



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

#### **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD EN UN  
INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE”**

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

#### **AUTORES:**

Muso Lema Jinson Israel

Quillupangui Salazar Eddy Paul

#### **TUTOR:**

PhD. Marrero Ramírez Secundino.

**LATACUNGA- ECUADOR**

**2018**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **MUSO LEMA JINSON ISRAEL** y **QUILLUPANGUI SALAZAR EDDY PAUL**, declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD EN UN INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE”**, siendo el **PhD. SECUNDINO MARRERO** 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 la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Muso Lema Jinson Israel

C.I.:050418813-7

Quillupangui Salazar Eddy Paul

C.I.:172173234-3



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD EN UN INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE”, de MUSO LEMA JINSON ISRAEL Y QUILLUPANGUI SALAZAR EDDY PAUL, 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, Julio del 2018

El Tutor

PhD. Secundino Marrero Ramirez

C.C. 17571079 - 7

## 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: **MUSO LEMA JINSON ISRAEL** y **QUILLUPANGUI SALAZAR EDDY PAUL**, con el título de Proyecto de titulación: “ **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD EN UN INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE** ” 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, 25 de Julio del 2018

Para constancia firman:



**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre:** MSc. Franklin Vásquez

CC: 171043449 - 7



**Lector 2**

**Nombre:** MSc. Rommel Suárez

CC: 180416535 - 3



**Lector 3**

**Nombre:** MSc. Marcos León Segovia

CC: 050230540 - 2



## AVAL DE IMPLEMENTACION

En calidad de responsable PhD. Secundino Marrero Ramírez certifico que mediante la Propuesta Tecnológica: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD EN UN INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE”**, los señores **MUSO LEMA JINSON ISRAEL** con número de cedula **050418813-7** y **QUILLUPANGUI SALAZAR EDDY PAUL** con número de cedula **172173234-3**, realizan la entrega del proyecto de titulación en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en pleno funcionamiento.

Atentamente:

PhD. Secundino Marrero Ramirez

Responsable

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino y acompañarme cada día durante este proceso académico, siendo mi fortaleza y salida ante los problemas que se me han presentado.

A mis padres, ya que con su ejemplo y amor profundo fueron el sustento en todo momento para la realización de este proyecto de investigación, y siempre estuvieron conmigo apoyándome y brindándome su sabiduría para no desistir en el camino que se tornaba en ciertas ocasiones difícil.

Agradezco a mi estimada Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y poder pertenecer como estudiante de esta prestigiosa Institución.

**Jinson**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a DIOS y a la virgencita del CISNE por cada día de vida que me brindaron y la sabiduría que me consagraron para poder culminar esta etapa de mi vida profesional, en segundo lugar, agradezco a mis PADRES.

A mi padre por ser un ejemplo en el hogar, amigo y sobre todo responsable en su vida profesional.

A mi madre por su apoyo incondicional, su educación hacia mí, el respeto, la honestidad y sobre todo la sencillez, entre otras cosas que son de gran importancia para mí. A mi hermano por su compañía y anhelos para mí.

**Eddy**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de investigación lo dedico a mis padres Emilio y Rosario, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, para mí son mi orgullo y privilegio.

A mis hermanos y a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

**Jinson**

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, dedico este trabajo a DIOS y a la virgencita del CISNE por darme la vida, en el lugar perfecto. Dedico este trabajo a mi padre por ser un pilar importante en mi vida, porque gracias a mi padre logre conseguir este nivel de estudio que es de gran importancia para mí. A mi madre por sus consejos, enseñanzas, por ser quien me enseñó mis primeros pasos, mis primeras palabras, por ser el primer amor en mi vida, por ser la persona la cual me ayudo a seguir adelante la cual con sus consejos y sabiduría supo alentarme en las buenas y más en las malas. Dedico a mi hermano que es un pilar importante para mí.

**Eddy**

## ÍNDICE GENERAL

1. Información Básica.....	1
2. Diseño Investigativo de la Propuesta Tecnológica.....	3
2.1. Título de la Propuesta Tecnológica .....	3
2.2. Tipo de Propuesta Alcance .....	3
2.3. Área del Conocimiento.....	4
2.4. Sinopsis de la Propuesta Tecnológica .....	4
2.5. Objeto de Estudio y Campo de Acción .....	4
2.5.1. Objeto de Estudio .....	4
2.5.2. Campo de Acción .....	4
2.6. Situación Problemática y Problema .....	5
2.6.1. Situación Problemática .....	5
2.6.2. Problema.....	6
2.7. Hipótesis .....	6
2.8. Objetivos: .....	6
2.8.1. Objetivo General: .....	6
2.8.2. Objetivos Específicos: .....	7
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos .....	7
3. Marco Teorico .....	8
3.1. Invernaderos .....	8
3.2. Principales Tipos de Invernaderos .....	8
3.3. Sistemas de Riego .....	11
3.4. Automatización de Sistemas de Riego .....	12
3.5. Principales elementos de un sistema de riego automático.....	13
3.6. Sistema de control.....	15
3.7. Arduino .....	17
3.8. Humedad dentro del Invernadero.....	20

4. Metodología.....	24
4.1.1.Exploratorio .....	24
4.1.2.Medición.....	24
4.1.3.Creación.....	24
4.1.4.Experimental.....	24
4.2. Técnicas.....	25
4.2.1.Lectura Comprensiva .....	25
4.2.2.Modelamiento .....	25
5. Análisis y discusión de Resultados .....	25
5.1. Diagrama de Bloques .....	25
5.2. Rango de Humedad .....	27
5.3. Nivel de Agua. ....	27
5.4. Niveles de Presión .....	27
5.5. Sensor de Humedad .....	27
5.6. Montado de las Mesas para Soporte de las bandejas de Germinación.....	28
5.7. Volumen del tanque de abastecimiento de agua.....	30
5.8. Dimensionamiento e Instalación de la Bomba de Agua.....	32
5.9. Acoplamiento de la tubería desde el tanque de reserva hasta la bomba. ....	33
5.10. Instalación de Tubería para el riego dentro del invernadero. ....	34
5.11. Selección e Instalación de Electroválvulas.....	36
5.12. Dimensionamiento eléctrico para el tablero de Control.....	38
5.13. Comunicación Ethernet HMI Y S7-1200 en TIA Portal.....	44
5.14. Programación en el software TIA portal.....	50
5.15. Programación en el software ARDUINO .....	54
5.16. Evaluación de la factibilidad técnica y económica de la implementación del proyecto. ....	56
5.16. Manual del usuario.....	57
6. Presupuesto y Análisis de Impactos .....	61

6.1. Presupuesto.....	61
6.2. Análisis de Impactos.....	62
7. Conclusiones y Recomendaciones:.....	63
8. Referencias .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Invernadero Tropical.....	10
Figura 3.2. Bomba no sumergible.....	14
Figura 3.3. Electroválvula.....	14
Figura 3.4. Ciclo Scan.....	16
Figura 3.5. Pantalla HMI.....	17
Figura 3.6. Arduino Mega.....	18
Figura 3.7. Sensor de Humedad .....	20
Figura 3.8. Humedad relativa optima de algunos cultivos en invernaderos.....	21
Figura 5.1. Diagrama de Bloques.....	26
Figura 5.2. Instalación de mesas dentro del Invernadero.....	28
Figura 5.3. Vista lateral del invernadero Asimétrico.....	28
Figura 5.4. Plano de la vista interior del invernadero.....	29
Figura 5.5. Tanque de abastecimiento de agua del invernadero .....	30
Figura 5.6. Plano de la vista posterior del sistema de riego.....	31
Figura 5.7. Bomba de Agua.....	33
Figura 5.8. Tubería de 1” para la succión de la Bomba.....	33
Figura 5.9. Diámetro, espesor, presión y peso de Tubería PVC.....	34
Figura 5.10. Sistema de tubería para la nebulización del invernadero.....	34
Figura 5.11. Plano de la vista interna del sistema de riego.....	35
Figura 5.12. Instalación interna de la Tubería.....	36

Figura 5.13. Electroválvula.....	36
Figura 5.14. Funcionamiento eléctrico de la electroválvula.....	37
Figura 5.15. Parte interior de una Electroválvula.....	38
Figura 5.16. Comprobación de continuidad en la bobina de la electroválvula.....	38
Figura 5.17. Contactor.....	40
Figura 5.18. Guardamotor.....	40
Figura 5.19. Plano eléctrico de fuerza y control del proyecto.....	41
Figura 5.20. Plano eléctrico de los sensores de humedad.....	42
Figura 5.21. PLC S7 1200.....	43
Figura 5.22. Pantalla HMI del proyecto.....	44
Figura 5.23. Agregar Pantalla de proyecto existente.....	45
Figura 5.24. Ventana donde poder seleccionar el dispositivo necesario.....	45
Figura 5.25. Botón HMI.....	46
Figura 5.26. Seleccionar una pantalla HMI KTP 400 Confort.....	46
Figura 5.27. Versión de firmware de la pantalla HMI.....	47
Figura 5.28. Apartado de conexiones en el árbol del proyecto.....	47
Figura 5.29. Determinar el nombre para el conexionado con el PLC.....	48
Figura 5.30. Determinar el tipo de PLC.....	48
Figura 5.31. Determinar la interfaz para la conexión HMI y el PLC.....	49
Figura 5.32. Determinar la dirección para cada estación de trabajo.....	49
Figura 5.33. Segmento 1 de Programación.....	50
Figura 5.34. Segmento 2 de Programación.....	52
Figura 5.35. Segmento 3 de Programación.....	51
Figura 5.36. Segmento 4 de Programación.....	51

Figura 5.37. Segmento 5 de Programación.....	52
Figura 5.38. Segmento 6 de Programación.....	52
Figura 5.39. Segmento 7 de Programación.....	53
Figura 5.40. Segmento 8 de Programación.....	53
Figura 5.41. Declaración y asignación de variables.....	54
Figura 5.42. Asignamos las entradas.....	54
Figura 5.43. Lectura y cambio de rango del sensor.....	55
Figura 5.44. Visualización de Variables.....	55
Figura 5.45. Promedio de Humedad .....	55

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos...7	
Tabla. 5.1. Datos técnicos de la bomba de agua. ....	39
Tabla 5.2. Características del PLC S7 1200.....	43
Tabla 5.3. Características de la Pantalla HMI KTP 400 PN Basic.....	44
Tabla 5.4. Manual del Usuario.....	56
Tabla 6.1. Listado de Materiales eléctricos.....	60
Tabla 6.2. Listado de Materiales hidráulicos y mecánicos.....	61
Tabla 6.3. Costo total de proyecto.....	61

### **ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 5.1.</b> Volumen del Agua .....	30
<b>Ecuación 5.2.</b> Potencia de una Bomba de Agua.....	32
<b>Ecuación 5.3.</b> Corriente total del Circuito.....	39
<b>Ecuación 5.4.</b> Corriente del Interruptor Termomagnético.....	39

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS (CIYA)

**TITULO:” “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD EN UN INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE”**

**Autores:**

**MUSO LEMA JINSON ISRAEL  
QUILLUPANGUI SALAZAR EDDY PAUL**

## RESUMEN

La implementación de un sistema de control de humedad en un invernadero del campus Salache para el proceso de germinación fue diseñada con el propósito de tener la posibilidad de controlar la variable de humedad dependiendo el tipo de semilla que se estime cultivar. La automatización del sistema se realizó mediante la recopilación de información provenientes de los sensores de humedad ubicados en las bandejas de germinación dentro del invernadero, los cuales registran una humedad relativa en el suelo y esta pasa a un proceso de comparación con el dato ingresado por el usuario para su posterior cierre o apertura de las electroválvulas y la bomba de agua.

El sistema está conformado por tres electroválvulas distribuidas para cada hilera y una bomba de 1Hp que trabaja a una presión de 40 Psi, con la cual se realiza el proceso de nebulización que reduce considerablemente el uso del agua como sistema de riego, optimizando así la producción de los cultivos ya que la semilla en proceso de germinación mantendrá siempre la humedad constante que necesita para su correcto desarrollo.

El impacto que se reflejará con la implementación del sistema de control de humedad será muy grande tanto en los estudiantes como en el sector agrícola que allí se ubica, ya que será el primer proyecto de este tipo que se ejecute dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi, aportando con la investigación y garantizando ingresos superiores a los obtenidos por medio de un sistema de riego convencional y brindando confiabilidad al sistema.

**Palabras clave:** Sensores, Humedad, Electroválvulas, PLC.

# **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF SCIENCES OF THE INGENIERIA AND APPLIED (CIYA)**

**TOPIC: "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE CONTROL OF HUMIDITY IN A GREENHOUSE IN THE FIELD SALACHE"**

**Authors:**

**MUSO LEMA JINSON ISRAEL  
QUILLUPANGUI SALAZAR EDDY PAUL**

## **ABSTRACT**

This research aimed the implementation of a system of moisture control at a hothouse from Salache Campus to the germination process was carried out to control humidity parameters depending on the sort of seed that is likely to be grown. System automation was executed through compilation of information coming from soil moisture sensors which were set on salvers of germination inside the hothouse. These sensors register a relative humidity in the soil and get through a comparative process based on data entered by the user to close or open electrically-operated valves and water pump. The system is made up of three electrically-operated valves that are distributed for each row and a 1Hp pump working under 40 Psi pressure. All of this leads to a nebulization process that reduces considerably the use of water as an irrigation system to optimize harvesting produce since seeds under germination process will always keep constant humidity that is required to successful development.

The impact caused by the implementation of this moisture control system will be quite great both for students and the agricultural sector from the surroundings because it will be the first project of this kind being launched at the “Universidad Técnica de Cotopaxi” to support research and guarantee higher income as compared to previous one through a conventional irrigation system that brings up reliability to it.

**Keywords:** Sensors, humidity, electrically-operated valves, PLC.



## 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 del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por las señoras egresados MUSO LEMA JINSON ISRAEL, CI 050418813-7 Y QUILLUPANGUI SALAZAR EDDY PAUL, CI 172173234-3 de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título versa “ **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE HUMEDAD EN UN INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE**”, lo realizó bajo mi- supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 27 de Julio del 2018

Atentamente,

---

Lic. Mayra Noroña Heredia Mg.  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 0501955470



## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **PROPUESTO POR:**

Jinson Israel Muso Lema

Eddy Paul Quillupangui Salazar

### **TEMA APROBADO:**

Diseño e Implementación del control de Humedad en un Invernadero del campus Salache.

### **CARRERA:**

Carrera de Ingeniería Eléctrica

### **DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:**

PhD. Secundino Marrero.

### **EQUIPO DE TRABAJO:**

#### **Tutor**

Nombres:	Secundino
Apellidos:	Marrero Ramírez
Nacionalidad:	Cubano
Fecha de nacimiento:	3 de Marzo 1957
Estado Civil:	Casado
Numero de Cedula:	175710790-7
Dirección:	Latacunga, Conjunto Habitacional “Los Arupos”
E-mail:	secundino.marrero@utc.edu.ec
Teléfono Celular:	0987647713

#### **Estudiante 1:**

Nombres:	Jinson Israel
Apellidos:	Muso Lema

Lugar y fecha de nacimiento: Latacunga 21 de Diciembre de 1994.  
Estado Civil: Soltero  
Numero de Cedula: 0504188137-7  
Dirección: Latacunga, Barrio la Calera  
Teléfono: 0987648650  
e-mail: jinsonmuso@gmail.com  
Estudios realizados  
Primaria: Escuela “Ana Páez” Latacunga.  
Secundaria: Colegio Técnico Industrial “Juan Abel Echeverría”

**Estudiante 2:**

Nombres: Eddy Paul  
Apellidos: Quillupangui Salazar  
Lugar y fecha de nacimiento: Machachi, 14 de Febrero de 1995  
Estado Civil: Soltero  
Numero de Cedula: 172173234-3  
Dirección: Tambillo, Barrio el Murco.  
Teléfono: 0998097986  
e-mail: edypaulq@gmail.com  
Estudios realizados  
Primaria: Escuela Fiscal “Luis Felipe Borja”  
Secundaria: Instituto Tecnológico Superior Aloasi.

## **LUGAR DE EJECUCIÓN**

Barrio Salache Bajo, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache.

## **TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:**

Octubre 2017 – Agosto 2018

## **FECHA DE ENTREGA:**

08 de Agosto del 2018

## **LÍNEA(S) Y SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN**

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

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

## **TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

Se pretende desarrollar una propuesta tecnológica en la cual a través de un módulo de control el usuario pueda manipular la variable de humedad, logrando así mantenerla estabilizada dentro de las bandejas destinadas para germinación.

La característica primordial es la tecnología que se utiliza, siendo este un controlador automático, en el cual el usuario solamente debe preocuparse de ingresar el nivel adecuado de humedad que necesita.

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Diseño e Implementación del control de Humedad en un Invernadero del campus Salache.

### **2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE**

- a) Multipropósito:
- b) Interdisciplinar:
- c) Emprendimiento:
- d) Productivo:
- e) Desarrollo: x
- h) Integrador:

### 2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

07 Ingeniería, Industria y Construcción	071 Ingeniería y Profesiones Afines	0713 Electricidad y Energía
--	--	--------------------------------

### 2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

La siguiente Propuesta Tecnológica presentada está basada en las necesidades que presentan los agricultores que se encuentran ubicados en el barrio Salache Bajo, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, debido a las extremas condiciones climatológicas que allí se registran las semillas que se encuentran en proceso de germinación se llegan a malograr, razón por la cual se pretende diseñar e implementar un sistema de control de humedad para el proceso de germinación el cual cumpla con la posibilidad de controlar la variable de humedad dependiendo el tipo de semilla que se estime cultivar.

Mediante la implementación del sistema de control de humedad dentro del invernadero el usuario podrá determinar a qué porcentaje de humedad desea trabajar en el día, logrando así optimizar la producción de sus cultivos, ya que gracias a este sistema la semilla en proceso de germinación mantendrá siempre la humedad constante que necesita para su correcto desarrollo de germinación.

El sistema a implementarse actuará mediante la recolección de datos provenientes de sensores de humedad ubicados en las bandejas destinadas para el proceso de germinación de las semillas, a través de los sensores se podrá calibrar un control de la variable especificada, la cual determinará la falta o necesidad de riego para la correcta regulación de la variable.

El impacto que se reflejará con la implementación del sistema de control de humedad será muy grande tanto en los estudiantes como en el sector agrícola que allí se ubica, ya que será el primer proyecto de este tipo que se ejecute dentro de la facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, permitiendo así ser un aporte de gran beneficio a la noble institución como a la población agrícola que se asienta en dicho sector.

### 2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

#### 2.5.1. Objeto de Estudio

El invernadero destinado para el cultivo de granos Andinos.

#### 2.5.2. Campo de Acción

La Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.

## **2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA**

### **2.6.1. Situación Problemática**

Nuestro proyecto radica directamente en la falta de implementación tecnológica en los cultivos que se realizan como prácticas e investigación en el campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, así como en el sector agrícola que se encuentra preocupado por las pérdidas de las semillas durante el proceso de germinación por la falta o exceso de humedad, pudiendo así nosotros elaborar un sistema automatizado para el control de la humedad, lo cual permitirá directamente a los estudiantes, maestros y agricultores del sector la correcta aplicación de conocimientos en base a los cultivos que se plantan en el invernadero en estudio.

En el sector de Salache donde se encuentra ubicado el invernadero en análisis, se ha registrado ambientes extremadamente fríos y soleados respectivamente, por lo que el cultivo y preparación de las plantas para su germinación se han visto directamente afectados, debido a que el exceso de sol y la falta de humedad en la planta hacen que esta se seque y se dañe, perdiéndolas totalmente.

Debido a estos factores climatológicos que afectan al cultivo, se ha pensado en la implementación de un sistema automatizado, el cual contará con sensores que actuarán directamente sobre el nivel de humedad que se registren en las cubetas de germinación que se encuentran dentro del invernadero, sensores que enviarán directamente una señal a un receptor el cual verificará si está dentro de los parámetros establecidos para la buena producción y desarrollo del proceso de germinación, pudiendo después emitir señales a los dispositivos que activarán el sistema de aspersion para controlar la falta de humedad dependiendo del caso que se necesite, esto optimizará el proceso de germinación a su máximo rendimiento, evitando que la semilla se dañe por falta o exceso de humedad en la etapa más importante de desarrollo de la planta.

Con la elaboración de un ambiente controlado en el invernadero del campus Salache, de la Universidad Técnica de Cotopaxi se logrará disminuir la tasa de pérdidas de semillas en el invernadero y aumentar la producción, mediante el control y monitoreo de la humedad, con este medio tecnológico se garantizará un óptimo rendimiento en el proceso de germinación y los ingresos aumentarán debido a que se necesitará menor cantidad de fertilizantes para obtener un mejor producto en dicho invernadero.

A través de este sistema se pretende que la semilla en germinación alcance su etapa de desarrollo correctamente en el tiempo al cual está establecido, evitando primordialmente el desperdicio de las semillas y alcanzando su producción total en los sembríos, ya que actualmente se ha demostrado que en las condiciones en la cuales se encuentra el invernadero no genera totalmente la producción, debido a que el nivel de humedad que registra no es el adecuado para el invernadero.

Los límites que puede presentar el proyecto van a estar encaminados a la falta de conocimientos en los agricultores acerca de la implementación de estas tecnologías, pudiendo estas personas confundirlas con un medio que destruye las propiedades nutritivas de las plantas e inclusive en una herramienta no tan necesaria vista desde un punto de vista muy artesanal en los agricultores.

### **2.6.2. Problema**

El incremento de los niveles de temperatura en el sector de Salache ha generado en los agricultores una gran preocupación debido a que sus cultivos en proceso de germinación se han venido a malograr por la falta directa de la humedad en el sembrío generándoles pérdidas de tiempo y dinero de forma simultánea.

Además el sector agrícola tanto público como privado que se encuentra en el sector ha visto la necesidad de implementar tecnología en sus cultivos, pero siempre y cuando estos no afecten en los factores nutritivos de cada cultivo, logrando así optimizar al máximo sus sembríos y generando mayores ingresos con una inversión al alcance de cada agricultor.

## **2.7. HIPÓTESIS**

Si se implementa un módulo de control de humedad en el invernadero del campus Salache, entonces permitirá el control preciso de la variable durante el proceso de germinación.

## **2.8. OBJETIVOS:**

### **2.8.1. Objetivo General:**

Implementar un módulo de control de humedad en un invernadero del Campus Salache, mediante la recolección de datos provenientes de sensores que permitirán ajustarlos para el correcto proceso de germinación.

### 2.8.2. Objetivos Específicos:

- Recopilar información referente a la operación de los sensores de humedad dentro de un invernadero.
- Establecer requerimientos técnicos y tecnológicos del sistema de control con variables climatológicas.
- Implementar el módulo de control en el invernadero.
- Evaluar la factibilidad técnica y económica de la implementación del proyecto.

## 2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS p

**Tabla 2.1.** Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.

<b>Objetivo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la Actividad</b>	<b>Instrumento</b>
Recopilar información referente a la operación de los sensores de humedad dentro de un invernadero.	Búsqueda de información necesaria en sitios web confiables y seguros.	Selección de aspectos necesarios para selección de sensores a través de fuentes bibliográficas.	Sitios web, revistas científicas y libros.
Establecer requerimientos técnicos y tecnológicos del sistema de control con variables climatológicas.	Encontrar las condiciones necesarias para el correcto funcionamiento de los dispositivos.	Dimensionamiento adecuado de los materiales y dispositivos a utilizar.	Sitios web, revistas científicas y libros.
Implementar el módulo de control en el invernadero.	Instalar los sensores, bomba de agua y demás dispositivos.	Manipulación de la variable de humedad en las cubetas de germinación.	PLC, HMI, Tubería, Herramientas y accesorios eléctricos.

<p>Evaluar la factibilidad técnica y económica de la implementación del proyecto</p>	<p>Conocer que tan funcional resulta el proyecto en los agricultores públicos y privado</p>	<p>Aceptación total o parcial del proyecto</p>	<p>Análisis directo al resultado del proyecto.</p>
--	---	--	--

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1. Invernaderos

Los invernaderos permiten tener un mayor control del entorno donde crecen las plantas. Son utilizados para aumentar la calidad y rendimiento de las plantaciones en ciertas ubicaciones que tienen estaciones cortas de crecimiento, o bien malas condiciones de iluminación debido a las localizaciones geográficas, por lo que permiten mejorar la producción de alimentos vegetales en entornos extremos [1].

Los medios masivos de producción de vegetales y los métodos convencionales de siembra han llevado a la erosión de los suelos y en casos más extremos a la desertificación de los mismos, la deforestación y la destrucción de ecosistemas enteros.

Aunado a lo anterior, si se controla de manera pasiva el clima dentro de los invernaderos, la tasa de energéticos empleados por tonelada de producto también se disminuye, llegando incluso a ser menor que los de la siembra convencional, cuando en ellos se utilizan tractores y otras máquinas de combustión interna.

Al disminuir la energía empleada para mantener las plantaciones y obtener una generosa cosecha llegamos a lograr la alta eficiencia en el cultivo, al mismo tiempo que disminuimos al máximo el impacto ambiental [2].

A nivel internacional la optimización del diseño de los invernaderos ha tenido mayor relevancia y de esta manera se logra alta eficiencia en la producción de los cultivos [3].

#### 3.2. Principales Tipos de Invernaderos

Según las determinadas características de sus elementos constructivos (por su perfil externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura, etc.). La elección de un tipo de invernadero está en función de una serie de factores o aspectos técnicos.

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas.

Las ventajas del empleo de invernaderos son: precocidad en los frutos, aumento de la calidad y del rendimiento, producción fuera de época, ahorro de agua y fertilizantes, mejor control de insectos y enfermedades, y la posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año. Algunos inconvenientes son: alta inversión inicial, alto costo de operación y requiere personal especializado.

La elección de un tipo de invernadero está en función de una serie de factores o aspectos técnicos como los siguientes:

- a) **Tipo de suelo.-** Se deben elegir suelos con buen drenaje y de alta calidad aunque con los sistemas modernos de fertiriego es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o sustratos artificiales.
- b) **Topografía.-** Son preferibles lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur.
- c) **Vientos.-** Se tomarán en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.
- d) **Requerimientos bioclimáticos.-** De acuerdo a la especie en cultivo.
- e) **Características climáticas.-** De acuerdo a la zona o área geográfica donde vaya a construirse el invernadero.
- f) **Disponibilidad de mano de obra.-** (factor humano).
- g) **Imperativos económicos locales.-** (mercado y comercialización).

Según la conformación estructural, los invernaderos se pueden clasificar en:

- Plano o tipo parral.
- Tipo raspa y amagado.
- Asimétrico.
- Capilla (a dos aguas, a un agua).
- Multicapilla.
- Gótico.
- Tipo túnel.
- De cristal o tipo Venlo.

### 3.2.1. Invernaderos Asimétricos

También conocidos como “Invernaderos Tropicales” porque su uso está muy extendido en estas regiones. Su geometría es asimétrica porque, a diferencia de los invernaderos tipo capilla y góticos, uno de los lados de la cubierta está más inclinado que el otro. La inclinación de la cubierta se estudia en función de la incidencia perpendicular sobre la misma de la luz al medio día solar, durante el invierno, con el objetivo de aprovechar al máximo la radiación solar incidente.



**Figura 3.1.** Invernadero Tropical.

**Fuente:** [4].

Está diseñado para el desarrollo de todo tipo de cultivos en clima tropical, con temperaturas cálidas y alta humedad. Proporciona una eficaz ventilación cenital, siendo esta normalmente fija. Las ventanas cenitales suelen orientarse para proteger al cultivo de los vientos fuertes típicos de las regiones tropicales.

Difiere de los tipo raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a  $60^\circ$  pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulo comprendidos entre los  $8$  y  $11^\circ$  en la cara sur y entre los  $18$  y  $30^\circ$  en la cara norte. La altura máxima de la cumbre varía entre  $3$  y  $5$  m., y su altura mínima de  $2.3$  a  $3$  m.

#### **Ventajas**

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.

- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire (no acceden al interior).
- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

La ventilación de este invernadero suele ser fija y es resuelta a través de las aperturas localizadas en el centro de cada uno de los arcos estructurales que corren a lo largo de todo el techo. Las aperturas permiten ventilación natural y la salida de aire caliente [4].

### 3.3. Sistemas de Riego

Los sistemas de riego utilizados en los viveros, todos tiene en común que reutilizan el agua, incidiendo en el control estricto del riego y la fertilización e intentando generar el menor impacto ambiental.

La selección de uno u otro tipo de riego tiene que ver con el tipo de cultivo, dónde se va desarrollar (en invernaderos o en el exterior, en suelo o en cama de propagación), el grado de sectorización, con el coste económico, la uniformidad deseada, la disponibilidad de agua y su calidad. Además, de la mayor o menor exigencia sobre cada uno de estos factores, dependerá el aprovechamiento del agua por la planta y la eficiencia del sistema de riego.

Los sistemas de riego más utilizados se pueden clasificar atendiendo al propio diseño del emisor, al alcance y al tamaño de la gota. Según estos criterios podemos hacer la siguiente clasificación de tipos de riego.

#### 3.3.1. Sistemas de Riego Aéreos

Son sistemas de riego en los que el agua se aplica a los cultivos en forma de lluvia, mojando la totalidad de la planta, así como la del sustrato o superficie cultivada.

- Aspersión
  - Miniaspersión
  - Nebulización
  - Pulverización
- **Aspersión:** sistema apropiado para el riego de cultivos en el exterior.
  - **Miniaspersión:** sistema apropiado para el riego de todo tipo de cultivos en invernadero.
  - **Nebulización:** sistema apropiado para el riego de plántulas, semilleros y plantas en macetas de pequeño formato, que precisen un fino tamaño de gota, o también en aquellas situaciones en las que la anchura de riego no deba superar los 2 metros.

- **Pulverización:** sistema apropiado para el riego de todo tipo de cultivos en el exterior o en invernadero, que requieran una elevada precipitación o un riego rápido (efecto ducha). [5]

### 3.4. Automatización de Sistemas de Riego

La automatización del sistema de riego tiene como razón primordial controlar el tiempo de regadío por medio de órdenes emitidas por un controlador lógico programable principal (PLC), las ordenes permitirán manipular automáticamente la apertura y cierre de las electroválvulas ubicadas a lo largo de los invernaderos de la plantación [6].

La tendencia actual es perfeccionar el sistema mediante el uso de programación en forma automatizada. La producción tecnificada ha llevado a introducir factores de manejo que permiten regular el medio ambiente, los sistemas de automatización que existen en el mercado para controlar los parámetros climáticos innumerables [7].

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana [8].

En la modernización de regadíos, la automatización de la infraestructura hidráulica puede hacerse a varias escalas o en distintas partes de las instalaciones de riego:

- **Automatización Individual del Riego.** Donde el objetivo fundamental es determinar el momento más adecuado para regar y la cantidad de agua a aplicar (dosis bruta) en función de, entre otros factores, el estado de humedad del suelo o de la planta y la uniformidad en el reparto de agua del sistema. Para esta escala de automatización normalmente resulta suficiente con una serie de sensores que permitan determinar el momento óptimo de riego, un programador y un conjunto de válvulas hidráulicas o electroválvulas.
- **Automatización General de una Red de Riego.** Su principal objetivo es la ejecución. Control y verificación de las actuaciones de manejo sobre la red resultante de los sistemas de gestión colectivos actualmente aplicados en las Comunidades de Regantes. Normalmente, están constituidas por un ordenador central o centro de control y una red en anillo de unidades de campo que controlan cada uno de los hidrantes o unidades de control remoto.

- **Regulación y Control de Instalaciones Hidráulicas concretas.** Como estaciones de bombeo, que adaptan el caudal y a presión a la demanda de la red, con la consiguiente reducción del coste energético.

El nivel de automatización alcanzado hace referencia a la cantidad de funciones asumida por el sistema. El mínimo nivel de automatización sería la apertura y cierre de válvulas hidráulicas para distribuir el agua o realizar las posturas de riego. El máximo nivel sería el control total de las instalaciones, de la humedad del suelo, del estado hídrico de la planta, del clima etc., incluyendo los sistemas de adquisición de datos para una adecuada gestión de riego y la fertilización. Estos niveles condicionan también la cualificación profesional del personal que maneje el sistema y la dependencia de un servicio técnico que solucione los posibles problemas de la instalación [9].

### **3.5. Principales elementos de un sistema de riego automático**

El riego es una práctica cultural que requiere optimizar en lo posible la eficiencia en la aplicación de agua, entendiendo como tal la fracción del agua aplicada que es utilizada para satisfacer las necesidades del cultivo y las de lavado. Para ello es necesario minimizar las pérdidas por evaporación, escorrentía, percolación profunda y otras pérdidas menores, para lo cual se requiere que el sistema esté bien diseñado, manejando y conservando..

La eficiencia de riego se suele entender como el porcentaje de agua bruta aplicada que es aprovechada para satisfacer las necesidades del cultivo y las de lavado [10].

El riego automático es una de las labores agronómicas de gran importancia que permite conseguir potencialmente el desarrollo agrícola de los cultivos incrementando su rendimiento [11].

#### **3.5.1. Bomba de Riego**

La bomba de riego se encarga de suministrar el caudal necesario en la instalación de riego a la presión requerida por los emisores para su correcto funcionamiento. El uso de uno u otro tipo dependerá del acceso que tenga la finca al suministro de corriente eléctrica, ya que preferiblemente se instala electrobombas en los cabezales de riego por su economía.

Se clasifican también en función de la altura de aspiración que tienen. La altura de aspiración es la cota a la que se instala la bomba por encima de la boca de la tubería aspiración de agua.

Así se distinguen:

- **Bombas no sumergibles:** Se colocan en la superficie del terreno y se utilizan cuando la altura de aspiración es baja o directamente, no hay porque la bomba se instala a una altura menor a la boca de la tubería de aspiración [12].



**Figura 3.2.** Bomba no sumergible.

**Fuente:** [12].

### 3.5.2. Electroválvulas y Tubería

Son los dispositivos electromecánicos que cortan o dejan pasar el flujo de agua. Tienen una bobina o solenoide que es la parte eléctrica que actúa sobre la parte mecánica. Esta bobina o solenoide actúa sobre una membrana de goma.

De cada electroválvula sale una tubería hacia el circuito de agua que queremos regar. La distancia y diámetro dependerá de la cantidad de presión de agua que tengamos y de si el sistema lleva una bomba de presión. Por experiencia, las tuberías que salen de las electroválvulas las pondremos siempre para soportar una presión alta [13].



**Figura 3.3.** Electroválvula.

**Fuente:** [13].

### **3.5.3. Nebulización**

Un sistema de nebulización se debe considerar tener equipos como bombas, electroválvulas, filtros para eliminar las impurezas. también es importante que este sistema funcione junto a un sistema de control es decir una interfaz comunicación para poder manipular la variable de humedad [14].

Los nebulizadores producen niebla fina, el agua a presión sale por un orificio de pequeño diámetro, de forma que el chorro producido se estrella contra una pared cóncava que lo despiques y distribuye en forma nebulizada. Estos sistemas suelen trabajar con presiones relativamente elevadas. Su uso puede realizarse para múltiples aplicaciones:

- Aumentar la humedad relativa de un invernadero.
- Para aplicar tratamientos automatizados como la aplicación de abonos foliares, fitosanitarios, o cualquier otro producto soluble en agua.
- Efectuar el riego por nebulización.

Estos sistemas pueden ajustar los caudales y el tamaño de gota cambiando la boquilla, para realizar un uso u otro según las necesidades de la producción. Regulando las presiones de agua en el cabezal también se consiguen el mismo objetivo, adaptándose la aplicación a la realización humidificación, refrigeración, riego y/o aplicación de abonos o fitosanitarios.

Se utiliza, principalmente, en el riego de semilleros en invernaderos [15].

## **3.6. Sistema de control**

### **3.6.1. PLC**

El controlador lógico programable es un dispositivo electrónico con un número determinado de entradas y salidas, donde se conectan los elementos captadores y actuadores.

Mediante un software adecuado, se realizara un programa encargado de relacionar los dispositivos de entrada con los dispositivos de salida. Una vez realizado este programa, se grabara en la memoria del PLC, el cual se encargará de realizar las secuencias de control que harán funcionar un determinado proceso automatizado.

Un PLC trabaja de forma secuencial, siguiendo unas pautas y unas instrucciones perfectamente definidas, de manera que su funcionamiento es secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una después de la otra, y se repiten continuamente mientras el PLC este alimentado. Este proceso recibe el nombre de “Ciclo de Scan”

En el ciclo Scan se realizan las siguientes operaciones básicas:

- Ejecución de los procesos comunes: comprobación de tensiones, capacidades de memorias.
- Lectura del valor de las entradas.
- Ejecución del programa definido por el usuario.
- Activación de las salidas correspondientes

El ciclo de Scan se ejecuta de forma secuencial, pero existen determinadas instrucciones que permiten saltar de una línea de programación a otra o bien leer una subrutina. Estas instrucciones tienen la finalidad de aumentar la velocidad de procesos del ciclo. Cuando menor es el ciclo de Scan, mayor es la velocidad de la lectura de un PLC [16].

El tiempo requerido para realizar un ciclo de Scan dependerá de:

- El número de entradas y de salidas.
- La longitud del programa de usuario.
- El número y tipo de periféricos conectados al PLC.



**Figura 3.4.** Ciclo Scan.

**Fuente:** [16].

### **3.6.2. La Interfaz Humana Maquina**

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el dispositivo que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software HMI o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables),

PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVER's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

La combinación de tecnología de automatización con la adecuada selección del tipo de invernadero, el control de los nutrientes y el tipo de riego, permite al final poder obtener la mayor rentabilidad de la cosecha y mejorar la calidad de los productos. Es importante en los sistemas de invernaderos automatizados, poder tener un control directo sobre aspectos como la temperatura, la humedad relativa, la cantidad de radiación solar y la ventilación, es por eso que los sistemas automatizados son la solución más pertinente para este tipo de proyectos [17].



**Figura 3.5.** Pantalla HMI.

### **3.7. Arduino**

Para un sistema automatizado controlador de humedad la electrónica es muy esencial ya que en la actualidad existen varios sistemas domóticos capaces de permitirnos realizar tareas de control y de esta manera seguir ampliando sus utilidades en el ambiente industrial [18].

Arduino fue diseñado para crear prototipos de objetos o ambientes interactivos usando electrónica libre. Consiste en una tarjeta de circuitos impreso que puede ser adquirida a bajo costo o ensamblarse siguiendo planos disponibles de forma gratuita, se desarrolló como fuentes abiertas con librerías para escribir códigos para controlar la tarjeta [19].

Existen muchas otras placas de diferentes fabricantes que, aunque incorporan diferentes modelos de microcontroladores, son comparables y ofrecen una funcionalidad más o menos similar a la de las placas Arduino. Todas ellas también bien acompañadas de un entorno de desarrollo agradable, cómodo y de un lenguaje de programación sencillo y completo. No obstante, la plataforma Arduino (hardware y software) ofrece una serie de ventajas [20]:

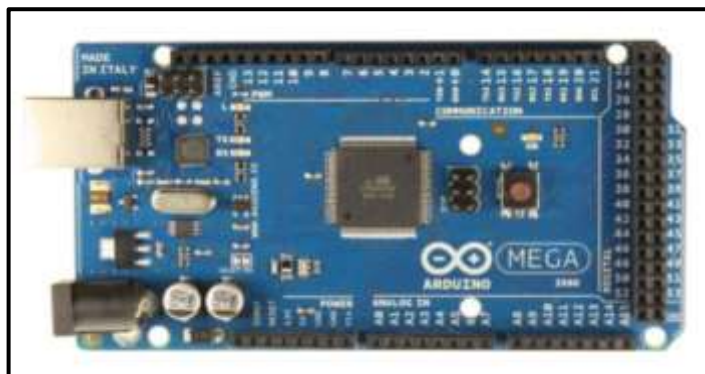
- Arduino es libre y extensible.
- Arduino tiene una gran comunidad.
- Su entorno de programación es multiplataforma.
- Su entorno y lenguaje de programación son simples y claros.
- Las placas Arduino son reutilizables y versátiles.

Desde el apartado técnico, que podría suponer un monto elevado de mantenimiento y de conocimientos específicos, es necesario destacar que el lenguaje de programación de Arduino es muy sencillo, por lo que acorta la curva de aprendizaje, puede ser utilizada en proyectos futuros y tiene un costo de mantenimiento muy bajo, por lo que cualquier persona con dominio básico puede hacerse cargo de la reprogramación sin ser un costo elevado para el horticultor o la horticultora [21].

### 3.7.1. Arduino Mega

Es un micro controlador de la familia Arduino. Posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas análogas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón de reset y una entrada para la alimentación de la placa.

La comunicación entre la computadora y Arduino se produce a través del Puerto Serie. Posee un convertidor USB-serie, por lo que sólo se necesita conectar el dispositivo a la computadora utilizando un cable USB como el que utilizan las impresoras.



**Figura 3.6.** Arduino Mega

**Figura:** [22].

Arduino Mega posee las siguientes especificaciones:

- Micro controlador: ATmega2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Voltaje de Entrada: 7-12V

- Voltaje de Entrada (límites): 6-20V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
- Pines análogos de entrada: 16
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Clock Speed: 16 MH

Arduino Mega puede ser alimentado mediante el puerto USB o con una fuente externa de poder. La alimentación es seleccionada de manera automática.

Cuando se trabaja con una fuente externa de poder se debe utilizar un convertidor AC/DC y regular dicho voltaje en el rango operativo de la placa. De igual manera se puede alimentar el micro mediante el uso de baterías. Preferiblemente el voltaje debe estar en el rango de los 7V hasta los 12V.

Arduino Mega posee algunos pines para la alimentación del circuito aparte del adaptador para la alimentación:

- VIN: A través de este pin es posible proporcionar alimentación a la placa.
- 5V: Podemos obtener un voltaje de 5V y una corriente de 40mA desde este pin.
- 3.3V: Podemos obtener un voltaje de 3.3V y una corriente de 50mA desde este pin.
- GND: El ground (0V) de la placa.

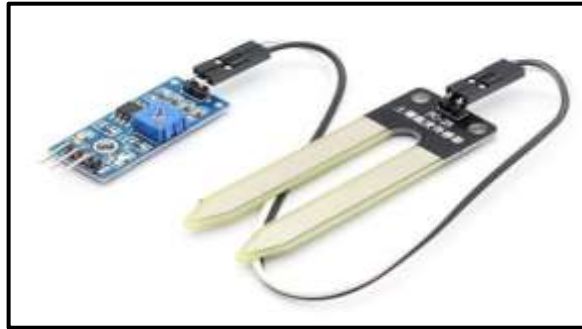
### **3.7.2. Higrómetro Fc-28**

Un higrómetro de suelo FC-28 es un sensor que mide la humedad del suelo. Son ampliamente empleados en sistemas automáticos de riego para detectar cuando es necesario activar el sistema de bombeo.

El FC-28 es un sensor sencillo que mide la humedad del suelo por la variación de su conductividad. No tiene la precisión suficiente para realizar una medición absoluta de la humedad del suelo, pero tampoco es necesario para controlar un sistema de riego.

El FC-28 se distribuye con una placa de medición estándar que permite obtener la medición como valor analógico o como una salida digital, activada cuando la humedad supera un cierto umbral.

Los valores obtenidos van desde 0 sumergido en agua, a 1023 en el aire (o en un suelo muy seco). Un suelo ligeramente húmedo daría valores típicos de 600-700. Un suelo seco tendrá valores de 800-1023.



**Figura 3.7.** Sensor de humedad.

**Fuente:** [23].

La salida digital dispara cuando el valor de humedad supera un cierto umbral, que ajustamos mediante el potenciómetro. Por tanto, obtendremos una señal LOW cuando el suelo no está húmedo, y HIGH cuando la humedad supera el valor de consigna.

El valor concreto dependerá del tipo de suelo y la presencia de elementos químicos, como fertilizantes. Además, no todas las plantas requieren la misma humedad, por lo que lo mejor es que hagáis una pequeña calibración en el terreno real [23].

### **3.8. Humedad dentro del Invernadero**

Para un valor constante de vapor de agua en la atmósfera del invernadero (humedad absoluta), a medida que aumenta la temperatura de la atmósfera del invernadero, disminuye la humedad relativa de la misma. También al disminuir la temperatura aumenta la humedad relativa.

La humedad del ambiente influye bastante en el fenómeno de la transpiración; cuanto más húmedo este el ambiente menos posibilidades hay de aumentar la evaporación, a no ser que se aumente la temperatura del ambiente.

Cuando la transpiración es intensa, consecuencia de falta de humedad en el ambiente, puede haber más concentración de sales en las partes donde se realiza la fotosíntesis y quedar disminuida esa función.

Cada especie vegetal requiere en el ambiente una cantidad de humedad distinta, variando de unos cultivos a otros; así la familia de las Solanáceas requiere una humedad relativa entre 50 por 100 y 60 por 100, mientras que las especies de la familia de las Cucurbitáceas necesitan más humedad que aquellas, del orden del 60 a 90 por 100 [24].

<i>Cultivo</i>	<i>Humedad (%)</i>
Tomate .....	50-60
Pimiento .....	50-60
Berenjena .....	50-65
Pepino .....	70-90
Melón .....	60-70
Calabacín .....	65-80
Sandía .....	65-75
Judía .....	60-75
Fresón .....	70-80
Guisante .....	65-75
Lechuga .....	60-80
Acelga .....	60-70
Apio .....	65-80

**Figura 3.8.** Humedad relativa optima de algunos cultivos en invernaderos.

**Fuente:** [24].

### **3.8.1. Influencia de la Humedad**

Se ha comprobado que la condensación reduce de una manera significativa la transmitancia térmica de algunos materiales de cubierta como el polietileno, debido a la absorción de las pérdidas de radiación.

La reducción de transferencia de calor radiante no es completa porque la película de plástico no queda recubierta de una manera uniforme por las gotas de condensado. Los datos experimentales demuestran que el área efectiva ocupada por las gotas es del 70% cuando la condensación es abundante y del 25% cuando es ligera. El movimiento de aire producido por ventiladores eléctricos reduce o elimina totalmente la formación de condensación.

En condiciones de cielo despejado durante la noche a veces la temperatura del aire cae abruptamente después de la puesta del sol, debido a las altas pérdidas por radiación que ocurren antes de que se forme condensación sobre el material de cubierta. La formación de condensación es otro mecanismo de transmisión del calor del aire de los invernaderos hasta su cubierta.

Cuando el aumento de la humedad relativa del invernadero se aproxima al punto de saturación generalmente se producen problemas de desarrollo de enfermedades en las hojas, pero si la humedad es menor a 75% estos problemas son de menor importancia.

Para comprobar la incidencia de las enfermedades por motivo de los daños en los cultivos, se ha realizado un experimento cultivado en tres regímenes de humedad:

- a) Sin control de la humedad relativa.
- b) Con control de la humedad relativa hasta el 90%.
- c) Control de la humedad relativa hasta el 75%.

En el primer tratamiento se observó una infección considerable, siendo muy inferior a diferencia del segundo tratamiento y prácticamente inexistente en el tercer tratamiento.

También se ha observado la aparición de los problemas de desarrollo anormal del color del fruto, roturas del mismo y aparición de manchas asociados con la baja polinización por causa de la humedad relativa baja.

### **3.8.2. Control de la humedad**

El factor principal que regula la humedad dentro de invernaderos sin calefacciones en periodos fríos, es la formación de condensación en las caras internas de la cubierta. Si bajo estas condiciones no se añade humedad, la condensación da como resultado del descenso de la humedad relativa. Si la masa de aire se mantiene a un nivel térmico superior a la temperatura de las cubiertas, la humedad relativa será inferior a la saturación.

En algunos experimentos llevados a cabo en EEUU muestran que la humedad de un invernadero es normalmente menor del 90% en los periodos fríos debido a la condensación en las superficies frías. En los invernaderos mediterráneos no hay certeza de que esto ocurra también.

A menudo la condensación se forma en las plantas causando infecciones y difusión de enfermedades. En los invernaderos sin calefacción este problema puede evitarse por:

- El aumento de la temperatura del aire y de las plantas.
- Instalado sistemas de riego que ahorren agua.

En los invernaderos plásticos sin calefacción, la condensación puede reducirse de la siguiente manera:

- Para aumentar la temperatura del cultivo se pueden utilizar materiales de cubierta de baja transmitancia al infrarrojo o paredes dobles.
- Para reducir la humedad absoluta del aire se pueden utilizar acolchados plásticos y riego por goteo en vez de por inundación.

- Para evitar la caída del condensado sobre el cultivo se pueden utilizar productos con tratamiento antigoteo.
- Se puede mantener un intercambio de aire permanente del interior y el aire exterior, de menor contenido de humedad, ventilando durante la noche a pesar de que se aumentan las pérdidas térmicas por ventilación y evaporación de agua.

Si el ambiente es cálido se pueden señalar tres tipos de problemas diferentes asociados a la humedad:

1. Elevada humedad nocturna cuando no hay calefacción solar y cuando la temperatura externa es próxima o superior a la temperatura interior deseable.
2. Condiciones de alta humedad cuando el sol calienta el invernadero, pero no lo suficiente como para no tener que ventilar
3. Baja humedad cuando el sol calienta el invernadero como para tener que ventilar.

La humedad relativa del invernadero tiende a hacer subir los niveles de saturación cuando la temperatura del aire exterior se aproxima o excede al aire interior y el potencial de condensación es nulo. En estas condiciones la humedad relativa se controla por ventilación hasta que cae por debajo del nivel requerido.

Si el aire exterior tiene un nivel elevado de humedad relativa, la ventilación debe complementarse con la calefacción artificial. Se ha comprobado que cada aumento de la temperatura del aire de un grado genera una caída próxima al 5% en la humedad relativa.

Durante los periodos cálidos la humedad relativa en el invernadero cae por debajo de los niveles deseados, para aumentarla se pueden usar las siguientes técnicas:

- Sombreo, (el descenso de la temperatura del aire va compensado con el aumento de la humedad relativa).
- El riego por aspersión del suelo, de las plantas y de los materiales de cubierta con agua, con lo que se consiguen dos beneficios: aumentar la humedad y disminuir la temperatura.
- Mejorar el movimiento del aire. Con ello se consigue aumentar la evapotranspiración y la humedad relativa de los invernaderos cerrados.
- Utilizar pantallas de evaporación y ventiladores eléctricos. De esta manera se evapora agua y aumenta la humedad relativa.
- Quemar gas para producir CO<sub>2</sub> con lo que se añade humedad al aire interior.
- Utilizar nebulizadores que hacen bajar la temperatura y aumentar la humedad relativa [25].

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1. MÉTODOS GENERALES:**

En la propuesta Tecnológica que se va a realizar al invernadero de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus Salache se emplearán los métodos: exploratorio, medición, creación, y experimental.

#### **4.1.1. EXPLORATORIO**

Mediante este método se realizó una visita general al lugar de ejecución del proyecto, pudiendo así constatar las dimensiones del invernadero, el lugar donde se ubicará la bomba de agua, los sensores y accesorios electrónicos, además del problema que se va a resolver con la implementación del proyecto.

#### **4.1.2. MEDICIÓN**

La medición y adquisición de datos técnicos como niveles de humedad, voltaje, presión de abastecimiento de agua, área del invernadero, se lo realizó con la adquisición de datos en el lugar de ejecución, además que se utilizó herramientas adecuadas como multímetros, flexómetros, manómetros, los cuales determinaron las medidas necesarias para el posterior modelamiento e implementación tanto eléctrica como hidráulica.

#### **4.1.3. CREACIÓN**

Posterior a la medición de los datos técnicos requeridos y al dimensionamiento de los materiales, se procedió a la elección de la bomba de agua, los sensores de humedad y al tipo de conexión que se iban a realizar, teniendo en cuenta el área del invernadero que es de  $45m^2$ .

#### **4.1.4. EXPERIMENTAL**

Este método viene a ser un tipo de método de investigación en el que se controla deliberadamente las variables para delimitar relaciones entre ellas, está basado en la metodología científica, se controlará la variable de humedad en el proyecto, puesto que a través del módulo podemos manipular dicho parámetro en el invernadero en estudio, siendo esta variable controlada a comodidad por el usuario y dependiendo de las necesidades de los cultivos que se estén germinando dentro del mismo.

## **4.2. TÉCNICAS**

### **4.2.1. LECTURA COMPRENSIVA**

La lectura comprensiva va a estar presente en toda la investigación ya que necesitaremos analizar la información, comparar teoría de diferentes autores y sacar una idea común para dirigir nuestro proyecto a una solución viable.

La lectura es un proceso que permite adquirir conocimientos o construir significados, para hacer una lectura con consciencia se requieren poner los 5 sentidos ya que se necesita un alto grado de concentración para poder percibir, establecer relaciones, analizar, inferir y deducir de forma adecuada.

### **4.2.2. MODELAMIENTO**

Esta técnica se la utilizará en la construcción del sistema de control de humedad, ya que veremos el diseño que cumpla con todos los requisitos necesarios para la correcta aplicación de los sensores y su posterior ejecución tanto en las electroválvulas como en la bomba. Los software a utilizarse son:

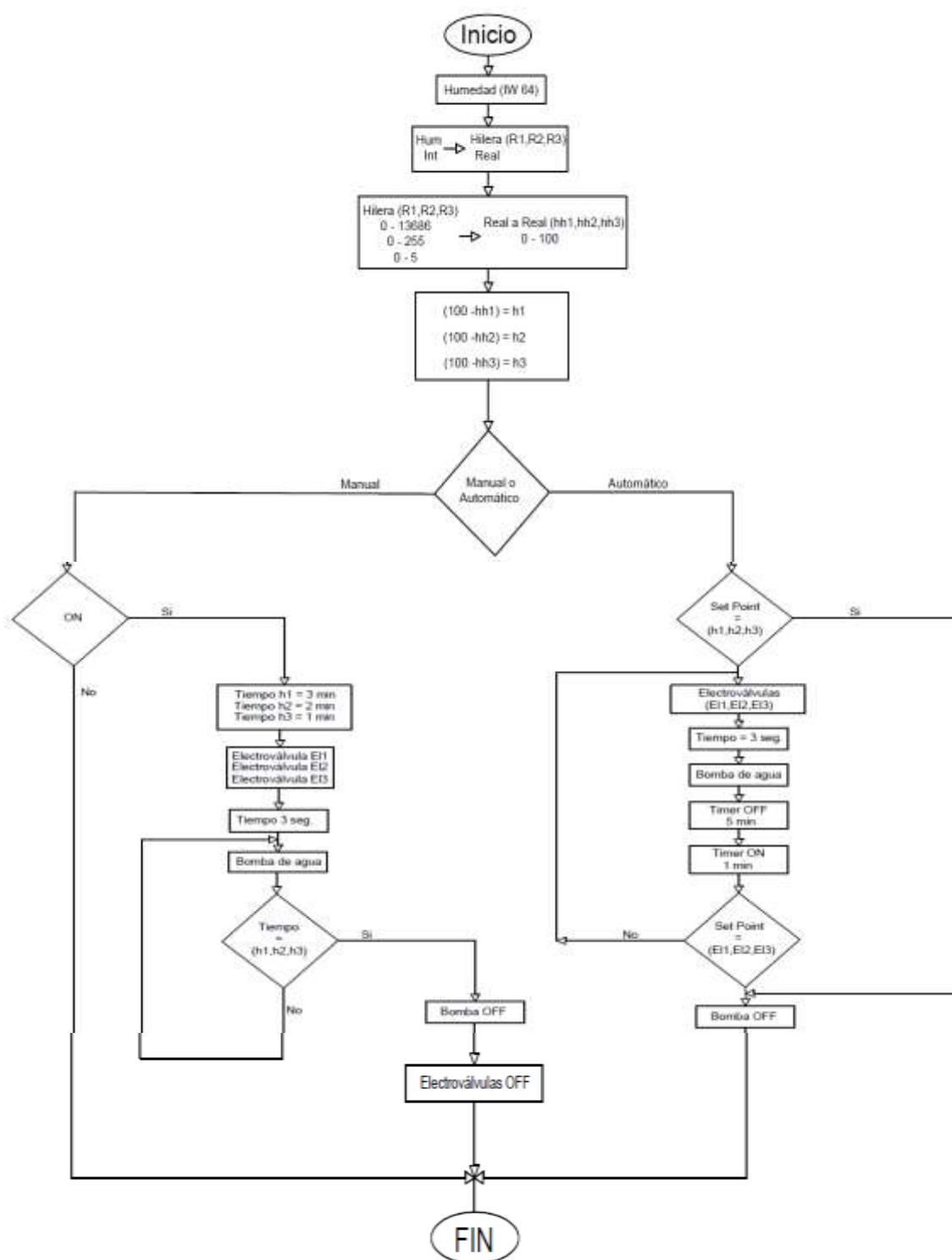
- ✓ **ARDUINO.-** Se programará los comandos para los sensores, los cuales están destinados a la recopilación de la información de la humedad proveniente de las bandejas ubicadas dentro del invernadero.
- ✓ **TIA Portal.-** Se programará el PLC, destinando las funciones y variables a controlar para la correcta comunicación tanto con el módulo Arduino y la interfaz HMI.

## **5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Para el correcto desarrollo del proyecto, se procedió a realizar diferentes actividades tanto en la parte eléctrica como en la parte hidráulica.

### **5.1. Diagrama de Bloques**

El diagrama de bloques realizado para el proyecto de control de Humedad indica la secuencia de pasos que sigue nuestro sistema para el correcto desarrollo del mismo, aquí se muestra las variables de entrada, los tiempos en los cuales actúa las electroválvulas y la bomba de agua. Además nos indica las condiciones del sistema, las cuales se deben cumplir como se muestra a continuación:



**Figura 5.1.** Diagrama de Bloques

Los requerimientos técnicos y tecnológicos para el sistema están basados en la necesidad de humedad que posee el invernadero para el proceso de germinación, mismos datos que han sido seleccionados dependiendo las necesidades en las semillas a germinar, los mismos que se describen a continuación:

## **5.2. Rango de Humedad**

De acuerdo a las actividades desarrollados y en conjunto con el asesoramiento técnico del Ingeniero agrónomo Marco Rivera, se ha destinado y consentido un porcentaje de humedad de acuerdo al tipo de semillas que se estimen cultivar, bordeando un 70 a 80 % de humedad, el mismo que en la mayoría abarca semillas andinas tales como, frejol, maíz, chocho, amaranto, entre otras.

Este porcentaje de humedad estimado beneficia directamente a estas semillas, con lo que con la implementación del sistema de control de humedad podremos estabilizar estos porcentajes, pudiendo así regar automáticamente las semillas dependiendo la necesidad en las mismas.

## **5.3. Nivel de Agua.**

Hay que tener en cuenta que la humedad está directamente asociada con el riego en las plantas, pudiendo establecer la relación que a mayor riego de agua mayor humedad.

En la actualidad en el invernadero se estima un riego manual de entre 20 y 60 litros por día, esto permite a la semilla mantenerse húmeda y fresca ante las extremas temperaturas registradas en el día. A través del proyecto se estima disminuir este volumen de agua utilizada, ya que gracias al proceso de nebulización y a la presión emitida por la bomba de agua, se reduce el consumo de la misma, puesto que la presión de la bomba genera una especie de lluvia que humedece la planta de manera cómoda y natural.

## **5.4. Niveles de Presión**

La presión es el factor fundamental para el proceso de nebulización que se utilizará para humedecer la semilla, esta presión emitida por la bomba de agua de acuerdo a las pruebas realizadas se llegó a establecer en 40 PSI, siendo ésta la unidad de presión emitida por el manómetro que se instaló a la salida de la bomba, además que se registró una presión al final del recorrido de la tubería instalada, registrándola en 20 PSI.

Cabe mencionar que si aumentamos el nivel de presión a la salida de la bomba obtendremos un proceso de nebulización a mayor escala, con el inconveniente que el riego en hilera no sería controlado, siendo este un riego uniforme en general, y ya no específico por hilera

## **5.5. Sensor de Humedad**

Para el adecuado control y censado de la humedad en las bandejas se necesitaba de una precisión correcta, por lo que el uso de sensores tipo Higrómetro Fc-28, cumplió con la

necesidad de medir la humedad en la tierra dentro de las bandejas, manteniendo una precisión moderable y adecuada, la cual permitía el correcto funcionamiento al sistema, logrando así se active la bomba y por ende el proceso de nebulización.

Luego de tener en claro los requerimientos técnicos y tecnológicos en el invernadero se procedieron a realizar la instalación tanto eléctrica como hidráulica para el control de humedad:

### **5.6. Montado de las Mesas para Soporte de las bandejas de Germinación**

Nuestro proyecto empieza con la construcción de 3 mesas que se extienden a lo largo del invernadero de la Universidad Técnica de Cotopaxi del campus Salache, el cual tiene un área de  $45m^2$ .

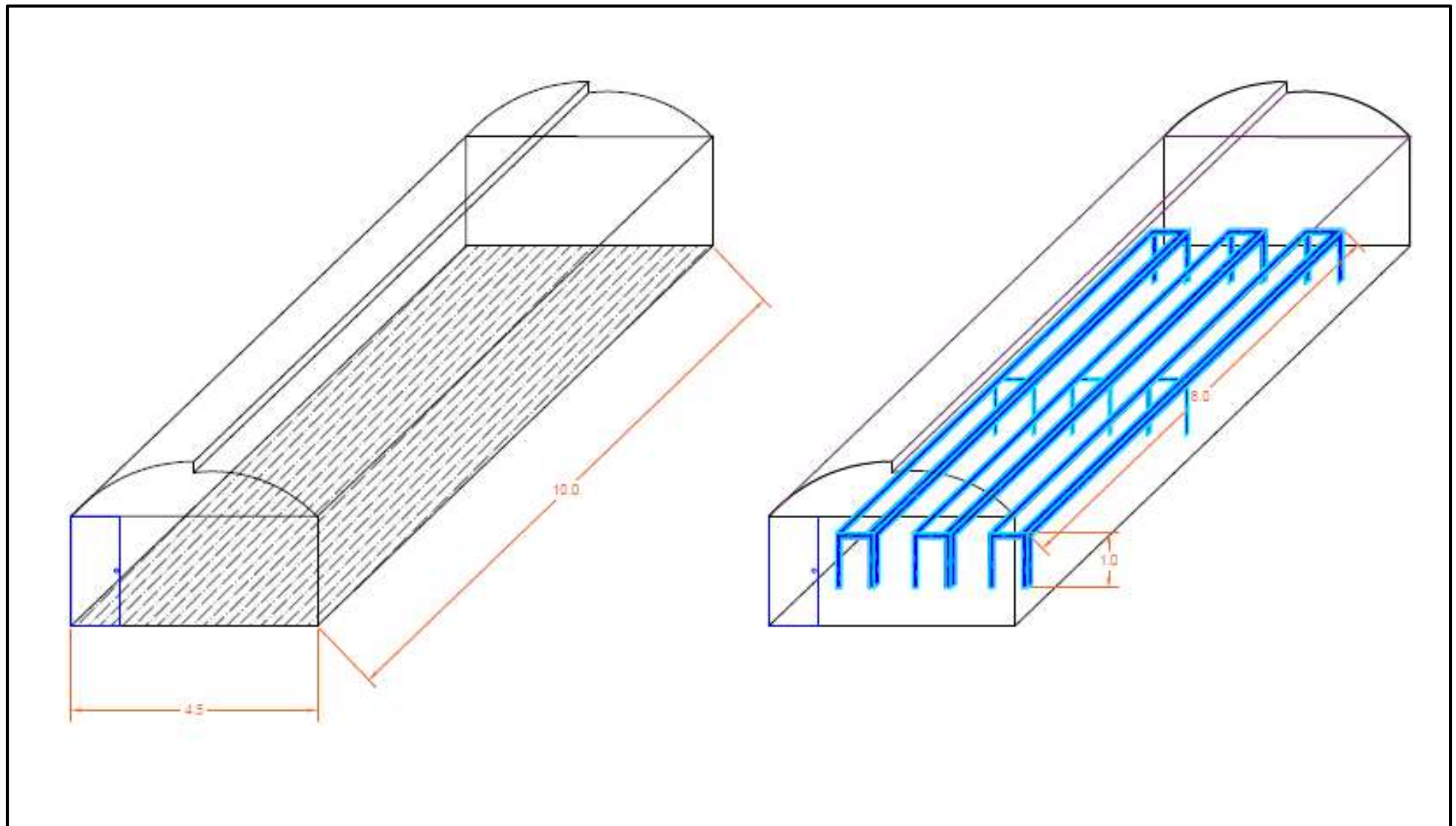


**Figura 5.2.** Instalación de mesas dentro del invernadero.

En base a la estructura y área que mantiene el invernadero podemos definirlo como un invernadero asimétrico o también conocidos como “Invernaderos Tropicales”, de esta manera nosotros como estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica implementamos nuestro sistema de control automático de humedad.



**Figura 5.3.** Vista lateral del invernadero asimétrico



**Figura 5.4.** Plano de la Vista Interior del Proyecto.

### 5.7. Volumen del tanque de abastecimiento de agua

El tanque de abastecimiento cuenta con un volumen de  $1m^3$  de agua para el correcto funcionamiento del regadío en el invernadero, mismo que cuenta con un retorno de agua el cual ayuda a realizar una recirculación de la misma.

$$V = a * b * c \quad (5.1)$$

Dónde:

V: Volumen del tanque cuadrado de abastecimiento de agua ( $m^3$ ).

a: Largo ( $m$ ).

b: Ancho ( $m$ ).

c: Altura ( $m$ ).

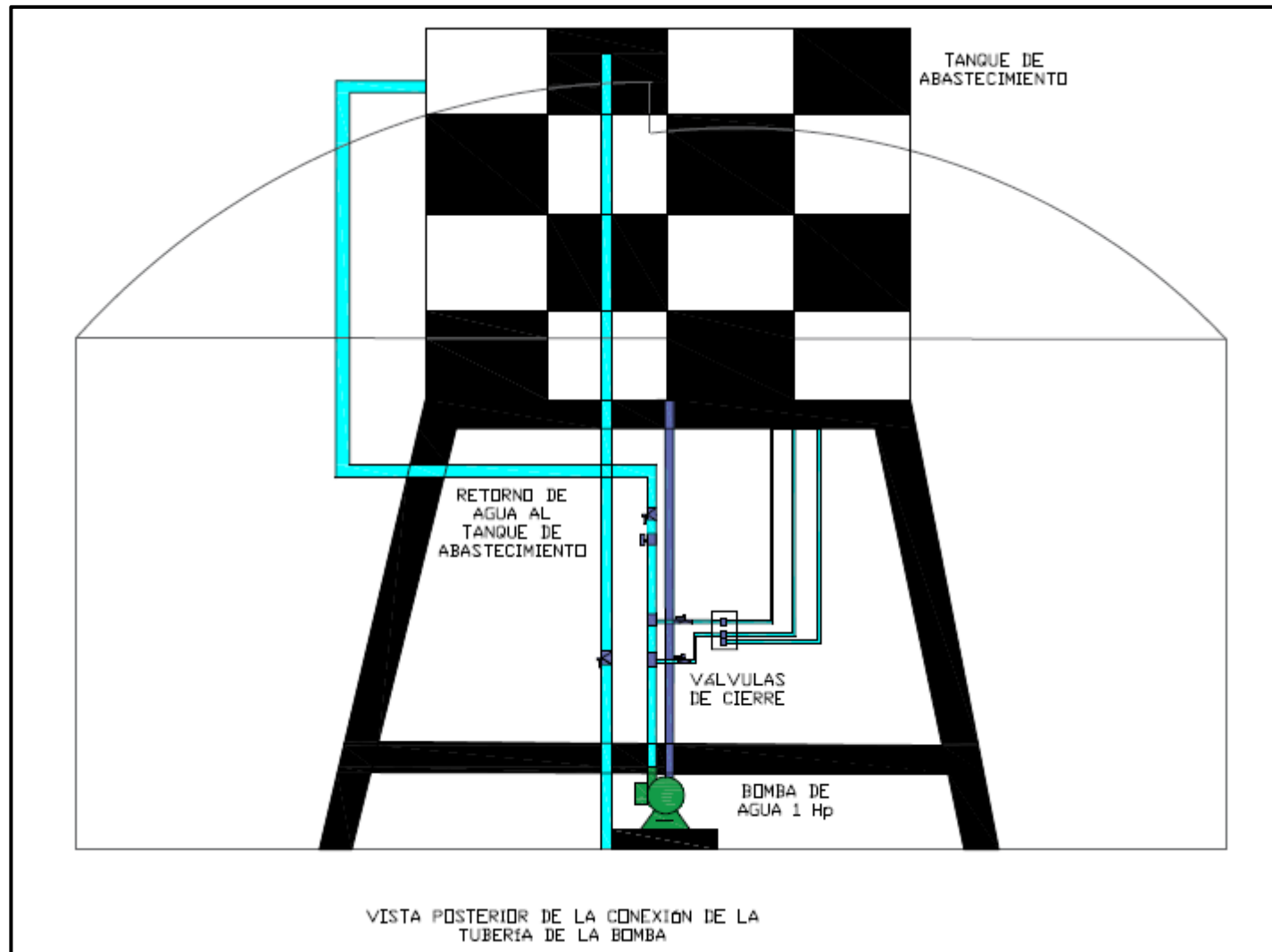
$$V = a * b * c$$

$$V = 1m * 1m * 1m$$

$$V = 1m^3$$



**Figura 5.5.** Tanque de abastecimiento de agua del invernadero.



**Figura 5.6.** Plano de la Vista Posterior del Sistema de Riego.

### 5.7.1. Obtención de presión del tanque de abastecimiento de agua.

Para la obtención de la presión de agua para el llenado del tanque de abastecimiento se instaló un manómetro a la entrada del mismo, obteniendo así una presión de 12 psi, la cual es suficiente para el llenado total del tanque de abastecimiento en un tiempo de 1 hora y 30 minutos, teniendo en cuenta que el tanque siempre tendrá una recirculación de agua.

### 5.8. Dimensionamiento e Instalación de la Bomba de Agua

El cálculo de la bomba de agua para el sistema de riego se la realizó obteniendo la potencia necesaria a instalarse, la cual se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$P = \frac{H*Q}{Rm*Re*75} \quad (5.2)$$

Dónde:

- 75: Constante para cálculo de potencia en caballos de fuerza (Hp).
- P: Potencia a suministrar (Hp).
- Q: Gasto total a impulsar (l/s).
- H: Altura total a elevar (Incluidas las pérdidas de carga en la impulsión m).
- Rm: Rendimiento mecánico (Datos obtenidos de la placa).
- Re: Rendimiento eléctrico (Datos obtenidos de la placa).

La distancia que existe desde el tanque de abastecimiento de agua hasta el sistema de bombeo es de 35m con una altura de 7m. Debido a que cada 5m lineales equivale a 1m a elevar, considerando las perdidas en tubería, codos, acoples, se mantiene una distancia de 3m, con lo que el caudal requerido para este sistema es de 2 L/s (litros por segundo).

Datos:

- Q: 2 l/s
- H: 10m
- Rm: 0.5
- Re: 0.7

$$P = \frac{H * Q}{Rm * Re * 75}$$

$$P = \frac{2 \text{ l/s} * 10\text{m}}{0.7 * 0.9 * 75}$$

$$P = 0.76 \text{ Hp}$$

La potencia calculada de la bomba es de 0.76 Hp, para mayor precisión y confiabilidad en el proceso de nebulización se destinó una bomba superior al valor calculado, la cual fue de 1 Hp.



**Figura 5.7.** Bomba de agua.

### **5.9. Acoplamiento de la tubería desde el tanque de reserva hasta la bomba.**

Una vez realizado el cálculo de potencia de la bomba podemos comenzar a dimensionar la tubería que empieza desde el tanque de abastecimiento de agua hasta llegar a la bomba para su respectiva succión.

Mediante la potencia obtenida de la bomba nos permite calcular la tubería que es necesaria mediante su respectiva placa de características.

Cabe aclarar que la tubería PVC de presión, se caracteriza por ser rígida y fácil de instalar, ya que tiene una gran variedad de uniones y acoples para su respectiva instalación ya sea en ambientes abiertos y cerrados.



**Figura 5.8.** Tubería de 1" para la succión de la bomba

Como un complemento se obtuvo una tabla de las tuberías PVC, con cada una de las características principales de funcionamiento.

Diámetro Nominal (pulg.)	Diámetro Exterior		Diámetro Interior		Espesor de Pared		Presión a 23 °C		Peso Aprox. kg/m
	(pulg.) (O.D.)	(mm)	(pulg.) (I.D.)	(mm)	(pulg.) (T)	(mm)	(psi)	(kg/cm <sup>2</sup> )	
1/2"	0.840	21.3	0.528	13.4	0.147	3.7	850	59.5	0.33
3/4"	1.050	26.7	0.724	18.4	0.154	3.9	690	48.3	0.45
1"	1.315	33.4	0.936	23.8	0.179	4.5	630	44.1	0.67
1 1/4"	1.660	42.2	1.255	31.9	0.191	4.9	520	36.4	0.92
1 1/2"	1.900	48.3	1.476	37.5	0.200	5.1	470	32.9	1.12
2"	2.375	60.3	1.913	48.6	0.218	5.5	400	28.0	1.55
2 1/2"	2.875	73.0	2.290	58.2	0.276	7.0	420	29.4	2.36
3"	3.500	88.9	2.864	72.7	0.300	7.6	370	25.9	3.16
4"	4.500	114.3	3.786	96.2	0.337	8.6	320	22.4	4.62
6"	6.625	168.3	5.709	145.0	0.432	11.0	280	19.6	8.82
8"	8.625	219.1	7.565	192.2	0.500	12.7	250	17.5	13.46
10"	10.750	273.1	9.493	241.1	0.593	15.1	230	16.1	19.97
12"	12.750	323.9	11.294	286.9	0.687	17.4	230	16.1	27.45
14"	14.000	355.6	12.413	406.8	0.752	14.3	220	15.4	33.05
16"	16.000	406.4	14.214	361.0	0.843	21.4	220	15.4	42.47

Figura 5.9. Diámetro, espesor, presión y peso de tubería PVC

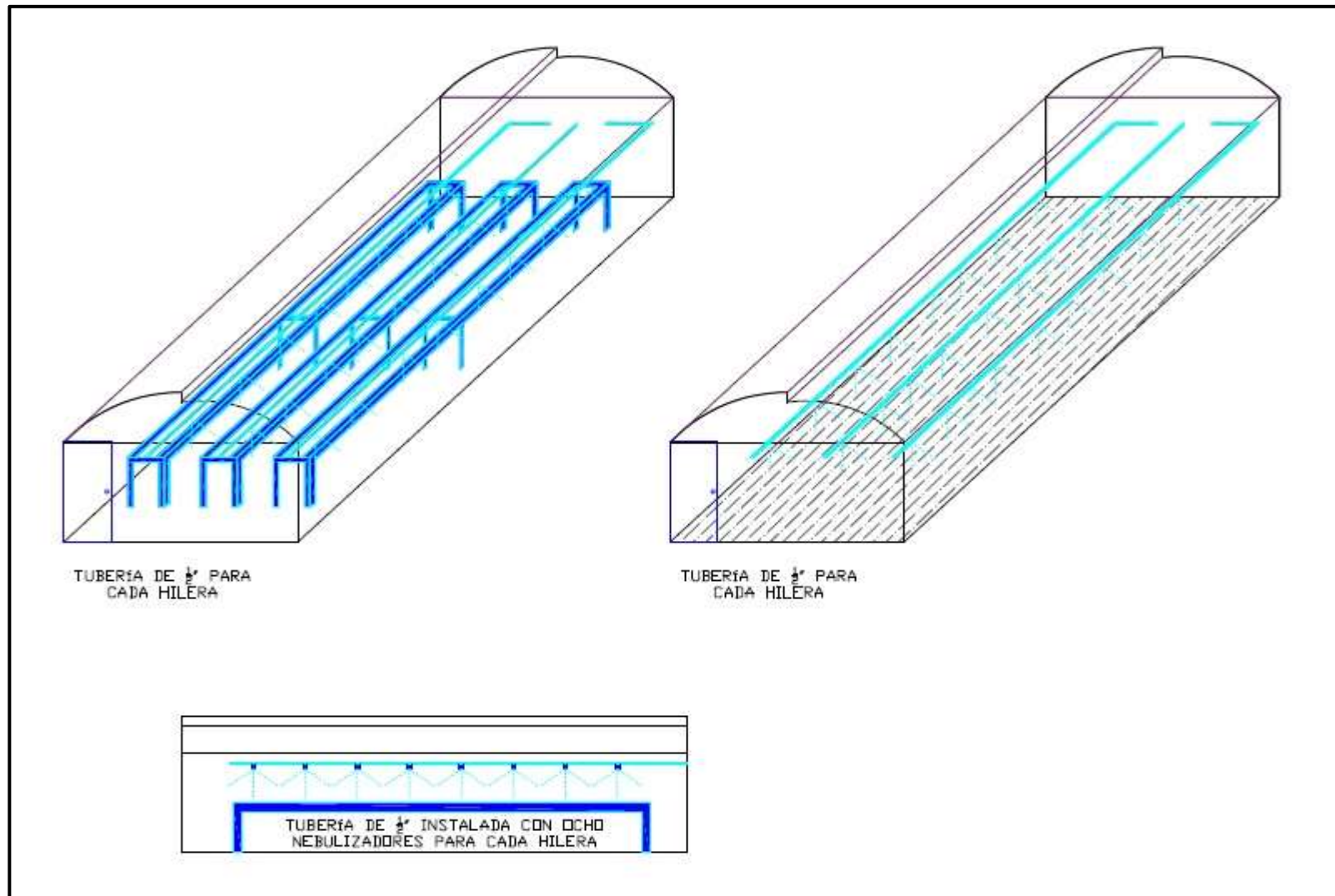
Fuente: [26].

### 5.10. Instalación de Tubería para el riego dentro del invernadero.

Para la instalación del riego mediante nebulizadores se estimó que la tubería de 1/2" soportará la presión entregada por la bomba de 1Hp, conociendo que dicha tubería tiene un diámetro exterior de 21.3 mm, un diámetro interior de 13.4 mm, un espesor de pared de 3.7 mm y soporta una presión a 23°C de 850 psi.



Figura 5.10. Sistema de tubería para la nebulización del invernadero



**Figura 5.11.** Plano de la Vista Interna del Sistema de riego.

La tubería que ingresa al invernadero se deriva en tres hileras para el control independiente de cada una de ellas, por medio de pruebas con el nebulizador se obtuvo un alcance de 2m de diámetro llegando a la conclusión de instalar 8 nebulizadores para cada hilera en la tubería de PVC de 1/2”.

La distancia para cada hilera es de 10 m lineales, es decir el invernadero se encuentra con una correcta instalación de la tubería PVC, cabe mencionar que también se utilizó todos los materiales necesarios para la unión de la tubería.



**Figura 5.12.** Instalación interna de la tubería.

### **5.11. Selección e Instalación de Electroválvulas.**

Teniendo en cuenta que una electroválvula es un dispositivo electromecánico que permite la apertura y paso de fluidos por un conductor o tubería, se ha optado por seleccionar electroválvulas del tipo solenoide ya que están permiten el paso del agua cuando se activa a través de una señal de corriente que se le envía.

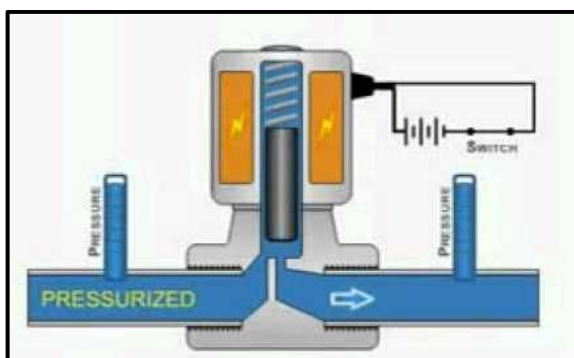
Para el proyecto se optó por la selección de electroválvulas que vienen instaladas dentro de las lavadoras, puesto que estas reciben una señal de 110 voltios y actúan de forma inmediata.



**Figura 5.13.** Electroválvula

Este tipo de electroválvulas constan de una conexión roscada por donde viene el agua del tanque de reserva y la otra salida por donde debe expulsar el agua según le vaya permitiendo la apertura, esto en cuanto a la parte hidráulica.

La parte eléctrica está compuesta por una bobina que no es más que una espira de un metal conductor. Por esta espiral circula una corriente eléctrica y así generaremos un campo magnético, en el interior de la espira estará un vástago que será energizado por este campo magnético y se desplazará en consecuencia.



**Figura 5.14.** Funcionamiento eléctrico de la electroválvula.

En la fig. 5.10 se ve como el vástago será presionado hacia abajo en posición de reposo gracias a la acción de un muelle. Cuando la corriente llega a la bobina esta genera el campo magnético y atrae al vástago llevándolo hacia arriba de forma que libera el paso del agua. Por tanto una electroválvula está formada por dos partes, una eléctrica y otra mecánica.

### **5.11.1. Comprobación parte Mecánica de la Electroválvula**

La electroválvula puede estar en dos posiciones abierta y cerrada, por lo que al realizar estas acciones consecutivamente puede llegar a malograrse e inclusive a taponarse debido a que el agua de la red arrastra suciedades y estas pueden atascar el asiento del vástago y no permitir el cierre correcto de la misma lo que nos ocasionaría un continuo goteo o entrada de agua.

Desarmaremos y limpiaremos la membrana y en caso de que esté deteriorada la cambiaremos por otra nueva.

Hemos procedido a la apertura de la electroválvula para limpiar la membrana y extraer los extractos de suciedad que se encuentren ahí depositados, constatando que la misma se encuentra en excelente estado para la correcta aplicación en el proyecto.



**Figura 5.15.** Parte interior de una Electroválvula.

### **5.11.2. Comprobación de la parte Eléctrica.**

Como hemos dicho la bobina de la electroválvula se energiza y actúa como un electroimán atrayendo al vástago para abrirse o cerrarse, resultando ser un bobinado de un conductor el cual en caso de estar en perfecto estado de funcionamiento debe presentar continuidad.

Para la prueba correspondiente se necesitó de un multímetro, el cual nos permitió medir la continuidad que existe en el bobinado, el cual si estaba en correcto funcionamiento debía emitir un sonido lo que significaba que el conductor no tenía cortes.



**Figura 5.16.** Comprobación de continuidad en la bobina de la electroválvula.

### **5.12. Dimensionamiento eléctrico para el tablero de Control.**

El tablero de control diseñado para el proyecto consta de elementos tanto para protección como para control, entre los que tenemos:

- Breaker Termo magnético.
- Contactor
- Guardamotor
- PLC S7 1200
- Pantalla HMI

- Selector dos posiciones.
- Luces Piloto
- Paro de Emergencia.
- Conductores.

### 5.12.1. Breaker Termomagnético.

El Breaker es un elemento de protección el cual es capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente que por él circula excede de un determinado valor o en el que se ha producido un corto circuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. Calculamos la corriente del Breaker termo magnético de la siguiente manera:

#### 5.12.1.1. Calculamos la Potencia total del circuito

**Tabla 5.1.** Datos técnicos de la bomba de agua.

Maquina	Potencia	Cantidad	Potencia Total (W)
Bomba de Agua	1 HP	1	746

#### 5.12.1.2. Calculamos la Corriente Total del circuito ( $I_c$ )

$$I_c = \frac{\text{Potencia Total}}{\text{Voltaje}} \quad (5.3)$$

$$I_c = \frac{746 \text{ W}}{110 \text{ V}}$$

$$I_c = 6.78 \text{ A}$$

#### 5.12.1.3. Calculamos la corriente para el Termo magnético.

Para la corriente del Termo magnético se debe destinar un 15% más a la corriente total del circuito, este porcentaje es por seguridad ante sobrecargas en el circuito.

$$I_{\text{termo}} = I_c + 15\% I_c \quad (5.4)$$

$$I_{\text{termo}} = 6.78 \text{ A} * 1.15$$

$$I_{\text{termo}} = 7.80 \text{ A}$$

Seleccionamos el Breaker Termo magnético de **10A**, que se encuentra comercialmente.

### 5.12.2. Contactor

Un Contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: un encendido y otro apagado.

De acuerdo a los cálculos realizados en el aparatado anterior y conociendo la potencia y corriente del circuito y la bomba de agua, se seleccionó un contactor de **9A**, el cual viene acompañado de una bobina de iguales características.



**Figura 5.17.** Contactor.

### 5.12.3. Guardamotor

Los guardamotores son dispositivos de protección electromecánicos para el circuito principal. Se utilizan principalmente para arrancar y parar motores manualmente y para proporcionar a los fusibles menos protección contra cortocircuitos, sobrecargas y fallos de la fase.



**Figura 5.18.** Guardamotor

Debido a la corriente establecida de la bomba de agua se seleccionó un guarda motor de características 9 – 13 A.

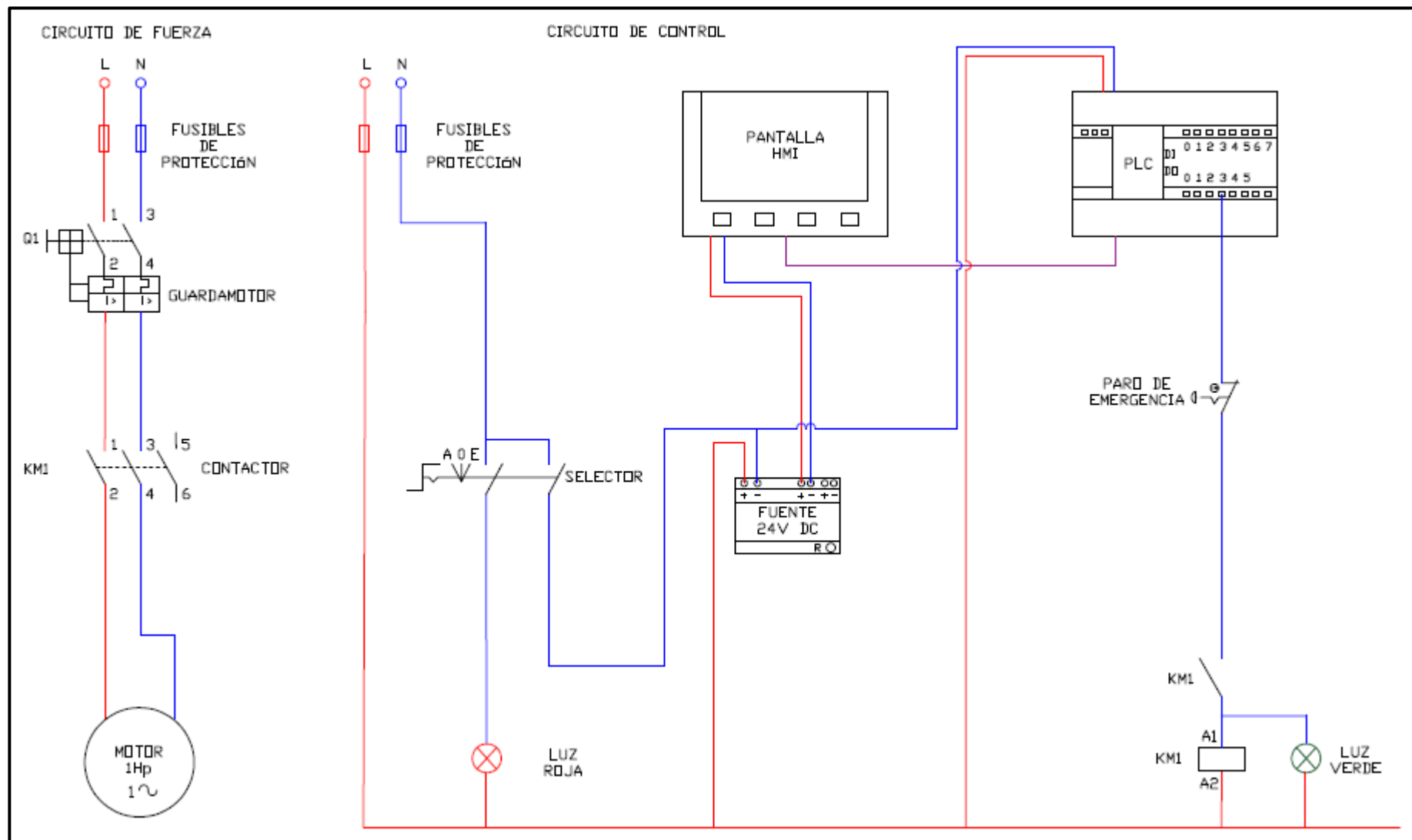
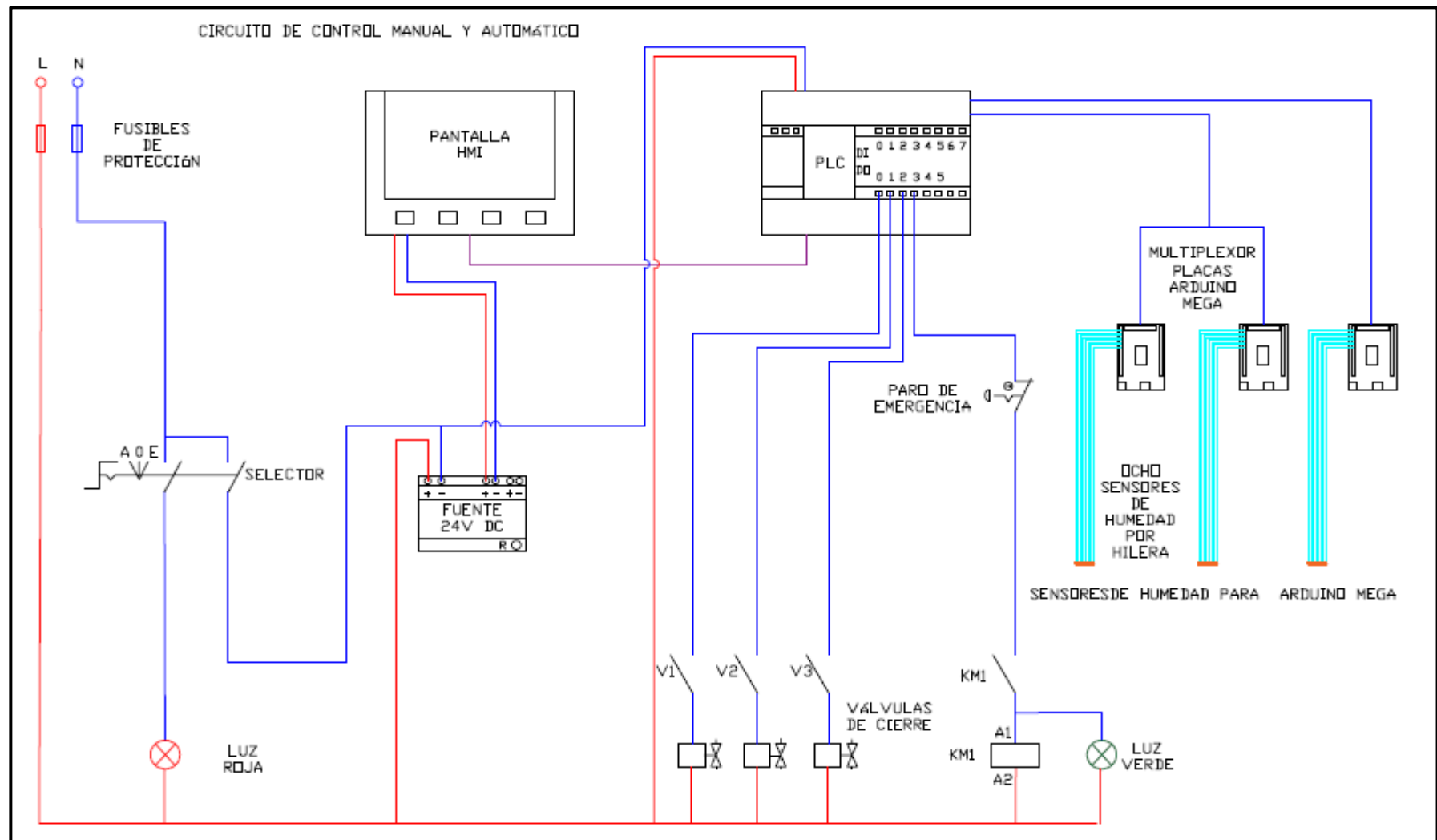


Figura 5.19. Plano Eléctrico de Fuerza y Control del Proyecto.



**Figura 5.20.** Plano Eléctrico de los sensores de Humedad.

#### 5.12.4. PLC S7 1200

El controlador lógico programable seleccionado para el proyecto fue el S7 1200 el cual presentaba las siguientes características necesarias:

- Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Bloques de función para control de ejes conforme a PLC open.
- Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13.



**Figura 5.21.** PLC S7 1200

**Tabla 5.2.** Características del PLC S7 1200

<b>Características PLC S7 1200</b>	
<b>CPU</b>	1212C
<b>Versión</b>	AC/DC/Relé
<b>Alimentación</b>	110/220 VAC
<b>Memoria de Trabajo</b>	75 KB
<b>Memoria de Carga</b>	1 MB
<b>Entradas Digitales ( DI )</b>	8 DI a 24 VDC
<b>Salidas Digitales ( DO )</b>	6 DO tipo Relé
<b>Entradas Analógicas ( AI )</b>	2 AI ( Voltaje )
<b>Salidas Analógicas ( AO )</b>	No

### 5.12.5. Pantalla HMI

La interfaz que se desarrolló para el proyecto se la realizó mediante una pantalla HMI KTP-400, la cual proporcionaba las características adecuadas para la correcta interpretación por parte de los usuarios.

**Tabla 5.3.** Características de la Pantalla HMI KTP 400 PN Basic

Características de la KTP400 PN BASIC	
<b>MLFB</b>	6AV2123-2DB03-OAXO
<b>Pantalla</b>	TFT,64.000 COLORES
<b>Tamaño en Pulgadas</b>	4.3"
<b>Resolución</b>	480 x 272
<b>Elemento de Mando</b>	Pantalla Táctil y 4 teclas de función.
<b>Memoria</b>	10MB.



**Figura 5.22.** Pantalla HMI del Proyecto

### 5.13. Comunicación Ethernet HMI Y S7-1200 en TIA Portal

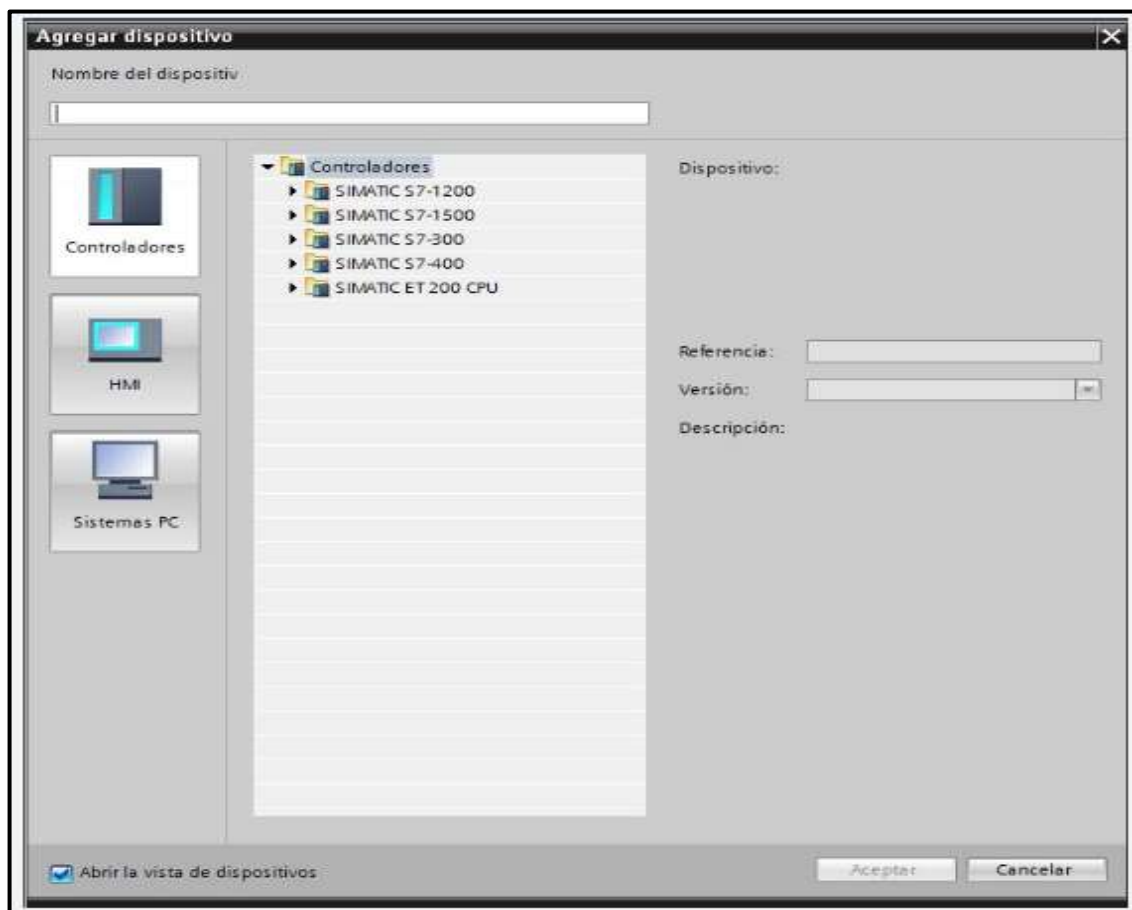
#### 5.13.1. Agregar pantalla HMI al proyecto.

Primero hay que buscar en el árbol del proyecto el icono que permite agregar nuevos dispositivos al proyecto. Una vez seleccionado nos permitirá escoger qué tipo de dispositivo vamos a introducir en el proyecto.



**Figura 5.23.** Agregar pantalla al proyecto existente.

Seleccionamos “agregar dispositivo” y se abrirá una nueva ventana donde vamos a tener que seleccionar el dispositivo a insertar, en nuestro caso agregar pantalla HMI.



**Figura 5.24.** Ventana donde poder seleccionar el dispositivo necesario.

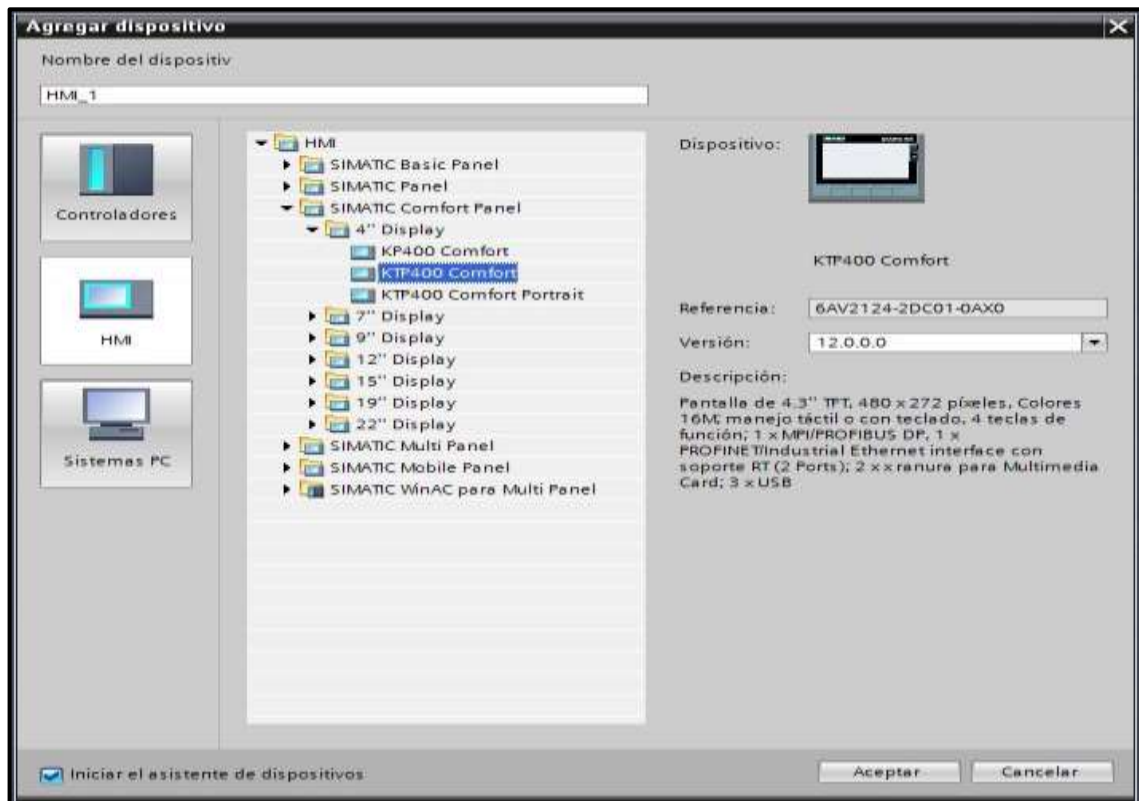
En nuestro caso, escogeremos la opción de HMI ya que el objetivo es agregar pantalla al proyecto, por tanto pinchamos sobre el botón HMI.



**Figura 5.25.** Botón HMI.

Seleccionamos la referencia de la pantalla y automáticamente se abre un árbol con todas las referencias de pantallas HMI de donde deberemos escoger la pantalla HMI con la referencia exacta del producto que vamos a utilizar en el proyecto.

En nuestro caso, vamos a seleccionar una KTP400 confort de 4”.



**Figura 5.26.** Seleccionar una pantalla HMI KTP400 confort.

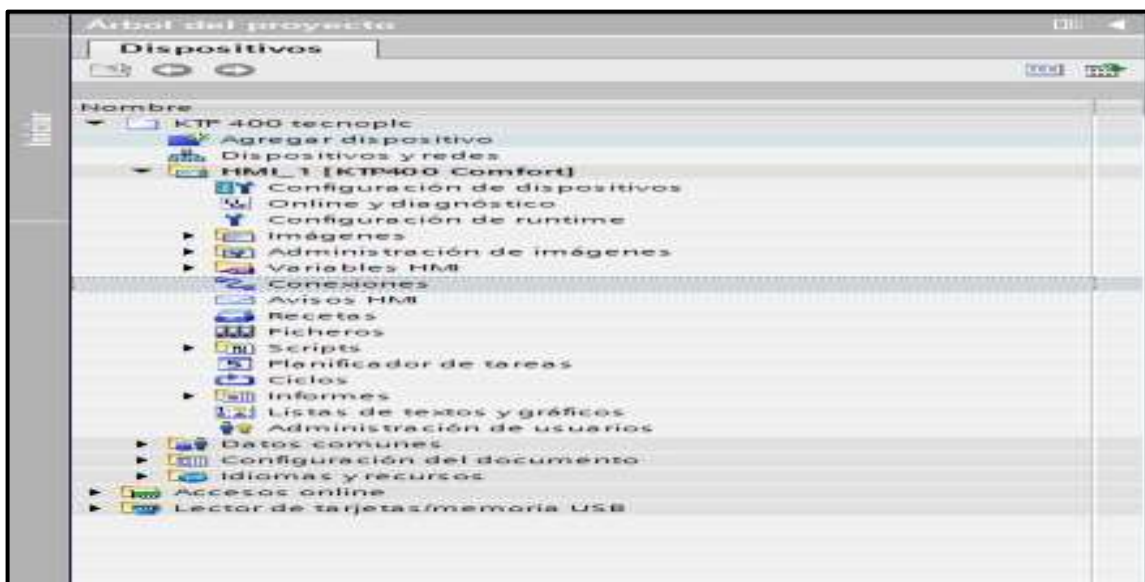
Seleccionamos la versión de firmware de TIA Portal que va a contener la pantalla HMI. La versión de firmware nos va a permitir tener una compatibilidad entre el proyecto TIA Portal y la versión que ya tenga la pantalla física a la que le vamos a traspasar el proyecto.



**Figura 5.27.** Versión de firmware de la pantalla HMI.

### 5.13.2. Conexión PLC S7 1200 con Pantalla HMI KTP`400.

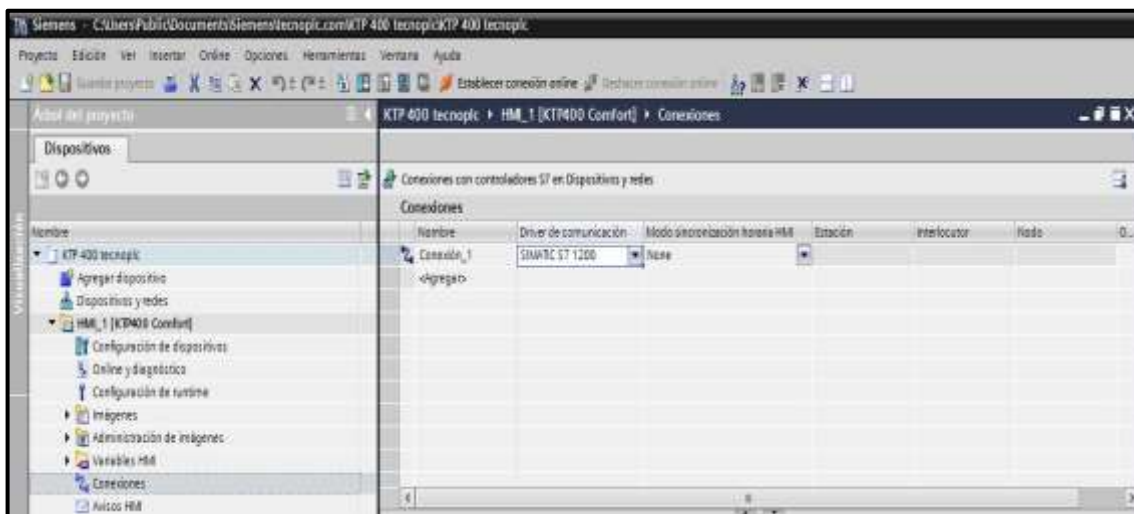
Dentro del árbol del proyecto podemos encontrar la opción de conexiones, donde se configuran las características de enlace entre el PLC al que irá conectada la pantalla táctil del proyecto.



**Figura 5.28.** Apartado de conexiones en el árbol del proyecto.

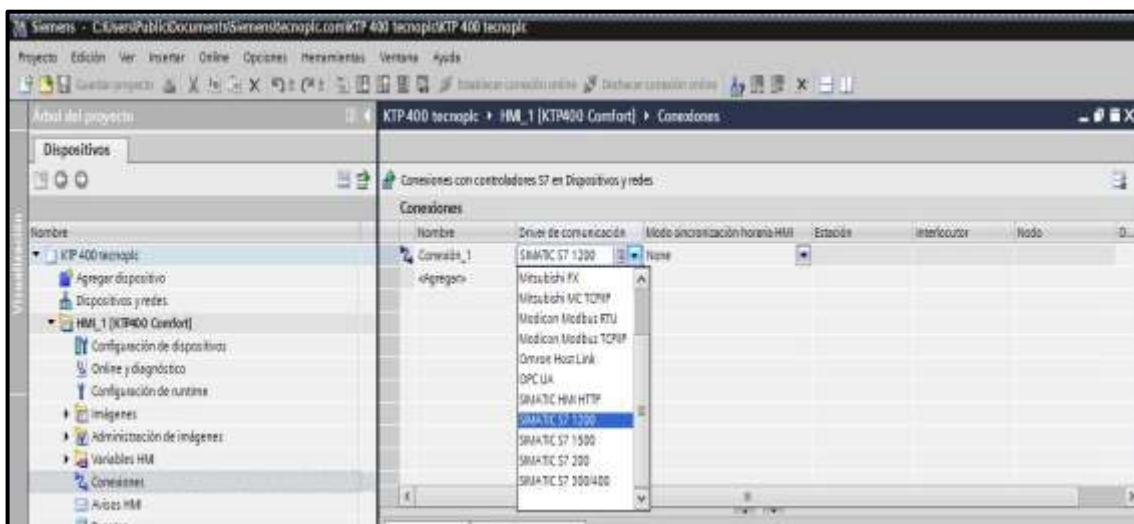
Abrimos el editor de “Conexiones” y debemos configurar paso a paso los elementos para determinar a qué PLC debemos conectarnos, lo cual dependerá de los PLC que tengamos en el proyecto de TIA Portal.

NOMBRE DE LA CONEXIÓN.- Si no existe ningún PLC en el proyecto de TIA Portal, evidentemente no te aparecerán para seleccionarlos, simplemente le damos un nombre a la conexión, por ejemplo “Conexión\_1”.



**Figura 5.29.** Determinar un nombre para el conexionado con el PLC.

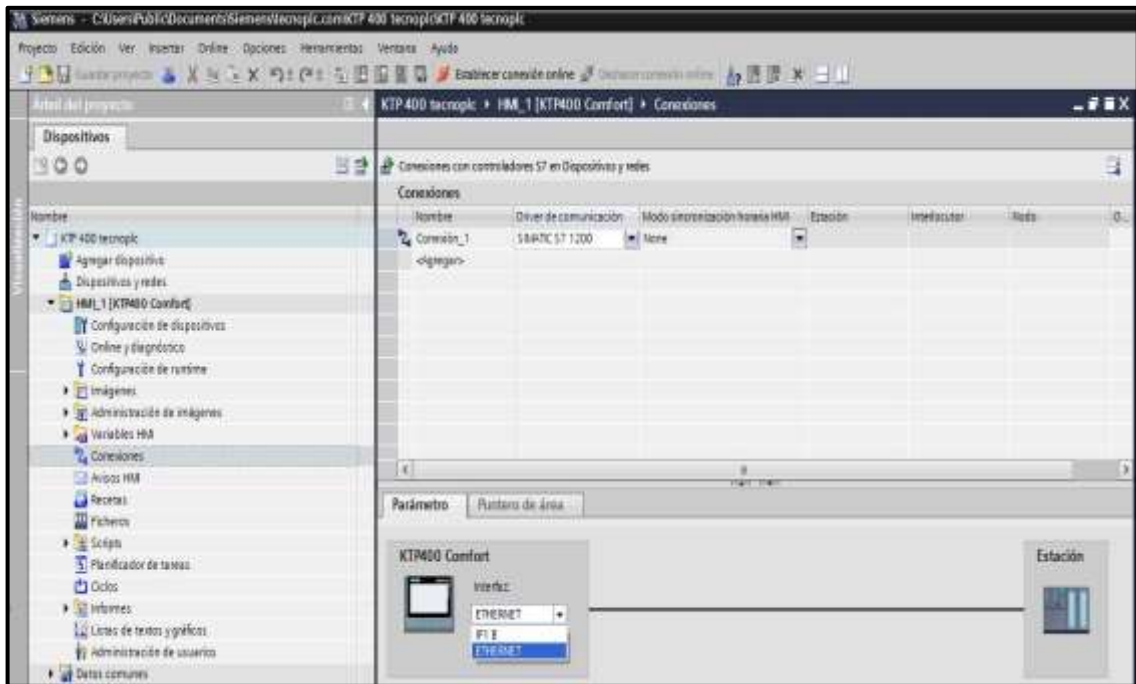
Lo siguiente a seleccionar es el tipo de PLC que vamos a tener en la red, ya que dependerá del tipo de PLC podremos elegir entre unas conexiones u otras, ya que si elegimos un S7-1200 deberemos configurarlo para red Profinet.



**Figura 5.30.** Determinar el tipo de PLC.

En la pestaña “Parámetros”, encontramos un desplegable donde seleccionar el tipo de interfaz entre la pantalla táctil y el PLC, seleccionamos:

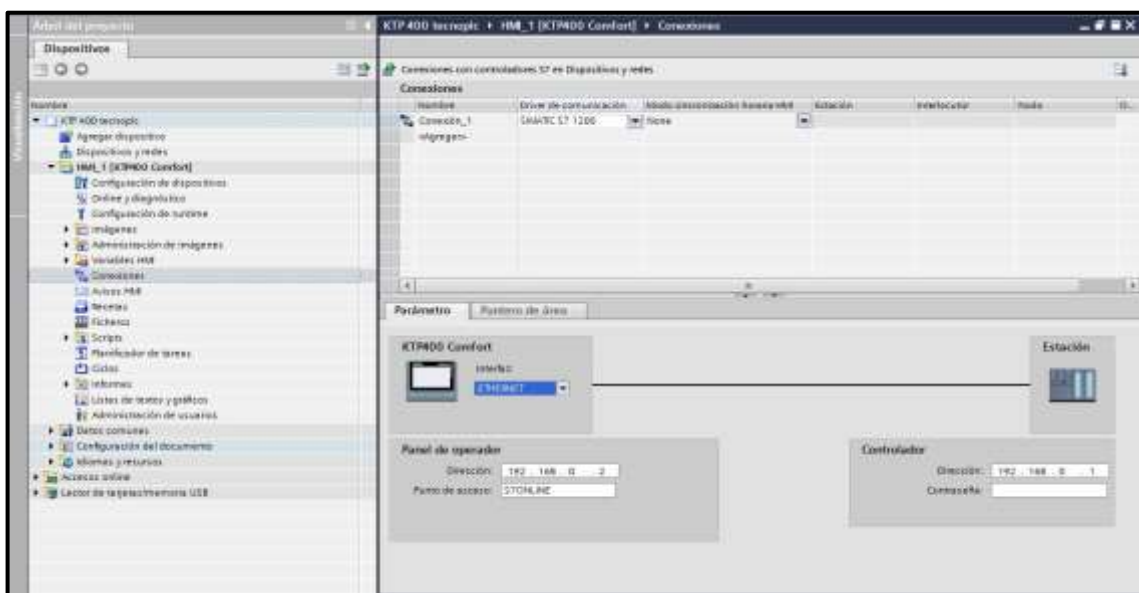
ETHERNET: se utiliza para las conexiones tipo Profinet, como el S7-1200, o alguna CPU del S7-300 que tenga puertos habilitados para ello.



**Figura 5.31.** Determinar la interfaz para la conexión HMI y el PLC.

Establecemos los puntos de acceso para el HMI y el PLC indicando la dirección de cada estación dentro de la red de conexiones. Importante es determinar que cada estación debe tener un número de dirección asignado diferente, para poder acceder independientemente a cada uno de ellos.

Seleccionaremos un rango de IP en el que cambiaremos la última numeración para cada estación, tal como se muestra en la figura siguiente.



**Figura 5.32.** Determinar la dirección para cada estación de trabajo.

### 5.14. Programación en el software TIA portal

Empezamos convirtiendo las entradas de señal provenientes del ARDUINO en señal que reconozca el PLC, mediante un normalizador, luego pasa a un escalador en donde se realizara el porcentaje de humedad que ingresa, y usamos un restador debido a la lógica inversa que esta usa.

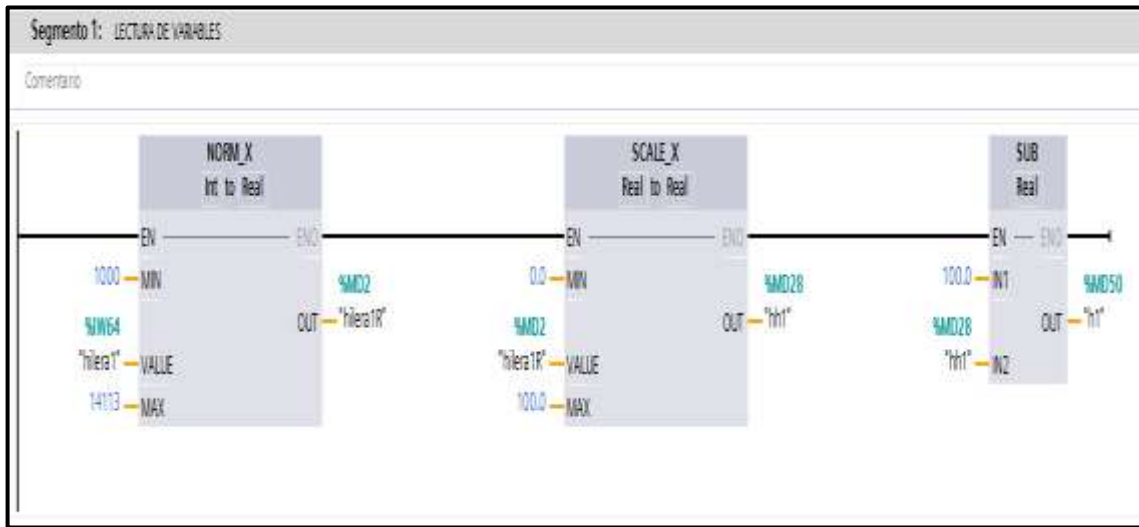


Figura 5.33. Segmento 1 de Programación.

Aplicamos el mismo proceso para los dos segmentos siguientes correspondientes a las 2 hileras:

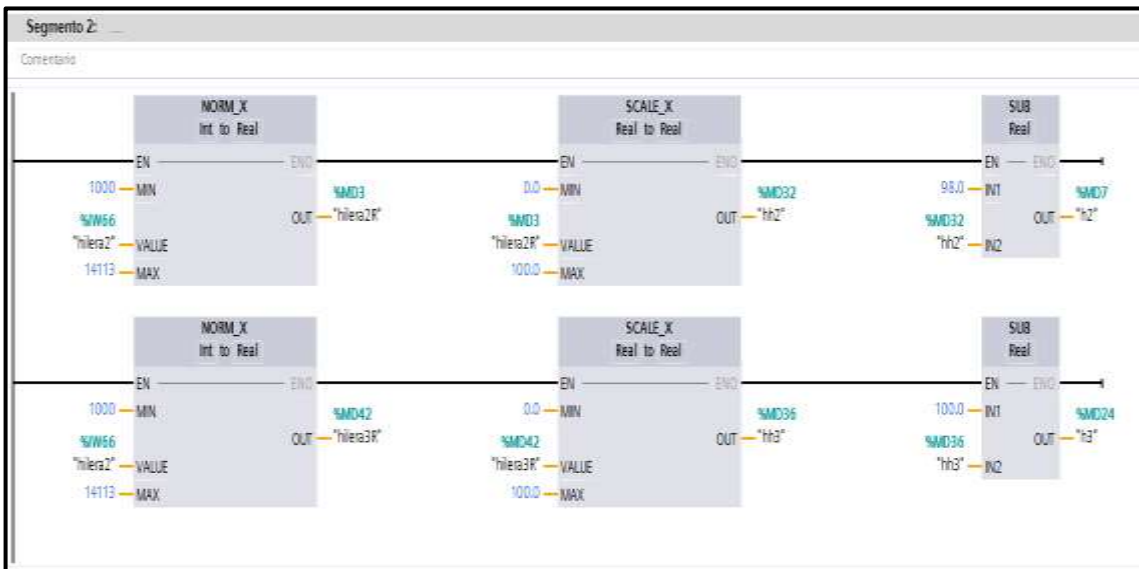


Figura 5.34. Segmento 2 de Programación.

La electroválvula actúa como un contacto el cual permitirá el paso del agua en estado de ON/Off, estas acciones se las realiza para cada una de las electroválvulas que disponemos en el proyecto:

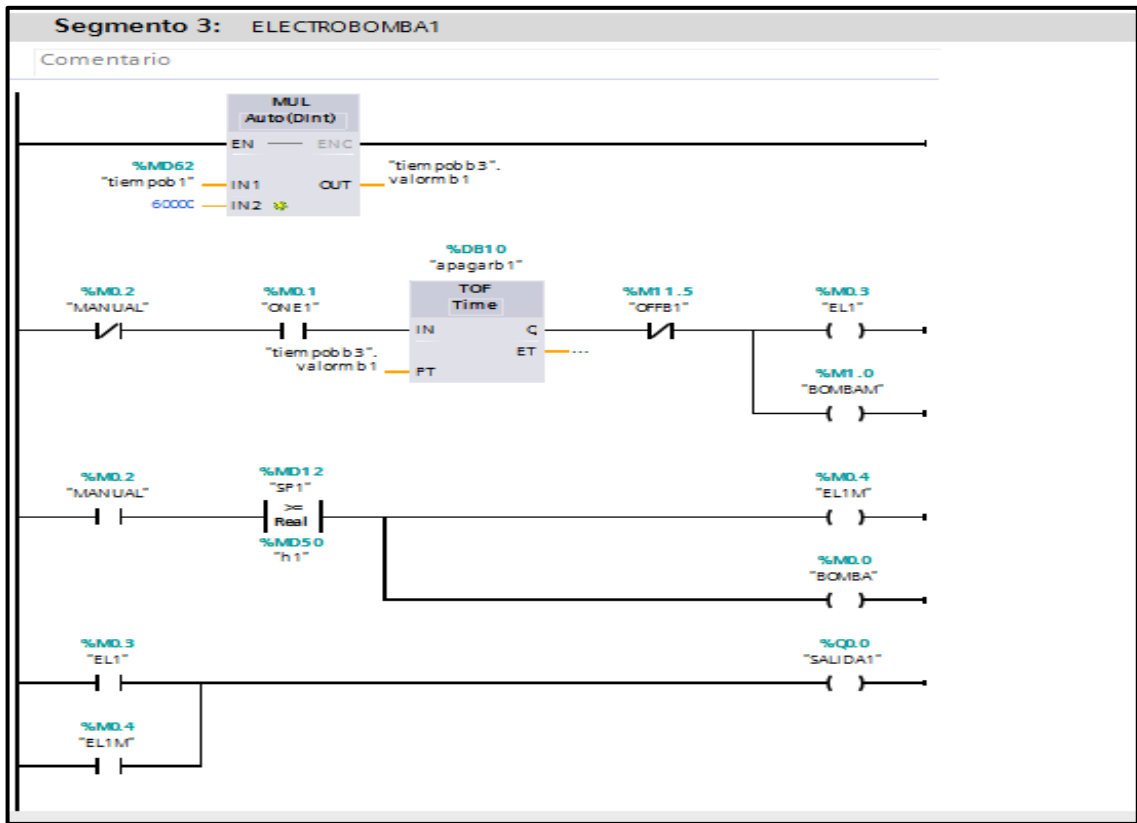


Figura5.35. Segmento 3 de Programación.

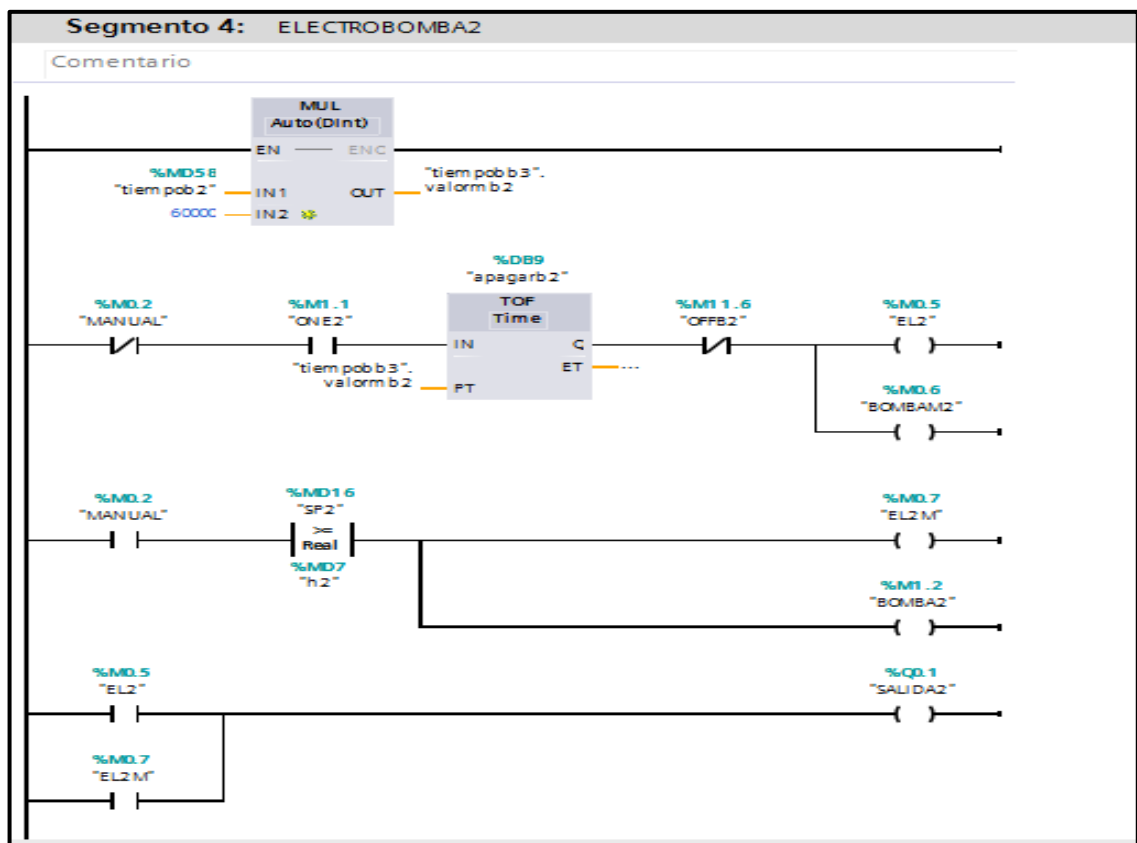
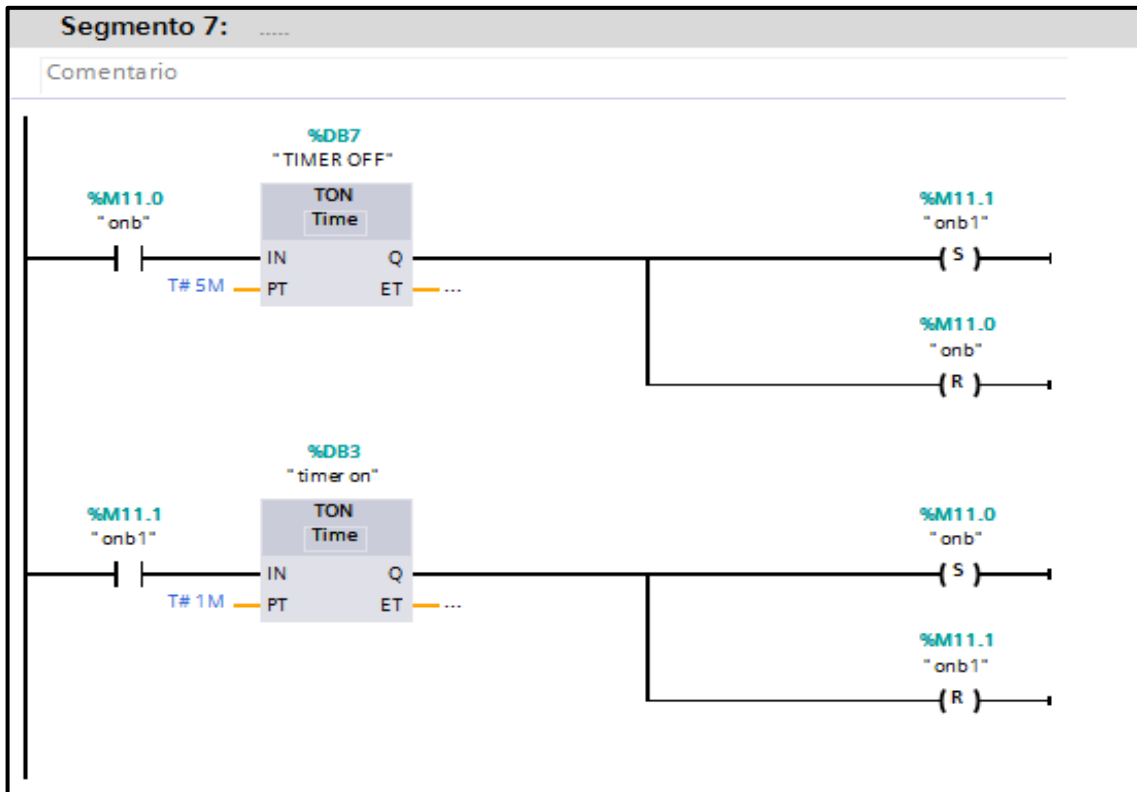
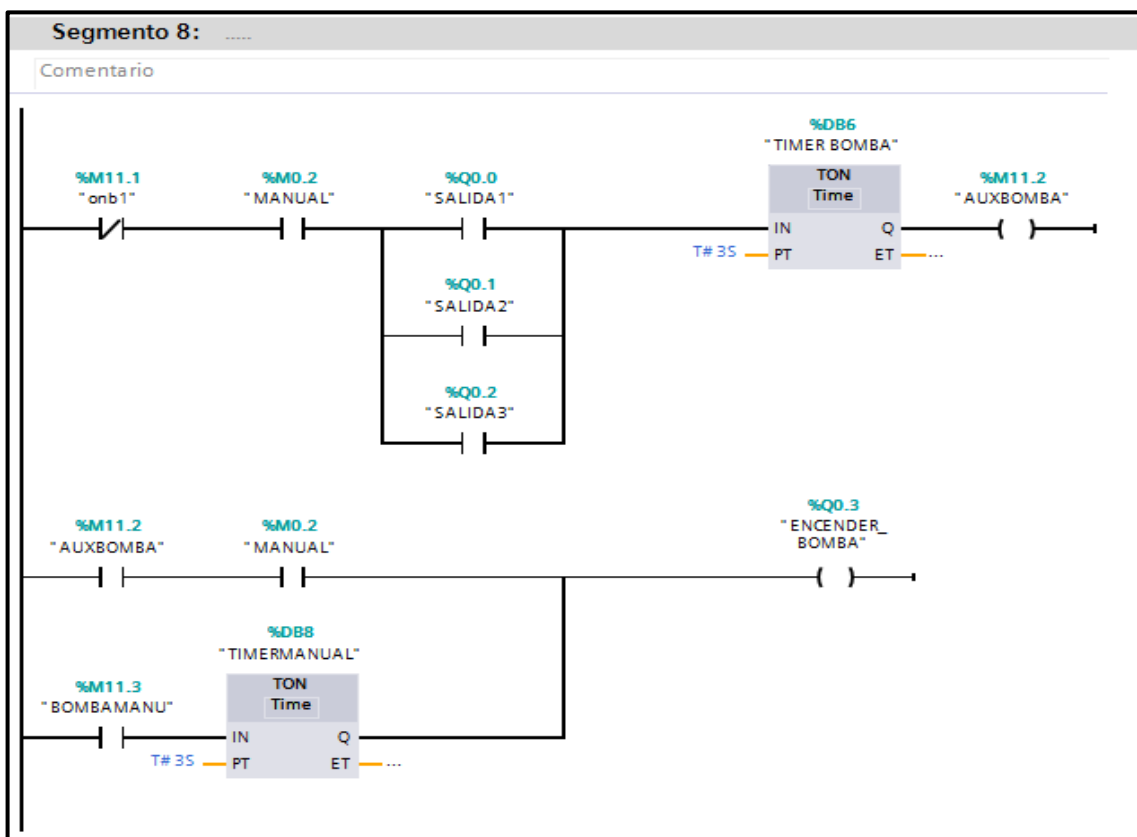


Figura 5.36. Segmento 4 de Programación





**Figura 5.39.** Segmento 7 de Programación



**Figura 5.40.** Segmento 8 de Programación.

### 5.15. Programación en el software ARDUINO

La programación del módulo ARDUINO es la primordial, debido a que esta se encargó de recibir las señales provenientes de los sensores de humedad ubicados dentro de las cubetas de germinación, para lo cual se procedió de la siguiente manera:

Declaramos las variables a utilizar y los pines a usar en el módulo ARDUINO:

```
// DECLARACION DE VARIABLES
int const H1 = A0;
int const H2 = A1;
int const H3 = A2;
int const H4 = A3;

int HR1 = 0;
int HR2 = 0;
int HR3 = 0;
int HR4 = 0;

// VARIABLE PARA EL PLC
int const humedad_hilera_3 = 8;

//VARIABLES
int humedad_hilera = 0;
int promedio_humedad = 0;
```

**Figura 5.41.** Declaración y asignación de Variables

```
void setup() {
  //DECLARAR PINES DE ENTRADA |
  Serial.begin(9600);
  // DECLARAR LAS ENTRADAS ANALOGAS DE LOS SENSORES
  pinMode(H1, INPUT);
  pinMode(H2, INPUT);
  pinMode(H3, INPUT);
  pinMode(H4, INPUT);

  // DECLARAR PINES DE SALIDA
  pinMode (humedad_hilera_3, OUTPUT);
}

void loop() {
```

**Figura 5.42.** Asignamos las entradas

Como las entradas provenientes del sensor son analógicas se procede a realizar la lectura de las mismas y posteriormente se hace un cambio al rango del sensor, ubicándolo en 0 – correspondiente a seco y 1023 – mojado.

```
//LEER LA VARIABLES DE LOS SENSORES
HR1 = analogRead(H1);
HR1 = map(HR1, 0, 1023, 1023, 0); //CAMBIA EL RANGO DEL SENSOR DE 0 HUMEDO 1023 SECO A 0 SECO 1023 HUMEDO

HR2 = analogRead(H2);
HR2 = map(HR2, 0, 1023, 1023, 0); //CAMBIA EL RANGO DEL SENSOR DE 0 HUMEDO 1023 SECO A 0 SECO 1023 HUMEDO

HR3 = analogRead(H3);
HR3 = map(HR3, 0, 1023, 1023, 0); //CAMBIA EL RANGO DEL SENSOR DE 0 HUMEDO 1023 SECO A 0 SECO 1023 HUMEDO

HR4 = analogRead(H4);
HR4 = map(HR4, 0, 1023, 1023, 0); //CAMBIA EL RANGO DEL SENSOR DE 0 HUMEDO 1023 SECO A 0 SECO 1023 HUMEDO
```

**Figura 5.43.** Lectura y cambio de rango del sensor.

Realizamos la impresión de datos provenientes del sensor, y además un promedio entre los mismos, obteniendo un valor considerable de humedad, el cual será la señal que se le envié al PLC, para posteriores operaciones en las electroválvulas y la bomba de agua.

```
Serial.print("H1:  ");
Serial.println(HR1); // VISUALIZAR LAS VARIABLES DEL ARDUINO

Serial.print("H2:  ");
Serial.println(HR2); // VISUALIZAR LAS VARIABLES DEL ARDUINO

Serial.print("H3:  ");
Serial.println(HR3); // VISUALIZAR LAS VARIABLES DEL ARDUINO

Serial.print("H4:  ");
Serial.println(HR4); // VISUALIZAR LAS VARIABLES DEL ARDUINO
```

**Figura 5.44.** Visualización de Variables

```
// PROMEDIO DE LAS HUMEDADES

promedio_humedad=(HR1)/1;

Serial.println("pPROMEDIO");
Serial.println(promedio_humedad); // VISUALIZAR LAS VARIABLES DEL ARDUINO

humedad_hilera = map(promedio_humedad, 0, 1023, 0, 255);

// ESCRIBIR EL DATO DE HUMEDAD EN EL PLC
analogWrite(humedad_hilera_3,humedad_hilera); // VISUALIZAR LAS VARIABLES DEL ARDUINO
Serial.println("sds");
Serial.println(humedad_hilera); // VISUALIZAR LAS VARIABLES DEL ARDUINO
delay(1000);
}
```

**Figura 5.45.** Promedio de Humedad

### **5.16. Evaluación de la factibilidad técnica y económica de la implementación del proyecto.**

Dentro de la factibilidad técnica el proyecto realizado resulta ser de gran aporte a los agricultores del sector, ya que beneficia directamente al ahorro de agua y tiempo al momento de cuidar sus sembríos y sobre todo en el proceso de germinación que es la etapa más importante de la planta, esto se debe a que el usuario podrá regar automáticamente sus sembríos sin la necesidad de estar ahí presente, optimizando su tiempo y por ende generando mayores ingresos.

Los posibles inconvenientes técnicos que pueden presentarse para la implementación del sistema en lugares más alejados, son la falta de energía eléctrica y la inseguridad que existe, el primer aspecto se podría remediar con una inversión un poco más elevada para disponer de un sistema autónomo de generación eléctrica, pudiendo optar como alternativa la energía solar, o la energía eólica, la cual cubriría totalmente el funcionamiento del sistema en cualquier parte del mundo. La inseguridad se debe tomar muy en cuenta debido al uso de materiales un poco costoso los cuales son el pilar fundamental de funcionamiento del sistema de control de humedad.

En la actualidad en el sector Salache no existe invernaderos con este tipo de tecnología, por lo que su implementación es muy acogida por el sector agrícola, viéndolo desde un punto de vista emprendedor e inversionista.

La factibilidad económica en el desarrollo del proyecto resulta tener un costo inicial considerablemente elevado, pero si lo comparamos con el mercado extranjero el cual tiene promedios muy costosos por el mismo sistema que se instaló en el invernadero de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus Salache se considera un ahorro del 65.91% con la implementación del sistema.

Del mismo modo se tiene un aumento de la producción en un 75%, ya que el sistema automático de control de humedad permite que las semillas germinen de mejor manera y por consecuente un mayor nivel de ingresos mensuales y anuales.

Esto nos demuestra que la opción de mejorar los sistemas de riego de un invernadero representa un resultado positivo de acuerdo a lo planeado.

### 5.16. Manual del usuario

El manual de nuestro proyecto detalla paso a paso los aspectos más fundamentales para que el usuario acceda sin ningún problema al tablero de control automático de humedad. Esta guía ayudará a entender el funcionamiento de nuestra propuesta tecnológica implementada en el invernadero de granos andinos del campus Salache.

**Tabla 5.4.** Manual del Usuario

<p><b>Paso 1.</b></p> <p>Identificar el tablero de control automático de humedad del invernadero del campus Salache donde se desarrolló la propuesta tecnológica.</p>	
<p><b>Paso 2.</b></p> <p><b>Encendido del tablero:</b></p> <p>El tablero de control consta de un selector de 2 posiciones el cual permite el encendido y apagado del mismo.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. El selector debe estar girado a la derecha en su totalidad, lo cual nos indica que el tablero está apagado y lo podemos verificar a través del encendido de la luz Piloto de color Roja.</li><li>2. Para encender el tablero de control debemos girar el selector a la izquierda, activando los elementos que se encuentran en el interior del tablero y se lo constata al encenderse la luz piloto color verde.</li></ol>	  

### Paso 3.

La pantalla HMI KTP – 400 se enciende automáticamente, la cual nos muestra un menú de operación donde podemos seleccionar el modo en el cual necesitamos trabajar:

- CONTROL MANUAL
- CONTROL AUTOMATICO
- HISTORICOS



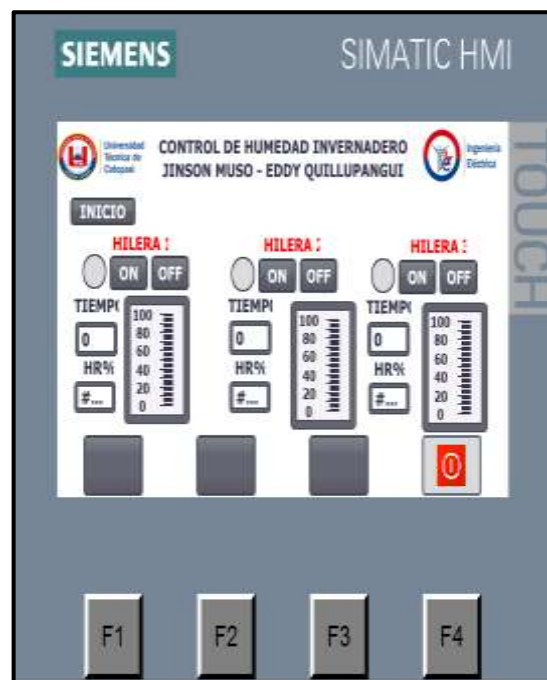
### Paso 4.

Al presionar en la pantalla la opción **CONTROL MANUAL** se despliega una ventana de operación, la cual nos permite encender la bomba y las electroválvulas de cada una de las hileras que conforman nuestro sistema.

**1. Hilera 1.** Primeramente debemos ingresar el tiempo en minutos que necesitamos que se encienda la bomba, luego debemos presionar la barra ON/OFF para encender el riego en la hilera seleccionada, permitiendo el paso del agua y de esta manera accionando los nebulizadores que se encuentran dentro del invernadero.

Este proceso es repetitivo ya que el control es manual para todas las hileras (Hilera 2 e Hilera 3.)

De la misma manera para apagar cada hilera debemos presión el icono de ON/OFF.



### Paso 5.

El CONTROL MANUAL nos permite regular la presión de entrada para que los nebulizadores trabajen adecuadamente.

Si observamos que los nebulizadores no están trabajando adecuadamente debemos aumentar la presión, misma que se procede de la siguiente manera:

Nos dirigimos al lugar donde se encuentra la bomba de agua, allí observamos que el sistema cuenta con un retorno, el cual tiene una válvula manual que es la encargada de regular la presión del sistema, el sistema está diseñado para trabajar a una presión de 40 Psi, para mantener la presión indicada debemos regular la válvula de retorno girando a la derecha y de esta manera controlamos dicho valor con el manómetro instalado junto a la válvula.





### Paso 6.

Al presionar en la pantalla la opción de control automático se despliega una ventana de operación la cual nos permite introducir el valor en porcentaje de la humedad deseada y de esta manera se enciende la bomba y las electroválvulas de cada una de las hileras que conforman nuestro sistema.

1. **Hilera 1.** Se introduce el valor de la humedad con la que deseamos trabajar en porcentaje y de esta manera empezarán a actuar los sensores, las



<p>electroválvulas y la bomba de agua, logrando así llegar al valor de humedad introducido por el usuario.</p> <p>Este proceso es repetitivo ya que el control es automático para todas las hileras (Hilera 2 e Hilera 3.)</p> <p>La bomba y las electroválvulas en este caso se apagan automáticamente siempre que el valor sea el ingresado por el usuario.</p>	
<p><b>Paso 7.</b></p> <p>Al presionar en la pantalla de inicio el icono de históricos se despliega una ventana en la cual podemos observar los datos de humedad registrados diariamente por el sistema y que son emitidos por los sensores colocados dentro del invernadero.</p>	
<p><b>Paso 8.</b></p> <p>Mantener abierta la ventana en la cual se está trabajando el <b>Sistema de Control Automático de Humedad</b> para que el usuario no tenga inconvenientes de alteración o cambio en el ingreso de datos.</p>	

**Nota:**

Hay que considerar aspectos importantes que los usuarios deben tener en cuenta al momento de utilizar el sistema de control de humedad.

1. Mantener la presión en 40 Psi.
2. Recordar que si deseamos subir la presión lo podemos hacer con ayuda de la válvula de retorno
3. Revisar que los sensores se encuentren dentro de las bandejas.
4. Revisar periódicamente los nebulizadores, esto ayudara que no exista goteo en grandes cantidades.

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.1. Presupuesto

Para la implementación del sistema del control de humedad en un invernadero de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado en el campus de Salache. Se tiene el siguiente costo de inversión de acuerdo al desarrollo de este proyecto en un área aproximada de  $45m^2$ .

#### 6.1.1. Listado de Materiales Eléctricos

**Tabla 6.1.** Listado de Materiales Eléctricos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio U.</b>	<b>Monto T.</b>
30	Sensores de humedad	\$2.50	\$75.00
4	Arduino Mega 2560 R3	\$25.00	\$100.00
3	Shield de Ethernet	\$17.00	\$51.00
1	Modem Huawei Cnt	\$25.00	\$25.00
1	Gabinete 40x30x20 S.L	\$35.55	\$35.55
1	Riel Din	\$2.47	\$2.47
1	Luz piloto 22 mm verde 110v	\$1.42	\$1.42
1	Paro de emergencia	\$2.00	\$2.00
1	Selector 22 mm 2 posiciones plástico	\$1.42	\$1.42
2	Breaker 2 polos 10A	\$11.78	\$23.56
1	Guarda motor 9-13A	\$29.64	\$29.64
1	PLC S7-1200, CPU 1212C	\$347.00	\$347.00
1	Pantalla Hmi Ktp 400	\$650.00	\$650.00
1	Fuente de voltaje dc 24V	\$150.00	\$150.00
1	Bomba 1H.p.	\$250.00	\$250.00
3	Electroválvulas 1/4	\$15.00	\$45.00
1	Conexiones eléctricas (cableadas de conexión del PLC, cableadas de sensores de la germinación al PLC, canaletas, pernos, cintas aislantes, etc.)	\$100.00	\$100.00
		<b>Total</b>	<b>\$1889.06</b>

### 6.1.2. Listado de materiales Hidráulicos y Mecánicos

**Tabla 6.2.** Listado de materiales Hidráulicos y Mecánicos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio U.</b>	<b>Monto T.</b>
1	Accesorios para la instalación hidráulica del sistema, la cual incluye: (La tubería de PVC hidráulico, conectores hembra, codos de 90, tuerca unión, conectores rosca galvanizado, reducciones, válvulas de cierre ½, y todo lo necesario para la instalación de hidráulica y para la parte mecánica se encuentra la tubería para las mesas donde se ubican las bandejas de germinación).	\$250.00	\$250.00
		<b>Total</b>	<b>\$250.00</b>

### 6.1.3. Total del sistema incluyendo la mano de obra

**Tabla 6.3.** Costo total del Proyecto.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio U.</b>	<b>Monto T.</b>
1	Lista de materiales eléctricos	\$1889.06	\$1889.06
1	Lista de materiales hidráulicos y mecánicos	\$250.00	\$250.00
1	Mano de obra	\$600.00	\$600.00
		<b>Sub-Total.</b>	\$2739.06
		<b>I.V.A 12%</b>	\$328.69
		<b>TOTAL</b>	<b>\$3067.75</b>

## 6.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.2.1. Impactos Técnicos.

El impacto técnico consistió en realizar un estudio destinado a recolectar información sobre los problemas que tenía un invernadero del campus de Salache de la Universidad Técnica de

Cotopaxi con respecto a la humedad, la cual causaba muchos problemas en la germinación de las semillas.

Logrando obtener el primer invernadero dentro del campus Salache con el uso de estas tecnologías, las misma que reflejan la importancia que mantiene la Ingeniería Eléctrica con las demás carreras de la Universidad Técnica de Cotopaxi, siendo un aporte muy significativo tanto para la parte de docentes como estudiantes que están inmiscuidos dentro de estos labores diarios de siembra de granos andinos.

### **6.2.2. Impacto Sociales.**

El impacto que se obtuvo en el ámbito social es que al implementar el módulo de control de humedad en el campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los estudiantes se benefician de manera directa, ya que al tener un sistema automático que controla la humedad, logran aprovechar las nuevas tecnologías y aumentan el nivel de calidad en los conocimientos adquiridos por los mismos. De esta forma se beneficia el entorno de la institución siendo este un aporte de parte de la carrera de Ingeniería Eléctrica hacia el ámbito investigativo en la carrera de Ingeniería Agronómica.

### **6.2.3. Impacto Ambientales.**

Al implementarse el módulo de control de humedad en el campus de Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi se puede tener un gran impacto en contribución con el medio ambiente ya que este sistema controla de manera automática el riego del agua lo cual garantiza un mejor proceso de germinación en las semillas y una confiable producción.

Se garantiza el ahorro significativo de agua en el riego, puesto que al usar el proceso de nebulización, el agua que se riega viene en forma de lluvia, reduciendo su utilización

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

### **7.1. Conclusiones**

- La recopilación de información de los sensores de humedad para la activación del sistema se realizó mediante los higrómetros Fc 28 los cuales registraron una humedad relativa en el suelo durante un día soleado entre el 20 y 30%, mismo porcentaje que variaba constantemente hasta alcanzar el porcentaje requerido para el proceso de germinación que en la mayoría de semillas se estimaba entre el 60 y 80 %.

- En base a los resultados obtenidos al término del proyecto podemos concluir que la automatización puede llegar a revolucionar de manera técnica y tecnológica las variables climatológicas, ya que por medio de esta se pueden optimizar los ciclos de riego y así controlar la variable de humedad que por lo regular afecta al crecimiento de los cultivos dentro del invernadero.
- El proyecto implementado en el invernadero de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus Salache, cumplió las necesidades técnicas de control de humedad automáticamente, ya que mediante la bomba de agua cuya presión de trabajo fue de 40 PSI, se pudo establecer un correcto proceso de Nebulización, el cual permitió el riego optimizado y correcto para cubrir la demanda de humedad que hacía falta durante un día soleado.
- Por medio de esta tecnología el ingeniero agrónomo tiene la oportunidad de experimentar con cultivos a diferentes porcentajes de humedad que son controlados por el PLC (Controlador Lógico Programable), además de tener una perspectiva económica elevada y a su vez la rapidez de la recuperación de la inversión realizada, el sistema garantiza ingresos superiores a los obtenidos por medio de un sistema de riego convencional.

## **7.2. Recomendaciones**

- Utilizar la tecnología de ARDUINO y la del PLC indistintamente, debido a que el ARDUINO está diseñado para proyectos a menor escala y el PLC es un dispositivo industrial, por lo que su conjunta utilización resulta ser no tan precisa al momento de proyectos de gran escala.
- Se notó un goteo al momento de actuar los nebulizadores, por lo que se debe tomar en cuenta al momento de ubicar las bandejas de germinación, debido a que si las colocamos en esta posición se lograría una inundación de las mismas.
- Para mayor precisión en el censado de la humedad se recomienda utilizar sensores de gama alta, ya que los que se utilizó están diseñados para medir en baja escala, pudiendo obtener de los mismos valores que varían constantemente, logrando un porcentaje de humedad confiable pero no al cien por ciento.

## 8. REFERENCIAS

- [1] A. Barroso García, «CONTROL Y MONITORIZACIÓN DE UN INVERNADERO A TRAVÉS DE UNA APLICACIÓN MÓVIL,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, MADRID, 2015.
- [2] A. U. Chávez Martínez, «CONTROL BIOCLIMÁTICO DE UN INVERNADERO,» UNIVERSIDAD DE COLIMA, Coquimatlán, 2009.
- [3] E. A. Villagrán Munar, «DISEÑO Y EVALUACIÓN CLIMÁTICA DE UN INVERNADERO PARA CONDICIONES DE CLIMA INTERTROPICAL DE MONTAÑA,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Bogotá, 2016.
- [4] J. F. Gonzáles Nieves, «PRINCIPALES TIPOS DE INVERNADEROS,» *HortiCultivos*, pp. 1-40, Julio 26, 2017.
- [5] E. Boix Aristu, Operaciones básicas de producción y mantenimiento de plantas en viveros y centros de jardinería, España: Ediciones Paraninfo, S.A., 2015, pp. 57-59.
- [6] J. R. Acuña Cepeda, «"AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA DIEZ NAVES DE UN INVERNADERO EN LA PLANTACIÓN MERIZALDE Y RAMIREZ CONTROLADO ATRAVES DE UN HMI",» UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS, LATACUNGA, 2015.
- [7] O. Rojas Cardona, J. Vaca Lozano y Y. Vaca Lozano, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SITEMA AUTOMATIZADO PARA INVERNADERO HIDROPÓNICO,» UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, MARIQUITA, 2017.
- [8] J. Pérez Zavala, L. López Guevara y R. Romero Vázquez, «AUTOMATIZACION DE INVERNADERO PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN EL SALVADOR,» ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE, LA LIBERTAD, 2016.
- [9] A. Ruiz Canales y J. M. Molina Martínez , Automatización y telecontrol de sistemas de riego, Barcelona: MARCOMBO, S.A., 2010, pp. 19-20.
- [10] J. Montero Martínez, Análisis de la distribución de agua en sistemas de riego por

aspersión estacionarios. Desarrollo del modelo de simulación de riego por aspersión (SIRIAS), La Mancha: Universidad de Castilla, 2000, p. 10.

- [11] G. H. Cayo Cabrera y J. Segovia Fuentes, «PROTOTIPO DE CONTROL DE RIEGO TECNIFICADO APLICANDO LA TECNOLOGIA DEL ARDUINO,» *INVESTIG ALTOANDIN*, vol. 17, nº 1, pp. 95-102, 2015.
- [12] «Novedades Agrícolas S.A.,» Empresa Española, 2015. [En línea]. Available: <http://www.novedades-agricolas.com/es/riego/materiales-de-riego/bombas-de-riego>. [Último acceso: 06 Junio 2018].
- [13] J. Aumatell Sajuan, «mailxmail.com,» 15 Agosto 2012. [En línea]. Available: <http://www.mailxmail.com/curso-sistema-riego-automatico-jardines-componentes-fallas-comunes/partes-sistema-riego-programador-tuberias-electrovalvulas>. [Último acceso: 06 Junio 2018].
- [14] C. E. Reyna Huamán, «SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE HUMEDAD EN UN INVERNADERO,» PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ, Lima, 2015.
- [15] «Novedades Agrícolas S.A.,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.novedades-agricolas.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-nebulizacion>. [Último acceso: 06 Junio 2018].
- [16] R. Solbes Monzó, *Automatismos industriales (Contenidos conceptuales y procedimientos)*, València: Nau Libres, 2014, pp. 139-147.
- [17] E. Amaya García, «DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO DE INVERNADERO PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN EL MARCO DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA,» ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE, La Libertad, 2016.
- [18] J. C. Vásquez Cuzco y F. D. J. Chamba Tenemaza, «"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA PARA UNA FINCA UBICADA EN EL SECTOR POPULAR DE BALERIO ESTACIO",» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Guayaquil, 2013.

- [19] E. G. Riveros, «USO DE ARDUINO EN PROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA CON METODOLOGÍA EN APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS,» UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, Resistencia, 2017.
- [20] Ó. Torrente Artero, ARDUINO Curso práctico de formación, Madrid: Copyringht RC Libros, 2013, pp. 70-120.
- [21] S. Rodríguez Barbosa, «EFECTO DE VENTILACIÓN NATURAL Y VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN EL INTERIOR DE UN INVERNADERO,» UNIVERSIDA AUTÓNOMA AGRARIA, COAHUILA, 2010.
- [22] A. García Gonzáles, «PANAMAHITEX (Conocimiento libre de Panamá para el mundo),» 23 Enero 2013. [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>. [Último acceso: 06 Junio 2018].
- [23] L. Llamas, «Ingeniería, informática y diseño,» 19 Enero 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>. [Último acceso: 06 Junio 2018].
- [24] Z. Serrano Cermeño, Construcción de Invernaderos, 3ra ed., Madrid, Barcelona, México: Ediciones Mundi-Prensa, 2005, pp. 38 - 39.
- [25] W. Baudoin, M. Grafiadellis, R. Jimenez, G. La Malfa, P. Martinez-Garcia, A. Monteiro, A. Nisen, H. Verlodt, O. de Villele, C. Von Zabeltitz y J. Garnaud, El cultivo protegido en clima mediterráneo, Roma: Dirección de Información de la FAO, 2002, pp. 139 - 142.
- [26] P. Elizondo, «TUBERIA CPVC CEDULA 80,» Importaciones Plásticas LOMA, 2005. [En línea]. Available: <http://www.iploma.com/12.htm?sessionid=4791081558860102>. [Último acceso: 19 Julio 2018].
- [27] J. E. Crespo, «Aprendiendo Arduino,» 2017. [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/10/22/hardware-ethernet-en-arduino-2/#comments>. [Último acceso: 06 Junio 2018].

**ANEXOS**

**Anexo I.**



**Figura I.1.** Montaje de las mesas dentro del invernadero.

**Anexo II.**



**Figura II.1.** Montaje de la base del tanque de abastecimiento de agua.



**Figura II.2.** Base cimentada para la bomba de 1 Hp.

### Anexo III.



**Figura III.1.** Instalación de la tubería para el tanque de abastecimiento de agua.



**Figura III.2.** Instalación de una válvula manual para el tanque de abastecimiento

### Anexo IV.



**Figura IV.1.** Armadura para la protección de la bomba 1Hp



**Figura IV.2.** Instalación para la parte de succión de la bomba 1Hp

## Anexo V.



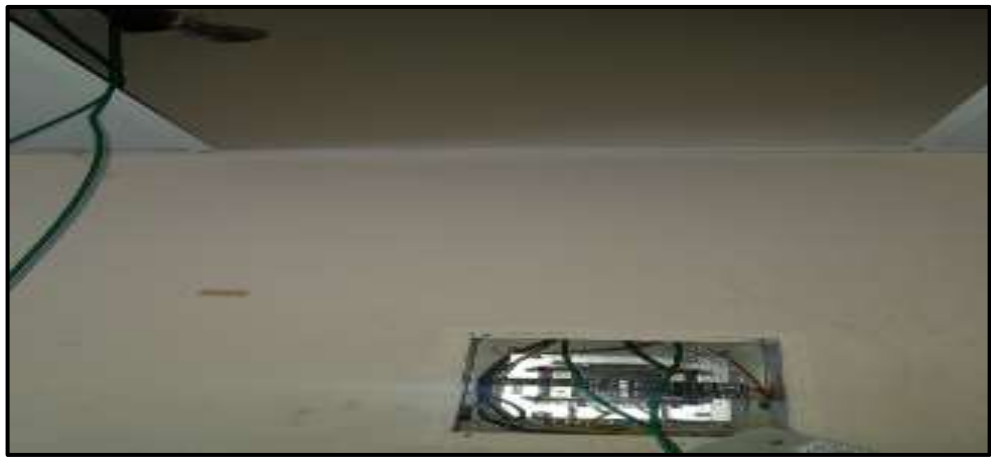
**Figura V.1.** Implementación del tablero de control



**Figura V.2.** Montaje de la pantalla HMI KTP-400



**Figura V.3.** Montaje del tablero en el campus Salache.



**Figura V.4.** Derivación 110 V para nuestro tablero de control.



**Figura V.5.** Pruebas manuales del tablero de control.

## Anexo VI.



**Figura VI.1.** Instalación de la tubería de salida de la bomba 1Hp.



**Figura VI.2.** Instalación de la tubería interna del invernadero.

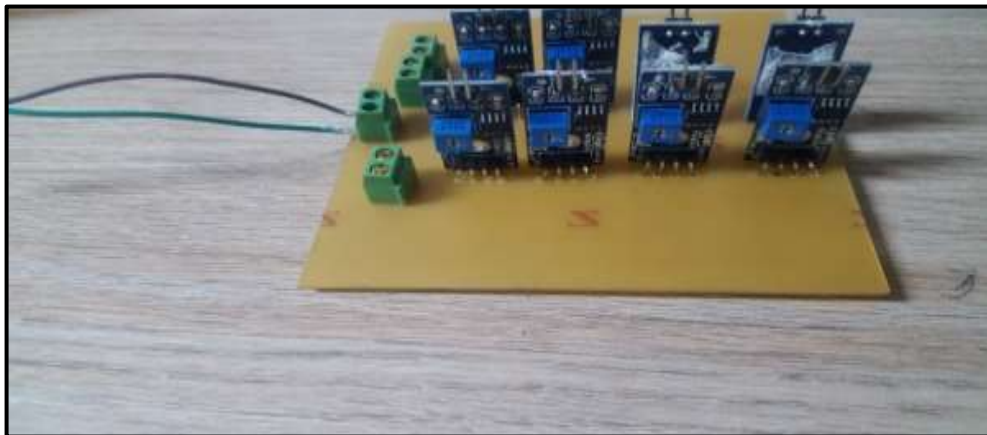


**Figura VI.3.** Instalación de los nebulizadores.

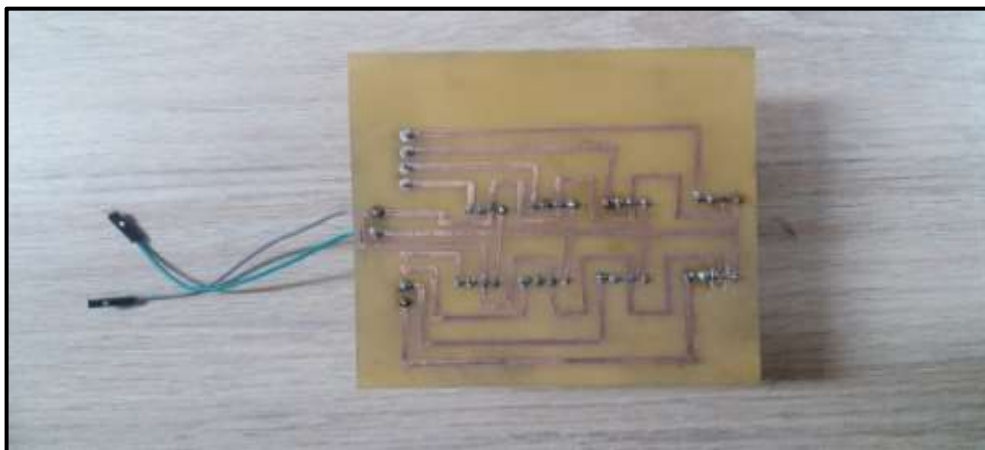


**Figura VI.4.** Electroválvulas.

## Anexo VII.



**Figura VII.1.** Placa de sensores.



**Figura VII.2.** Circuito impreso de los sensores.

**Anexo VIII.**



**Figura VIII.1.** Instalación del cableado de sensores.



**Figura VIII.2.** Instalación de sensores.