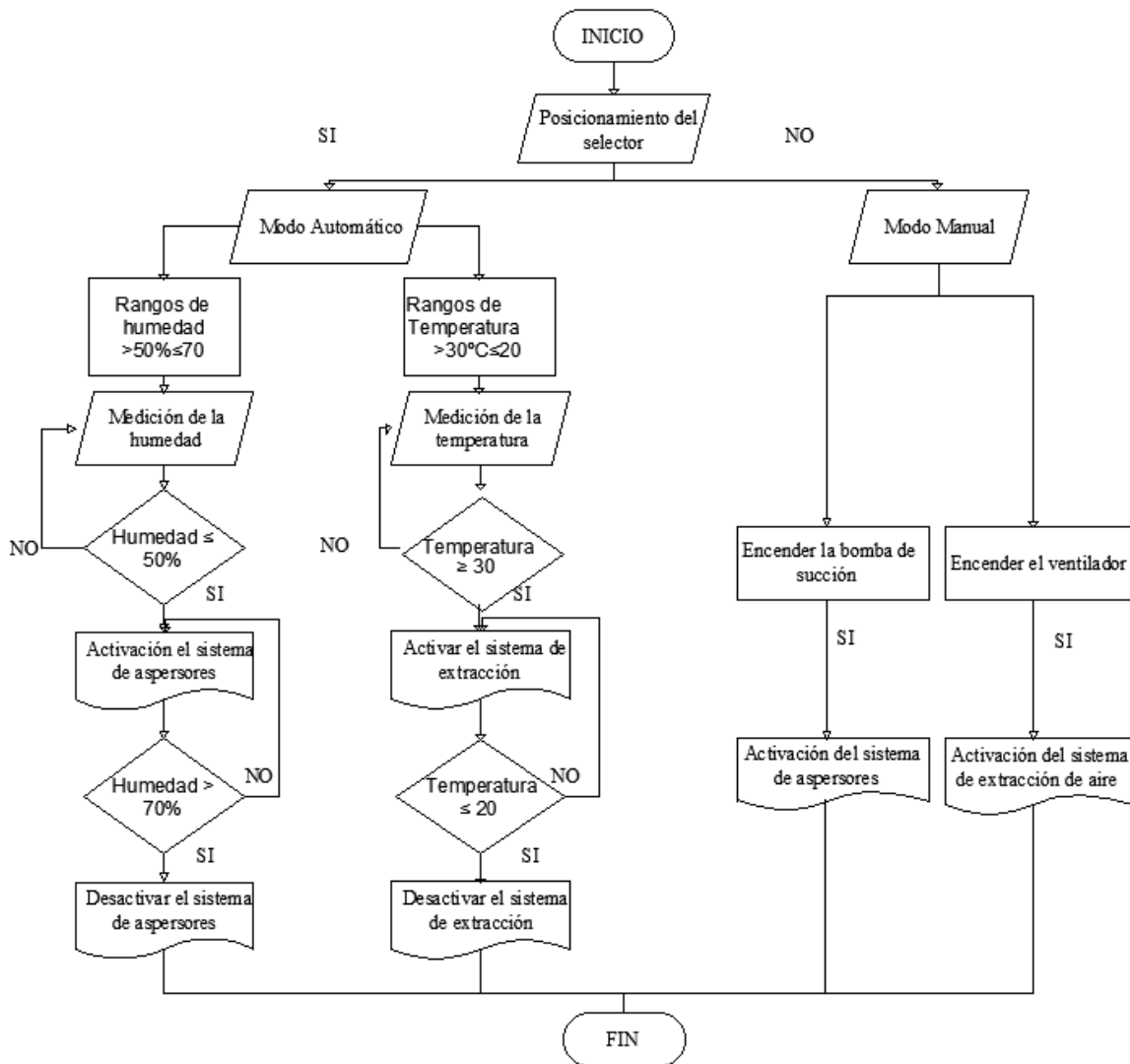


Figura 4.3. Algoritmo de funcionamiento del Sistema de Control de Temperatura y Humedad

4.5 MATERIALES EMPLEADOS

Para la implementación de la propuesta tecnológica fue necesario adquirir diferentes materiales que están divididos en tres ítems: para el sistema de control de temperatura, control de humedad y para el armado del gabinete de control, los cuales se detallan a continuación.

4.5.1 Materiales Utilizados en el Sistema de Control de Temperatura

El sistema de control de temperatura consta de diferentes materiales que hacen posible que el sistema funcione de manera correcta, enlazados entre sí y cada uno cumpliendo con una función en específico, a continuación, se detallará cada uno de los elementos utilizados:

4.5.1.1 PLC Logo Siemens 12/24 RCE (4DI/4DO) Tipo Relé

Un logo es un módulo lógico universal en el que está integrado la parte de control, unidad de mando, fuente de alimentación, visualización de datos con retroiluminación, interfaz que permiten adaptar módulos de ampliación, interfaz para programación tipo card y cable para Pc, además consta con funciones preprogramadas para conexión y desconexión retardada, relés de corriente, temporizadores, marcas analógicas y digitales etc.

De acuerdo a estas características para la automatización de los procesos en la que se basa esta propuesta tecnológica, se adquirió un PLC logo marca Siemens (figura 4.4), consta con una entrada de alimentación de 12/24 VDC, además en su última versión es capaz de procesar datos de señales tanto analógicas como digitales, este dispositivo permite interactuar con los diferentes componentes como pulsadores de marcha, paro, paro de emergencia, contactores, bombas, etc. Este dispositivo se encarga de accionar, registrar datos de los procesos de control de temperatura y humedad.



Figura 4.4. LOGO 12/24RCE SIEMENS 12/24VDC (4DI / 4DO) Tipo relé

4.5.1.2 Fuente De Alimentación Industrial

Los sistemas de control de temperatura y humedad son controlados por el PLC Logo Siemens 12/24 RCE (4DI/4DO) tipo relé, el mismo que requiere una fuente de alimentación con diferentes características para su energización y funcionamiento, por ende, de acuerdo al nivel de tensión se adquirió una fuente de tipo industrial de 24Vdc y 2.5A. marca MEANWELL (figura 4.5), cuyas características se pueden visualizar en el datasheet (Anexo 1).



Figura 4.5. Fuente De Alimentación Industrial 24Vdc 2.5A 60W MDR6024

4.5.1.3 Sensor Termocupla tipo K

Los sensores de temperatura más utilizados en el ámbito industrial son la termocupla tipo K, J y Pt 100, la termocupla tipo K soporta temperaturas menores a 1300°C, utilizado generalmente en hornos de tratamientos térmicos y fundición de cobre, este tipo de sensor es uno de los más adecuados para el uso en atmosferas reductoras, oxidantes e inertes [19]. Para este proyecto se utilizó este tipo de sensor de temperatura tipo k (figura 4.6), el mismo recolectará datos a tiempo real de la temperatura existente dentro del invernadero ya que es fácil de encontrar en el mercado y son económicos.



Figura 4.6. Sensor Termocupla Tipo K

4.5.1.4 Módulo MAX6675 para Termocupla Tipo K

Para la conexión de la termocupla y del Arduino es necesario la adaptación de un módulo que permita convertir una señal analógica a digital, para ello, se ha visto prudente la utilización del Módulo MAX6675 (figura 4.7), el mismo que tiene un voltaje de operación de 5V, corriente de trabajo de 50mA, el rango de temperatura para la termocupla tipo K es de -200°C hasta 1300°C y su resolución de transmisión es de 12 bits.

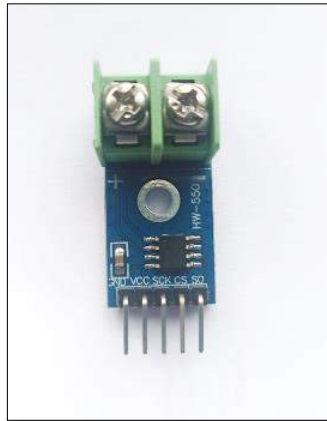


Figura 4.7. Módulo MAX6675 tarjeta acondicionadora para Termocupla Tipo K

4.5.1.5 Arduino Nano

Arduino es un microcontrolador que al momento de programarlo funciona de forma independiente, es decir proporciona de alimentación a diferentes dispositivos y realiza funciones de acorde a la programación. Para este proyecto se utilizó un Arduino Nano (figura 4.8), ya que es un dispositivo compacto y posee una serie de librerías que permite mediante programación la interacción entre diferentes componentes, en este caso con un sensor de temperatura tipo K y con un sensor de humedad SHT 10 para hacer posible la lectura de datos.



Figura 4.8. Arduino Nano

4.5.1.6 Display o Pantalla LCD

Al momento de adquirir los datos de los diferentes sensores tanto de humedad como de temperatura es necesario un dispositivo que permita la visualización de los mismos, por ende, para este proyecto se adquirió como método alternativo una Display o Pantalla LCD para Arduino (figura 4.9), que permite al operador la visualización de datos en tiempo real.



Figura 4.9. Display o Pantalla LCD para Arduino

4.5.1.7 Extractor de aire

El extractor de aire es un dispositivo cuya función principal es renovar el aire existente en el ambiente de trabajo, hogares, centros comerciales, etc. El proyecto tiene como finalidad el control de temperatura para ello se ha visto prudente el uso de un extractor de aire (figura 4.10), para renovar el aire del entorno por uno más fresco, ayudando en gran proporción al desarrollo de la planta.



Figura 4.10. Extractor de aire comercial de 45W

4.5.2 Materiales Utilizados en el Sistema de Control de Humedad

Para el sistema de control de humedad fue necesario la adquisición de materiales destinados para el riego de tipo aspersion y sensores de humedad para verificar que el suelo sea apto para el desarrollo de la planta, los materiales utilizados se presentan a continuación.

4.5.2.1 Bomba Centrífuga para Riego de Agua

Una bomba centrífuga permite el incremento de la velocidad del fluido mediante un elemento rodante, está constituida un elemento móvil denominado impulsor y por alabes ubicados en la estructura que dirige el movimiento [20]. Para el sistema de control de humedad es necesario la extracción de agua de un reservorio, para ello, se adquirió una bomba centrífuga de 0.5 HP (figura 4.11), la misma tiene como función principal dotar de agua al sistema de regadío implementado en el proyecto.



Figura 4.11. Bomba centrífuga para Riego de Agua de 0.5 HP

Para el correcto funcionamiento de la bomba es necesario adecuarle una serie de materiales con el fin de preservar la integridad de la misma entre los materiales adicionales se tiene un Nplo que viene a ser una unión utilizada para el sistema de presión de agua, una universal que permite realizar la unión de dos tuberías a través de un sistema de enrosque, una Tee de rosca utilizada para la derivación de la tubería, un filtro de anillos que permite el ingreso del agua libre de impurezas a la bomba y un tapón removible que sirve para cebar a la bomba permitiendo el correcto funcionamiento, estos materiales se los puede visualizar en la (figura 4.12) presentada a continuación.



Figura 4.12. Implementación de accesorios para bomba centrífuga

4.5.2.2 Materiales del Sistema de Succión

El proyecto consta con un reservorio el cual abastece para el sistema de regadío implementado en la florícola, por ende, se ha visto la necesidad de implementar una serie de materiales que permita realizar este proceso hasta llegar a la bomba centrífuga, entre los materiales utilizados se tiene:

- Manguera de succión anillada, este tipo de manguera es una de las más utilizadas para este propósito en la zona agrícola, ya que consta con materiales reforzados que soportan las condiciones climáticas y no es completamente rígida, es decir, es fácil de moldear adaptándose al entorno de trabajo (figura 4.13 a).



Figura 4.13 a. Manguera de Succión Anillada para Succión de Agua

- Válvula check de canastilla este material va completamente sumergido en el reservorio, tiene como función dotar de fluido a la manguera manteniéndola constante, también actúa como filtro para que el agua llegue a la bomba centrífuga sin tanta contaminación (figura 4.13 b).



Figura 4.13 b. Válvula Check de Canastilla para Succión de Agua

- El Adaptador Flex es un accesorio utilizado para sistemas de riego en este proyecto permite la unión entre la manguera de succión anillada con la bomba centrífuga y con la válvula check de canastilla gracias a su diseño particular de tipo rosca y alta resistencia (figura 4.13 c).



Figura 4.13 c. Adaptador Flex para la Manguera de Succión

- La abrazadera de presión (figura 4.13 d), es un accesorio utilizado generalmente para sujetar firmemente tubos o mangueras evitando fugas o derrames de fluidos, en este proyecto este accesorio fue utilizado para fijar los extremos de la manguera de succión anillada con el Adaptador Flex permitiendo de esta manera la unión de los dos materiales y evitando fugas de agua.



Figura 4.13 d. Abrazadera de Presión 32-35 para la Manguera de Succión

4.5.2.3 Tubería Plástica para Sistemas de Riego

La tubería plástica es muy utilizada para sistemas de riego debido a su alta resistencia y facilidad de adquisición en el mercado, por ende, para la conexión de cada accesorio de la bomba centrífuga fue necesario adquirir tubería plástica de 32 mm (figura 4.14), dicha tubería también fue utilizada como línea principal de distribución de agua para el sistema de regadío.



Figura 4.14. Tubería Plástica 32 mm Empleada en el Sistema de Riego

4.5.2.4 Manguera Ciega para Sistemas de Riego

Este tipo de manguera es fabricada en polietileno y es utilizada para sistemas de riego por goteo y aspersión en plantaciones y florícolas debido a su facilidad de manipulación y que permite insertar diferentes tipos de aspersores de acuerdo a la necesidad, evitando perdidas redundantes de agua. Para este proyecto fue necesario la adquisición la manguera ciega de 16 mm (figura 4.15), siendo distribuida de manera equitativa a lo largo del invernadero, dando como resultado tres líneas de riego, la misma se encarga de alojar aspersores a una cierta distancia para cumplir con el proceso de regadío de agua y en el final de la línea se colocaron unos tapones de tipo t (figura 4.16) para evitar pérdidas de agua.



Figura 4.15. Manguera Ciega 16mm Empleada en el Sistema de Riego



Figura 4.16. Tapón de tipo t 16 mm Empleada en el Sistema de Riego

4.5.2.5 Microaspersor Gyronet

Es un dispositivo utilizado en sistemas de riego ya que permite suministrar de agua a las plantas en forma de gotas muy finas, para el sistema de regadío fue necesario la adquisición de microaspersores Gyronet (figura 4.17), ya que tiene un radio de aspersion amplio, son fáciles de adquirir en el mercado y son económicos teniendo una alta resistencia en el material de construcción.



Figura 4.17. Microaspersor Gyronet

4.5.3 Materiales del Tablero de Control del Sistema de Temperatura y Humedad

Un tablero de control eléctrico está constituido por dispositivos de maniobra, protecciones, alarma, señalización cada uno para desarrollar una función específica dentro de un sistema eléctrico [21]. El tablero de control es una de las partes fundamentales para la ejecución de este proyecto por lo que se adquirió un gabinete metálico liviano de 600x400x200 (figura 4.18), la dimensión es adecuada ya que está encargada de albergar los dispositivos de control y mando del sistema de temperatura y humedad, estos sistemas están conformados por diferentes accesorios los mismos que se detallan a continuación.



Figura 4.18. Gabinete Metálico Liviano de 600x400x200

4.5.3.1 Selector Metálico 3 Posiciones

Un selector permite energizar circuitos de mando no tan complejos es decir que no requiera muchas condiciones de operación, en el desarrollo del proyecto el selector de tres posiciones (figura 4.19), tiene dos condiciones de operación, la primera se basa en la energización de los sistemas de control de temperatura y humedad de forma automática, y la segunda hace referencia a la energización de los sistemas de forma manual, donde el operador decide cuando entra en funcionamiento cada sistema de control.



Figura 4.19. Selector Metálico de 3 Posiciones

4.5.3.2 Luz Piloto CHNT

La luz piloto en el sector industrial tiene como función indicar al operador el funcionamiento de un sistema de control, para la implementación del proyecto se adquirió dos luces piloto de color verde que nos indican cuando entra en funcionamiento el sistema de control de temperatura y el sistema de control de humedad, y dos luces piloto de color rojo que indican cuando los sistemas de control no están en funcionamiento.



Figura 4.20. Luz piloto roja y verde

4.5.3.3 Pulsador de Emergencia

Un pulsador de emergencia es utilizado en toda máquina o proceso en cual existan peligros para el operador, por ende, es de gran importancia la implementación de este dispositivo en el proyecto, en el caso de que existan alguna anomalía en el funcionamiento de los sistemas de control de temperatura y humedad se instaló un pulsador de paro con retención (figura 4.21), este dispositivo permite al operador deshabilitar el funcionamiento del sistema hasta encontrar una posible solución.



Figura 4.21. Pulsador de paro con retención

4.5.3.4 Canaleta Ranurada

Dentro del tablero o gabinete de control es necesario la utilización de la canaleta ranurada, ya que está encargada de la conducción y protección del cableado eléctrico, en este caso el tipo de canaleta utilizada es plástica de alta resistencia, fácil de instalar, y fácil de adquirir en el mercado.

4.5.3.5 Riel Din

El riel din es utilizada en el sector industrial para el montaje de los diferentes elementos de protección y mando de un sistema dentro de un gabinete o tablero de control. Para la implementación del proyecto se adquirió el riel din, para ubicarla dentro del gabinete de control y es la encargada de albergar al PLC Logo, contactores, guarda motor y fuente de alimentación, materiales utilizados para el sistema de control de temperatura y humedad.

4.5.3.6 Contactor LS Bobina 9A

Es un componente electromecánico que tiene por objeto establecer o interrumpir el paso de la corriente ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando [12]. Para la ejecución de la propuesta tecnología se adquirió un contactor (figura 4.22), para el sistema de control de temperatura y humedad, este dispositivo se encarga del accionamiento de la bomba centrífuga, extractor de aire y del ventilador de aire implementados en el invernadero.



Figura 4.22. Contactor estándar

4.5.3.7 Guardamotor LS 5-8 A

El guardamotor es un dispositivo electromecánico utilizado principalmente como método de protección para motores eléctricos, para la implementación del sistema de control de humedad se adquirió un guardamotor (figura 4.23), este elemento es utilizado para la protección de la bomba centrífuga ante posibles cambios de valores de corriente, y de esta manera extendiendo la vida útil de este componente.



Figura 4.23. Guardamotor marca Siemens

4.5.3.8 Pulsador de Marcha y Paro

Un pulsador es un dispositivo que permite o interrumpe el paso de la corriente eléctrica, dentro de la implementación de la propuesta tecnológica, se adquirió dos pulsadores de marcha para cada sistema de control, en donde el operador al presionar este dispositivo puede poner en funcionamiento cada proceso y después de un cierto tiempo puede detenerlo mediante el uso de dos pulsadores de paro.



Figura 4.24. Pulsador de marcha y paro

4.5.3.9 Breaker Monofásico

Un breaker tiene como finalidad proteger los equipos y el cableado eléctrico, en este proyecto se adquirió un breaker de 1 polo de 10 amperios (figura 4.25), encargado de proteger los elementos instalados en el gabinete o tablero de control, se utilizó este tipo de breaker ya que no existen tantas cargas dentro de los sistemas de control de temperatura y humedad.



Figura 4.25. Breaker de 1 polo de 10 Amp

4.5.3.10 Barra de Tierra 12 Orificios

Dentro del gabinete o tablero de control es indispensable el uso de una barra de conexión a tierra ya que ciertos materiales empleados en el proyecto deben ser conectados a este sistema para salvaguardar su integridad ante posibles descargas atmosféricas, por ende, se ha visto la necesidad de adquirir una barra de tierra de 12 orificios (figura 4.26).

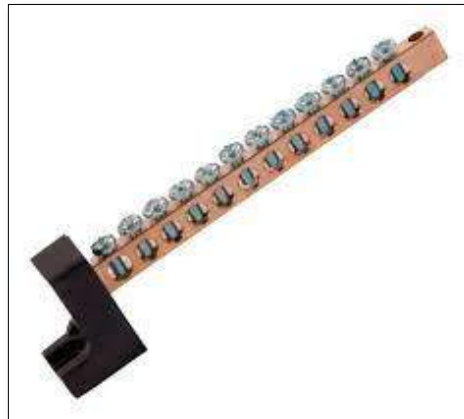


Figura 4.26. Barra de Tierra de 12 Orificios

4.5.3.11 Cable THHN Flexible Centelsa

El cable THHN es un conductor de cobre utilizado generalmente en sistemas de distribución de baja tensión ya sea en el sector industrial, comercial y residencial. En cuando se refiere a la implementación del sistema de control de temperatura y humedad es necesario el uso de este tipo de conductor eléctrico para proporcionar de energía eléctrica a cada uno de los componentes ubicados dentro del gabinete o tablero de control.

Tabla 4.1. Calibre de conductores

Tamaño del conductor AWG	Rango de temperatura del conductor		
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)
18	-	-	14 A
16	-	-	18 A
14	20 A	20 A	25 A
12	25 A	25 A	30 A
10	30 A	35 A	40 A
8	40 A	50 A	55 A
6	55 A	65 A	75 A
4	70 A	85 A	95 A
3	85 A	100 A	110 A
2	95 A	115 A	130 A
1	110 A	130 A	150 A
1/0	125 A	150 A	170 A
2/0	145 A	175 A	195 A
3/0	165 A	200 A	225 A
4/0	195 A	230 A	260 A

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la implementación de la propuesta tecnológica en la florícola fue necesario realizar diferentes actividades como el diseño del sistema de regadío y de temperatura, en donde se aplicaron conocimientos de automatización y de instalaciones eléctricas, también se realizó el cálculo del conductor y de los materiales necesarios para llevar a cabo este proyecto.

5.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO IMPLEMENTADO

Mediante la utilización de Google Earth se pudo obtener las coordenadas del lugar donde se va a implementar la propuesta tecnológica, el proyecto se realiza en el barrio Escalera Loma perteneciente a la Parroquia de Poaló del Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi, específicamente en la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia.

Tabla 5.1. Coordenadas de la ubicación de la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia

Coordenadas				Altura (m)
Grados Decimales (DD)		Grados Minutos y Segundos (DMS)		
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	
0.88083° S	78.653944° O	0°53'17.1"S	78°39'14.2"O	2820

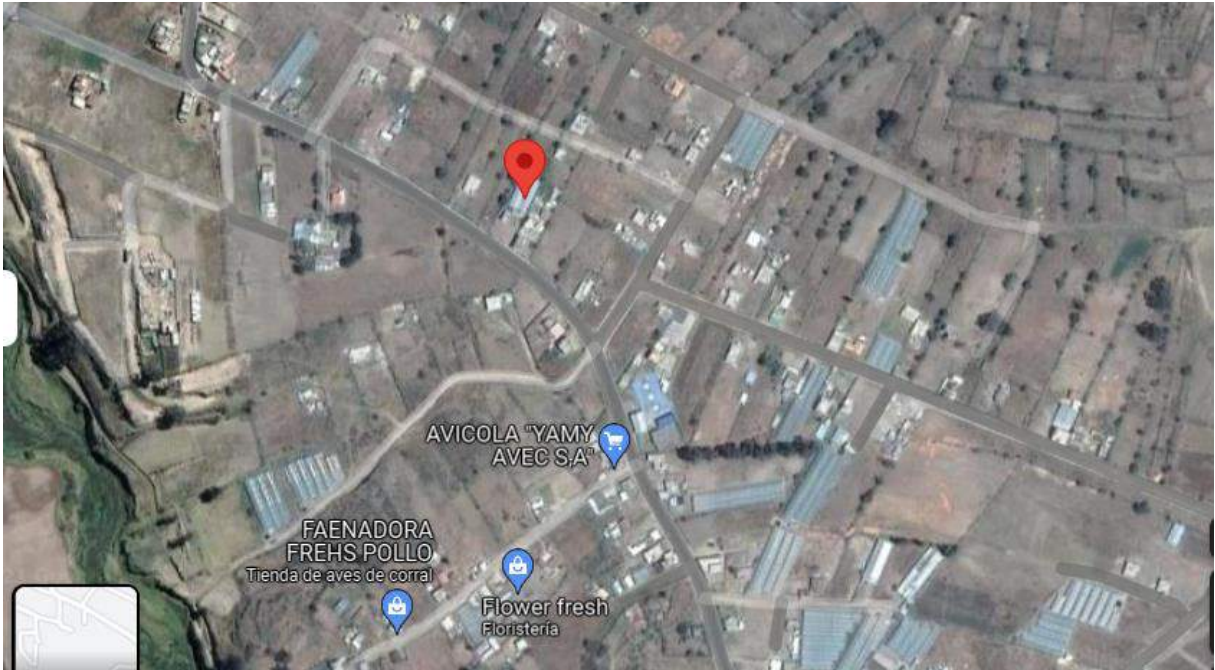


Figura 5.1. Localización de la Florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia

5.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE HUMEDAD

Para la implementación del control de humedad, en primer lugar, fue necesario realizar una simulación que permita observar el funcionamiento del sistema de control estableciendo límites de operación, la simulación permite modificar los valores obtenidos por el sensor SHT10 y de esta manera conocer qué porcentaje de humedad tiene el terreno, si la humedad es menor al 50 % se activa el sistema de riego por aspersión encendiendo la luz verde hasta llegar a un rango de humedad del 70 % desactivando el sistema, de esta manera la simulación permite verificar el funcionamiento del sistema a implementar.

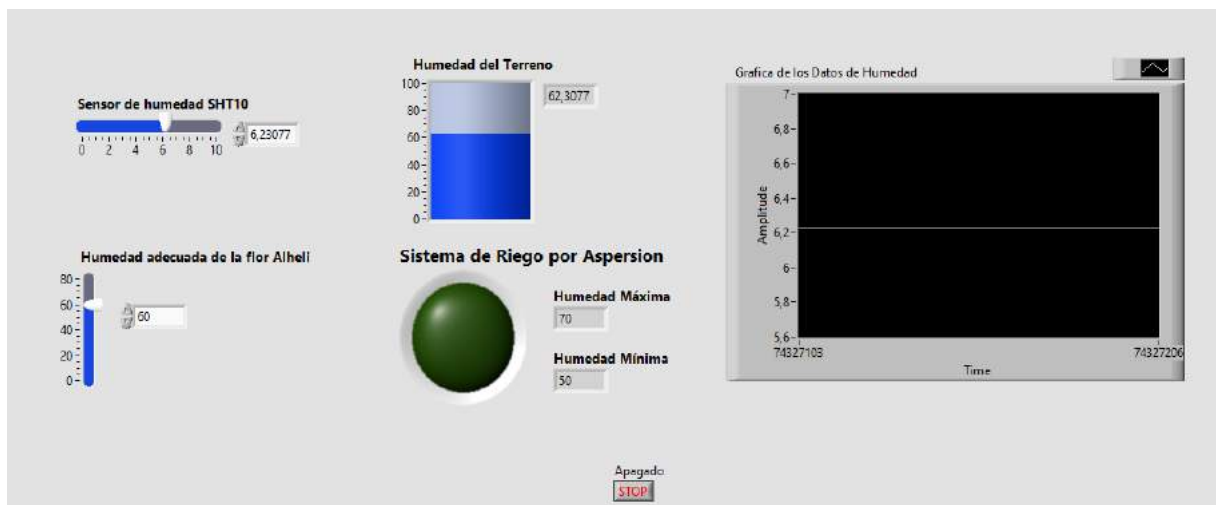


Figura 5.2. Simulación del sistema de control de humedad en el software LabVIEW

A continuación, es indispensable contar con un sistema que permita realizar el control de riego de agua mediante la utilización de aspersores que admite un riego equilibrado en el cultivo, este sistema se logró gracias a la utilización del sensor de humedad SHT 10 el cual posee un rango de error de $\pm 5 \%$, y un rango de humedad de 0 a 100 % que permite obtener datos del grado de humedad del terreno y de esta forma lograr tener un control adecuado para que se mantenga a una humedad previamente establecida.

Tabla 5.2. Características del Sensor de Humedad SHT10

Sensor SHT10	
Consumo eléctrico	0,15 mW
Tipo de interface	interfaz two wire
Rango de medición	0-100% RH
Precisión de humedad	$\pm 5\%$
Tamaño	49 mm x 14 mm



Figura 5.3. Ubicación del Sensor de Humedad SHT10 en las bandejas del Invernadero

5.2.1 Adaptación del sistema de Riego de Agua

Este sistema se realizó con el fin de obtener un riego equilibrado de agua en el invernadero, se logró gracias a la distribución de mangueras plásticas que alberga una serie de aspersores a una distancia considerada y al uso de una bomba de 0.5 HP que suministra de agua al sistema de riego implementado, generando presión en los aspersores para que estos cumplan con una función determinada.



Figura 5.4. Distribución de TUB EC 25mm a lo largo del Invernadero

5.2.2 Distribución de Manguera y Microaspersores de Agua.

Para este proceso se optó por utilizar una manguera de 16 mm de diámetro la cual se encuentra distribuida en tres canales en el interior del invernadero a una distancia de separación de 1.60 m entre sí, con una longitud de largo de 7.70 m, el riego se logró gracias a la colocación de aspersores a cada 50 cm que cubrirá toda el área de cultivo.



Figura 5.5. Adaptación del Sistema de Riego por Microaspersores

5.3 INSTALACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Para la implementación del control de temperatura, fue necesario realizar una simulación que permita observar el funcionamiento del sistema de extracción de aire cuando la temperatura en el interior del invernadero supere los 25 °C, ya que dicha temperatura es considerada ideal para el crecimiento de la semilla de la flor alhelí, la simulación permite modificar los valores obtenidos por el sensor termocupla tipo K y expresarla en grados centígrados, el sistema consta con un rango máximo de 25 °C y mínimo 20 °C para el accionamiento del sistema de extracción con la finalidad de garantizar el funcionamiento y cuidado del extractor, es decir el extractor se apagará cuando la temperatura en el interior del invernadero sea inferior a 20 °C.

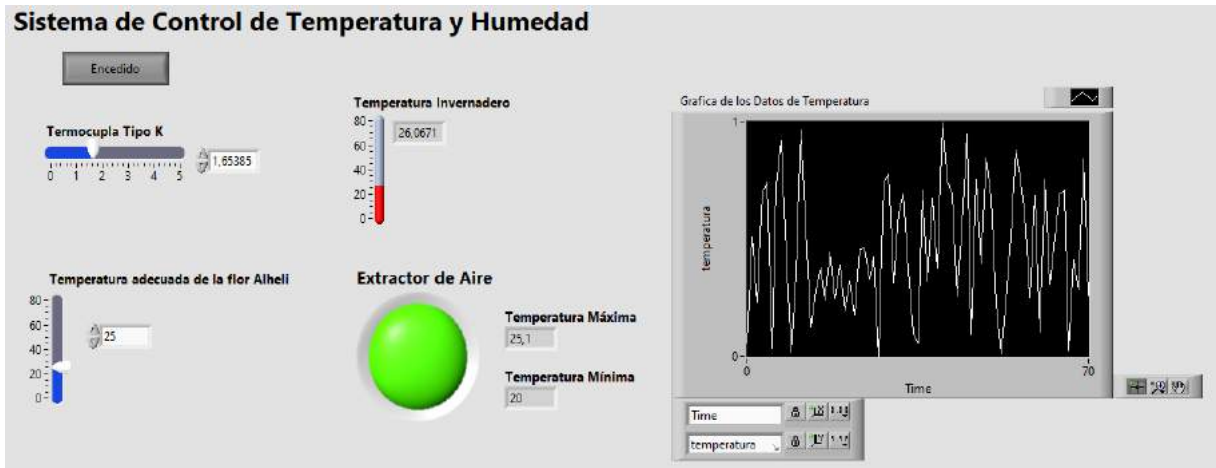


Figura 5.6 Simulación del sistema de control de temperatura en el software LabVIEW

Para la instalación del sistema de control se optó por la utilización de un sensor de temperatura tipo K ubicado a una altura de 1.95 m en la parte central del invernadero con el fin de obtener un valor real de la temperatura ambiente que existe en su interior, en la cual no influyan aspectos externos al sistema de ventilación que se está empleando. El sensor de temperatura tiene un margen de error del $\pm 5 \%$, con un rango de temperatura de 0 a 400 °C.



Figura 5.7. Ubicación del Sensor de temperatura Tipo K en el Invernadero

Tabla 5.3. Características del Sensor de Temperatura Tipo K

SENSOR TERMOCUPLA TIPO K	
Longitud de cable	5 m
Tipo	K
Diámetro de la rosca de tornillo	8 mm/0,3 in
Longitud de la sonda	150 mm / 5,9 in
Diámetro de la sonda	5 mm / 0,2 in
Conector	2 piezas
Rango de temperatura	0 a 400 °c
Peso	39 g a 86 g

5.3.1 Instalación del Extractor de Aire en el Invernadero

Para la ejecución de la propuesta tecnológico se instaló un extractor de aire cuya potencia es de 45W y el rango de evacuación es de $1080 \text{ m}^3/\text{h}$, se ubicó en la parte frontal del invernadero a una altura de 2,30m, se optó por esta ubicación debido a la estructura y diseño del invernadero que cuenta con una ventilación en la parte superior que asimila a una chimenea debido a que el aire caliente se concentra en este sector, por lo que el extractor ayudará a tener un mejor flujo de aire constante ayudando a disminuir la temperatura en el interior del invernadero.

Para la selección del extractor de aire es necesario calcular el caudal de aire que existe en el interior del invernadero mediante el uso de la siguiente formula:

$$C = \frac{V * CPH * 35.3}{60} \quad (5.1)$$

Donde:

C= Caudal de aire

V= Volumen del Invernadero

CPH= Cambios por Hora de Aire

Para el cálculo del volumen se toma en consideración las características constructivas en cuanto se refiere al área y altura del invernadero, entonces se tiene:

$$Volumen_{invernadero} = A * h \quad (5.2)$$

Reemplazando:

$$Volumen_{invernadero} = (8\text{m} * 7\text{m}) * 3.40\text{m}$$

$$Volumen_{invernadero} = 190.4 \text{ m}^3$$

De acuerdo al área del invernadero se ha tomado como referencia 5 cambios de aire por hora, una vez determinados estos factores se realiza el cálculo del caudal de aire para determinar el extractor que cumpla con las características de diseño.

$$C = \frac{190.4 \text{ m}^3 * 5 * 35.3}{60}$$

$$C = 560.09 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$C = 952 \text{ m}^3/\text{h}$$

Una vez determinado el caudal de aire que existen en el interior del invernadero, se procede a la elección del extractor de aire de acuerdo a las características del fabricante tabla 5.4.

Tabla 5.4. Características del extractor de aire

Características Extractor de Aire					
Modelo	Voltaje	Frecuencia	Power	Velocidad	Entrega de aire m^3/h
FAD20-4	110 V	60 Hz	35 W	1600 r/min	780
FAD25-4	111 V	61 Hz	40 W	1601 r/min	840
FAD30-4	112 V	62 Hz	45 W	1602 r/min	1080
FAD35-4	113 V	63 Hz	75 W	1603 r/min	2280
FAD40-4	114 V	64 Hz	145 W	1604 r/min	2880
FAD50-4	115 V	65 Hz	350 W	1605 r/min	5700
FAD60-4	116 V	66 Hz	600 W	1606 r/min	8700

De acuerdo a las características de los modelos de extractores de aire que proporciona el fabricante Montero, se determinó que el modelo FAD30-4 es el ideal para la implementación en el invernadero ya que proporciona una entrega de caudal de aire de $1080 m^3/h$.



Figura 5.8. Ubicación del extractor de aire para el correcto funcionamiento

5.4 INSTALACION DE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Como medida de seguridad para los diferentes equipos del tablero de control se instaló un sistema de puesta a tierra cuya función principal es eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado. Para la instalación de este sistema se empleó una varilla de cobre COPERWELD de 1.2 m de longitud, un conector COPERWEL y cable THHN 7 HILOS CENTELSA #8.



Figura 5.9. Instalación del sistema de puesta a tierra

5.5 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

En el diseño de los sistemas de control se toma en cuenta las señales de entradas y los equipos que se desea controlar, de este modo realizando una serie de pasos se puede operar de forma segura el tablero de control, garantizando el correcto funcionamiento de los diferentes procesos (riego y ventilación).

5.5.1 Esquema de Conexión del Sistema de Control de Temperatura y Humedad

El esquema de control se diseña en base al diagrama que se observa en la figura 5.10, donde se puede observar la conexión de los diferentes componentes del sistema de control planteado, que serán accionados por un controlador lógico programable.

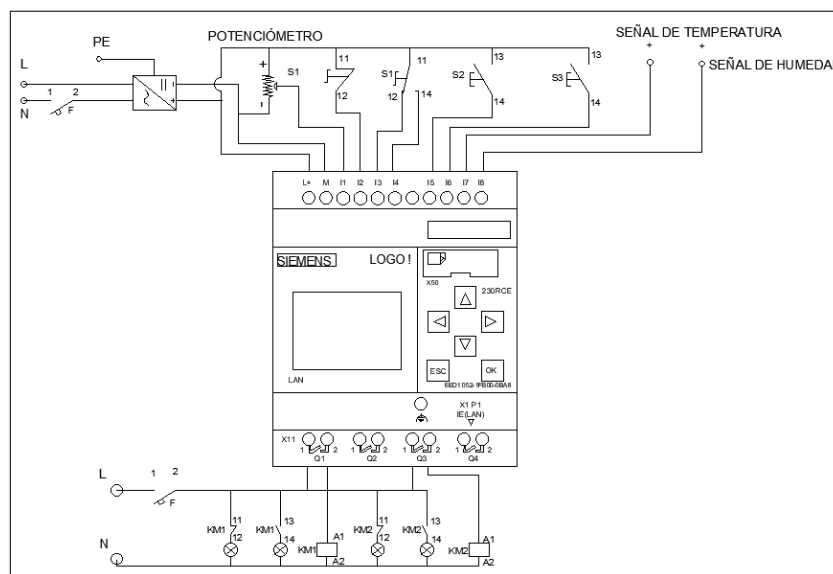


Figura 5.10. Diagrama de control de automatización del invernadero

5.5.2 Sistema de control de riego y ventilación

Para este sistema de control de riego y ventilación se optó por un LOGO 12/24 RCE tipo relé que posee 4 entradas analógicas que serán de gran utilidad para trabajar con los sensores de humedad y temperatura. Para iniciar la fase de programación se debe instalar el software LOGO Soft Comfort V8.3, en la cual podemos encontrar los diferentes elementos que vamos a utilizar para realizar el sistema de automatización la cual consta de control de riego y temperatura del invernadero.

5.5.2.1 Programación en LOGO 12/24 RCE

a. Programación en Diagrama de Funciones (FUP)

El accionamiento de la bomba de agua y del ventilador se realiza mediante un selector de tres posiciones que permitirá establecer un parámetro que indica si el programa funcionará de forma automática o manual, de forma automática funcionará en base a las medidas obtenidas por los respectivos sensores (Temperatura y Humedad) y los rangos establecidos dentro del programa LOGO Soft Comfort V8.3. La programación para el accionamiento automático del módulo de control depende de la señal emitida por sus respectivos sensores, que activaran las salidas Q1 encargado de accionar el contactor KM1 y Q3 de accionar el contactor KM2, estas salidas se encargan del funcionamiento del ventilador y de la bomba de agua.

b. Programación del sistema de ventilación

En la programación, la señal emitida por el sensor de temperatura será registrada en la entrada analógica A1 correspondiente a la I7, en la que permite establecer los rangos de valores automáticos.

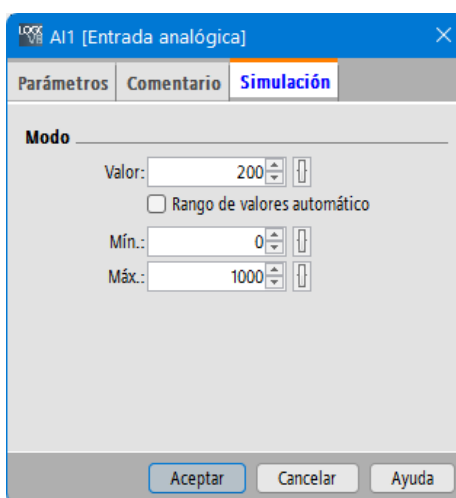


Figura 5.11. Asignación de rango de valores automáticos

La señal emitida por el sensor de temperatura se conecta en la primera posición del comparador analógica, la misma que se encarga de la comparación de 2 valores analógico respecto al mayor, menor o igual. Esta función especial permite configurar el rango de medida y establecer el umbral para su funcionamiento



Figura 5.12. Configuración de los valores establecidos para el comparador analógico

De esta forma permite que una vez establecidos los rangos en el comparador analógico puedan accionar la salida Q1, mediante las mediciones obtenida por el sensor de temperatura tipo K, sin embargo, para el accionamiento de esta salida, en el programa se especifica que se debe cumplir con una serie de condiciones como, no verse interrumpida la señal del paro de emergencia y que la señal del selector debe estar siendo emitida a la entrada I3 correspondiente al modo automático. Esta condición será cumplida gracias a la función básica AND que permite establecer que debe existir dos señales de entrada para que esta se active y permita el paso de la señal a una función básica OR, función que permite que una o dos señales permitan obtener una señal en su salida y que en este caso pueda pasar a una función AND, en la cual una de las condiciones establecidas es que la señal emitida por el paro de emergencia este activa para que la salida Q1 se active.

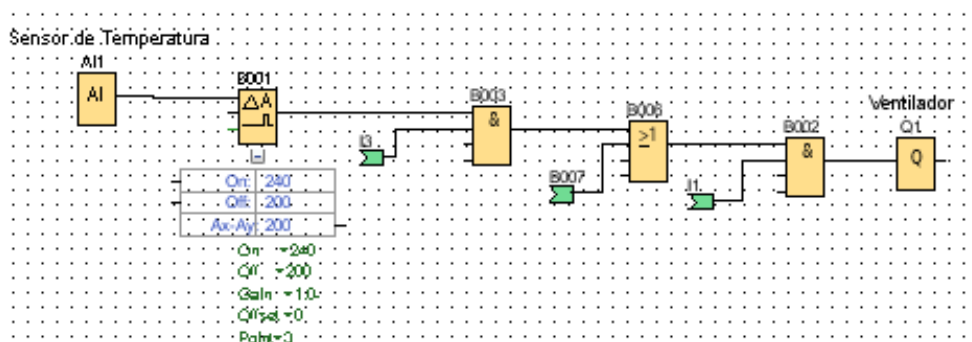


Figura 5.13. Programación del sistema de ventilación en diagrama de funciones (FUP)

c. Programación para el Sistema de Riego

Para realizar la programación del Sistema de Riego la señal emitida por el sensor de humedad SHT10 será registrada en la entrada analógica A2 correspondiente a I8 que permite establecer los valores de rangos automáticos.

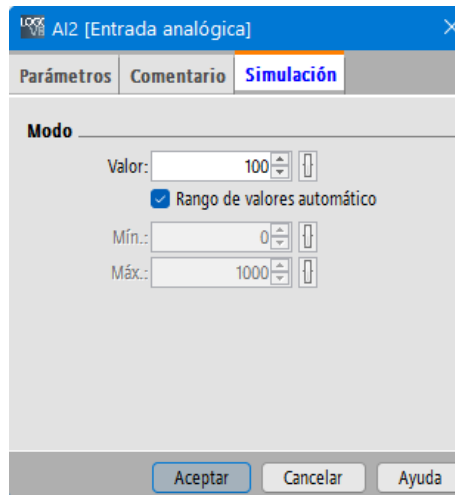


Figura 5.14. Asignación de rango de valores automáticos

La señal emitida por el sensor de humedad se conecta en la primera posición del comparador analógico, en la cual se configurará el rango de medida y el umbral para su funcionamiento.



Figura 5.15. Configuración de los valores establecidos para el comparador analógico del Sistema de Riego

De esta forma permite que una vez establecidos los rangos en el comparador analógico puedan accionar la salida Q3, mediante las mediciones obtenida por el sensor de humedad SHT10, teniendo en cuenta que para este caso debemos obtener la señal de un potenciómetro que será emitida a la entrada analógica A3 correspondiente a la I1, señal que permitirá configurar los

parámetros de funcionamiento del sistema de humedad. Para este sistema las condiciones que debe cumplir para su funcionamiento son iguales a las condiciones establecidas para la programación del sistema de ventilación, y de igual manera para este programa seguimos los pasos ya mencionados para realizar la activación del Q3.

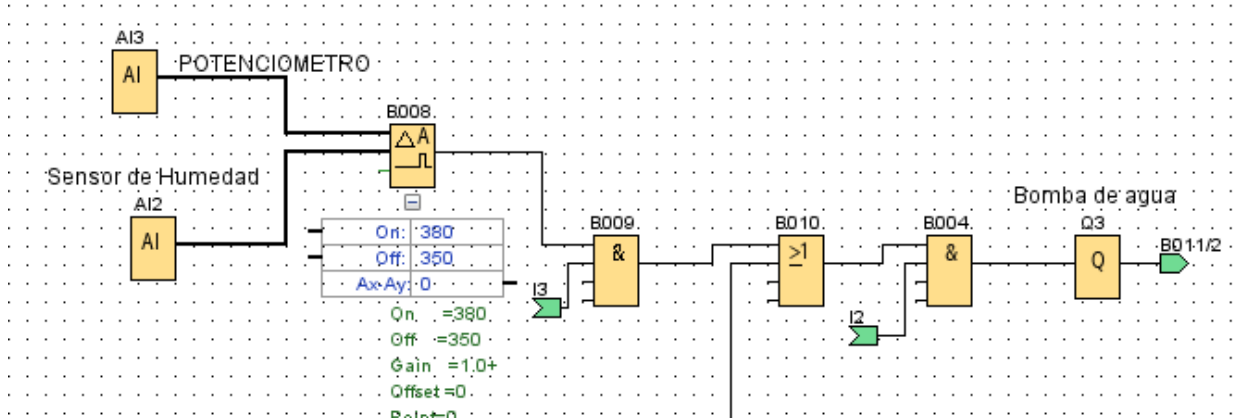


Figura 5.16. Programación del Sistema de Riego en diagrama de funciones (FUP)

La programación del accionamiento manual del módulo de control depende que el selector de tres posiciones se encuentre en forma manual para que este permita al accionamiento de las entradas I5 e I6 que accionaran las salidas Q1 y Q2 respectivamente, quedando como resultado un esquema final que se puede observar en la siguiente figura.

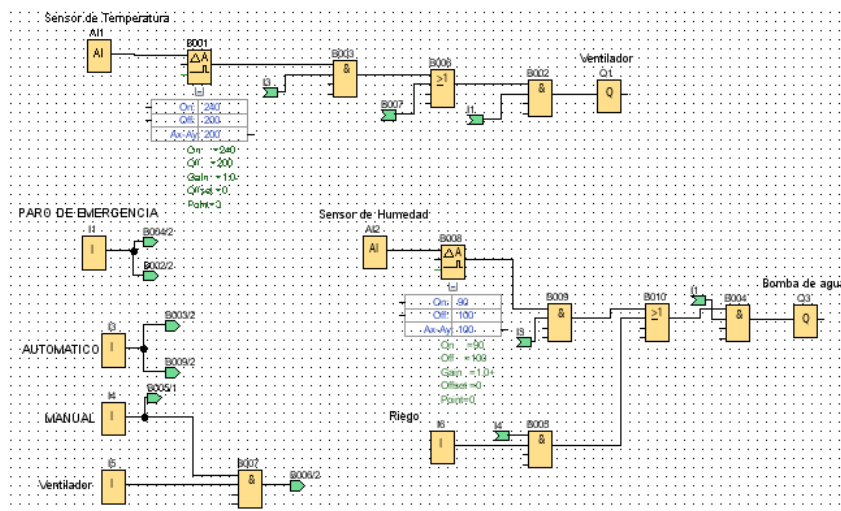


Figura 5.17. Esquema final del programa de los procesos de control de Temperatura y Humedad

5.5.2.2 Esquema de conexión de placa electrónica para adquisición de datos

Para la lectura de datos de los sensores de humedad y temperatura empleados en este proyecto es necesario el diseño de una placa que incorpore ciertos elementos electrónicos, el diseño se realizó mediante la utilización del software Proteus que permite la creación y simulación de la placa electrónica.

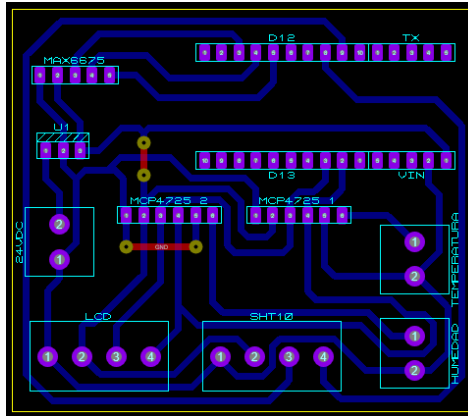


Figura 5.18. Diseño de placa electrónica

Una vez realizado el diseño de la placa ubicamos los diferentes elementos y realizamos las conexiones del sensor de temperatura y humedad, tomando en cuenta que los cables sean conectados a sus respectivos conectores y que de esta forma el circuito funcione de manera eficiente y correcta.

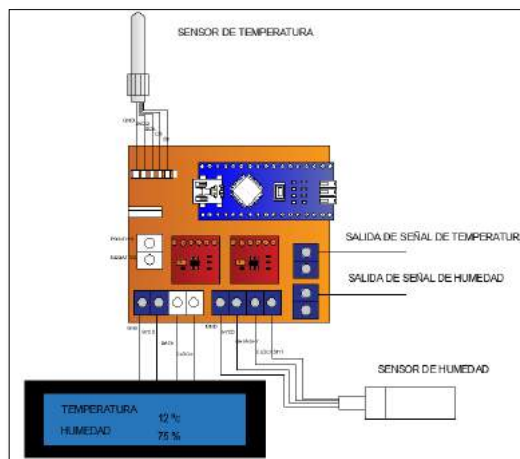


Figura 5.19. Diagrama de conexión de los diferentes equipos en la placa electrónica

5.5.2.3 Programación en Arduino

Para la obtención de información de los valores de humedad se utilizó el programa Arduino, con el fin poder establecer parámetros y realizar una programación que permita visualizar los datos obtenidos por los sensores Termocupla Tipo K (Temperatura) y SHT10 (Humedad) en una pantalla LCD que es compatible con Arduino. Uno de los primeros paso y más principales es descargar las diferentes librerías que se necesitaran para realizar este programa como es, la librería SHT1 x master y Liquidcrystal_12C, para instalar las librerías nos vamos al apartado de programa, luego seleccionamos incluir librería y posteriormente en añadir biblioteca, de esta forma nos permitirá seleccionar los archivos descargados.

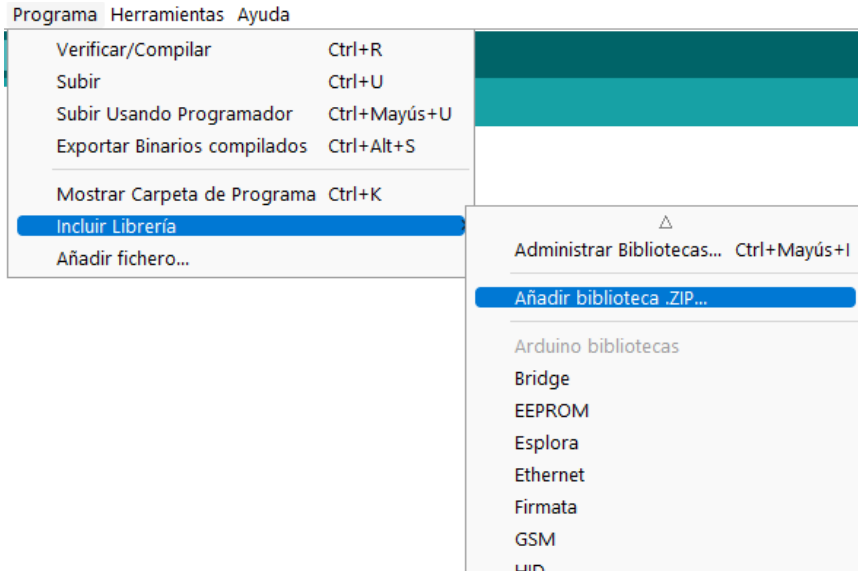


Figura 5.20. Pasos para añadir una nueva biblioteca en el programa de Arduino

Una vez realizado estos pasos repetimos el proceso, pero al contrario de elegir añadir biblioteca seleccionaremos administrar biblioteca y de esta forma se instala las librerías que necesitamos para poder continuar con el programa, posteriormente aparece una ventana en la cual permite buscar la librería que se necesite y se podrá instalar para continuar con la programación. Estos pasos se los debe realizar para las dos librerías como es el SHT1 x master y Liquidcrystal_12C.



Figura 5.21. Ventana del gestor de librerías

Una vez culminado con las instalaciones de la librería procedemos a realizar la programación, teniendo en cuenta las entradas de las señales de los sensores tanto como el sensor de temperatura y de humedad, tomando en cuenta también la salida que vamos a controlar para obtener valores de 0 a 5 V, que son valores que serán transmitidos al PLC Logo 12/24 RCE.

En la programación para la señal de temperatura se realiza una conversión de Voltaje a °C, que será el dato que vamos a observar en la pantalla LCD, a diferencia del sensor de temperatura, el sensor de humedad ya emite valores que van a ser tomados en porcentaje para saber el grado de humedad que existe en el área de cultivo y de esta forma el programa en Arduino permite visualizar el porcentaje en la pantalla LCD.

Una vez realizado la instalación de las librerías necesarias, procedemos a realizar la siguiente programación, en la cual el primer paso es incluir las diferentes librerías tanto como de los sensores y de los diferentes componentes electrónicos asignando también los pines de entrada que se utilizara en el Arduino 1.8.19 para la obtención de datos, posteriormente creamos un objeto de cada librería incluida que en este caso los objetos creados son sht10 y thermocouple.

```

////////////////////////////////////
#include <SHT1x.h>
#define dataPin 4
#define clockPin 5
SHT1x sht10(dataPin, clockPin);

////////////////////////////////////
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MCP4725.h>
Adafruit_MCP4725 dacTemp;
Adafruit_MCP4725 dacHum;

////////////////////////////////////
#include "max6675.h"
#define CONFIG_TCCK_PIN 10 // SPI SCK
#define CONFIG_TCCS_PIN 9 // SPI CS
#define CONFIG_TCDO_PIN 8 // SPI SO
MAX6675 thermocouple(CONFIG_TCCK_PIN, CONFIG_TCCS_PIN, CONFIG_TCDO_PIN);

```

Figura 5.22. Asignación de librerías y pines a utilizar en el Arduino 1.8.19

Como siguiente paso se procede a añadir la librería perteneciente a la pantalla LCD que se utilizará para la visualización de los datos obtenidos, de esta forma en este proceso también creamos un objeto que tendrá el nombre de lcd, asignando también el valor de alpha que será utilizado para el filtrado del sensor de temperatura, posteriormente asignamos la dirección que es por defecto y el tamaño de la pantalla correspondiente al modelo que se empleara para el sistema de control. Siguiendo con la programación en Arduino procedemos a la configuración de los parámetros de la pantalla en donde establecemos que el primer mensaje se mostrará por una sola vez, configurando también la velocidad a la que esta se mostrará, este parámetro se configura en base a la cantidad de datos que se utilice. En la configuración también procedemos a establecer una dirección para los objetos creados anteriormente como son sht10 y thermocouple, se procede a configurar el mensaje que queremos mostrar inicialmente estableciendo la fila y la columna en la que se visualizara.

```

.....
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,4);

////////////////////////////////////
#define alpha 0.8 // Filtro de Temperatura 0-1
////////////////////////////////////

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  dacTemp.begin(0x60);
  dacHum.begin(0x61);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor( 0, 0 );
  lcd.print(" CONTROL DE HUMEDAD");
  lcd.setCursor( 0, 1 );
  lcd.print(" Y TEMPERATURA");
  lcd.setCursor( 0, 3 );
  lcd.print("INGENIERIA ELECTRICA");
  delay(5000);
  lcd.clear();
}

```

Figura 5.23. Configuración de parámetros y direccionamiento de los objetos creados

Una vez obtenido los valores de sensor de temperatura realizamos el proceso de filtrado para obtener un valor más preciso de la temperatura, una vez realizado el filtrado aplicamos la fórmula que nos permitirá obtener una salida de 0 a 5 voltios en base a la temperatura emitida por el sensor Termocupla Tipo K, de la misma forma realizamos la obtención de datos emitido por el sensor de humedad SHT10 y aplicamos la fórmula que es específica para la obtención de valores de 0 a 5 voltios. Una vez realizado estos pasos, procedemos a la configuración de los datos de temperatura y humedad que vamos a visualizar en la pantalla LCD.

```

void loop() {
  float temperatura = thermocouple.readCelsius();
  float tempFiltrado = (alpha*temperatura) + ((1-alpha)*tempFiltrado);
  dacTemp.setVoltage(((tempFiltrado/10)*4200)/5, false); //// 50°C ----> 5V

  float humedad = sht10.readHumidity();
  dacHum.setVoltage(((humedad/20)*4200)/5, false); //// 100% ----> 5V

  lcd.clear();
  lcd.setCursor( 0, 0 );
  lcd.print("TEMPERATURA");
  lcd.setCursor( 12, 1 );
  lcd.print(tempFiltrado);
  lcd.setCursor( 17, 1 );
  lcd.print("\337C");

  lcd.setCursor( 2, 2 );
  lcd.print("HUMEDAD");
  lcd.setCursor( 12, 3 );
  lcd.println(humedad);
  lcd.setCursor( 17, 3 );
  lcd.print(" %");

  Serial.print(tempFiltrado);
  Serial.print(",");
  Serial.println(humedad);

  delay(1000);
}

```

Figura 5.24. Configuración de datos a visualizar y formula para la señal de salida en voltaje

Como último punto para entender de mejor manera la fórmula empleada para el sistema de temperatura y que se utiliza para obtener una salida de 0 a 5 voltios realizamos el siguiente ejemplo.

Datos:

$tempFiltrado = 20$

$dacTemp.setVoltage(((tempFiltrado/10) * 4200)/5, false); // 50^{\circ}C \rightarrow 5V$ (5.3)

$$v = \left(\frac{\left(\frac{20}{10} \right) * 4200}{5} \right) = 2V$$

El resultado obtenido será el valor de la señal de entrada que permitirá establecer los parámetros para el sistema de control de temperatura. Posteriormente para el sensor de humedad SHT10 tenemos el siguiente código de programación y lo reemplazamos de la siguiente forma.

Datos:

$humedad = 70$

$dacHum.setVoltage\left(\frac{\left(\frac{humedad}{20}\right)*4200}{5}, false\right); // 100\% \rightarrow 5V$ (5.4)

$$v = \left(\frac{\left(\frac{70}{20} \right) * 4200}{5} \right) = 2940$$

El resultado obtenido será el valor de la señal de entrada que permitirá establecer los parámetros de rango de humedad del terreno.

5.6 DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

El diagrama unifilar (figura 5.25), representa en forma gráfica el sistema eléctrico de la propuesta tecnológica implementada en la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia, en este punto se detalla la utilización del cable concéntrico 3x8 AWG Cu que conecta la red de suministro eléctrico con el medidor proporcionado por la Empresa Eléctrica Cotopaxi, partiendo de esta un conductor de similares características hasta el Tablero General, en dicho tablero se encuentra instalado un breaker de 16 Amp que sirve como protección para el cable concéntrico 3x12 AWG Cu que proporciona la alimentación de energía eléctrica al gabinete de control del invernadero.

Como segundo punto, el gabinete de control consta un breaker de 6 Amp para el circuito de fuerza en el que interviene la bomba centrífuga y el extractor de aire, un breaker de 10 A destinado al circuito de control como método de protección para los diferentes elementos ubicados en el tablero.

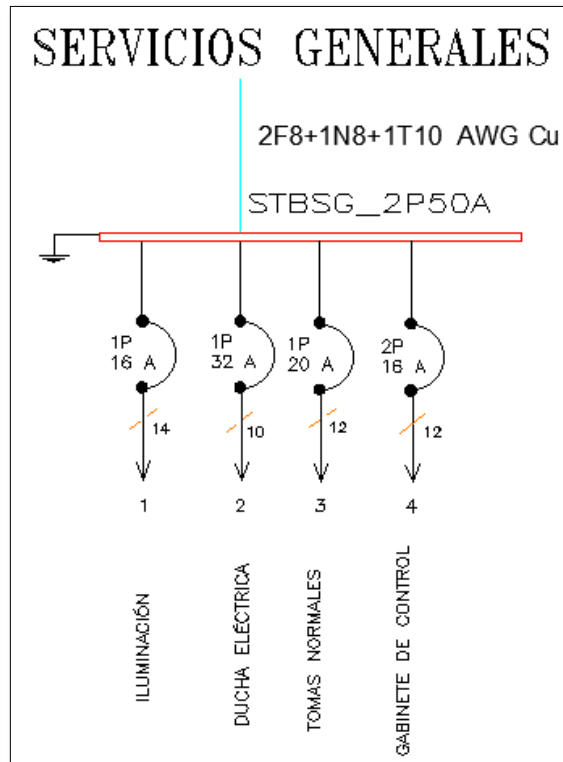


Figura 5.25. Esquema unifilar

5.6.1 Cálculo de protecciones y del cableado

En este apartado para el extractor de aire se realiza un cálculo tomando en cuenta los datos mostrados en la tabla 5.5. Para el cálculo del valor de las protecciones y del cableado se consideró un nivel de voltaje de alimentación monofásico de 110 VAC. Mediante los datos indicados en la tabla 5.5 procedemos a calcular el valor de la corriente en amperios, en base a la potencia activa del extractor de aire seleccionado para el sistema de control de temperatura.

$$I = \frac{P}{V} \quad (5.5)$$

$$I = \frac{40 \text{ W}}{110 \text{ V}}$$

$$I = 0,364 \text{ A}$$

Tabla 5.5. Consumo de corriente de los equipos implementados para el Sistema de Control de Temperatura y Humedad

Equipo	Consumo de corriente en amperios
Bomba de agua	4,3 Amp.
Extractor de aire	0,364 Amp.

Utilizando el consumo total aplicamos el factor de diseño.

$$I_{diseño} = 4,664 \cdot 1,25 = 5,83A$$

Mediante los resultados obtenidos se seleccionó un breaker general de un polo a 10 A, el cual fue colocado dentro del tablero de control para su debida protección.

Para el interior del tablero en función de la normativa del Código Eléctrico Nacional (NEC) seleccionamos un conductor de calibre 18 AWG que puede ser utilizado a una distancia de 20 metros con una capacidad de carga de 20 A y para la alimentación del tablero de control un conductor de 12 AWG.

El diagrama unifilar del sistema (figura 5.26), fue dividido en 3 circuitos individuales dos de AC y uno de CD, el circuito AC está conformado por un breaker de 6 A para la protección de la bomba de agua y el extractor de aire donde, para este circuito se empleó conductores calibre 12 AWG para su conexión, también se empleó un breaker general de 10 amperios para energizar las salidas del LOGO y un porta-fusible de 8 A para la fuente de alimentación del LOGO y alimentación de la placa electrónica de adquisición de datos de temperatura y humedad, empleando en este circuito conductores calibre 18 AWG. El circuito (DC) consta de un seccionador porta-fusible de 6 amperios para la protección del LOGO donde, se empleó conductores calibre 18 AWG para las señales de entrada y salida.

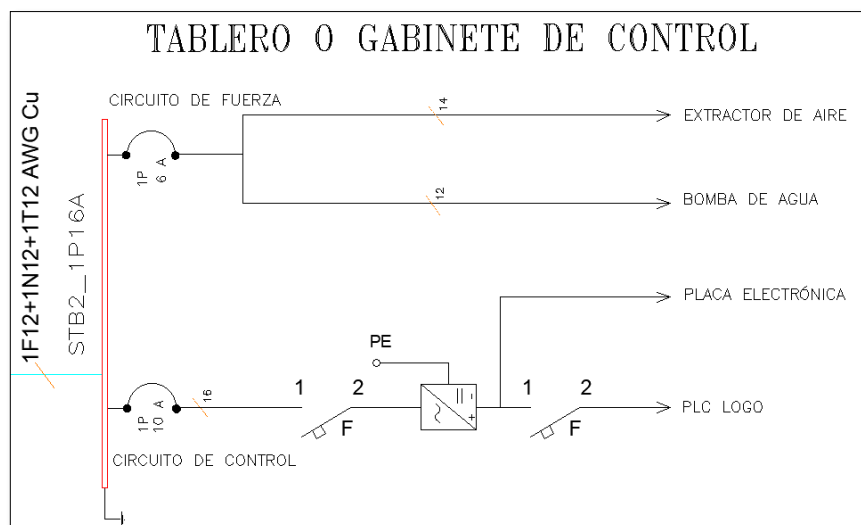


Figura 5.26. Esquema unifilar

La selección del guarda motor se determinó en base a los cálculos en función de la corriente indicada en la Tabla 5.5, la bomba de agua está conectada a una fuente de alimentación de 110 VAC con un consumo de corriente de 4.3 A. La protección contra sobre corrientes se determinó mediante el cálculo con un factor de corrección de un 25 % considerando el pico de arranque de la bomba.

$$I_{BOMBA\ DE\ AGUA} = 4,3 \times 1,25 = 5,375\ A$$

Obteniendo una corriente de 4,375 A se escogió un guarda motor de 5-8 A, estableciendo a un rango de 6 A.

Por la ubicación de la bomba de agua con respecto al tablero de control, se realizó un cálculo para determinar el nivel de caída de tensión con el conductor calibre # 12, aplicando la siguiente ecuación.

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot \rho \cdot L}{S} \quad (5.6)$$

$$\Delta V = \frac{2 \cdot 4,3 \cdot 0,0175 \cdot 12}{3,31} = 0,546\%$$

Donde:

ΔV = Caída de tensión (Voltios)

I = Intensidad en el circuito (amperios)

ρ = Resistividad del material. El cobre es $0,00175\ \Omega - mm^2/m$

L = Longitud del conductor (metros)

S = Sección del cable (mm^2)

Por caída de tensión observamos que el conductor logro obtener una caída de tensión menor al 3%, por lo que determinamos que tiene un buen funcionamiento con el conductor calibre # 12.

Una vez obtenido el valore de la corriente que se indica en la tabla 5.5 multiplicamos por el factor de diseño para de esta forma seleccionar el calibre del conductor.

$$I_{diseño} = 0,364A * 1,25 = 0,455A$$

Con la corriente obtenida seleccionamos el calibre del conductor en base a la capacidad de los tipos de conductores mostrados en la tabla 4.1. Posteriormente debido a la distancia de ubicación en relación al tablero de control realizamos el cálculo de caída de tensión con el conductor calibre 14AWG en base a la siguiente formula.

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I \cdot \rho \cdot L}{S} \quad (5.7)$$

$$\Delta V = \frac{2 \cdot (0,455A) \cdot (0,0175) \cdot 10}{2,08} = 0,077\%$$

Gracias al cálculo realizado se puede determinar que utilizando el conductor calibre 16 se obtiene una caída de tensión menor al 3%.

5.7 DISEÑO GENERAL DEL TABLERO DE CONTROL DEL INVERNADERO

5.7.1 Selección del modelo del tablero de control

En este caso, tomando en consideración la disposición de los componentes empleados se optó por un Gabinete metálico liviano de 60 x 40 x 20 cm (figura 5.27), en la parte exterior del tablero se colocó una pantalla led, selectores, pulsadores y luces piloto aprovechando del espacio disponible para la ubicación de estos elementos. En el interior del gabinete de control se colocaron lo diferentes componentes restantes, aprovechando de la mejor manera los espacios disponibles y evitando la circulación excesiva de conductores por los ductos de cables. El gabinete metálico liviano es resistente a la conductividad eléctrica ya que, es construida cumpliendo una serie de normas que permiten el correcto funcionamiento, garantizando la seguridad tanto de las instalaciones en las que haya presencia de tableros eléctricos como de los operarios.



Figura 5.27. Tablero de control del Invernadero

5.7.2 Ubicación de componentes Eléctricos y Electrónicos

La ubicación de los componentes eléctricos se los realizo tomando en cuenta criterios como seguridad, comodidad, estética y uso eficiente del espacio disponible, teniendo en cuenta el fácil cableado del sistema de control.

Para fijar el tablero de control dentro del invernadero (figura 5.28), se procedió a verificar un soporte fijo para el empotrado del gabinete metálico, optando por dos bases propias del invernadero donde posteriormente se procedió a instalar el gabinete metálico en el costado izquierdo del invernadero.

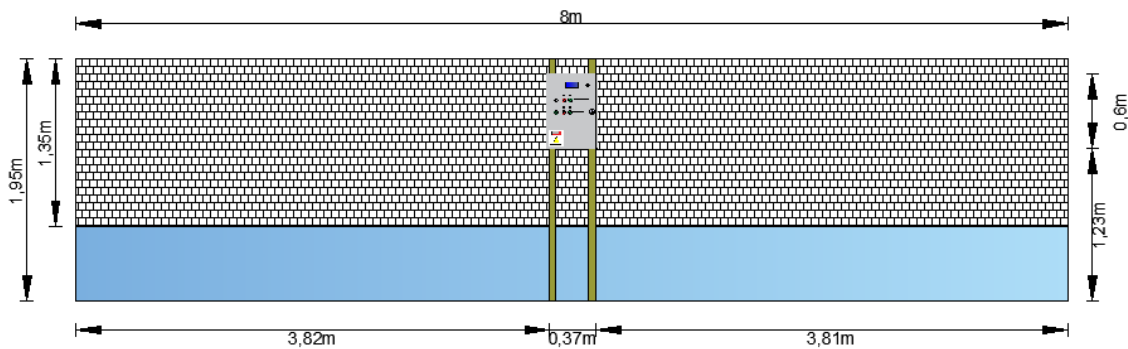


Figura 5.28. Ubicación del tablero de control dentro del invernadero

La bomba de succión se ubicó en la parte frontal del invernadero tomando en cuenta la ubicación del reservorio que se encuentra a un costado del invernadero realizando también la ubicación de tubos de agua para el sistema de riego por micro aspersores tomando en cuenta que el riego de agua sea de forma uniforme en toda el área que se desea controlar el nivel de humedad. En el interior se ubicaron tres mangueras suspendidas por alambres galvanizados para tener un sistema de riego aéreo posteriormente se ubicó los micro aspersores a una distancia que garantice el funcionamiento de riego de agua.

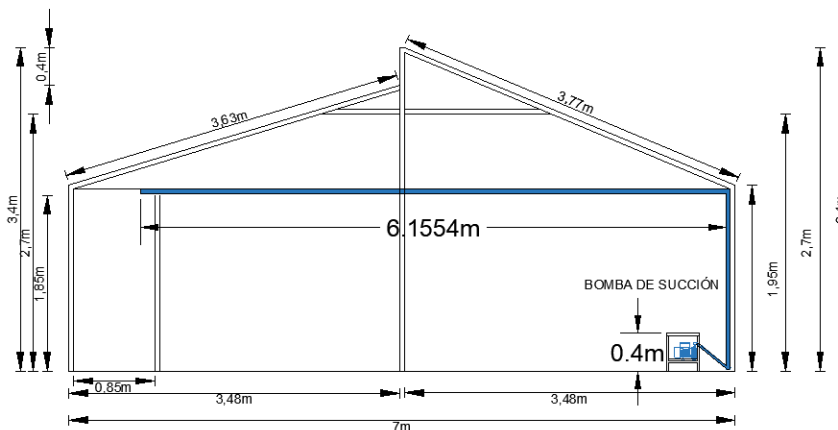


Figura 5.29. Vista frontal de la línea primaria de regadío de agua

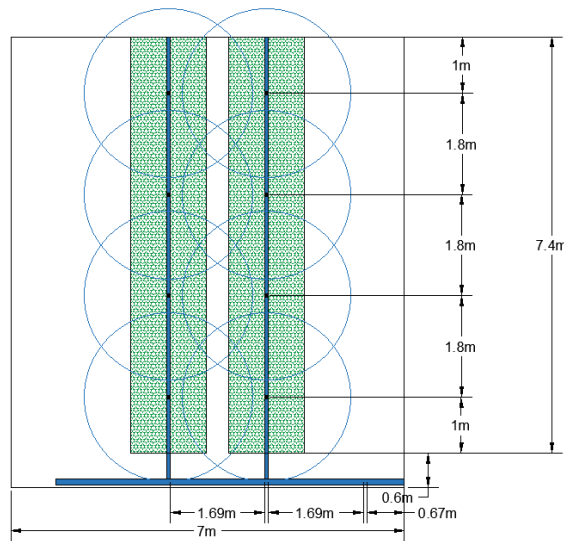


Figura 5.30. Vista superior de distribución de microaspersores

5.7.3 Conexión de componentes eléctricos

La conexión de los componentes se realizó siendo divididas en dos partes como es de mando y de fuerza, en el circuito de mando el LOGO y la placa electrónica de adquisición de datos está conectado a un porta-fusible de 6 A el cual se encuentra conectado a la fuente de alimentación en DC, la fuente de alimentación es energizada con un voltaje de 110 VAC que está protegido por un breacker de 10 A que también se encarga de energizar y proteger la salidas del LOGO para activar a las respectivas bobinas como es KM1 y KM2, de esta forma para concluir todos los componentes como pulsadores y selectores se deben conectar manteniendo una relación con el controlador lógico programable y para el circuito de fuerza la bomba se conecta al guarda motor y su respectivo contactor de igual manera el extractor de aire se conecta al relé que va permitir el accionamiento de este aparato, y finalmente energizamos el tablero verificando que los componentes eléctricos se encuentren conectados a sus debidas protecciones para su correcto funcionamiento.

5.8 PRUEBAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

5.8.1 Control del Sistema de Ventilación y Riego de Agua

Una vez ubicados e instalado todos los dispositivos pertinentes para realizar el sistema de control de temperatura y humedad, se realizó pruebas de operación que garantice el correcto funcionamiento del sistema de control. En el sistema de riego se identificó un problema en la distancia de separación de los microaspersores, por consiguiente, una vez establecido el rango de expansión del chorro de agua del microaspersor se realizó un nuevo dimensionamiento de las líneas secundarias de riego y de esta manera conseguir un riego uniforme en la zona de

cultivo, en cuanto se refiere al sistema de control de temperatura se tuvo que realizar una serie de recolección de datos para establecer un sistema que proporcione una temperatura apropiada para el desarrollo de la flor alhelí.

5.8.1.1 Pruebas del Sistema de Control de Temperatura

Para el sistema de control de temperatura se realizó una serie de toma de datos mediante la utilización del sensor de temperatura tipo K obteniendo valores de temperatura superiores a los 25°C durante un día (figura 5.31), por lo que se da la necesidad de disminuir la temperatura mediante la instalación de un extractor de aire, que permita un flujo de aire constante en el interior del invernadero.



Figura 5.31. Datos de temperatura y humedad en el día

El sistema implementado permite reducir la temperatura cuando este supere a los 25 °C, entrando en funcionamiento de un periodo de tiempo de una a dos horas dependiendo del valor de temperatura ambiente del invernadero con el propósito de alcanzar una temperatura igual o menor a 20 °C que se observa en la figura 5.32, cuya temperatura se encuentra dentro del rango establecido para el correcto desarrollo de la flor alhelí.



Figura 5.32. Datos de temperatura y humedad en la pantalla LCD

Mediante la utilización de este tipo de sensor se realizó la recolección de datos pertenecientes a las dos primeras semanas del mes de enero para poder determinar el tipo de sistema que se debe emplear en el control de temperatura del invernadero, teniendo como resultado temperaturas altas que se puede visualizar en la tabla 5.6 y 5.7.

Tabla 5.6. Datos de Temperatura en °C correspondiente a la primera semana del mes de enero

Datos de Temperatura del Invernadero Durante el mes de Enero							
Horas	Semana 1						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
0:00	12	13,00	12,5	11,2	12,3	10,2	13,1
1:00	12,6	13,5	12,8	11,3	12,5	10,8	13,3
2:00	13,5	14	13,5	12,6	13,3	11,6	14,3
3:00	14	14,1	14,3	13,1	14,3	12,3	14,5
4:00	15	14,6	14,8	13,6	14,6	13,2	15
5:00	15,5	15	14,9	15	14,9	13,5	15,3
6:00	16	15,7	15	16	15	14,6	15,4
7:00	16,3	16,4	15,3	16,4	15,4	15,1	15,6
8:00	16,5	16,8	15,9	17	15,9	15,6	16,7
9:00	19	17,9	17	17,3	18,6	17,8	16,9
10:00	20	19	19,9	19	20,8	19,5	17,8
11:00	25	21,3	25,1	21,5	23,6	21,6	18,6
12:00	27	24,8	26,3	24,7	25,8	23,5	20,6
13:00	29	27,9	28	26,9	27,9	25,9	23,5
14:00	28	29	27,6	26,5	26,3	26,5	25,7
15:00	27	28	27,3	26,3	22,8	24,3	24,6
16:00	26	27,9	26,8	24	20,1	22,1	22,5
17:00	26	27,4	26,5	22,9	20	20,6	21,6
18:00	23	24	23	21,6	19,6	19,8	19,9
19:00	20	22,5	21,1	20,4	18,4	19,5	17,5
20:00	18	19	20,3	19,8	18,1	18,9	17,1
21:00	17	16	18	17,9	17,6	18,4	15,9
22:00	17,6	14	17	17,6	15	15,6	15,4
23:00	15	13	14	15	13,1	14,3	14,1

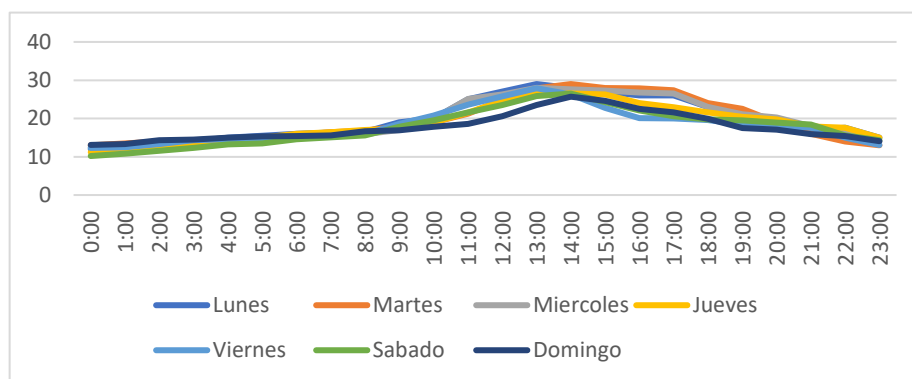


Figura 5.33. Representación gráfica de los valores de temperatura correspondiente a la primera semana de enero

La figura 5.33 representa la toma de datos de la primera semana de enero se puede constatar que existen temperaturas altas que sobrepasan la temperatura óptima para el desarrollo de la flor alheli que se establece entre los 5 °C a 25 °C en distintos periodos de tiempos en el interior del invernadero, para poder verificar la lectura de datos y el correcto funcionamiento del sensor de temperatura tipo k se procedió a realizar una segunda toma de datos obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 5.7. Datos de Temperatura en °C correspondiente a la segunda semana del mes de enero

Datos de Temperatura del Invernadero Durante el mes de Enero							
Horas	Semana 2						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
0:00	11,9	11,3	10,2	12,1	13	12,5	11,8
1:00	11,6	11,8	10,6	12,6	13,4	12,6	11,9
2:00	12,5	12,7	11,5	13,1	13,7	12,8	12,6
3:00	14,3	14,1	12,3	14	14,3	13,1	14,3
4:00	14,8	14,6	13,2	14,6	14,8	13,6	14,8
5:00	14,9	15	13,5	14,9	14,9	15	14,9
6:00	15	15,7	14,6	15	15	16	15
7:00	15,3	16,4	15,1	15,4	15,3	16,9	15,3
8:00	15,9	16,8	15,9	15,9	15,9	17,8	15,9
9:00	17	17,9	18,6	18,6	17	18,6	16,8
10:00	19,9	19	20,8	19,5	19,9	20,6	17,9
11:00	25,1	21,5	23,6	21,6	20,8	23,5	19
12:00	25,9	24,7	25,8	24,6	23,6	25,7	21,3
13:00	27,9	26,9	27,9	27,6	25,8	27,6	24,8
14:00	29	26,5	27,8	28,3	27,9	26,3	27,9
15:00	28	26,3	28,2	27,9	26,3	22,8	29
16:00	27,9	24	27,9	27,3	24,3	20,1	27,9
17:00	27,4	22,5	24,2	26,5	22,1	20	26,3
18:00	24	19,5	22,5	23,4	20,6	19,6	22,8
19:00	22,5	16,3	19,3	21,1	18,6	18,4	20,1
20:00	19	14,8	17,9	20,3	16,3	17,6	18,3
21:00	17,9	13,9	16,3	18,5	15,4	16,5	16,4
22:00	17,6	12,6	15,2	16,3	14,7	15,8	14,3
23:00	15	12,3	13,4	14,3	13,6	13,1	13,9

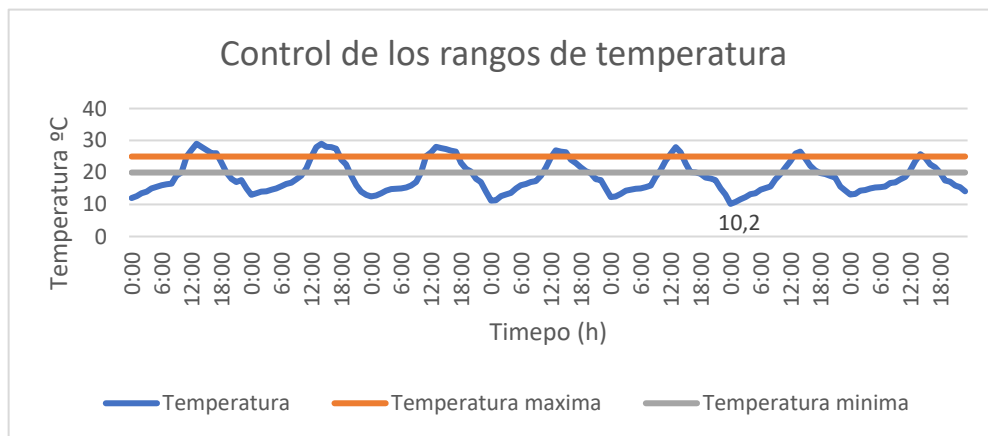


Figura 5.34. Representación gráfica de los valores de temperatura correspondiente a la segunda semana de enero

Al realizar el análisis de los datos obtenidos de temperatura (figura 5.34), se tiene como resultado que se tiene una temperatura ideal en ciertos periodos de tiempo, y también se obtiene rangos de temperaturas que pueden afectar el cultivo de la flor alhélí, por lo que se procede al análisis de los valores de temperatura en diferentes secciones.

En la primera sección (figura 5.35), se toma como referencia un periodo de tiempo entre las 0:00 y 10:00 horas ya que se evidencian rangos de temperatura acorde a las necesidades de cultivo de la flor alhelí, por lo que no es necesario que entre en funcionamiento el sistema de ventilación de aire ya que se tiene temperaturas entre los 10,2 °C y 20,8 °C aproximadamente.

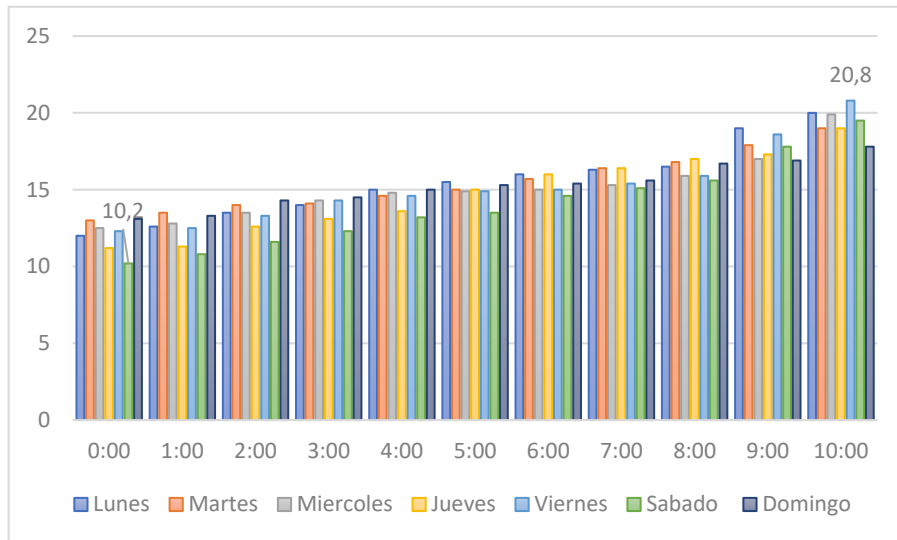


Figura 5.35. Representación gráfica de los valores de temperatura entre un rango de 10,2 °C y 20,8 °C

La segunda sección (figura 5.36), consta con un periodo de tiempo entre las 11:00 y 18:00 horas en donde se puede evidenciar un incremento en la temperatura en el interior del invernadero debido a que al medio día la radiación solar es más prolongada e intensa, en este punto es indispensable la actuación del sistema de ventilación instalado ya que se tiene rangos de temperatura entre los 18,6 °C y 29 °C aproximadamente siendo el segundo valor perjudicial para el desarrollo de la planta.

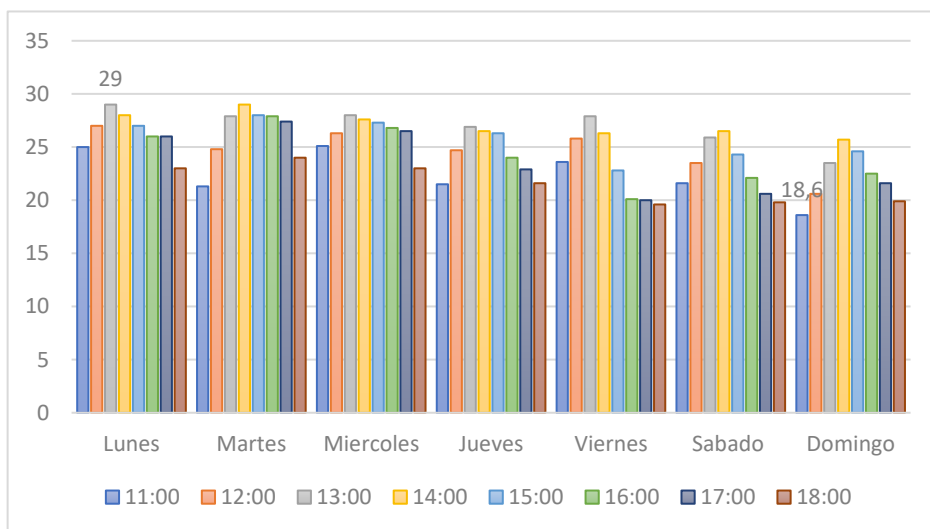


Figura 5.36. Representación gráfica de los valores de temperatura entre un rango de 18,6 °C y 29 °C

La tercera sección (figura 5.37), consta con un periodo de tiempo entre las 19:00 y 23:00 horas en donde gracias a la tecnología implementada a la falta de radiación solar la temperatura disminuye logrando establecerse en los valores de 13,1 °C y 22,5 °C, siendo rangos de temperatura óptimos para el desarrollo del cultivo.

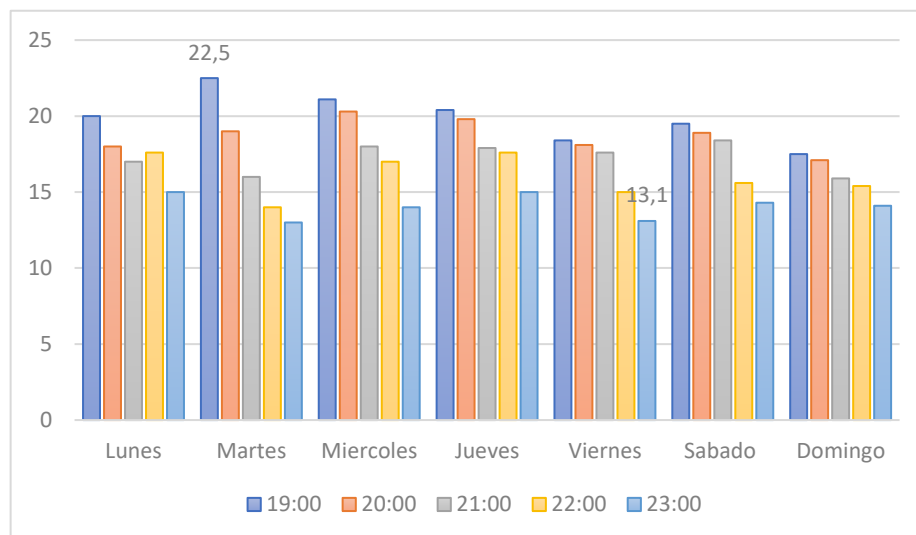


Figura 5.37. Representación gráfica de los valores de temperatura entre un rango de 13,1 °C y 22,5 °C

5.8.1.2 Pruebas del Sistema de Control de humedad

En el caso de la humedad del suelo, mediante la utilización del sensor de humedad SHT 10, se pudo realizar pruebas en la que se establece que el rango de humedad del terreno (figura 5.39), para el desarrollo de las semillas en germinación de la flor alhelí o stock se encuentra entre el 50 % y 70 % (figura 5.38), ya que en la etapa de germinación no necesita de una humedad superior a 70 % debido a que la semilla puede llegar a sufrir daños o pudrición.



Figura 5.38. Funcionamiento del sistema para obtener una humedad del 70 %

Una vez implementado el sensor de humedad SHT 10 se realizó pruebas de funcionamiento del sistema de riego empleado para la toma de una serie de datos en diferentes periodos de tiempo (tabla 5.8), y de esta manera obtener los rangos de humedad apropiados para el desarrollo de la flor alhelí o stock.

Tabla 5.8. Datos de Humedad en porcentaje correspondiente a la primera semana del mes de enero

Datos de Humedad del Terreno del Invernadero Durante mes de Enero							
Periodos de Tiempo	Semana 1						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
6:00	68,83%	67,90%	68,54%	71,19%	70,99%	69,35%	71,02%
8:00	65,23%	64,30%	55,97%	69,45%	69,23%	68,32%	68,90%
10:00	62,40%	55,60%	49,99%	65,40%	58,69%	67,40%	67,80%
12:00	60,00%	49,90%	70,65%	50,00%	53,69%	55,30%	50,00%
14:00	50,00%	70,00%	70,89%	70,00%	49,99%	50,00%	70,81%
16:00	71,50%	70,60%	71,21%	71,50%	71,01%	70,00%	70,65%
18:00	71,35%	70,55%	71,63%	71,49%	70,98%	71,94%	70,12%
20:00	71,21%	71,26%	71,56%	71,35%	70,56%	71,65%	70,01%
22:00	71,20%	71,16%	71,23%	71,21%	70,25%	71,23%	69,50%

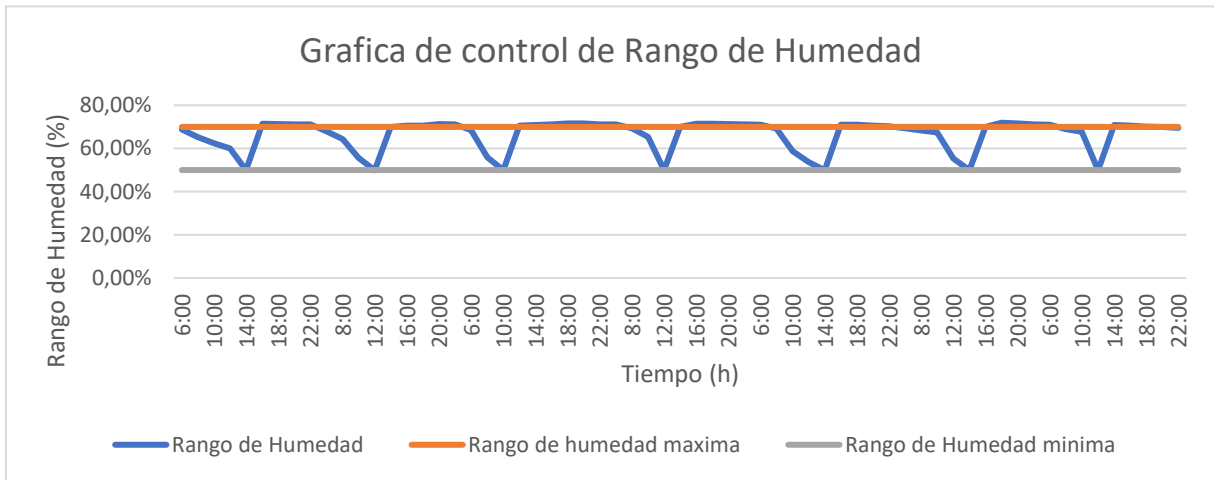


Figura 5.39. Representación gráfica de los valores de humedad del terreno en porcentajes

5.9 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

5.9.1 Presupuesto

Para la implementación del proyecto basado en el sistema de control de temperatura y humedad de una florícola se realizaron una serie de gastos con el fin de poder ejecutar de manera satisfactoria cada proceso de control, a continuación, se detallan los gastos directos e indirectos del proyecto.

5.9.1.1 Gastos Directos

Los gastos directos se basan principalmente en la adquisición de los materiales para el sistema de control de temperatura y humedad de la florícola, en la tabla 5.9 se detalla cada uno de los materiales utilizados.

Tabla 5.9. Gastos Directos del Proyecto

SISTEMA DE CONTROL DE HUMEDAD				
#	DESCRIPCIÓN	MEDIDA	V. UNITARIA	TOTAL
16	Microaspersores GYRONET	UND	\$ 2,75	\$ 44,00
1	Sensor de Humedad SHT10	UND	\$ 58,50	\$ 58,50
1	Display LCD	UND	\$ 12,90	\$ 12,90
1	Arduino Nano	UND	\$ 8,50	\$ 8,50
1	Bomba centrifuga 0.5 HP	UND	\$ 34,38	\$ 34,38
	Otros materiales			66,75
SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA				
1	Sensor termocupla tipo K punta 5X500MM Y 5 M CABLE	UND	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Modulo MAX6675 Tarjeta acondicionadora para termocupla tipo k	UND	\$ 7,00	\$ 7,00
1	Monte deton extractor de aire comercial helice dia 12in con rejilla potencia 45w	UND	\$ 98,04	\$ 98,04
GABINETE DE CONTROL				
1	SIE 0112 LOGO 12/24 RCE 4DI/4DO 12/24 VDC	UND	\$ 159,94	\$ 159,94
1	MEX0110 MDR-60-24 FUENTE 60W 2,5A	UND	\$ 39,65	\$ 39,65
1	Gabinete metálico liviano 600X 400X200	UND	\$ 52,37	\$ 52,37
1	Guarda motor LS 5-8A	UND	\$ 39,32	\$ 39,32
	Otros materiales			122,02
TOTAL DE GASTOS				753,37

5.9.1.2 Gastos indirectos

A continuación, en la tabla 5.10 se detalla los gastos indirectos, estos gastos son considerados en la ejecución del proyecto, pero no de manera directa.

Tabla 5.10. Gastos Indirectos del Proyecto

Gastos Indirectos			
Descripción	Días	Precio Unitario	Precio Total
Transporte	60	\$4,00	\$240,00
Alimentación	60	\$1,50	\$90,00
Total			\$330,00

5.9.1.3 Presupuesto Total

En la tabla 5.11 se presenta el presupuesto para la ejecución del sistema de control de temperatura y humedad presentado como proyecto.

Tabla 5.11. Presupuesto Total del Proyecto

Presupuesto del Sistema de Control y Temperatura	
Descripción	Total
Gastos Directos	\$ 753,36
Gastos Indirectos	\$ 330,00
Total	\$ 1.083,36

5.9.2 Análisis Financiero

5.9.2.1 Costos Fijos

A continuación, en la tabla 5.12 se detallan los costos fijos que se debe tomar en cuenta para realizar un análisis económico.

Tabla 5.12. Total, de costos fijos del Proyecto

Costos Fijos:	Proyecto
Instalación de equipos:	Precio en dólares
Instalación del Sistema de Control de Humedad	\$ 225,03
Instalación del Sistema de control de Temperatura	\$ 115,04
Gabinete de Control	\$ 336,41
Material Eléctrico	\$ 76,88
Otros gastos	\$ 330,00
Total \$	\$ 1.083,36

5.9.2.2 Materiales Orgánicos

Es de gran importancia tomar en cuenta los costos de los materiales orgánicos a utilizar para la etapa de germinación de semillas, por esta razón se detalla los materiales en la tabla 5.13.

Tabla 5.13. Materiales orgánicos utilizados para el cultivo

Material Orgánico		
	Cantidad	Precio en dólares
Abono orgánico	1	70
Sustrato	1	40
Semillas	1 onza	90
	Total \$	200
Tasa de descuento establecida en por el BCE		% anual
Productivo Agrícola y Ganadero		8,48%

Para realizar el análisis financiero del proyecto implementado representada en la tabla 5.14, se calculó los flujos de caja que genera la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia en la que se toma en cuenta los ingresos, haciendo referencia en la venta de la flor alhelí para exportación y a nivel nacional, los egresos vienen a estar representados por los componentes que se utiliza para el cuidado de la flor, entre ellos, material orgánico, pago del suministro eléctrico y pago de agua, estos dos factores se evalúan para un año con el fin de determinar si el proyecto es factible.

El Valor actual Neto (VAN) representa los flujos de caja netos originados por una inversión de 1083,36 \$ y la tasa de interés de retorno (TIR) representa la rentabilidad que ofrece una inversión, en el proyecto el TIR alcanza el 55% mediante la obtención de estos parámetros se puede determinar que el proyecto es factible debido a que la inversión se recupera en un año generando beneficios económicos a la florícola.

Tabla 5.14. Análisis económico VAN y TIR

Flujos de carga:												
Detalle de Ingresos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ingresos por ventas	\$ 800,00	\$ 1.200,00	\$ 580,00	\$ 600,00	\$ 1.100,00	\$ 700,00	\$ 650,00	\$ 800,00	\$ 900,00	\$ 850,00	\$ 980,00	\$ 900,00
Otros Ingresos	\$ 66,67	\$ 100,00	\$ 48,33	\$ 50,00	\$ 91,67	\$ 58,33	\$ 54,17	\$ 66,67	\$ 75,00	\$ 70,83	\$ 81,67	\$ 75,00
Total Ingresos	\$ 866,67	\$ 1.300,00	\$ 628,33	\$ 650,00	\$ 1.191,67	\$ 758,33	\$ 704,17	\$ 866,67	\$ 975,00	\$ 920,83	\$ 1.061,67	\$ 975,00
Detalle de Egresos:												
Material Organico	\$ 216,96	\$ 325,44	\$ 216,96	\$ 216,96	\$ 325,44	\$ 216,96	\$ 216,96	\$ 216,96	\$ 216,96	\$ 216,96	\$ 216,96	\$ 216,96
Luz	\$ 35,00	\$ 45,00	\$ 32,00	\$ 36,00	\$ 45,00	\$ 34,00	\$ 31,00	\$ 29,00	\$ 35,00	\$ 34,00	\$ 37,00	\$ 36,00
Agua	\$ 40,00	\$ 50,00	\$ 40,00	\$ 40,00	\$ 50,00	\$ 45,00	\$ 45,00	\$ 45,00	\$ 45,00	\$ 36,00	\$ 39,00	\$ 40,00
Total Egresos:	\$ 291,96	\$ 420,44	\$ 288,96	\$ 292,96	\$ 420,44	\$ 295,96	\$ 292,96	\$ 290,96	\$ 296,96	\$ 286,96	\$ 292,96	\$ 292,96
Flujo de Caja	\$ 574,71	\$ 879,56	\$ 339,37	\$ 357,04	\$ 771,23	\$ 462,37	\$ 411,21	\$ 575,71	\$ 678,04	\$ 633,87	\$ 768,71	\$ 682,04
Inversion:												
Equipo + Instalacion	\$											-1.083,36
Retorno PRI	\$ -508,66	\$ 370,90	\$ 710,28	\$ 1.067,32	\$ 1.838,54	\$ 2.300,92	\$ 2.712,12	\$ 3.287,83	\$ 3.965,87	\$ 4.599,74	\$ 5.368,45	\$ 6.050,49
VAN (USD)	\$ 3.224,99											
TIR	55%											

5.9.3 Análisis de Impactos

5.9.3.1 Impacto Social

Genera un impacto social ya que, al momento de implementar el sistema de control de temperatura y humedad en la florícola, los trabajadores podrán tener un sistema confiable que le permita realizar las actividades en un menor tiempo y con una alta eficiencia, aprovechando de esta manera los recursos tecnológicos para incrementar la producción de la flor alhelí y controlar cada uno de los procesos de producción.

5.9.3.2 Impacto Tecnológico

La propuesta tecnológica permite la implementación de un sistema de control de temperatura y humedad mediante la utilización de equipos y software que conjuntamente permiten realizar una serie de procesos adecuándose a las necesidades del operador, este proyecto genera un impacto tecnológico ya que gracias al avance de la tecnología hoy en día en el mercado se pueden encontrar una serie de productos y equipos como PLC Logo que permiten la automatización de diferentes procesos obteniendo como resultado en el proyecto la optimización de recursos y menor tiempo de ejecución con un agradable ambiente para el proceso de crecimiento de las plantas.

5.9.3.3 Impacto Ambiental

Al implementar la propuesta tecnológica, genera un impacto ambiental dentro de la florícola ya que se controla los diferentes procesos que intervienen en el crecimiento de la flor alhelí, entre los cuales tenemos el control de temperatura llegando a un rango adecuado para la planta y el control del sistema de riego que permite obtener una humedad de acuerdo a los parámetros necesarios para el crecimiento de la flor, optimizando recursos como el agua.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de control de temperatura en las florícolas genera un impacto positivo ya que permite establecer y controlar rango de temperatura mediante la utilización del sensor termocupla tipo K, que posee un rango de medición de 0 a 400 °C y un porcentaje de exactitud de ± 5 % enviando una señal al controlador para accionar un sistema de extracción de aire y de esta manera mantener la temperatura acorde a las necesidades de la flor alhelí obteniendo como resultado el cuidado de la zona de cultivo evitando plagas y enfermedades.

-Mediante las pruebas de funcionamiento del sistema de control de humedad se determinó que la zona de cultivo necesita alrededor de 10 minutos de riego para mantenerse en un rango de humedad del 50 % al 70 %, esto gracias a la implementación de un sensor SHT10 que tiene un porcentaje de error de ± 5 % y un rango de medición de 0 al 100 %, el mismo que permite enviar una señal al controlador y energizar al sistema de regadío de agua hasta alcanzar el rango de humedad establecido.

-La automatización en las florícolas permite generar un sistema de control conforme a las necesidades de la planta tomando como referencia el uso de un PLC Logo Siemens 12/24 RCE que tiene como característica principal al adquisición de señales analógicas y digitales permitiendo de esta manera la implementación de sensores de temperatura y humedad como la termocupla tipo K y el sensor SHT10 que permite la recolección de datos a tiempo real de las condiciones climáticas en el interior del invernadero para accionar los diferentes sistemas de control.

-Mediante el análisis financiero se pudo determinar que la implementación del sistema de control de temperatura y humedad en la florícola Pilatasig Analuisa Martha Cecilia es fiable ya que el monto de inversión se recupera un corto periodo de tiempo generando beneficios económicos a la florícola y optimizando procesos de producción de la flor alhelí y los recursos como el agua.

6.2 RECOMENDACIONES

-Al momento de implementar un sistema de control de temperatura es importante realizar un análisis de las condiciones climáticas del sector en donde se encuentre la florícola, posterior a esto si se desea reducir la temperatura en el interior del invernadero en un tiempo menor a una hora cuando entre en funcionamiento el sistema de extracción de aire se recomienda la instalación de un extractor adicional de las mismas características comerciales

-Si se requiere implementar el sistema de control de temperatura y humedad en un invernadero de mayor dimensión utilizadas para el diseño del presente proyecto se recomienda utilizar más de un sensor de temperatura y humedad con el propósito de adquirir un promedio del rango de temperatura y humedad de la zona de cultivo.

incrementar la producción es necesario la implementación de diferentes procesos que permita realizar funciones en un menor tiempo, al referirnos al sistema de riego es importante elegir un sistema de acorde a las necesidades del suelo con el fin de aprovechar al máximo la tecnología implementada verificando la humedad necesaria para el desarrollo de la flor.

-Es importante, una vez realizado el sistema de control de temperatura y humedad verificar el correcto funcionamiento de la tecnología implementada, además de realizar un mantenimiento preventivo garantizando de esta manera la vida útil de cada uno de los componente y equipos que conforman cada sistema.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. A. Verdeguer, M. A. Tortosa, and B. M. del P. Baraja, *Cultivo del alhelí en invernadero para flor cortada*. 1999.
- [2] E. E. L. Maigua, “Evaluación de Cuatro Abonos Orgánicos en el Crecimiento del Alhelí en el Barrio San Vicente Parroquia Poaló Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi periodo 2018-2019,” *Univ. Tec. Cotopaxi*, 2019, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/6614/1/PC-000807.pdf>.
- [3] D. Chávez, “Evaluación De La Aplicación De Tres Productos Químicos Para Incrementar La Calidad De Los Tallos En Seis Variedades De Stock (Mathiola Incana) Saquisilí – Cotopaxi, 2012,” *Univ. Tec. Cotopaxi*, vol. Saquisilí, pp. 1–122, 2010, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1582/1/T-UTC-2133.pdf>.
- [4] G. Duque, “Diseño y Construcción de Invernaderos,” *Univ. Auton. Agrar. Antonio Navarro*, 2011.
- [5] G. N. Gomez Pacci, “Diseño e implementación de un controlador difuso utilizando arduino para la automatización de un mini invernadero de rosas,” *Univ. Ricardo Palma*, p. 185, 2019, [Online]. Available: http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/989/SP_VALDEZ_AB.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- [6] A. Cristian and V. Paul, “Diseño y Automatizacion de un Invernadero para el cultivo de Hortalizas Organicas y Tomate de Riñon,” *Univ. las Fuerzas Armadas*, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14424/T-ESPE-057734.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- [7] P. Castro, “Comportamiento Energetico De Invernaderos Agricolas En El Estado De Chihuahua, Mediante Simulacion Dinamica En Trnsys Y Analisis Parametrico,” *Cent. Investig. en Mater. Av. S. C.*, pp. 1–69, 2011, [Online]. Available: [https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/398/1/Tesis Plinio Ernesto Castro López.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/398/1/Tesis%20Plinio%20Ernesto%20Castro%20L%C3%B3pez.pdf).
- [8] E. M. Barrerra, R. V. Herrero Niño, and A. R. Mera Garcia, “Invernaderos Inteligentes,” *Esc. Super. Ing. Mec. y Electr.*, p. 103, 2014, [Online]. Available: [https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO INTELIGENTE.pdf](https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO%20INTELIGENTE.pdf).

- [9] R. Jhonatan and U. Karen, “Diseño e Implementación de un Sistema de Automatización para el Control de Riego por Goteo y Monitoreo de Temperatura en el Invernadero Clara Llumiquinga sector de Patutan Provincia de Cotopaxi,” *Univ. Tec. Cotopaxi*, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4528/1/PI-000738.pdf>.
- [10] C. Valeria and V. Marco, “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,” *Univ. Catol. Colomb.*, vol. 2507, no. February, pp. 1–9, 2020, [Online]. Available: [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25546/1/Tesis Fabian Vargas-Valeria Cortes.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25546/1/Tesis%20Fabian%20Vargas-Valeria%20Cortes.pdf).
- [11] G. Cristian, E. Ruben, and T. Gerardo, “Diseño e Instalación de un Sistema de Riego Automatizado para Orquídea *Oncidium Sphacelatum* en Invernadero de la Universidad Autónoma de Chapingo,” *Esc. Super. Ing. Mecánica y Eléctrica Unidad Prof. Azcapotzalco*, pp. 1–78, 2013, [Online]. Available: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12065/ANALISISACERO.pdf?sequence=1>.
- [12] A. Josue, “Automatización de un Sistema de Riego por goteo para diez naves de Invernadero en la Plantación Marizalde y Ramírez controlado a través de un HMI,” *Univ. las Fuerzas Armadas*, 2015, [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10193/T-ESPEL-EMI-0294.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [13] D. Bustos, “Propuesta De Un Sistema De Control Y Automatizacion Con Administracion Remota Atravez De Un Smartphone Android Para El Riego Del Cultivo De Lechuga En La Finca Los Almendros Del Departamento De Jinotega En El Año 2017,” *Univ. Nac. Auton. Nicar. Manag.*, pp. 1–75, 2017, [Online]. Available: <https://repositorio.unan.edu.ni/8246/1/97476.pdf>.
- [14] I. M. Mendez, “Automatización de un invernadero,” *Univ. Rovira/Virgili*, 2011, [Online]. Available: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1710pub.pdf>.

- [15] P. Carlos, “Diseño para el control automático de temperatura y humedad en un invernadero de plantas ornamentales a través de un módulo programable,” *Univ. San Carlos Guatemala*, vol. I, p. 145, 2006, [Online]. Available: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0582_EA.pdf.
- [16] S. Gomez, *Metodología de la Investigación*, Primera Ed. Mexico: RED TERCER MILENIO S.C., 2012.
- [17] R. J. Paneque, *Metodología de la investigación Elementos Básicos para la Investigación Clínica*, Primera. Habana: Ciencias Médicas del Centro Nacional de información de Ciencias Médica, 1998.
- [18] E. Maya, *Métodos y técnicas de investigación*, Primera. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
- [19] W. Lopez and N. Moyon, “Desarrollo de un sistema scada para la medición de temperatura con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica,” *Esc. Super. Politec. Chimborazo*, p. 126, 2011, [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1145/1/25T00148.pdf>.
- [20] M. A. J. RENATO and N. V. E. MERCEDES, “Automatización de la Adquisición de Datos en un Banco de Pruebas de Bombas Centrifugas Instaladas en Serie y Paralelo,” *Esc. Super. Politec. Chimborazo*, 2015, [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4500/1/15T00615.pdf>.
- [21] J. L. León Benavides and R. A. O. Tovar, “Desarrollo de un Diseño del Tablero Eléctrico con circuitos de control y de arranque, para el área de concentrado, de la fábrica ECUAVEGETAL S.A.,” *Univ. Tec. Babahoyo*, pp. 1–123, 2013, [Online]. Available: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/609/T-UTB-FAFI-SIST-000040.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ANEXOS

8. ANEXOS

Anexo A. Datasheet Fuente de alimentación



60W Single Output Industrial DIN Rail Power Supply

MDR-60 series



- Features :
- Universal AC input/Full range
 - Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
 - Cooling by free air convection
 - Can be installed on DIN rail TS-35/7.5 or 15
 - NEC class 2 / LPS compliant (24V, 48V only)
 - LED indicator for power on
 - DC OK relay contact
 - No load power consumption<0.75W
 - 100% full load burn-in test
 - 3 years warranty



SPECIFICATION

MODEL	MDR-60-5	MDR-60-12	MDR-60-24	MDR-60-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V	12V	24V	48V
	RATED CURRENT	10A	5A	2.5A	1.25A
	CURRENT RANGE	0 – 10A	0 – 5A	0 – 2.5A	0 – 1.25A
	RATED POWER	50W	60W	60W	60W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	120mVp-p	150mVp-p	200mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	5 – 6V	12 – 15V	24 – 30V	48 – 56V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LOAD REGULATION	±1.5%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	SETUP, RISE TIME Note.4	500ms, 30ms/230VAC	500ms, 30ms/115VAC at full load		
HOLD UP TIME (Typ.)	50ms/230VAC	20ms/115VAC at full load			
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 – 264VAC	120 – 370VDC		
	FREQUENCY RANGE	47 – 63Hz			
	EFFICIENCY (Typ.)	78%	86%	88%	87%
	AC CURRENT (Typ.)	1.8A/115VAC	1A/230VAC		
	INRUSH CURRENT (Typ.)	C/COLD START 30A/115VAC	60A/230VAC		
LEAKAGE CURRENT	<1mA/240VAC				
PROTECTION	OVERLOAD	105 – 150% rated output power Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed			
	OVER VOLTAGE	6.25 – 7.25V	15.6 – 18V	31.2 – 36V	57.6 – 64.8V
FUNCTION	DC OK SIGNAL	Relay contact rating(max.): 30V/1A resistive			
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-20 – +70°C (Refer to output load derating curve)			
	WORKING HUMIDITY	20 – 90% RH non-condensing			
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 – +85°C, 10 – 95% RH			
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 – 50°C)			
SAFETY & EMC (Note 4)	VIBRATION	Component : 10 – 500Hz, 2G 10min./cycle, period for 60min. each along X, Y, Z axes ; Mounting : Compliance to IEC60068-2-8			
	SAFETY STANDARDS	UL508, UL60950-1, TUV EN60950-1 approved, NEC class 2 / LPS compliant (24V, 48V only)			
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC			
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG>100M Ohms/500VDC 25°C, 70%RH			
	EMI CONDUCTION & RADIATION	Compliance to EN55011, EN55022 (CISPR22), EN61204-3 Class B			
	HARMONIC CURRENT	Compliance to EN61000-3-2, 3			
OTHERS	EMV IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, ENV50204, EN55024, EN61000-6-2, EN61204-3, heavy industry level, criteria A			
	MTBF	299.2K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)			
NOTE	DIMENSION	40*60*100mm (W*H*D)			
	PACKING	0.33Kg, 42pcs/14.8Kg/0.82CUFT			
<p>1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uF & 47uF parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. 5. Length of set up time is measured at first red start. Turning ON/OFF the power supply may lead to increase of the set up time.</p>					

Anexo B. Proceso de Diseño e Implementación del Sistema de Control de Humedad

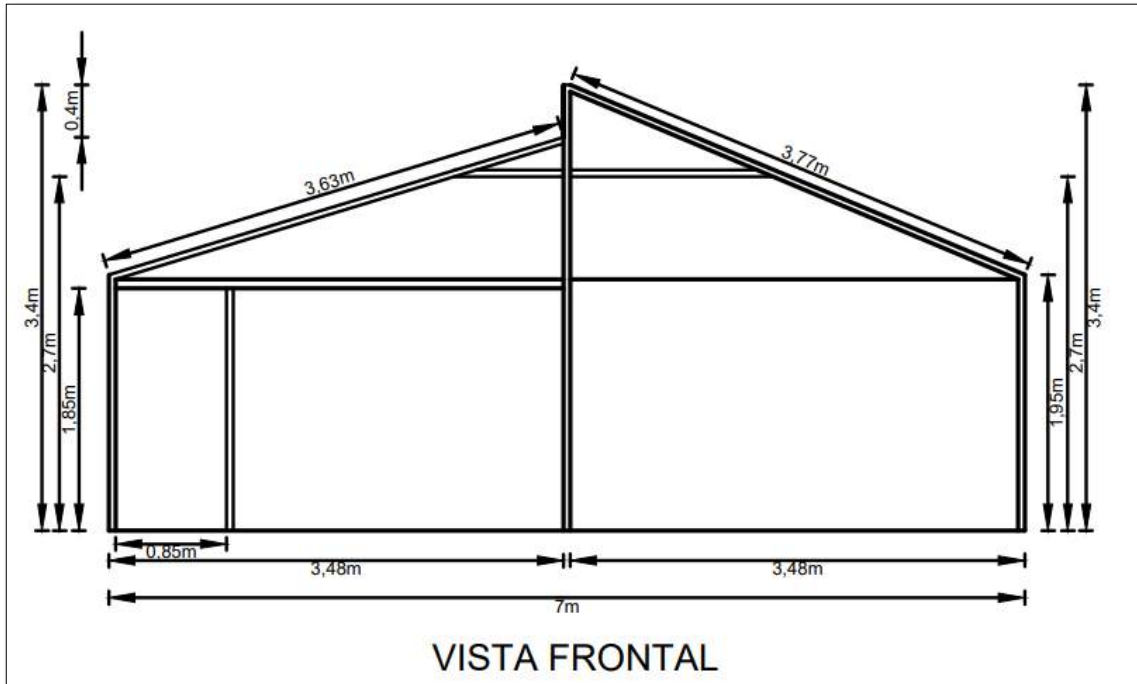


Figura B.1. Plano arquitectónico del invernadero vista frontal

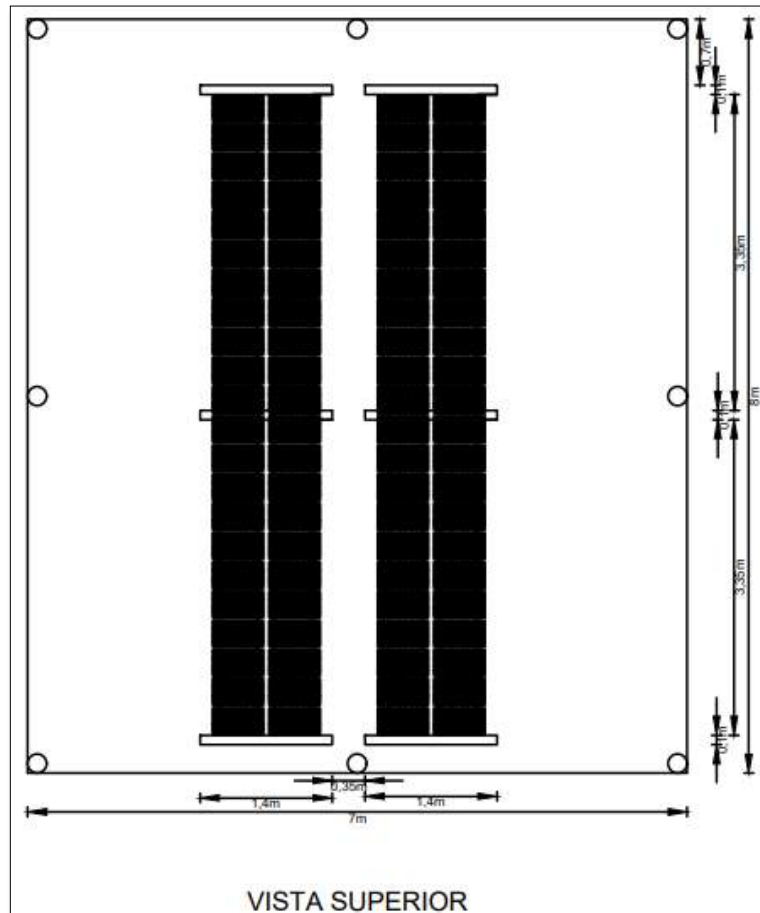


Figura B.2. Plano arquitectónico del invernadero vista superior

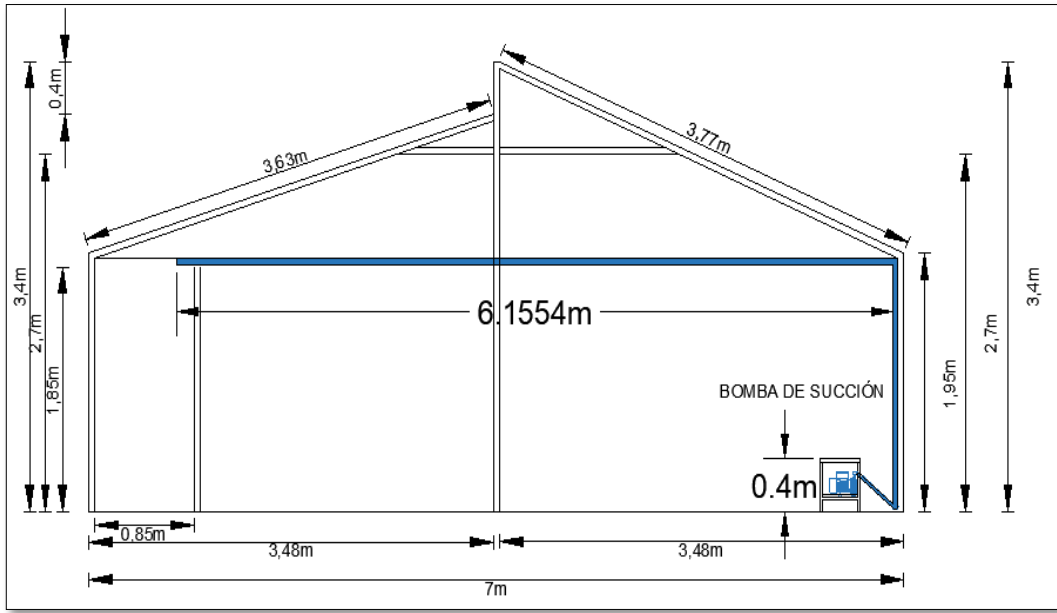


Figura B.3. Diseño de la línea primaria de alimentación del sistema de regadío de agua

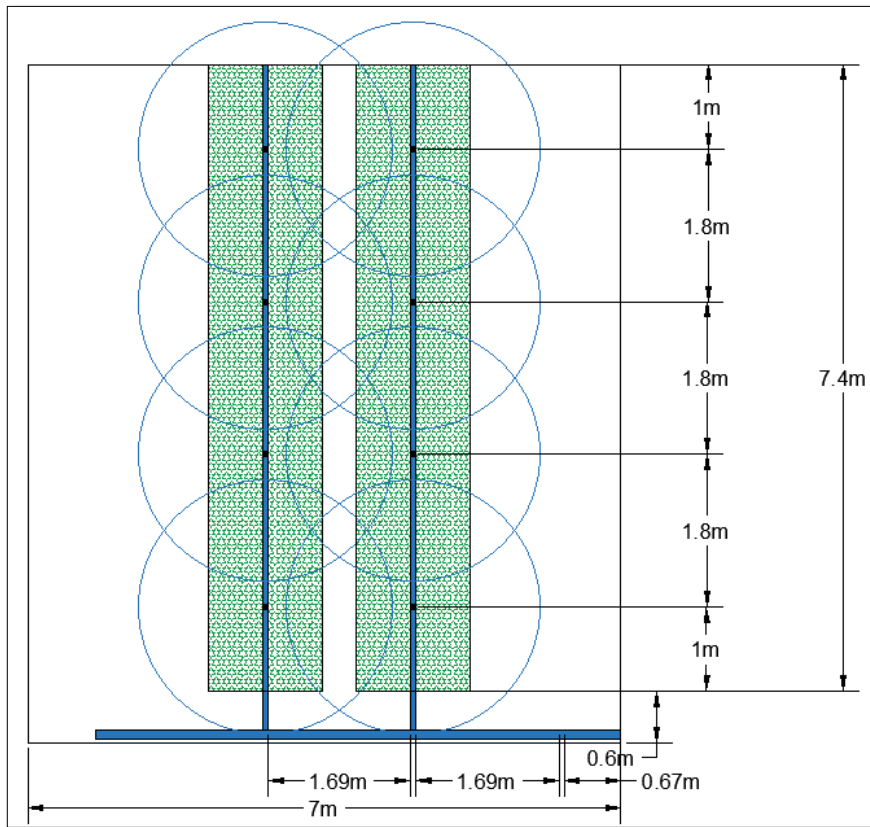


Figura B.4. Diseño de las líneas secundarias del sistema de regadío de agua



Figura B.5. Adecuación del reservorio de agua para el sistema de riego



Figura B.6. Instalación de las líneas secundarias del sistema de regadío de agua



Figura B.7. Instalación del sistema de riego por microaspersores



Figura B.8. Instalación del sensor de humedad SHT10 en las bandejas de la flor Alhelí

Anexo C. Proceso de Diseño e Implementación del Sistema de Control de Temperatura

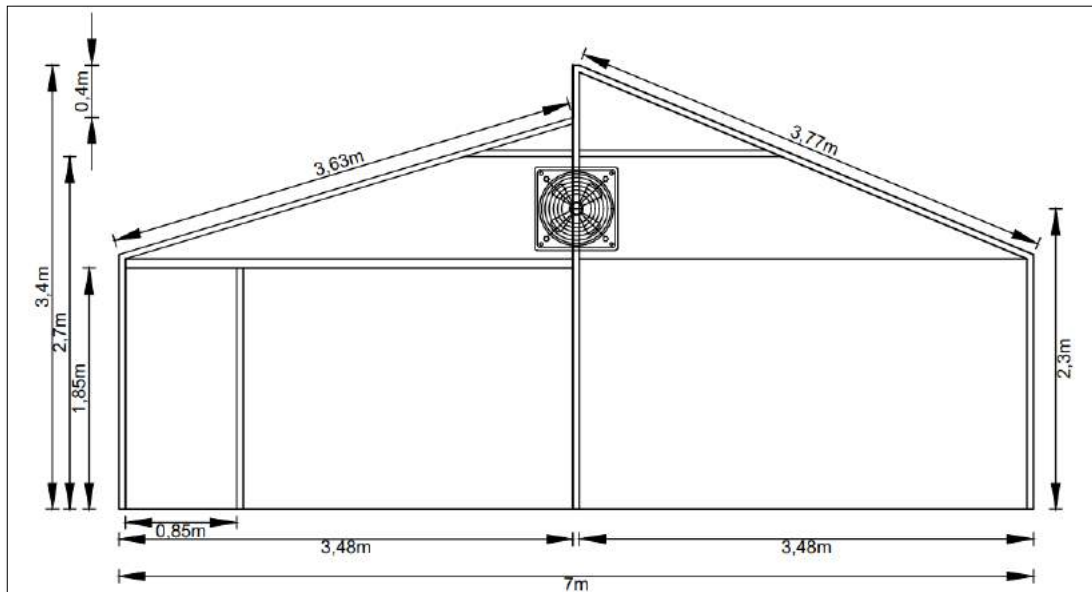


Figura C.1. Diseño de la ubicación del extractor de aire para el control de temperatura



Figura C.2. Instalación del sensor de temperatura Termocupla tipo K



Figura C.3. Instalación del extractor de aire montero



Figura C.4. Proceso de energización del extractor de aire montero

Anexo D. Diseño del tablero de control para los sistemas de control

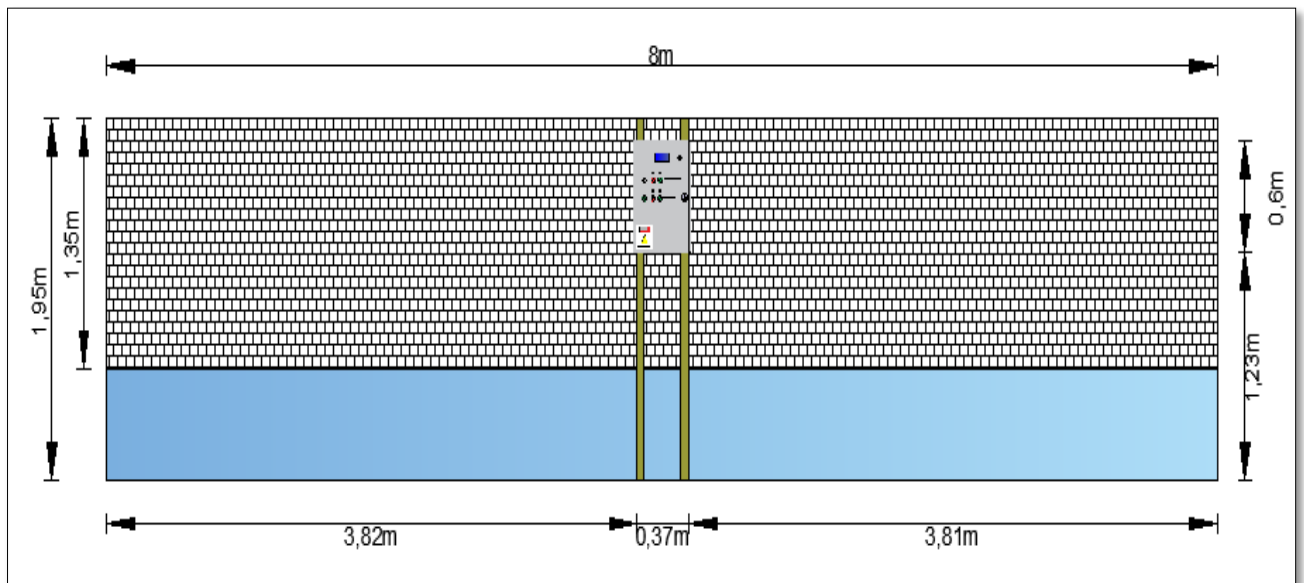


Figura D.1. Diseño de la ubicación del tablero de control en el invernadero

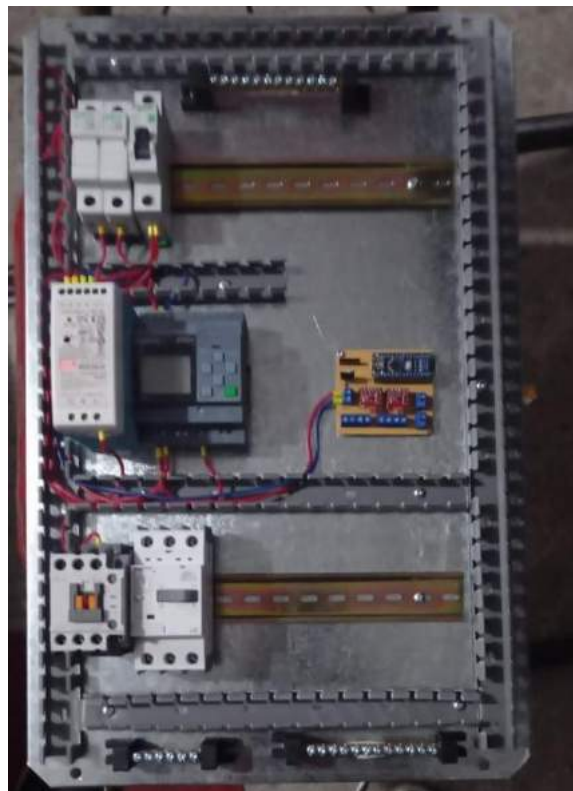


Figura D.2. Proceso de conexión de los componentes en el tablero de control



Figura D.3. Proceso de conexión y alimentación de los pulsadores, selectores y pantalla LCD



Figura D.4. Ubicación del tablero de control en el invernadero



Figura D.5. Instalación de la puesta a tierra del tablero de control

Anexo E. Programación del Arduino para la recepción de datos del sensor de temperatura y humedad

```
ProgramaAcondicionamiento
////////////////////////////////////
#include <SHT1x.h>
#define dataPin 4
#define clockPin 5
SHT1x sht10(dataPin, clockPin);

////////////////////////////////////
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MCP4725.h>
Adafruit_MCP4725 dacTemp;
Adafruit_MCP4725 dacHum;

////////////////////////////////////
#include "max6675.h"
#define CONFIG_TCCK_PIN 10 // SPI SCK
#define CONFIG_TCCS_PIN 9 // SPI CS
#define CONFIG_TCDO_PIN 8 // SPI SO
MAX6675 thermocouple(CONFIG_TCCK_PIN, CONFIG_TCCS_PIN, CONFIG_TCDO_PIN);|
.....
```

Figura E.1. Programación del Arduino Nano

```

ProgramaAcondicionamiento
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,4);

////////////////////////////////////
#define alpha 0.8 // Filtro de Temperatura 0-1
////////////////////////////////////

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  dacTemp.begin(0x60);
  dacHum.begin(0x61);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor( 0, 0 );
  lcd.print(" CONTROL DE HUMEDAD");
  lcd.setCursor( 0, 1 );
  lcd.print("   Y TEMPERATURA");
  lcd.setCursor( 0, 3 );
  lcd.print("INGENIERIA ELECTRICA");
  delay(5000);
  lcd.clear();
}

```

Figura E.2. Configuración de la pantalla LCD

```

ProgramaAcondicionamiento$
void loop() {
  float temperatura = thermocouple.readCelsius();
  float tempFiltrado = (alpha*temperatura) + ((1-alpha)*tempFiltrado);
  dacTemp.setVoltage(((tempFiltrado/10)*4200)/5, false); ////   50°C ----> 5V

  float humedad = sht10.readHumidity();
  dacHum.setVoltage(((humedad/20)*4200)/5, false);      ////   100% ----> 5V

  lcd.clear();
  lcd.setCursor( 0, 0 );
  lcd.print("TEMPERATURA");
  lcd.setCursor( 12, 1 );
  lcd.print(tempFiltrado);
  lcd.setCursor( 17, 1 );
  lcd.print("\337C");

  lcd.setCursor( 2, 2 );
  lcd.print("HUMEDAD");
  lcd.setCursor( 12, 3 );
  lcd.println(humedad);
  lcd.setCursor( 17, 3 );
  lcd.print(" %");

  Serial.print(tempFiltrado);
  Serial.print(",");
  Serial.println(humedad);
  delay(1000);
}

```

Figura E.3. Configuración de los parámetros de temperatura y humedad

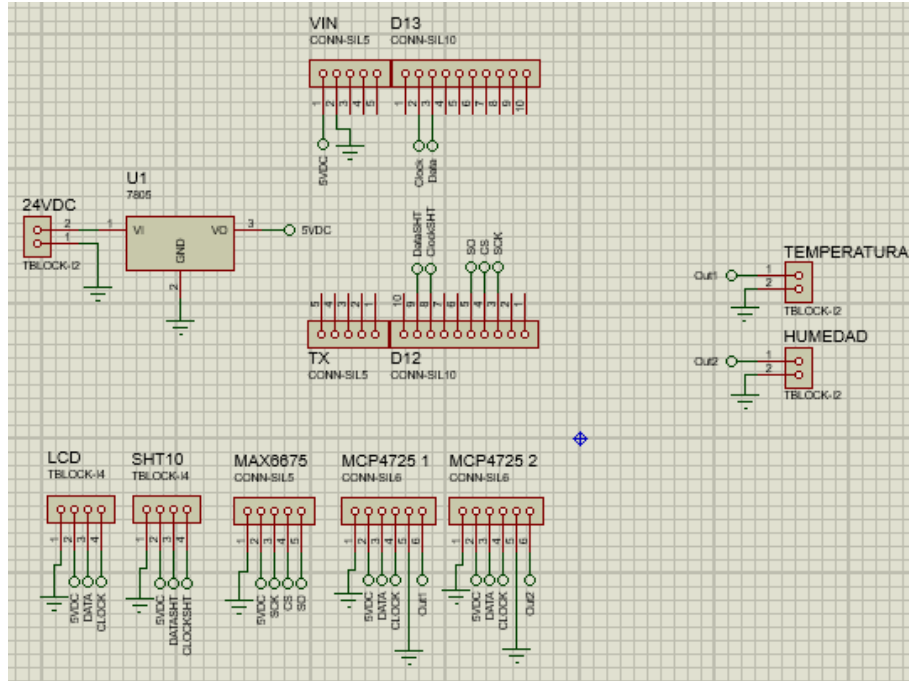


Figura E.4. Diseño de la placa electrónica

Anexo F. Programación del PLC Logo para los sistemas de control

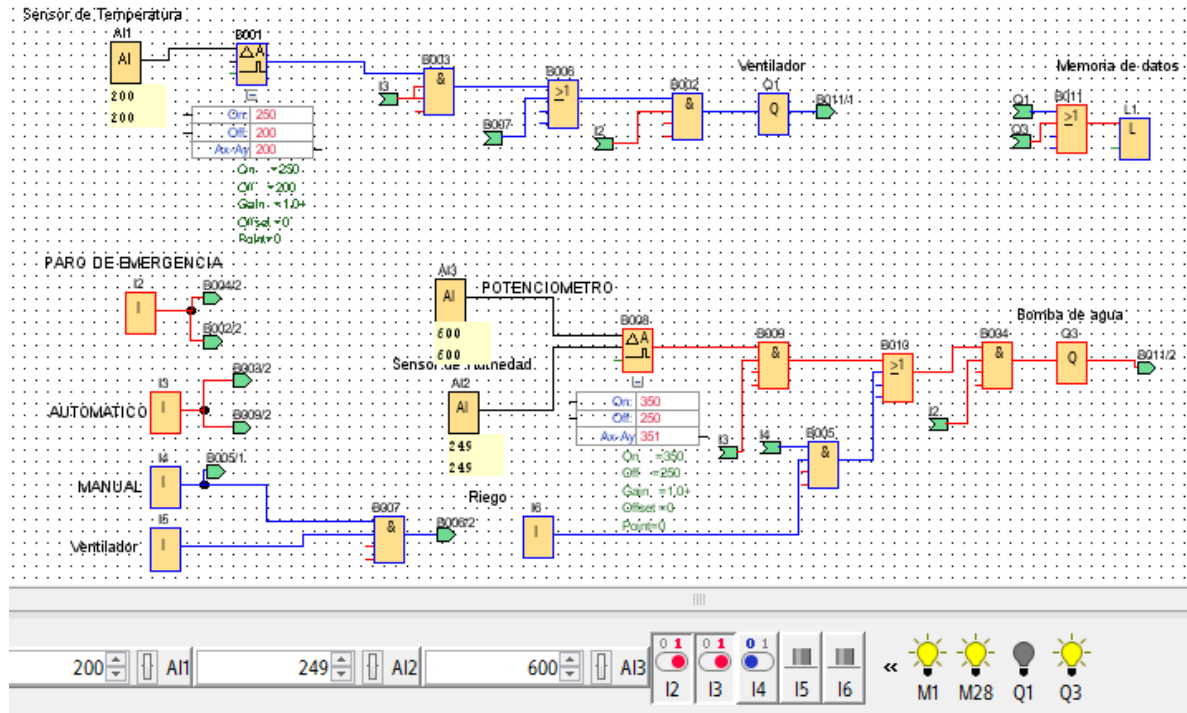


Figura F.1. Programación del PLC Logo Siemens

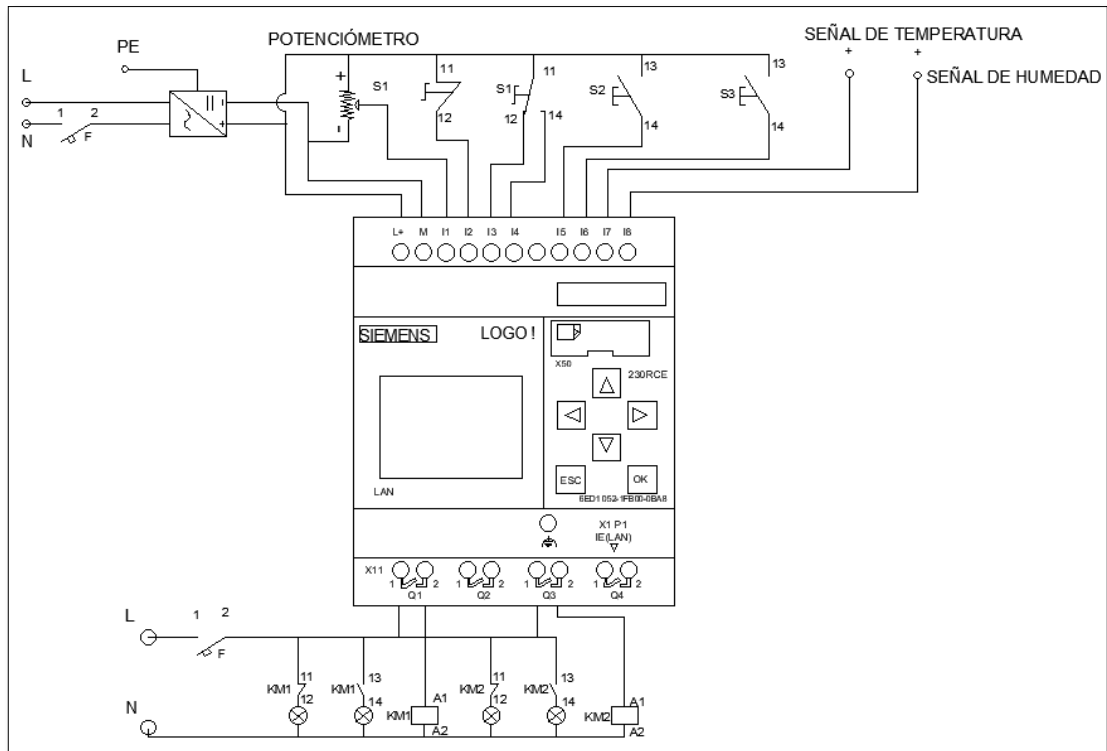


Figura F.2. Diagrama de conexión del PLC Logo Siemens