



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CONTROL DE HUMEDAD EN LOS CULTIVOS DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

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

AUTORES:

Franklin Vladimir Pardo Solano

Juan Carlos Casa Yanguicela

TUTOR:

PhD. Secundino Marrero Ramírez

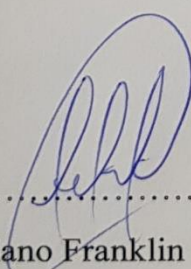
Latacunga-Ecuador

Febrero-2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

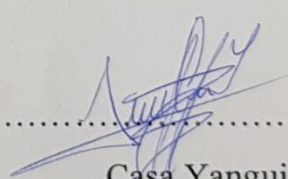
Nosotros **PARDO SOLANO FRANKLIN VLADIMIR** y **CASA YANGUICELA JUAN CARLOS**, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CONTROL DE HUMEDAD EN LOS CULTIVOS DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, siendo el **PhD. SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



.....
Pardo Solano Franklin Vladimir

C.I: 220019889-9



.....
Casa Yanguicela Juan Carlos

C.I: 172317767-9

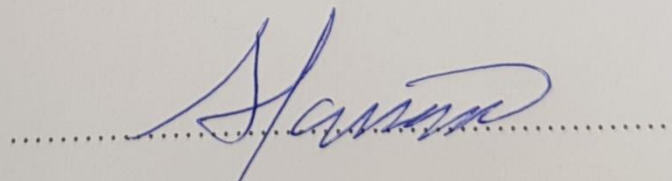
AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

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

“AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CONTROL DE HUMEDAD EN LOS CULTIVOS DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, de los señores **PARDO SOLANO FRANKLIN VLADIMIR** y **CASA YANGUICELA JUAN CARLOS** de la carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA**, considero que dicho informe investigativo cumple 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, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 05 de febrero de 2020

Atentamente



PhD. Secundino Marrero Ramírez

CC: 175710790-7

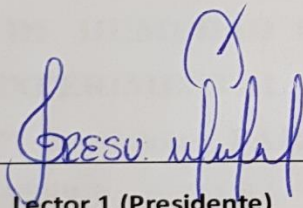
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

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 INGENIERIA Y APLICADAS.; por cuanto, el o los postulantes: **PARDO SOLANO FRANKLIN VLADIMIR, CASA YANGUICELA JUAN CARLOS** con el título de Proyecto de titulación: **AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CONTROL DE HUMEDAD EN LOS CULTIVOS DEL INERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

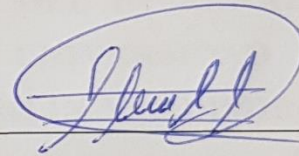
Latacunga, 05 de febrero 2020

Para constancia firman:



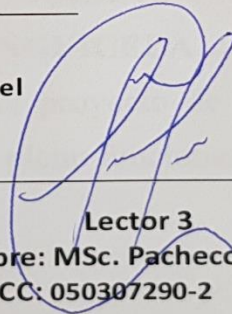
Lector 1 (Presidente)

Nombre: MSc. Ing. Suárez Rommel
CC: 180416535-3



Lector 2

Nombre: MSc. Ing. León Marco
CC: 050230540-2



Lector 3

Nombre: MSc. Pacheco Carlos
CC: 050307290-2

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, 06 de febrero de 2020

Ph.D Secundino Marrero

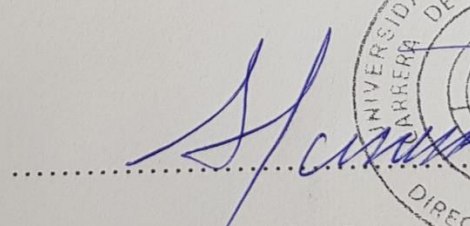

Director de la Carrera de Ingeniería Eléctrica

Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera de Ingeniería Eléctrica”

Presente. -

En calidad de responsable Ph.D. Secundino Marrero Ramírez certifico que mediante la Propuesta Tecnológica: **“AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CONTROL DE HUMEDAD EN LOS CULTIVOS DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, los señores **PARDO SOLANO FRANKLIN VLADIMIR** con número de cédula **220019889-9** y **CASA YANGUICELA JUAN CARLOS** con número de cédula **172317767-9**, realizan la entrega del proyecto de titulación en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en pleno funcionamiento.

Atentamente

Ph.D. Secundino Marrero Ramírez

CC: 175710790-7

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme salud, vida y poder culminar una etapa más de mi vida, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formar parte de ella así también por todos los conocimientos que me impartieron los docentes quienes me brindaron una educación de calidad. También de manera especial a mi director de tesis PhD. Secundino Marrero, por haberme dirigido y ayudado a culminar la tesis.

Franklin Pardo

AGRADECIMIENTO

Ante todo, quiero dar gracias a Dios por darme la fuerza necesaria para nunca rendirme a pesar de las adversidades y a su vez poder seguir adelante y poder cumplir con la meta planteada

A mis padres: Fausto Casa y Sonia Yanguicela quienes fueron un pilar fundamental durante mi vida universitaria gracias a su confianza y apoyo incondicional que depositaron en mí dándome fuerzas para seguir adelante.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi que me supo abrir las puertas para poder formarme académicamente y a su vez poder llegar a ser un profesional.

Juan Casa

DEDICATORIA

A Dios, porque siempre ha cuidado de mis pasos, por darme la vida y la tenacidad para culminar cinco años de estudio, dedico este trabajo de graduación a mi madre, mi padre y mis hermanos que estuvieron siempre en cada instante apoyándome durante los momentos de mi vida estudiantil.

Franklin Pardo

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación dedico a Dios por darme la sabiduría y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi vida.

A mis queridos padres quienes fueron un pilar fundamental dándome fuerzas para poder culminar mis estudios superiores gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y perseverancia

A mi familia quienes supieron darme ánimos para no ceder cuando las situaciones se volvían complicadas.

Juan Casa

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 DESCRIPCIÓN	2
2.2 EL PROBLEMA.....	2
2.2.1 Situación problemática.....	2
2.2.2 Formulación del problema.....	3
2.3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
2.4 JUSTIFICACIÓN	4
2.5 OBJETIVOS	4
2.5.1 Objetivo general.....	4
2.5.2 Objetivos específicos	5
2.6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
3.2 MARCO REFERENCIAL	10
3.2.1 Invernadero	10
3.2.1.1 Tipos de invernaderos	10
3.2.1.1.1 Invernaderos planos o tipo parral	10
3.2.1.1.1.1 Invernadero en raspa y amagado.....	11
3.2.1.1.1.3 Invernadero asimétrico.....	11
3.2.1.1.5 Invernaderos de doble capilla	13
3.2.1.1.6 Invernadero túnel o semicilíndrico ‘	14
3.2.2 Humedad de un invernadero.....	15
3.2.2.1 Medidas para un régimen de Humedad Óptimo	15
3.2.3 La Automatización.....	16
3.2.4 Procesos de automatización.....	17
3.2.5 Parte Operativa	17
3.2.6 Parte De Mando	17
3.2.7 Sistemas de control	17
3.2.8 Sensores y Actuadores	18
3.2.9 El sistema demótico está compuesto por tres elementos principales:.....	18
3.2.10 Electroválvulas	18
3.2.11 Bomba de Riego	19

3.2.12 Breaker o Interruptor Automático	20
3.2.13 Contactor	20
3.2.14 Relé Térmico	21
3.2.15 Sensor de Humedad	21
3.2.16 Luces Pilotos.....	22
3.2.17 Transformador (24 AC)	22
3.2.18 Paro de Emergencia.....	23
3.2.19 Fuente de Alimentación.....	24
3.2.20 Sistemas de Riego.....	25
3.2.21 Tubería para la distribución del sistema de riego	26
3.2.21 Tubería Principal	27
3.2.21.2 Tubería Secundaria	27
3.2.21.3 Tubería lateral	27
3.2.22 Ingeniería de Software	27
3.2.23 Sistema Micro controlador	28
3.2.24 PLC (Controlador Lógico Programable)	28
3.2.25 PANTALLA SIMATIC HMI KTP 400.....	30
3.3 HIPÓTESIS	31
3.3.1 Comprobación de la hipótesis.....	31
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	31
4.1 METODOLOGÍA	31
4.1.1 Variables Independientes: Implementación del módulo de Control	31
4.1.2 Variable Dependiente: Humedad.....	32
4.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	32
4.2.1 Exploratorio	32
4.2.2 Descriptiva	32
4.2.3 Método Analítico.....	33
4.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN	33
4.3.1 Lectura Comprensiva.....	33
4.3.2 Observación	33
4.3.3 Modelamiento	33
4.4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	33
4.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	36
4.5.1 Diagrama de Bloques.....	37
4.5.2 Rango de la humedad.....	38

4.5.3 Nivel de agua.....	38
4.5.4 Niveles de presión.....	39
4.5.5 Sensor de humedad.....	39
4.5.6 Soterrado de las tuberías.....	39
4.5.7 Volumen de los tanques de agua.....	40
4.5.8 Presión del sistema de riego.....	41
4.5.9 Dimensionamiento de las bombas de agua.....	42
4.5.10 Bomba de agua.....	42
4.5.11 Selección del Breaker.....	42
4.5.12 Dimensionamiento del contactor.....	43
4.5.13 Selección del PLC.....	44
4.5.14 Dimensionamiento del Relé Térmico.....	45
4.5.15 Características de la pantalla HMI KTP400 4".....	46
4.5.16 Acondicionamiento del sensor de humedad.....	46
4.5.17 Programación en el TIA PORTAL.....	53
4.5.18 Programación de la Pantalla HMI.....	56
4.5.19 Curva de humedad vs tiempo.....	61
4.6 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA, SOCIAL Y AMBIENTAL.....	62
4.6.2 Social.....	62
4.6.3 Ambiental.....	62
4.7 EVALUACION ECONÓMICA.....	62
4.7.1 Listado de materiales eléctricos.....	63
4.7.2 Listado de materiales Hidráulicos.....	64
4.7.3 Presupuesto total del sistema.....	64
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
5.1 Conclusiones.....	65
5.2 Recomendaciones.....	65
6. ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Beneficiarios del Proyecto	3
Tabla 2.2: Actividades y metodologías para los objetivos específicos	5
Tabla 4.1: Variables independientes	31
Tabla 4.2: Variable Dependiente	32
Tabla 4.3: Características del sensor de humedad MD510SM	34
Tabla 4.4: Volumen del tanque de agua	41
Tabla 4.5: Características de las bombas de agua	42
Tabla 4.6: Corriente de la Bomba de agua	43
Tabla 4.7: Características del contactor	44
Tabla 4.8: Características del PLC AC/DC/RELAY CPU 1212C 24VAC	44
Tabla 4.9: Características de la pantalla HMI KTP400 4"	46
Tabla 4.10: Datos para la obtención de la curva de humedad vs tiempo	61
Tabla 4.11: Listado de materiales eléctricos	63
Tabla 4.12: Listado de materiales hidráulicos	64
Tabla 4.13: Presupuesto Total	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Invernadero plano o tipo parral	11
Figura 3.2: Invernadero tipo raspa	11
Figura 3.3: Invernadero Asimétrico	12
Figura 3.4: Invernadero tipo capilla	13
Figura 3.5: Invernadero doble capillas	14
Figura 3.6: Invernadero túnel o semicilíndrico	14
Figura 3.7: Electroválvula	19
Figura 3.8: Bomba de agua de 1HP	20
Figura 3.9: Interruptor automático del polo	20
Figura 3.10: Contactor GM32	21
Figura 3.11: Contactor GM32	21
Figura 3.12: Sensor de humedad MD510SM Watermark	22
Figura 3.13: Luces piloto	22
Figura 3.14: Transformador	23
Figura 3.15: Pulsador paro de emergencia	24
Figura 3.16: Fuente de alimentación	24
Figura 3.17: Riego por cinta de goteo	25
Figura 3.18: Riego por nebulización	26
Figura 3.19: PLC AC/DC/RELAY CPU 1212C AC 24VAC	28
Figura 3.20: PANTALLA SIMATIC HMI KTP400	30
Figura 4.1: Sensor de humedad MD510SM Watermark	34
Figura 4.2: Manómetro	35
Figura 4.3: Portada de TIA PORTAL	36
Figura 4.4: Diagrama de Bloques	37
Figura 4.5: Presión en la descarga de las bombas centrífugas	39
Figura 4.6: Excavación de la zanja	40
Figura 4.7: Vista lateral del invernadero	40
Figura 4.8: Tanque de agua	41

Figura 4.9: Tanque de agua tipo botella de 2 500 litros de capacidad	41
Figura 4.10: Datos de la placa de las bombas centrífugas.....	42
Figura 4.11: Contactor	44
Figura 4.12: Relé térmico.....	46
Figura 4.13: Esquema del acondicionamiento del sensor de humedad	47
Figura 4.14: Regulador de voltaje LM7810	47
Figura 4.15: Amplificador No Inversor.....	48
Figura 4.16: Puente de Wheatstone.....	49
Figura 4.17: Plano de vista de perfil del Sistema de riego	50
Figura 4.18: Plano de Esquemas de Fuerza y de Control.....	51
Figura 4.19: Plano de Esquema de Control Automático y Manual.....	52
Figura 4.20: Segmento 1 de la programación – Arranques	53
Figura 4.21: Segmento 2 de la programación – Acondicionamiento de la señal de humedad 1	53
Figura 4.22: Segmento 3 de la programación – Acondicionamiento de la señal de humedad 2	54
Figura 4.23: Segmento 4 - "MARCA" cuando la humedad 1 es menor o igual al 25%.....	54
Figura 4.24: Segmento 5 "MARCA" cuando la humedad 1 es mayor o igual al 85%.....	55
Figura 4.25: Segmento 6 "MARCA" cuando la humedad 2 es menor o igual al 25%	55
Figura 4.26: Segmento 7 "MARCA" cuando la humedad es 2 mayor o igual al 85%	55
Figura 4.27: Segmento 8 – Programación de las salidas digitales (electroválvulas 1 y 2).....	56
Figura 4.28: Segmento 9 -Programación de las salidas digitales (electroválvulas 3 y 4)	56
Figura 4.29: Programación Pantalla de control	57
Figura 4.30: Tipo de fuente, Tamaño de fuente.....	57
Figura 4.31: Programación del entorno de control	57
Figura 4.32: Programación de la curva de humedad.....	58
Figura 4.33: SET POINT	58
Figura 4.34: Programación de las salidas de forma manual	59
Figura 4.35: Programación de HMI para encendido y apagado de las bombas de agua	59
Figura 4.36: Programación de HMI para encendido y apagado de las bombas de agua	60
Figura 4.37: Programación de HMI para la pantalla principal	60
Figura 4.38: Curva humedad vs tiempo	62
Figura I. 1: Invernadero #2 del Campus Salache	69

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO:” Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del Centro Experimental Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi”

Autores: Pardo Solano Franklin Vladimir

Casa Yanguicela Juan Carlos

RESUMEN

El presente proyecto de investigación fue realizado en el sector de Salache Provincia de Cotopaxi con el objetivo de diseñar e implementar un sistema automatizado para el control de humedad al interior de un invernadero el cual nos permitió controlar la variable dependiente humedad que varía de acuerdo al tipo de cultivo. La automatización del sistema se llevó a cabo mediante la información que fue recopilada a través de los sensores de humedad situados en las distintas secciones de los cultivos, los cuales registraron la humedad que se encuentra en el suelo y procedió a determinar si se encuentra en el rango establecido para la posterior apertura o cierre de las electroválvulas y a su vez el encendido de las bombas centrífugas. El sistema consta de cuatro electroválvulas distribuidas en las diferentes secciones, dos bombas de 1 Hp las cuales trabajarán para llegar a la presión necesaria, las bombas realizaron el proceso de riego por goteo que permitió reducir el uso del agua. Para la selección del modo automático o manual se le incorporó conjuntamente una interfaz hombre máquina para una fácil manipulación por parte del usuario. La implementación del sistema automatizado para el control de humedad mejoró la eficiencia del sistema de riego, cumplió con el objetivo principal de los 40 PSI (presión requerida para el riego de los cultivos del invernadero), nos permitió ahorrar el recurso “Hídrico” en un 50 %, y además podría ser un proyecto beneficioso para los estudiantes y el sector agrícola debido a que podrán mejorar sus habilidades en dicho ámbito.

Con la implementación del sistema automatizado de riego para el control de humedad se pudo constatar que llega la presión necesaria para poder realizar el proceso de nebulización debido que dicha presión es de 40 Psi y con el sistema sobrepasa esa presión llegando a unos 60 Psi.

Palabras claves: Automatización, humedad, interfaz hombre máquina, implementación.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "Automation of an irrigation system for moisture control in the crops of greenhouse # 2 of the Salache Experimental Center at the Technical University of Cotopaxi"

Authors: Pardo Solano Franklin Vladimir

Casa Yanguicela Juan Carlos

ABSTRACT

The present research project was carried out in the sector of Salache Province of Cotopaxi with the objective of designing and implementing an automated system for the control of moisture inside a greenhouse. This allowed us to control the variable dependent on moisture that varies according to the type of crop. The automation of the system was carried out through the information that was collected through the moisture sensors located in the different sections of the crops, which recorded the moisture in the soil and proceeded to determine whether it is in the range set for the subsequent opening or closing of the solenoid valves. And at the same time the ignition of centrifugal pumps. The system consists of four solenoid valves distributed in the different sections. Two pumps of 1 Hp that will work to reach the necessary pressure, the pumps carried out the process of drip irrigation that allowed to reduce the use of water. For the selection of the automatic or manual mode, a machine human interface was incorporated too for easy user handling. The implementation of the automated system for moisture control improved the efficiency of the irrigation system, it met the main objective of the 40 PSI (pressure required for irrigation of greenhouse crops), allowed us to save the resource "Water" in 50 %. And it could be a beneficial project for students and the agricultural sector because they will be able to improve their skills in this area. With the implementation of the automated irrigation system for moisture control it was possible to find that the pressure necessary to be able to perform the misting process arrives because this pressure is 40 Psi and with the system exceeds that pressure reaching about 60 Psi.

Keywords: Automation, humidity, machine man interface, implementation.

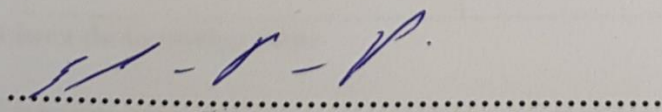
AVAL DE TRADUCCIÓN

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 de la Propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores; **PARDO SOLANO FRANKLIN VLADIMIR** y **CASA YANGUICELA JUAN CARLOS**, cuyo título es **“AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CONTROL DE HUMEDAD EN LOS CULTIVOS DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI., PERIODO 2019-2020”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,



Lic. Marcelo Pacheco Pruna

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS UTC

C.I.: 050261735-0



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del Centro Experimental Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Fecha de inicio:

03 de octubre del 2019

Fecha de finalización:

03 de febrero del 2020

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache

Facultad:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera:

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

Equipo de Trabajo:

- **Tutor de Titulación:** PhD. Secundino Marrero Ramírez
- **Autores:** Franklin Vladimir Pardo Solano
Juan Carlos Casa Yanguicela

Área de Conocimiento:

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

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Control y sistemas inteligentes

2. INTRODUCCIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN

El presente proyecto se realizó en el invernadero #2 del Centro Experimental Académico Salache” de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus “Salache” localizado en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga Parroquia Salache el cual presenta la inexistencia de un sistema automatizado capaz de realizar un control adecuado de la humedad por lo cual ocasiona pérdida de tiempo, de recurso hídrico y deterioro en la producción de cultivos.

En la actualidad el proceso de automatización se relaciona con la optimización de escenarios fundamentales; a su vez disminuyen el trabajo de mano de obra, permiten tiempos de ejecución más reducidos y sustituye los procesos manuales; con la implementación de nuevas tecnologías en el sistema de riego va a posibilitar el uso correcto de líquido, permitirá un mejoramiento en los cultivos y un aprovechamiento correcto del suelo.

La automatización del sistema de riego cuenta con sensores de humedad los cuales estarán encargados de detectar la humedad relativa en cada sección que está dividido el invernadero y permitirá enviar una señal a las electroválvulas para su posterior proceso de apertura o cierre del recurso hídrico, controlar la variable humedad mediante un tablero que a su vez se podrá observar en una pantalla los datos obtenidos por los sensores y su operación se la realizará de forma manual o automático.

2.2 EL PROBLEMA

2.2.1 Situación problemática

El proyecto se requiere por la inexistencia de un sistema automatizado para el control de riego y de la humedad en los cultivos del invernadero #2 del “centro experimental Salache” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de esta manera poder lograr el control de la humedad relativa, la cual facilitará a los estudiantes de la carrera de agronomía para que puedan realizar sus respectivas destrezas en el invernadero de estudio y mejorar su productividad.

El invernadero de estudio se encuentra ubicado en el sector de Salache el cual está dividido en cuatro secciones; en las distintas secciones se encuentran varios cultivos entre los cuales se tiene: de rosas, de girasoles, frutales perennes. En la cual cada cultivo necesita de su respectivo grado de humedad adicionalmente se realiza la preparación de plántulas ya que se han visto afectadas por el exceso de humedad provocando un deterioro en su totalidad.

El inconveniente más notorio que se puede observar en el invernadero es el tiempo utilizado para el riego y control de la humedad a la que se encuentra, estas actividades requieren un constante monitoreo que implica permanecer dentro del invernadero para poder controlar la humedad y realizar las acciones necesarias, existen consecuencias por un exceso de humedad como la anoxia que es la deficiencia de oxígeno que causa una reducción rápida de la absorción de nutrientes y esto da que el crecimiento del cultivo se reduce notoriamente, otra afectación que se puede dar son los hongos en las raíces los cuales presentan un debilitamiento generalizado de la planta como: brotes escasos y pequeños, hojas descoloridas, corteza agrietada y estrechamiento de la base del tallo; los cultivos además de tener afectaciones por exceso de humedad también pueden sufrir afectaciones por la falta de humedad como: marchitamiento, plantas atrofiadas, tamaño más pequeño de las hojas, puntas secas y quemadas, todo lo descrito con anterioridad no permite elevar el nivel de producción de los cultivos.

En vista de lo planteado anteriormente se hace necesario realizar el diseño e implementación de un sistema automatizado para el control de la humedad del ambiente, el cual constara de sensores de humedad relativa y válvulas eléctricas para la apertura y cierre del riego, con el fin de eliminar el tiempo que conlleva realizar estas actividades manualmente.

Una vez que se controla la humedad se puede mejorar la calidad del producto, aumentar la producción y obtener mejores rendimientos en cuanto al crecimiento de la planta y supervivencia de la misma.

2.2.2 Formulación del problema

La inexistencia de un sistema automatizado capaz de realizar un control adecuado de la humedad en el invernadero número #2 del Centro Experimental Salache, ocasiona pérdidas innecesarias de recurso hídrico, energía eléctrica y afectación del cultivo debido a que la apertura de las válvulas es manual.

2.3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Se pueden identificar dos tipos de beneficiarios: Directos e indirectos.

Tabla 2.1: Beneficiarios del Proyecto

Beneficiarios Directos	Beneficiarios Indirectos
Estudiantes y Docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica.	Invernadero del centro experimental Salache y las comunidades aledañas.

2.4 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día los cultivos dentro de los invernaderos son muy habituales debido a que ayuda a mantener un clima conveniente para la producción agrícola y florícola. Sin embargo, estos productos son controlados en función de periodos de tiempo.

La importancia de este proyecto radica en mejorar la producción de cultivos vegetales en el invernadero #2 del “Centro Experimental Salache” además de hacer un uso racional del recurso hídrico mediante la automatización de riego por goteo, nebulización y además de realizar el control de la humedad en dicho invernadero.

El motivo por el cual se realiza la automatización de riego y control de la humedad es la consecuencia que surge a una necesidad que se da para poder obtener una mejor calidad de productos a través de avances tecnológicos de tal forma que se pueda garantizar un ambiente correcto para los cultivos.

A través de este proyecto se busca aprovechar de una manera más eficiente el recurso hídrico que se tiene y suministrar en cantidades adecuadas dependiendo el tipo de cultivo que se tenga.

El proceso de automatización, está relacionado con la racionalización, optimización de los escenarios clave que ayudan a un objetivo claro e importante para reducir algunos costes gracias a la integración de aplicaciones, disminuyendo el trabajo de mano de obra, consiguiendo tiempos de ejecución cada vez más reducidos y sustituyendo los procesos manuales.

Actualmente gracias a la introducción de nuevas tecnologías los sistemas de riego posibilitan el uso efectivo de líquido no solo para consumo, sino también para mejorar la productividad, la expansión significativa del uso de la tierra y otros recursos naturales para afines agrícolas tanto a nivel de pequeños, medianos y grandes productores.

2.5 OBJETIVOS

2. 5.1 Objetivo general

- Implementar un sistema de control de humedad en el invernadero #2 del “Centro Experimental Salache” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante un sistema automático, para optimizar las condiciones del crecimiento de los cultivos y el uso del agua.

2.5.2 Objetivos específicos

- Recopilar información referente al nivel de humedad requerida dentro del invernadero con las pruebas de campo.
- Establecer requerimientos técnicos y tecnológicos para determinar las condiciones ambientales existentes en la zona en la que se va a desarrollar el proyecto.
- Implementar el módulo de control realizando las conexiones adecuadas en el invernadero.
- Realizar la evaluación técnica y económica del sistema.

2.6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.2: Actividades y metodologías para los objetivos específicos

Objetivo	Actividad	Resultado de la Actividad	Instrumento
<p>Recopilar información referente al nivel de humedad requerida dentro del invernadero con las pruebas de campo.</p>	<p>-Revisión de manuales, páginas web para la producción.</p> <p>-Determinación de parámetros para el control de riego.</p> <p>-Identificación del lugar de implementación</p>	<p>Obtención de conocimientos a mayor profundidad sobre la propuesta a implementar.</p>	<p>Consulta en páginas web, revistas científicas y libros.</p>

<p>Establecer requerimientos técnicos y tecnológicos para determinar las condiciones ambientales existentes en la zona en la que se va a desarrollar el proyecto.</p>	<p>-Búsqueda de los contextos necesarios para el adecuado manejo y el funcionamiento de los dispositivos a ser utilizados.</p> <p>-Visita técnica</p> <p>-Entrevista al personal encargado del invernadero</p>	<p>Selección adecuada de aspectos necesarios para un buen dimensionamiento de los dispositivos en uso.</p>	<p>Consulta en revistas científicas, catálogos de distintos proveedores y libros.</p> <p>Software</p>
<p>Implementar el módulo de control realizando las conexiones adecuadas en el invernadero.</p>	<p>-Diseño del sistema de riego.</p> <p>-Instalación de válvulas eléctricas, sensores, bombas centrífugas y demás dispositivos.</p> <p>-Visualización del control de las variables involucradas.</p>	<p>Elaboración de planos.</p> <p>Programación del sistema de control.</p> <p>Implementación del tablero de control.</p>	<p>HMI, PLC, tubería, herramientas de plomería y dispositivos eléctricos.</p>

Realizar la evaluación técnica y económica del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> - Determinación de la factibilidad que se obtiene al implementar el sistema en la comunidad universitaria. -Verificación del correcto funcionamiento de los dispositivos. -Cotización de materiales 	Presupuesto preliminar del costo de los materiales y equipos a utilizar para la implementación.	Diagnóstico y análisis directo del sistema y verificación del resultado final del proyecto.
---	---	---	---

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La automatización puede llegar a revolucionar los cultivos del invernadero ya que por medio de esta se puede optimizar los ciclos de riego y además de poder controlar las variables físicas como: temperatura, humedad que normalmente pueden afectar al crecimiento de los cultivos. Además de que este proyecto aumenta la eficiencia en el uso del agua en cuestión del riego [1].

Las pruebas realizadas en un invernadero que constaron de 3 etapas; en donde la primera permite probar los periféricos del sistema constando de dos módulos: RF y RTC, la segunda etapa se basó en pruebas de distancias de los módulos RF y la tercera etapa que se realizó fue el de probar el sistema de regadío; en esta etapa se realizaron pruebas para probar la interacción entre la estación remota y el módulo de control [2].

El sistema instalado en la finca LOPE propone una disminución de costos de mantenimiento y producción, pues estos sistemas a pesar de estar disponibles en el comercio nacional, solo los producen empresas extranjeras, razón por la que los costos son demasiados elevados; este sistema adicionalmente posee un protocolo de prueba de las electroválvulas para poder evitar daños en el sistema de bombeo por activación de la motobomba. Con este sistema se puede

manejar hasta 5 cultivos independientes, en donde cada cultivo tiene sus parámetros de funcionamiento [3].

La instalación de sistemas de control y automatización del riego de LemSystem instalada en el fundo “El triángulo” en Cholqui dan como resultado el mejoramiento de los parámetros productivos de todos los cultivos frutales [4].

A través de la implementación de un módulo lógico programable se puede mejorar relativamente los ciclos de riego de acuerdo al tipo de cultivo que exista, ya que de haber implementado un controlador, los riegos hubiesen sido periódicos mediante una frecuencia fija y no de acuerdo a las necesidades de agua del cultivo; con la implementación de los sistemas tecnificados de riego mejoran la producción de los cultivos y optimiza los recursos hídricos disponibles [5].

Con el diseño e implementación de un sistema automatizado para realizar un riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo se obtendrá un eficiente uso de agua, así como un óptimo balance de humedad [6].

Los especialistas agrícolas de la ENA consideran que el prototipo instalado genera una mejor producción y una mejor rentabilidad para el cultivo de vegetales de buena calidad en razón de que el sistema de riego es autónomo, el agricultor puede dedicarse a otras labores productivas; el sistema diseñado será utilizado como equipo didáctico para la enseñanza, así como los agricultores de la zona aprenderán sobre técnicas de cultivos en invernaderos con sistemas de riego automatizados [7].

A través de la nube de comunicación GSM (Sistema de radiotelefonía celular digital) se obtiene un rango de alcance bastante amplio, las mismas que mediante el sistema de riego se puede comprobar que funciona en tiempo real; los sensores de humedad funcionan de manera aceptable entregando valores muy aproximados a los que normalmente entregan los sensores de alta precisión [8].

Con la implementación de módulos XBEE (módulos de comunicación inalámbrica entre dispositivos) en la WSN (Wireless Sensor Network) desarrollada, permitió implementar una comunicación por medios inalámbricos con el propósito de generar una interconexión y comunicación entre dispositivos, se comprobó que unos de los aspectos más importantes al trabajar con las tecnologías y los sistemas de control inalámbricos, es la línea de vista entre los nodos sensor y coordinador, a pesar de las cortas distancias de transmisión generadas; ya que

los posibles obstáculos generaban alteraciones en las señales transmitidas y por tanto errores en la lectura de las mediciones obtenidas; por tanto al tener una línea vista la transmisión se puede garantizar una comunicación eficaz y estable [9].

A su vez tenemos que un buen funcionamiento de la estrategia de control implementada permite mantener en niveles óptimos los valores de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero además que un buen funcionamiento de la estrategia de comunicación entre el sistema micro controlado y el servidor permite observar un correcto registro de los valores censados en la base de datos empleada [10].

Las pruebas que fueron realizadas entre ellas tenemos la prueba del sistema y la prueba de aceptación; como se describe las tecnologías emergentes que componen el sistema funcionaron conjuntamente. Los controladores y sensores se ajustaron a las necesidades requeridas, dado que se pudieron conectar a internet y permitieron capturar las variables ambientales [11].

El sistema de automatización de riego que se integró en el software que se denominó riego automático inteligente se subdividió en 3 partes: la entrada, el control y la salida. En la primera parte en base a la información meteorológica obtenida se determina la evapotranspiración; en la segunda parte de igual manera a partir de la información meteorológica de los cultivos y de los suelos se puede hacer un balance hídrico y en la tercera parte se subdividió en tres partes en una interfaz electrónica de comunicación que se vincula con una interface de potencia, y un módem celular. En forma conjunta se activan los dispositivos, que pueden ser electroválvulas, ventiladores calefactores entre otros. A través de este proceso se logró el encendido y apagado de un dispositivo por medio de teléfonos celulares, que a su vez facilita la automatización del riego a partir de variables del suelo, clima y cultivo. Con el fin de alcanzar una mayor eficiencia en la aplicación del limitado recurso hídrico [12].

Con respecto a la productividad del agua los resultados obtenidos fueron inversamente proporcionales a los rendimientos en producción. Es decir, la estrategia TDR presento una mayor productividad que la estrategia lisímetro; se considera que estas diferencias pudieron haberse dado debido a frecuencias de riego y a la cantidad de agua aplicada en cada uno de los eventos, ya que estos riegos se aplicaron en función a la respuesta de los dispositivos de control para determinar el momento oportuno y la cantidad de agua para cada una de las estrategias de riego [13].

El sistema monitorea constantemente la humedad del suelo, permitiendo activar el sistema de riego a través del sistema de control por histéresis, de esta forma los investigadores no necesitan regar las plántulas manualmente, lo que evita que la planta pase más tiempo de lo requerido sin agua, además de que automáticamente se le proporciona la cantidad de agua necesaria evitando desperdicios del recurso hídrico [14].

A través de diferentes pruebas del sistema de monitoreo, se pudo observar que una planta es variable con respecto a la temperatura del lugar donde se encuentra, dado que a mayor temperatura que hay en el ambiente el agua en el suelo se evapora más rápido provocando un incremento de la humedad en el ambiente por lo tanto la necesidad de riego de un periodo más corto de tiempo [15].

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Invernadero

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas [1].

Las ventajas del empleo de invernaderos son:

- Aumento en la calidad y el rendimiento.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

3.2.1.1 Tipos de invernaderos

Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atiende a 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) [1].

3.2.1.1.1 Invernaderos planos o tipo parral

El tema establece que este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal, como indica en la fig 3.1 [1].

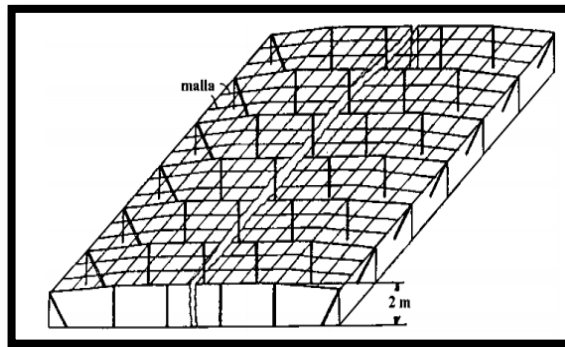


Figura 3.1: Invernadero plano o tipo parral

Fuente: [1]

3.2.1.1.1.1 Invernadero en raspa y amagado

En la figura 3.2 se puede observar el esquema de la estructura de un invernadero tipo raspa y amagado. La cubierta del invernadero queda formada, de abajo hacia arriba, por: alambre pórtico inferior, correa inferior, malla inferior, plástico, malla superior, correa superior y alambre pórtico superior [16].

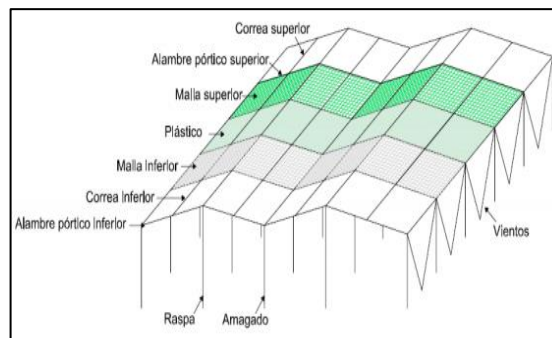


Figura 3.2: Invernadero tipo raspa

Fuente: [16]

Las correas superiores actúan como colectores de las acciones derivadas de la succión del viento sobre la lámina plástica. Su cometido es transmitir estas acciones a las correas y alambres pórtico inferiores. La malla superior está formada por un mallazo de alambre con un marco de separación de 30 cm normalmente en ambas direcciones [16].

3.2.1.1.1.3 Invernadero asimétrico

Difiere del 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. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol. 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° pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulo comprendidos entre los 7 y 9° en la cara sur y entre los 15 y 23° en la cara norte [17].

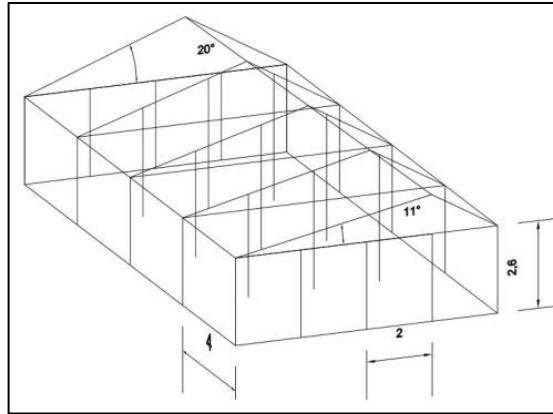


Figura 3.3: Invernadero Asimétrico

Fuente: [18]

3.2.1.1.4 Invernaderos de capilla

Se caracteriza por disponer de una techumbre formando uno o dos planos inclinados. Suelen tener una anchura de $12-16$ m, y una altura a cumbre entre $3,25$ y 4 m (fig. 3.4) [19].

Ventajas:

- Fácil construcción y conservación.
- Apto para colocar todo tipo de plásticos en la cubierta.
- Fácil instalación de ventanas cenitales para su ventilación.
- Grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.
- Permite la unión de varias naves en batería (multicapilla).
- Posibilidad de utilizar materiales rígidos.
- Mejor aprovechamiento del espacio.
- Mayor volumen en relación a túneles.

Inconvenientes:

- Elevado coste económico.



Figura 3.4: Invernadero tipo capilla

Fuente: [19]

3.2.1.1.5 Invernaderos de doble capilla

Son estructuras de sencilla construcción semejante a un galpón con techo a dos aguas. Tienen mayor o menor resistencia y durabilidad según los materiales utilizados en su construcción.

Son estructuras recomendadas para zonas con altas precipitaciones por la forma del techo. El ángulo del techo es variable: entre 15 ° y 35 ° según la pluviometría y la insolación, ésta zona no debe ser menor a 25 ° para evitar problemas con la lluvia (por la formación de bolsas de agua) y la condensación de vapor de agua en el interior (por la proliferación de enfermedades).

Uno de los techos puede ser asimétricos con la parte más larga del norte.

Se trata de una de las estructuras más antiguas, empleadas en el forzado de cultivos. Para la preparación del terreno, con la ayuda de un machete y una pala se eliminará el material vegetal y demás residuos para dejar el suelo sin ningún impedimento físico que intervenga en la colocación del sistema.

La ventilación puede ser por los laterales y por los frentes, cuando se hacen por unidades sueltas no hay problemas, cuando hay varios juntos entre sí, por este problema se construyen un poco más alto para que tengan menor variabilidad térmica y mayor volumen de aire, imprescindible para cultivos de alto porte (que poseen alta tasa respiratoria). Esta elevación encarece el costo de los postes requeridos [20].



Figura 3.5: Invernadero doble capillas

Fuente: [20]

3.2.1.1.6 Invernadero túnel o semicilíndrico

Son estructuras pequeñas construidas con arcos sobre los que se colocan cubiertas de plástico. Por sus reducidas dimensiones no es posible que las personas trabajen en su interior por lo que las labores se realizan desde el exterior de las mismas.

La función de los túneles es minimizar los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas, sin recurrir a estructuras costosas. En algunos cultivos su empleo se limita a la primera parte del ciclo, por ejemplo, en la producción de plántula y en algunos sistemas de producción de hortalizas donde en la primera fase se emplean mini invernaderos con acolchado y riego por goteo. Se les emplea para proteger los cultivos y acortar el ciclo productivo al lograrse mayor precocidad [21].



Figura 3.6: Invernadero túnel o semicilíndrico

Fuente: [21]

3.2.2 Humedad de un invernadero

La humedad es uno de los factores que influyen en el cultivo bajo invernadero; el aire del invernadero es enriquecido con el vapor del agua debido a la evaporación que existe desde el suelo y por la transpiración de las plantas [16].

La humedad de la mayoría de las plantas prefiere una humedad relativa que varíen entre el 45 % y el 60 %; cuando existen humedades altas favorecen la transmisión de enfermedades en cambio los efectos de tener humedades bajas podrían secar la planta [17].

Para poder evitar que exista humedad excesiva se debe regar a una hora temprana por el día y solo cuando sea necesario, asegurándose de que se cuente con una buena ventilación en el invernadero; si el grado de humedad es demasiado bajo se lo puede elevar mojando el suelo o vaporizando las plantas de una manera periódica [18].

3.2.2.1 Medidas para un régimen de Humedad Óptimo

3.2.2.1.1 Mantener la humedad en el Invernadero

Con una buena cobertura del cultivo, instalando pantallas y láminas, es posible mantener una mayor humedad en el invernadero. Disminuir la ventilación y la velocidad del barlovento también puede ayudar a conseguirlo. Existe un fenómeno físico importante que consiste en que el aire húmedo tiene un contenido de energía más alto que el aire seco. Con una humedad mayor existente en el invernadero se puede conseguir la misma bajada de temperatura en menos tiempo que con el aire seco.

3.2.2.1.2 El uso de humidificación del cultivo o del aire

Si la humedad del invernadero disminuye, es posible trabajar con sistemas de humidificación del aire para incrementar la humedad y reducir la temperatura del invernadero. Existen por así decirlo, dos posibilidades: humidificación del cultivo y la humidificación del aire.

- Humidificación del cultivo: Se produce un enfriamiento directo de la planta, ya que el agua de la planta se evapora.
- Humidificación del aire: Se introduce en el invernadero gotitas a presión en forma de neblina.

Para permitir que el agua se evapore, la energía se extrae de la atmosfera. Esto hace que la temperatura del aire del invernadero baje y que este se humedezca.

Existen tres sistemas de humidificación:

- Humidificación del cultivo mediante baja presión/humidificación por goteo.
- Humidificación del aire mediante baja presión/sistema de neblina.
- Humidificación del aire mediante alta presión/sistema de pulverización.

Este sistema puede utilizarse en países con altas temperaturas y poca humedad del aire. Con este sistema, así como mediante la humidificación del aire exterior, el invernadero también se enfría.

3.2.2.1.3 Mejorar el microclima

Para mejorar el microclima puede conseguir una condensación adicional en el cultivo manteniendo una buena cobertura. Además, el microclima también puede mejorarse mediante la irrigación. Un sistema de riego por goteo es una mejor opción para humedecer la capa superior del sustrato que una tubería de riego. Especialmente en el caso de los países con climas más cálidos, donde es necesario tener un sistema de riego por goteo para mejorar el microclima.

Humedeciendo la capa superior del sustrato, el agua del sustrato se puede evaporar mejor, lo cual mejora el microclima. Regando más a menudo y en menores cantidades, el microclima alrededor de la planta se mantendrá más húmedo durante el día. En otros países, las plantas o los pasillos en ocasiones se riegan a mano.

3.2.2.1.4 Reducir la Radiación

Si después de recurrir a todas las opciones disponibles la humedad en el invernadero sigue siendo demasiado baja, es mejor optar por reducir la radiación, el calor de la planta se reduce principalmente minimizando la radiación, esto se puede conseguir instalando más pantallas o encalando la cubierta del invernadero. En los días de mayor radiación, puede instalar pantallas adicionales.

Sobre todo, al mediodía, la cantidad de luz puede descender por debajo del nivel óptimo, Si esto mantiene las estomas abiertas, el rendimiento final será mejor [19].

3.2.3 La Automatización

Define la automatización como el conjunto de métodos y procedimientos para la substitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original

se desprende el esclarecimiento de la automatización como la aplicación al control de procesos industriales.

En la actualidad la automatización es de gran ayuda en las pequeñas o grandes industrias produciendo grandes avances en el campo de la industria dándole las facilidades a empresas u organizaciones en el cumplimiento de diversas tareas permitiendo que sus producciones sean más eficientes y competitivas dentro del mercado [3].

3.2.4 Procesos de automatización

Los procesos de automatización se refieren a la sustitución de tareas tradicionalmente manuales por las mismas realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier otro tipo de automatismo [3]

3.2.5 Parte Operativa

Son los elementos (motores eléctricos, hidráulicos, neumáticos, electroválvulas, sensores de humedad, entre otros) que actúan de manera directa sobre la máquina haciendo que se mueva o realice una acción determinada. [3].

3.2.6 Parte De Mando

Es un autómata programable que ordena o controla las tareas de la parte operativa, siendo capaz de comunicarse con todos los elementos de los que está formado el sistema automatizado [3].

3.2.7 Sistemas de control

Un sistema de control es un proceso productivo para la implementación de sistemas de automatización la cual genera varias ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico frente al control manual de un proceso, que se hacen posibles mediante la introducción de sistemas de control.

De los diferentes tipos de sistemas de control se podría destacar; el control ON/OFF, el control proporcional-derivativo, el proporcional-integral y el Proporcional-Integral-Derivativo (PID), cada uno de ellos denominado así por las constantes de proporcionalidad que afecta de una cierta forma a una señal de entrada para entregar una señal de salida [4].

3.2.8 Sensores y Actuadores

Se entiende por sensores a todos aquellos elementos que envían información de cómo se encuentra el automatismo o sobre los que podemos actuar, por ejemplo, pulsadores, finales de carrera, sensores [4].

Por otra parte, los actuadores son dispositivos mecánicos cuya función es proporcionar fuerza para mover otro elemento mecánico. La fuerza que acciona al actuador puede provenir de presión neumática (actuadores neumáticos), de presión hidráulica (actuadores hidráulicos), y de fuerza eléctrica (actuadores electromecánicos) [4].

Los actuadores Serán los elementos finales de un automatismo: son los encargados de realizar las funciones de automatización: motores, cilindros neumáticos, resistencias, calefactores, etc., o incluso, lámparas de señalización [4].

3.2.9 El sistema domótico está compuesto por tres elementos principales:

3.2.9.1 Sensores: Captan cualquier tipo de cambio físico en el interior de una vivienda y transmiten la información a la unidad de control para que actúe al modo de trabajo que se ha establecido [5].

3.2.9.2 Actuadores: Son aparatos que actúan con la unidad de control, transforma aquellos datos como:(subir persianas, realizar una llamada) [5].

3.2.9.3 Unidad de control: Componente principal del sistema, es la parte encargada de gestionar la información y enviar los datos necesarios hacia el actuador para resolver los problemas. Tiene las interfaces necesarias para presentar la información por (pantalla y monitor) [5].

3.2.10 Electroválvulas

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas como son elementos mixtos, fig. 3.7, esto es, mediante una señal eléctrica exterior efectúan las funciones propias de las válvulas distribuidoras neumáticas.

La parte fundamental de la electroválvula es el electroimán, capaz de mover directamente el distribuidor.

Una electroválvula de mando indirecto funciona de la siguiente forma:

Cuando la bobina está bajo tensión, el núcleo es atraído, venciendo el esfuerzo del muelle. En este momento, el conducto de alimentación neumático (P) puede alimentar el elemento neumático (A) porque los pequeños émbolos distribuidores, pilotados a través del conducto derivación de P, cierran la utilización (B) y abren la (A), respectivamente. Al cesar la tensión, el muelle devuelve al núcleo a su posición de reposo, se purgan los émbolos por la salida superior y el orificio (A) es puesto a escape (R) mientras (8) es alimentado [6].



Figura 3.7: Electroválvula

Fuente: [6]

3.2.11 Bomba de Riego

Las bombas de riego son herramientas que se encargan de suministrar el caudal necesario para realizar el riego de nuestros cultivos. Una de las características más interesante es que nos permite determinar con mucha precisión la presión a cuál queremos que lo haga circular por lo que el control es casi total.

Dependiendo de la fuente de energía que se vaya a usar se las puede clasificar en motobombas y electrobombas; siendo las electrobombas las de mayor preferencia debido a que son más económicas.

En base a la altura de aspiración podemos encontrar bombas sumergibles que se usan en embalses y las no sumergibles que se las puede instalar en la superficie del terreno donde la altura de aspiración es baja o casi no existe. [20].



Figura 3.8: Bomba de agua de 1HP

Fuente: [21]

3.2.12 Breaker o Interruptor Automático

Es un mecanismo encargado de proteger a la instalación y al motor contra sobrecargas y cortocircuitos que tiene la capacidad de actuar cuando se detecta una falla sin dañarse lo cual permite inmediatamente su restablecimiento.



Figura 3.9: Interruptor automático de 1 polo

Fuente: [22]

3.2.13 Contactor

Es un mecanismo encargado de cerrar los contactos para poder permitir la circulación de la corriente a través de ellos, esto se produce cuando la bobina del Contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como un electroimán.



Figura 3.10: Contactor GM32

Fuente: [23]

3.2.14 Relé Térmico

Es un mecanismo encargado de la protección de las bombas; la misión del relé térmico es la de desconectar el circuito cuando la intensidad que sea consumida por las bombas excede durante un tiempo corto a la permitida por este evitando así que el bobinado se quemé.



Figura 3.11: Contactor GM32

Fuente: [24]

3.2.15 Sensor de Humedad

Son dispositivos empleados en sistemas de riego automáticos debido a que permite controlar desde el sistema la humedad del suelo permitiendo establecer el momento exacto en que el cultivo necesite agua, y a su vez permite que los niveles de agua excedan sobre el cultivo.

Los sensores de humedad constan de un par de electrodos de alta resistencia a la corrosión que se encuentran colocados en una matriz granular.

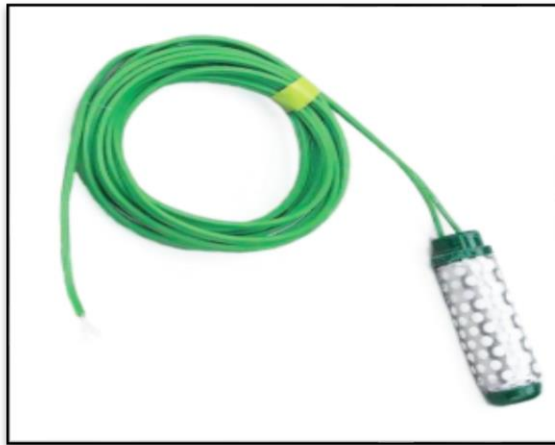


Figura 3.12: Sensor de humedad MD510SM Watermark

Fuente: [25]

3.2.16 Luces Pilotos

Son dispositivos ópticos de baja potencia que tienen como objetivo indicar al operador que se tiene en funcionamiento un equipo ya sea bomba y falla o que este apagado un equipo.



Figura 3.13: Luces piloto

Fuente: [26]

3.2.17 Transformador (24 AC)

Son dispositivos eléctricos encargados de aumentar o disminuir el voltaje en un circuito de corriente alterna por medio de un campo magnético manteniendo así la potencia. Está constituido por dos bobinas con distintas vueltas sobre un núcleo cerrado, estas bobinas están acopladas por un material ferromagnético para así poder disminuir las pérdidas que puede existir en el transformador.

En cuanto al funcionamiento se rige al principio de inducción electromagnética el cual se aplica tensión de C.A. al devanado primario lo que este causa un campo magnético el cual se traslada a través del material ferromagnético al devanado secundario.

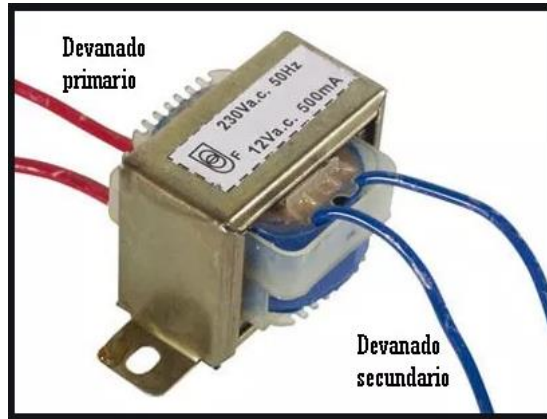


Figura 3.14: Transformador

Fuente: [27]

3.2.18 Paro de Emergencia

Son dispositivos que tienen como función esencial de interrumpir en caso de que exista peligro el funcionamiento de la maquina lo más rápido posible. Se instalará en las maquinas previéndose para este fin dos posibilidades:

- Un interruptor accionado manual o eléctricamente, situado en la línea de alimentación de la máquina.
- Un auxiliar de mando dispuesto en el circuito auxiliar de modo que, al ser accionado, todos los circuitos que pueden originar peligro queden desconectados.

El paro de emergencia debe cumplir las siguientes características:

- Ser visible y fácilmente accesible
- Ser capaz de cortar la corriente máxima del motor de mayor potencia
- Podrá ser accionado manualmente y será enclavable en la posición de abierto

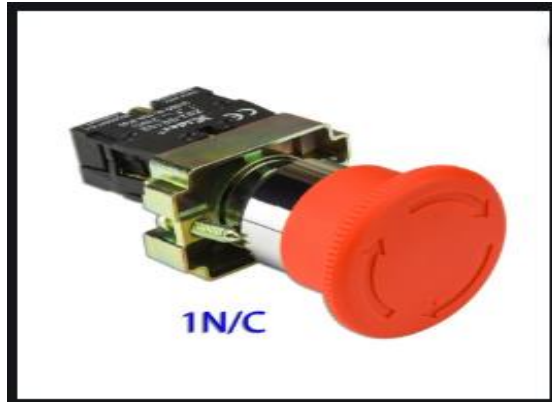


Figura 3.15: Pulsador paro de emergencia

Fuente: [28]

3.2.19 Fuente de Alimentación

Son dispositivos que gracias a la forma de su carcasa de forma escalonada son especialmente idóneos para la instalación en pequeñas cajas de distribución eléctrica. Esta fuente es idónea para alimentar a una pantalla touch; Tienen un rango de temperatura extendido de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, permiten ampliar el campo de aplicación.

Características esenciales del producto:

- 24 V DC / 0,6 A; 1,3 A; 2,5 A y 4,0 A.
- Flexibilidad de montaje: fijación sobre perfil DIN o pared en diversas posiciones.
- Gran eficiencia energética: hasta un 90 % de rendimiento en todo el rango de carga, así como pérdidas en vacío inferiores a 0,3 W.
- Monitor de intensidad integrado: permite medir la intensidad de salida actual directamente en la fuente.



Figura 3.16: Fuente de alimentación

Fuente: [29]

3.2.20 Sistemas de Riego.

El sistema de riego Permite aportar el agua de manera localizada justo al pie de cada planta. Dicha función es realizada por los goteros o emisores.

Un sistema de riego se denomina al conjunto de elementos físicos que hace posible que un área determinada pueda ser cultivada con la aplicación de agua necesaria para las plantas. En la actualidad existen diferentes métodos para el riego de cultivos, las cuales pueden variar en costo, eficiencia o facilidades en uso, pero todos tienen la misma finalidad [7].

3.2.20.1 Tipo de sistema de riego.

Estos tipos de riego son uno de los más antiguos y baratos hasta la actualidad, aunque este sistema genera un gasto descontrolado e innecesario de tiempo y agua porque no existe una igualdad debido a que en algunos sitios puede caer más agua que en otros, pero se lo sigue utilizando en diferentes lugares donde se encuentre cualquier tipo de plantaciones [7].

3.2.20.1.1 Riego por cinta de goteo

Este sistema de riego el agua es aplicada mediante gotas de manera uniforme y constante, ocasionando que el suelo se humedezca para que el cultivo lo absorba y obtenga los nutrientes necesarios para su desarrollo fig 3.17. Pero este tipo de método necesita riegos continuos en intervalos de tiempo [7].



Figura 3.17: Riego por cinta de goteo

Fuente: [7]

3.2.20.1.2 Riego por nebulización

En este sistema los emisores expulsan agua en forma de neblina sobre los cultivos que además de suministrar agua o fertilizante, contribuye a disminuir temperatura y elevar el nivel de humedad relativa. Además, proporciona un riego uniforme y el tamaño de la gota no ocasiona ningún daño a los cultivos y no compacta el sustrato. este sistema de riego es ideal para: forraje verde hidropónico, germinación de semillas, producción de estacas o esquejes y producción de hongos. están diseñados para brindar una amplia gama de caudales y diámetros de mojados, brindando un riego eficiente en todas las fases de crecimiento de tus plantas y para ahorrar agua y fertilizantes [30].

Se cuenta con distintos tipos de nebulizadores, de una a cuatro cabezas, que sirven para regar o aumentar la humedad ambiental. están fabricadas con materiales durables y resistentes a la mayoría de las sustancias químicas y abonos. se pueden emplear en el riego y la fertirrigación sin problema; incluso su instalación es muy sencilla y son fáciles de identificar porque cada diámetro de boquilla tiene un color específico y determina el gasto en litros por hora. todas estas piezas te ayudarán a tener un sistema único, de fácil instalación y hecho a la medida de tu cultivo, para que no tengas que sufrir adaptando tu cultivo a un sistema de riego específico [30].



Figura 3.18: Riego por nebulización

Fuente: [30]

3.2.21 Tubería para la distribución del sistema de riego

Las tuberías son elementos que se encargan de la distribución del agua en todo el terreno que se requiera regar, la tubería para la distribución se puede clasificar en tubería principal, tubería

secundaria y tubería lateral además es necesario conocer el caudal y la presión para poder seleccionar el diámetro adecuado, se deben colocar enterradas a cierta profundidad para así poder evitar el deterioro [31].

3.2.21 Tubería Principal

Transporta el recurso hídrico desde la fuente hacia el interior del invernadero.

3.2.21.2 Tubería Secundaria

Es aquella que transporta el agua desde la tubería principal hacia las diferentes subdivisiones.

3.2.21.3 Tubería lateral

Es aquella en la cual se conecta los goteros para el posterior regadío.

3.2.22 Ingeniería de Software

La ingeniería de software es el establecimiento y uso de principios fundamentales de la ingeniería con objeto de desarrollar en forma económica software que sea confiable y que trabaje con eficiencia en máquinas reales [8].

3.2.22.1 Paradigma del Software

La ingeniería de software surge de la ingeniería de sistemas y de hardware. Abarca un conjunto de tres elementos que facilitan el control sobre el proceso de desarrollo de software y suministran las bases para construir software de calidad de una forma productiva:

- Métodos
- Herramientas

3.2.22.2 Métodos

Métodos que indican cómo construir el software técnicamente e incluyen un amplio espectro de métodos para la planificación, la estimación, el análisis, el diseño, codificación, prueba y mantenimiento [8].

3.2.22.3 Herramientas

Herramientas automáticas y semiautomáticas que apoyan a la aplicación de los métodos. Cuando se integran las herramientas de forma que la información creada por una herramienta

puede ser usada por otra, se establece un sistema para el soporte del desarrollo de software, llamado Ingeniería de Software Asistida por Computadora [9].

3.2.23 Sistema Micro controlador

Un micro controlador (Microcontroller) es un circuito integrado digital monolítico que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable de arquitectura Harvard o Princeton (Von Newnan) [10].

Por su pequeño tamaño, los microcontroladores permiten empotrar un procesador programable en muchos productos industriales. Su coste reducido y su consumo de energía y velocidad adaptables, resultan apropiados para numerosas aplicaciones. Además, poseen mecanismos de seguridad de funcionamiento (Safety) y proporcionan protección del equipo electrónico contra copias y modificaciones del programa no autorizadas (Security) [10].

3.2.24 PLC (Controlador Lógico Programable)

Es un Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos [14].

El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias, así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto [14].



Figura 3.19: PLC AC/DC/RELAY CPU 1212C AC 24VAC

Fuente: [32]

3.2.24.1 Tipos de PLC

Considera que, debido a la gran variedad de tipos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en el número de E/S, en su tamaño de memoria, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías:

- PLC compactos
- PLC modular
- PLC de tipo montaje en rack
- PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC)

3.2.24.2 PLC compactos

Son aquellos que incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. A menudo existe un número fijo de E/S's digitales (no mayor a 30), una o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI. Además, puede haber una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/S's analógicas. Para aumentar el número de las E/S's de una PLC compacta individual se incrementa (además) los módulos que pueden ser conectados. Estos se colocan en un paquete, similar al del mismo PLC. Estos PLC's de tipo compacto se utilizan en automoción como substitutos de los relés [14].

3.2.24.3 PLC modular

El tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con una forma especial y que se comunica con la CPU a través de un sistema bus. Tiene un número limitado de lugares para los módulos, pero en la mayoría de los casos, este puede aumentarse. Además, los PLC modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea. Normalmente se utilizan para el control, regulación, posicionamiento, procesamiento de datos, manipulación, comunicación, monitorización, servicios-web [14].

3.2.24.4 PLC de tipo montaje en rack

Son aquellos que prácticamente tienen las mismas capacidades y funciones que el PLC modular. Sin embargo, existen algunas diferencias en el bus o en el rack dónde se colocan los módulos del PLC. El rack contiene ranuras para los módulos y un sistema de bus integrado para

intercambiar información entre los diferentes módulos. La mayoría de los módulos PLC no tienen sus propias cajas, disponen solamente de un panel frontal con una interfaz-HIM. La ventaja principal es que pueden permitir un intercambio más rápido de los datos entre los módulos y el tiempo de reacción por parte de los módulos es menor.

3.2.24.5 PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC)

El PLC posee una interfaz HMI para su funcionamiento y una monitorización de los procesos automáticos y las máquinas. La HMI consiste principalmente en un monitor y un teclado o una pantalla táctil. El monitor puede ser bien de tipo texto o gráfico. La ventaja principal de este sistema respecto a un PLC con un panel operador aparte es que no es necesario programar el panel de forma separada. Toda la programación se realiza por medio de una herramienta software, lo que permite economizar los gastos del desarrollo del sistema [14].

3.2.25 PANTALLA SIMATIC HMI KTP 400

Los Basic Panels o KTP400 tiene funciones HMI básicas para máquinas y aplicaciones pequeñas. Esta familia comprende paneles con pantalla panorámica de alta resolución de 4", 7", 9" y 12" y manejo combinado con teclas y superficie táctil. Se puede elegir variantes para la conexión a PROFINET/Ethernet o variantes para PROFIBUS DP/MPI. Paralelamente a los Basic Panels de 2^{da} generación se siguen ofertando los dispositivos de 1^{ra} generación [33].

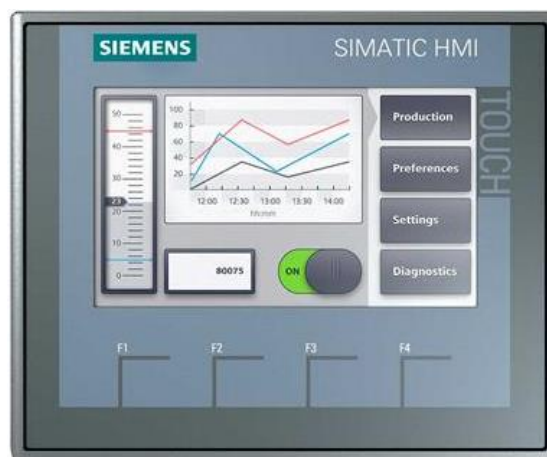


Figura 3.20: PANTALLA SIMATIC HMI KTP400

Fuente: [34]

3.3 HIPÓTESIS

¿La implementación del módulo de control de humedad en el invernadero #2 del campo experimental “Salache” permitirá el control durante el proceso de producción para garantizar los niveles de humedad requerida por los cultivos?

3.3.1 Comprobación de la hipótesis

Para la comprobación de la Hipótesis General se realizó el sistema de Control de humedad de los cultivos del invernadero, el cual se encuentra ya instalado en el “Centro Experimental Salache”.

La implementación del sistema de control de humedad de los cultivos del invernadero #2, sí permitirá el control durante el proceso de producción para garantizar los niveles de humedad requerida por los cultivos.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 METODOLOGÍA

4.1.1 Variables Independientes: Implementación del módulo de Control

Tabla 4.1: Variables independientes

Conceptualización	Magnitud	Unidades	Técnicas de instrumentos
Se puede utilizar para supervisar un circuito de dispositivos de entradas y activar los equipos de notificación	Tensión Intensidad Caudal	Voltios Amperios Volumen	Voltímetro Cálculos matemáticos

4.1.2 Variable Dependiente: Humedad

Tabla 4.2: Variable Dependiente

Conceptualización	Magnitud	Unidades	Técnicas de instrumentos
Se define como la cantidad de gramo de agua que puede existir en un litro de aire	Humedad Relativa	Hr	Psicrómetros Higrómetros mecánicos -Higrómetros electrónicos

4.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La metodología que será utilizada en la propuesta tecnológica a realizarse en el invernadero del “Centro Experimental Salache” de la universidad técnica de Cotopaxi son: observación, exploratorio, descriptiva y analítico.

4.2.1 Exploratorio

Mediante este método se puede realizar una visita general del lugar donde se plantea implementar la propuesta tecnológica de esta manera se pudo constatar las dimensiones que posee cada una de las cuatro secciones del invernadero, también se pudo verificar el lugar donde se ubicaran los diferentes equipos eléctricos y electrónicos a utilizarse, tomando como resultado los problemas a ser resueltos con la implementación del proyecto.

4.2.2 Descriptiva

Luego de realizar la exploración y de la obtención de los datos técnicos requeridos con los respectivos dimensionamientos de los materiales, se procede a la elección de la bomba de agua, de las electroválvulas, sensores y el tanque de almacenamiento y la verificación y su procedimiento de adaptación y conexión a realizarse, tomando en cuenta el área del invernadero de estudio.

4.2.3 Método Analítico

Mediante la aplicación de este método logramos separar estructuralmente todas y cada una de las partes de los componentes y por el cual pudimos analizarlo con más profundidad y detallar los subcomponentes, conceptos y criterios sin dejar dudas de temas secundarios.

4.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.3.1 Lectura Comprensiva

La lectura comprensiva se va a encontrar en toda investigación ya que se necesitará analizar la información, adquirir conocimientos; para poder realizar una buena lectura comprensiva es necesario poner atención en todo momento ya que se necesita una alta concentración para poder deducir la solución más viable.

4.3.2 Observación

Por medio de esta metodología se logra una visión exhaustiva de cada uno de los datos obtenidos y de esa forma logra una buena tabulación de los resultados, los cuales logran determinar la factibilidad del uso de los dispositivos y accesorios utilizados para la obtención de un riego automatizado y controlado efectivamente, de esta manera se logra optimizar los recursos hídricos.

4.3.3 Modelamiento

Esta técnica se la va a emplear en la construcción del sistema automatizado para el control y monitoreo de la humedad, a través de ello se podrá observar el cumplimiento de todos los requisitos y el correcto funcionamiento de los equipos.

4.4 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

4.4.1 Sensor de humedad MD510SM Watermark

El sensor de humedad del suelo Watermark mide la tensión del agua en el suelo. Es un sensor robusto y fiable, fabricado con materiales no corrosivos, que le permite durar varios años enterrado en el suelo sin mantenimiento. El sensor Watermark consiste en dos electrodos concéntricos rodeados de una matriz de referencia de material especial mantenida por una membrana sintética. El material de la matriz ha sido seleccionado para reflejar el máximo cambio de resistencia eléctrica en el rango de producción del cultivo y, al mismo tiempo,

neutralizar los efectos de la salinidad del suelo. En funcionamiento, la humedad del suelo es constantemente absorbida y liberada cambiando la resistencia eléctrica entre los electrodos, esta resistencia es medida por el registrador o lector de datos [35].

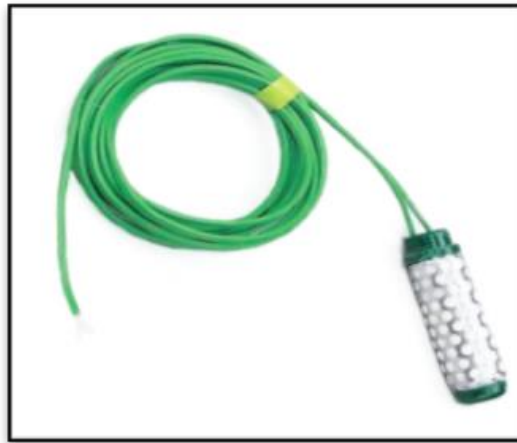


Figura 4.1: Sensor de humedad MD510SM Watermark

Fuente: [25]

Tabla 4.3: Características del sensor de humedad MD510SM

Tamaño	2.2 cm de diámetro x 5 cm de largo
Principio de medición	Resistencia con bloque de Gypsum (tipo tensiómetro).
Rango de trabajo	10 a 200 kPa
Precisión	5%
Evaluación	Analógico
Cable	5 metros
Part.no. MD510SM	Sensor de humedad tipo Watermark con 5 metros de cable
Interfaz	Interfaz necesaria para conectar este sensor: iMetos:WM-BUS o WM-BUSINT

4.4.2 Manómetro

Los medidores de presión, también conocidos como manómetros, se usan para detectar e indicar la presión física de líquidos y gases. En la mayoría de los casos se mide la presión relativa, que es relativa a la presión atmosférica. También miden la presión absoluta, la presión diferencial y la depresión. Se suelen usar manómetros de líquido, como, por ejemplo, manómetros en U, manómetros con tubo inclinado y manómetros de toro oscilante. También se usan otros manómetros como, por ejemplo, los manómetros de Bourdon, manómetros de placa flexible y manómetros de cápsula.

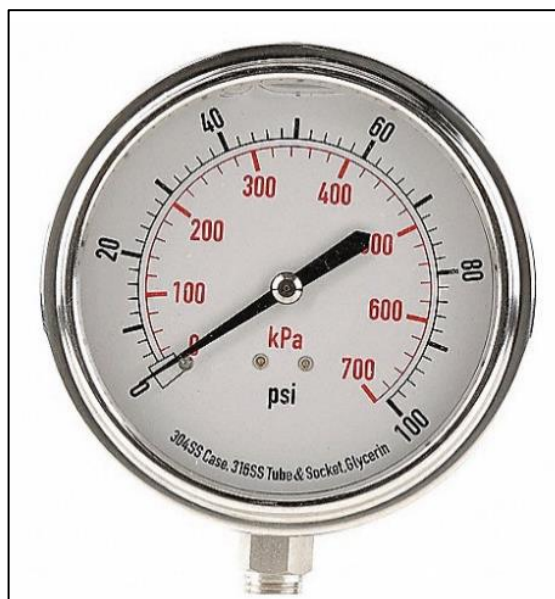


Figura 4.2: Manómetro

Fuente: [35]

4.4.3 TIA PORTAL

Software de ingeniería que permite manejar y configurar los procesos que deseemos automatizar, robusto, confiable y eficiente, su programación es basada en lenguaje KOP (Lenguaje de escaleras) y FUP (lenguaje por funciones), convirtiéndolo en uno de los softwares mayormente utilizados en el ámbito industrial.

El TIA PORTAL es uno de los mejores softwares para realizar los procesos de automatización requeridos, y para el presente proyecto se utilizó su última versión, la V14.

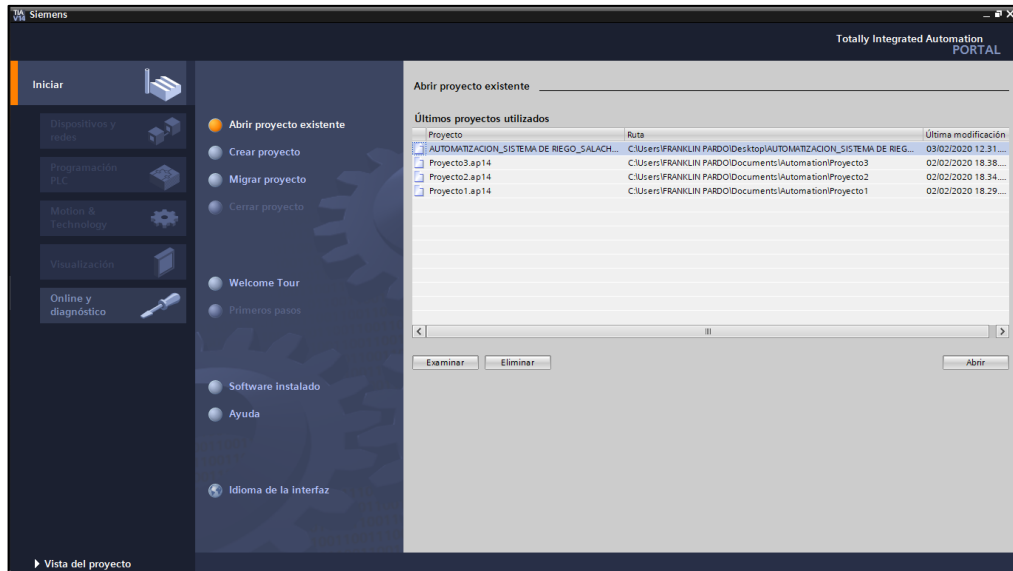


Figura 4.3: Portada de TIA PORTAL

En la presente propuesta se utilizó el lenguaje de escaleras para el desarrollo del control de las electroválvulas, ya que al poder trabajar con gráficos parecidos a contactos abiertos y cerrados facilita la programación del proceso, además, cuenta con funciones adicionales tales como: contadores, temporizadores, comparadores, matemáticas, etc.

4.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para que el proyecto se diera de la mejor manera posible, se realizó un conjunto de actividades, las cuales se detallarán a continuación:

- Primero el sensor registra la humedad dentro del invernadero y la envía al PLC.
- Después tenemos 4 opciones, que, de acuerdo al usuario, podrá elegir cualquiera de las opciones a convenir.
- En la opción automática, se debe poner un rango, el cual crea conveniente el usuario.
- En la opción manual se podrá encender o apagar cualquiera de los elementos conectados a las salidas del PLC
- Luego tenemos la opción 4, en donde se puede observar una gráfica, la cual muestra cómo va cambiando la humedad a lo largo del tiempo.

4.5.1 Diagrama de Bloques

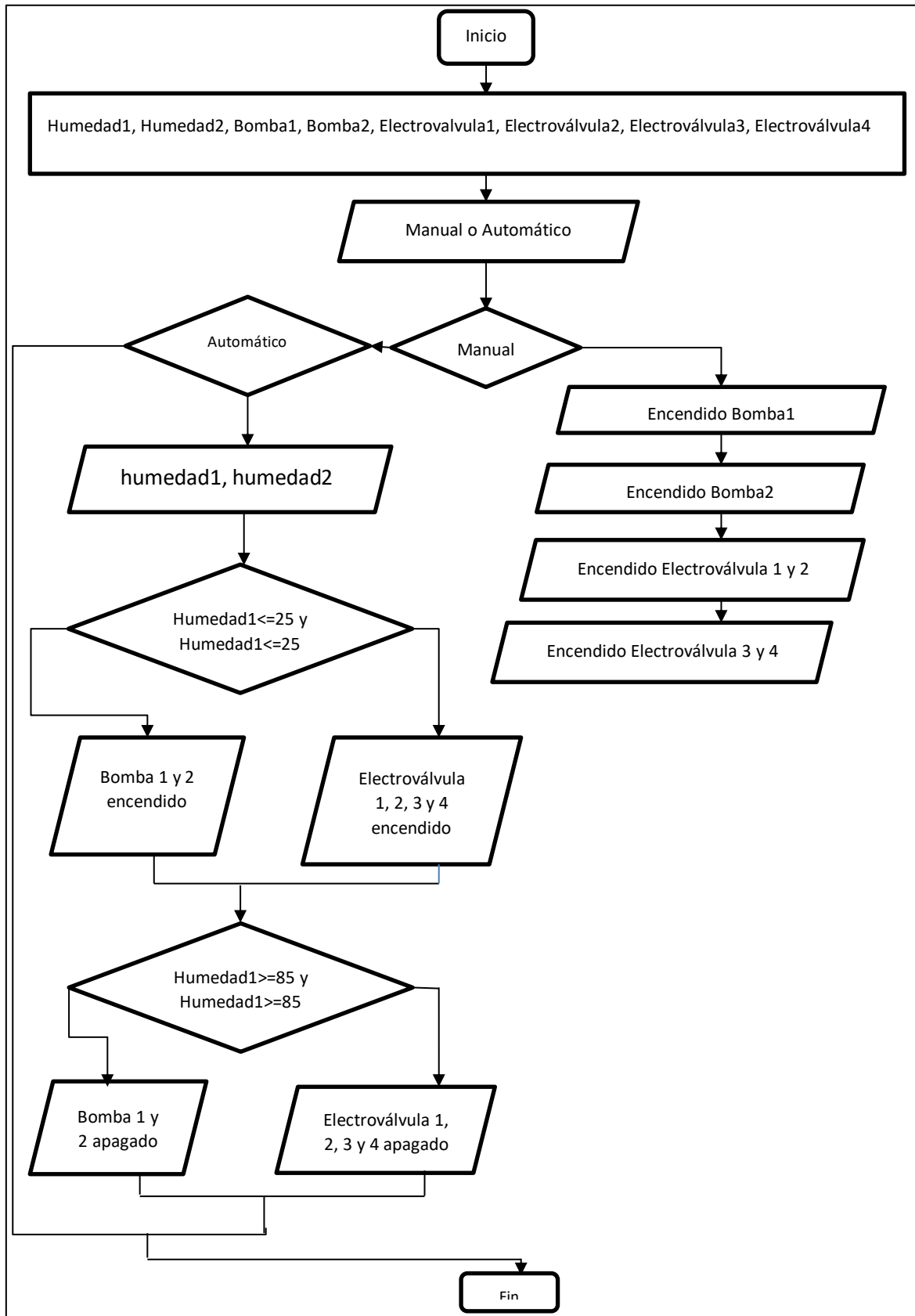


Figura 4.4: Diagrama de Bloques

Los requisitos tanto técnicos como los tecnológicos que se vertieron en el presente proyecto se usaron de acuerdo a las necesidades que se tuvieron dentro del invernadero, tanto la humedad como también los diferentes tipos de cultivos, ya que, dependiendo de eso, se tiene el tiempo de riego para obtener la humedad necesaria, y se detalla a continuación:

4.5.2 Rango de la humedad

Según lo realizado y conjuntamente con el asesoramiento técnico de varios expertos en la materia, se ha puesto en consideración que el porcentaje de humedad para el invernadero será del 85 % de humedad y que el 25 % es prácticamente nula la humedad.

El encendido de las bombas de agua junto con sus respectivas electroválvulas se realizará al 85 % de humedad puesto que es porcentaje adecuado para el correcto desarrollo de los cultivos.

Tal porcentaje tendrá un gran beneficio para todos los cultivos dentro del invernadero, por lo cual, la implementación del sistema de control de humedad es de mayor vitalidad ya que mediante este sistema se puede llegar a este valor siempre que se lo requiera para obtener los resultados esperados.

4.5.3 Nivel de agua

Ya que la humedad está estrechamente relacionada con la cantidad de riego dentro del invernadero, mientras mayor sea el tiempo de riego, mayor será la humedad y cada cultivo tiene diferentes necesidades de humedad.

A la fecha se sabe que el invernadero es regado por los estudiantes de la Carrera de Agronomía en los tiempos que ellos consideran pertinentes (cuando el suelo se ve relativamente seco) y que el tiempo de regado del suelo lo hacen en un estimado de 1 a 2 horas dependiendo el tipo de cultivo y no realizan el regado de los cultivos los fines de semana ya que los días hábiles para ellos solo son de lunes a viernes, por lo cual los fines de semana los cultivos se pueden encontrar tanto húmedos como secos porque no hay supervisión de alguna persona encargada. Mediante el presente proyecto se pretende disminuir el desperdicio de agua que se realiza en el momento de realizar la apertura de las válvulas manualmente, ya que gracias a la automatización de las bombas de agua se hace el debido uso del agua como también se obtiene la debida presión para los diferentes cultivos.

4.5.4 Niveles de presión

La presión es una parte muy importante para el presente proyecto, ya que en ciertos cultivos se tiene diferentes requerimientos de presión, una de ellas es por nebulización, el cual es un sistema que proporciona un riego uniforme y el tamaño de la gota no ocasiona ningún daño a los cultivos y no compacta el sustrato, siempre y cuando tengo la presión suficiente.

La presión requerida por el sistema de nebulización es de 40 PSI (medidos con el manómetro), los cuales, gracias a la ayuda de las 2 bombas de agua, se logró mantener estable para los cultivos.



Figura 4.5: Presión en la descarga de las bombas centrífugas

4.5.5 Sensor de humedad

Para el presente proyecto se utilizó se utilizó el sensor de humedad MD510SM Watermark, el cual es un sensor que realiza la medición de humedad entregando una señal de resistencia en los bornes de su respectivo cable. Este sensor cumplió con todas las expectativas que se tuvieron con tal precisión y seguridad, de tal manera que se obtuvo el correcto funcionamiento de todo el sistema.

4.5.6 Soterrado de las tuberías

Nuestro proyecto empieza con la excavación de la zanja junto con el soterrado de las tuberías que conectan las bombas de agua con los 2 tanques de reserva, estos tanques servirán como medio de reserva del agua, los cuales servirán para el abastecimiento del regadío de los cultivos.



Figura 4.6: Excavación de la zanja

El área que representa todo el invernadero es de 20x40 m, el cual contiene varios cultivos que tienen a su vez varios ramales, que deben ser correctamente suministrados con agua. Y que el sistema de control de humedad implementado cumplió con todas las expectativas y requerimientos.



Figura 4.7: Vista lateral del invernadero

4.5.7 Volumen de los tanques de agua

Los 2 tanques de agua que servirán de abastecimiento para el regadío del sistema son de 2500 litros cada uno y constan de las siguientes características:

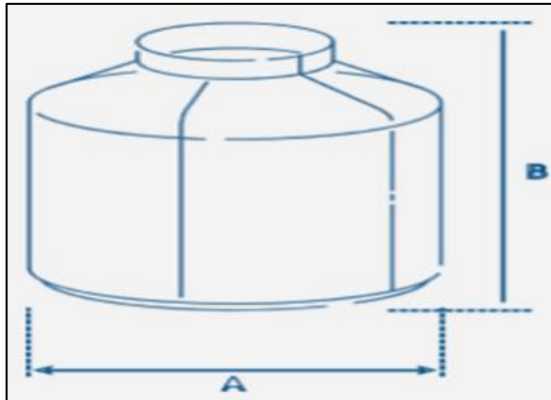


Figura 4.8: Tanque de agua

Tabla 4.4: Volumen del tanque de agua

Volumen	
A) Diámetro	1,55 metros
B) Altura	1,60 metros
Capacidad	2 500 litros



Figura 4.9: Tanque de agua tipo botella de 2 500 litros de capacidad

4.5.8 Presión del sistema de riego

Para la obtención de los valores de la presión dentro del sistema de riego, se realizó la instalación de 1 manómetro tanto en la entrada principal de agua como en la salida de las bombas de agua, la cual fue suficiente para el correcto funcionamiento del sistema en sí.

4.5.9 Dimensionamiento de las bombas de agua

Para obtener los valores necesarios para el dimensionamiento de las bombas de agua, se procedió con el siguiente cálculo:

4.5.10 Bomba de agua

Las bombas de agua utilizadas en este proyecto, tienen las siguientes características:

Tabla 4.5: Características de las bombas de agua

Bomba de agua de 1HP	
Potencia	1 HP
Litros por minuto	50
Succión máxima	8 metros
Voltaje	110 voltios
Caudal máximo	60 metros

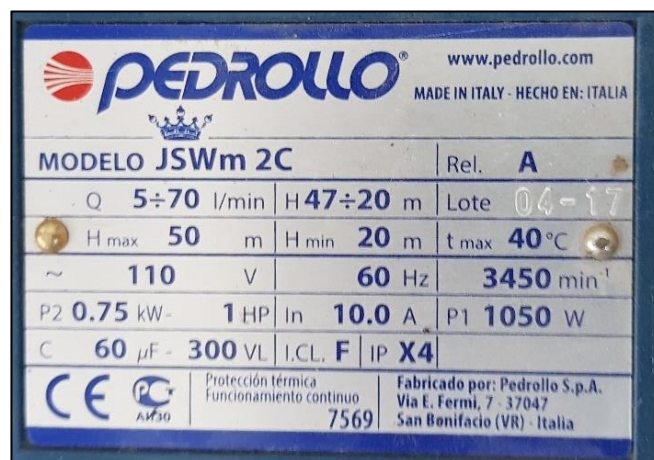


Figura 4.10: Datos de la placa de las bombas centrífugas

4.5.11 Selección del Breaker

Los interruptores termomagnéticos están diseñados para interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos.

Para la selección del Breaker utilizado en el proyecto, nos basamos en la siguiente tabla:

Tabla 4.6: Corriente de la Bomba de agua

CONSUMO DE AMPERAJE DE LA BOMBA DE AGUA (A CARGA TOTAL DE 60Hz)							
Monofásico			VDC				
HP	115 V	230 V	HP	120 V	240 V	HP	240 V
1/6	4,4	2,2					
¼	5,8	2,9	¼	2,9	1,5	15	55
1/3	7,2	3,6	1/3	3,6	1,8	20	72
½	9,8	4,9	½	5,2	2,6	25	89
¾	13,8	6,9	¾	7,4	3,7	30	106
1	16	8	1	9,4	4,7	40	140
1 ½	20	10	1 ½	13,2	6,6	50	173
2	24	12	2	17	8,5	60	206
3	34	17	3	25	12,5	75	225
5	56	28	5	40	20	100	341
7 ½	80	40	7 ½	58	29	125	425
10	100	50	10	76	38	150	506

4.5.12 Dimensionamiento del contactor

Ya que el contactor es uno de los elementos más importantes dentro del control de las bombas centrífugas, éste se debe dimensionar de la manera más adecuada.

Su misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos.

El contactor utilizado tiene las siguientes características:



Figura 4.11: Contactor

Fuente: [23]

Tabla 4.7: Características del contactor

Características del contactor monofásico	
Tensión nominal de la bobina	110 V
Corriente de carga inductiva	32 A
Corriente de carga resistiva	50 A
Montaje de Relé	Carril DIN
Número de polos	1

4.5.13 Selección del PLC

El PLC seleccionado para el proyecto fue el PLC S7-1200 CPU: 1212C, que tiene las siguientes características:

Tabla 4.8: Características del PLC AC/DC/RELAY CPU 1212C 24VAC

CARACTERÍSTICAS	CPU 1212C
E/S Integrada	8 ED/6SD
E/S Análogas integradas (0-10V)	2 EA
Expansión tarjeta señal (SB)	1
Expansión módulos de señal (SM)	2

Expansión módulos de comunicación (CM)	3
Memoria de programa / Datos	25 KB/1 KB
Expansión de memoria	24 MB
Tipo de ejecución CPU (bit de operación)	0.1 μ S
Contadores rápidos	3x100 kHz
1x30 kHz	-
3x30 kHz	-
Reloj tiempo real	Sí
Salida de pulsos	2x100 kHz
Interfaces de comunicación	1xEthernet
Grado de protección	IP20
Dimensiones AnxAixPr (mm)	90x100x75

Se utilizó este PLC puesto que contenía las características que necesitábamos, como el número de entradas analógicas y el número de salidas, entre otras más.

4.5.14 Dimensionamiento del Relé Térmico

Para la selección del relé térmico se debe multiplicar por un factor, el cual nos dice que la corriente necesaria para el arranque de un motor es 3 veces la corriente nominal, tenemos:

$$I_{\text{Relé térmico}} = 3xI_n \quad (4.1)$$

$$I_{\text{Relé térmico}} = 3x10A$$

$$I_{\text{Relé térmico}} = 30 A$$

Donde I_n es la corriente nominal y $I_{\text{Relé térmico}}$



Figura 4.12: Relé térmico

Fuente: [24]

4.5.15 Características de la pantalla HMI KTP400 4"

Tabla 4.9: Características de la pantalla HMI KTP400 4"

CARACTERÍSTICAS	PANTALLA HMI KTP400 4"
Pantalla	Pantalla TFT de 4,3" (Resolución de 480 x 272, 64.000 colores)
Tipo	Pantalla táctil con 4 teclas de función táctiles programables
Interfaz	1 interfaz Ethernet
Puertos	1 puerto USB
Dimensiones	141 x 116 x 41 mm (An x Pr x Al)
Tensión de alimentación	24 V DC

4.5.16 Acondicionamiento del sensor de humedad

Para realizar el acondicionamiento del sensor de humedad expuesto en el presente proyecto, se realizaron 3 etapas, las cuales serán expuestas a continuación:

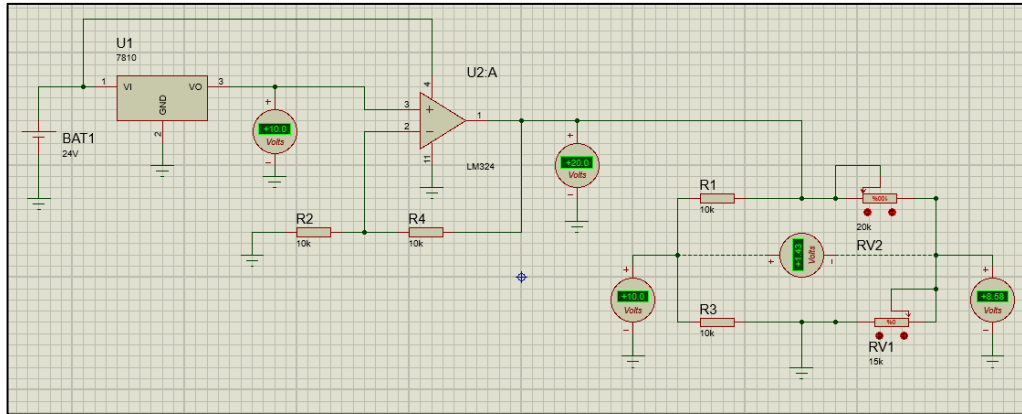


Figura 4.13: Esquema del acondicionamiento del sensor de humedad

4.5.16.1 Primera etapa

En la primera etapa se realizó la disminución de tensión de entrada de la fuente hacia el PLC. Ya que se requería obtener 10 voltios, tuvimos que hacer uso del regulador de voltaje LM7810, el cual nos permitió reducir inmediatamente los 24 voltios de la fuente de tensión a los 10 voltios que necesitábamos.

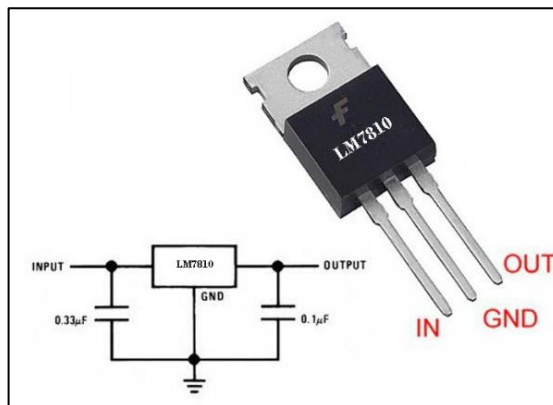


Figura 4.14: Regulador de voltaje LM7810

4.5.16.2 Segunda etapa

Para la segunda etapa se requería amplificar la tensión previamente obtenida en la primera etapa, para lo cual se hizo uso del amplificador operacional No Inversor. Este amplificador nos permitió poder aumentar los 10 voltios que tuvimos anteriormente, a 20 voltios, los cuales son requeridos para la siguiente etapa.

$$V_{out} = V_{in} * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad (4.2)$$

$$V_{out} = 10 V * \left(1 + \frac{10 k\Omega}{10 k\Omega}\right)$$

$$V_{out} = 20 V$$

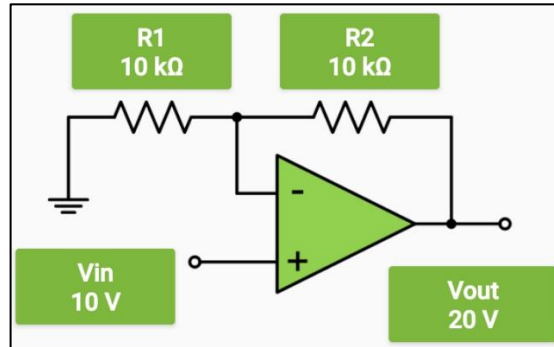


Figura 4.15: Amplificador No Inversor

4.5.16.3 Tercera etapa

Para la tercera etapa se realizó un puente de Wheatstone, el cual se trata de 2 divisores de voltaje separadas en 2 ramas.

Gracias a que el puente de Wheatstone se encuentra con 10 voltios en cada rama y en una rama se encuentra conectado nuestro sensor de humedad, permite que en el momento en que varíe la humedad, ésta pueda ser fácilmente medida a través del PLC.

$$V_G = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_X}{R_3 + R_X} \right) V_s \quad (4.2)$$

$$V_G = \left(\frac{20 k\Omega}{10 k\Omega + 20 k\Omega} - \frac{15 k\Omega}{10 k\Omega + 15 k\Omega} \right) 20 V$$

$$V_G = 0$$

Donde R_1 y R_2 son las resistencias ya conocidas y R_X es la resistencia variable.

De esta manera, al tener el mismo voltaje en cada rama, el voltaje final será 0, ya que se restarían. De lo contrario, si se tiene un voltaje de 10 V en una rama y 8 en otra rama se restarían quedando así 2 V.

$$V_G = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_X}{R_3 + R_X} \right) V_s$$

$$V_G = \left(\frac{20 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 20 \text{ k}\Omega} - \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} \right) 20 \text{ V}$$

$$V_G = 3,333 \text{ V}$$

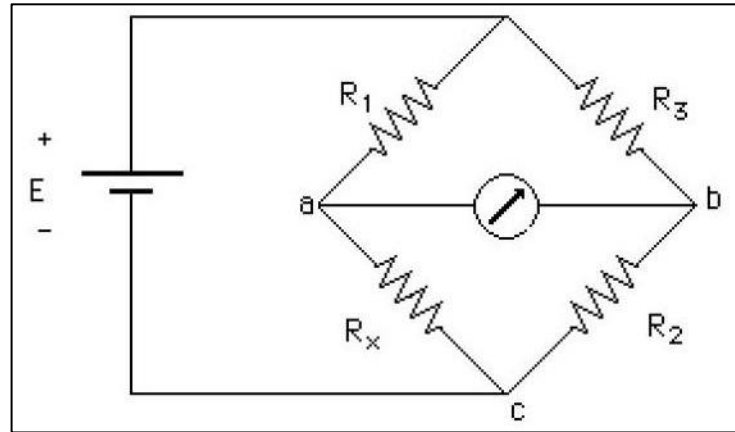


Figura 4.16: Puente de Wheatstone

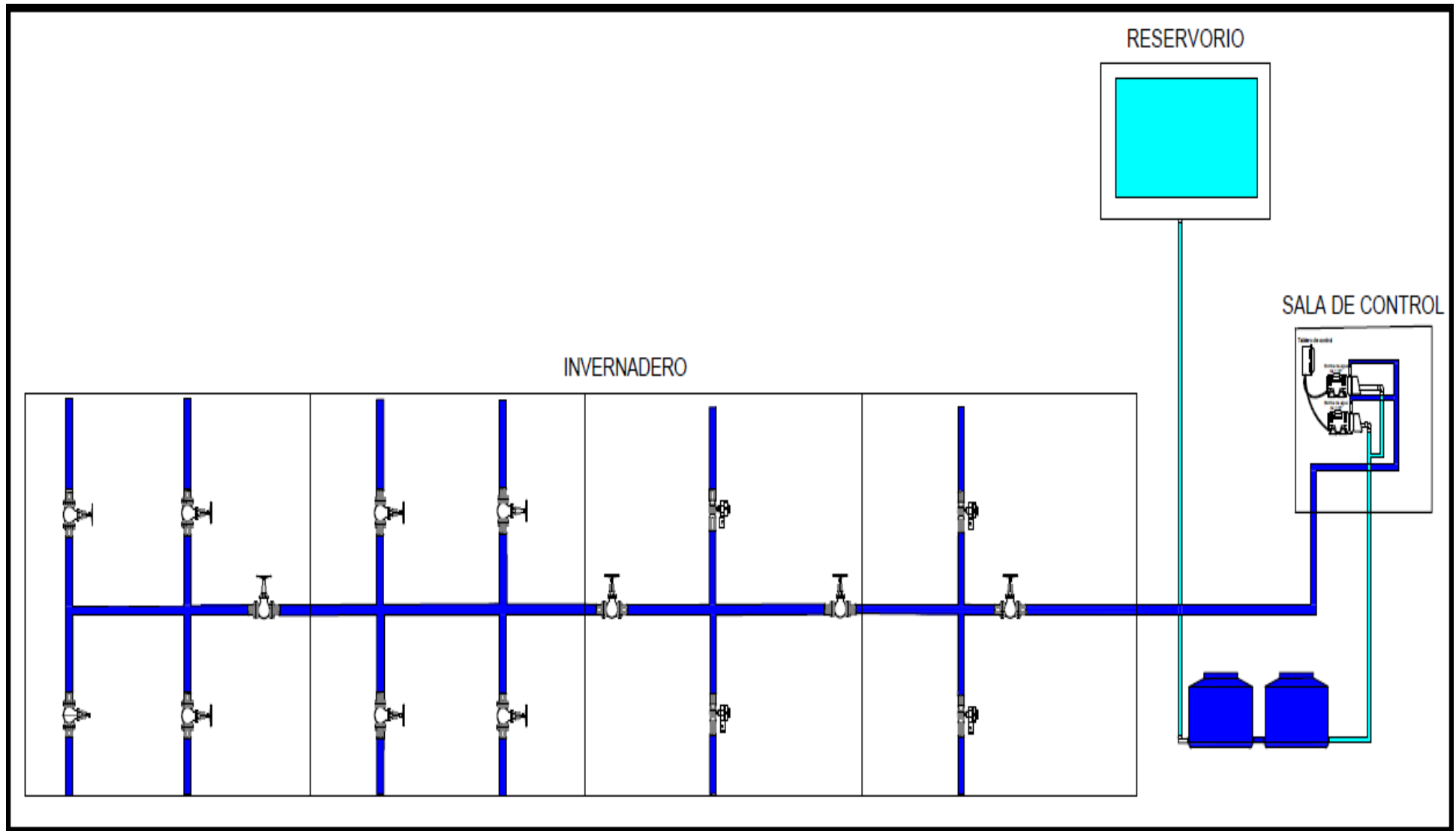


Figura 4.17: Plano de vista de perfil del Sistema de riego

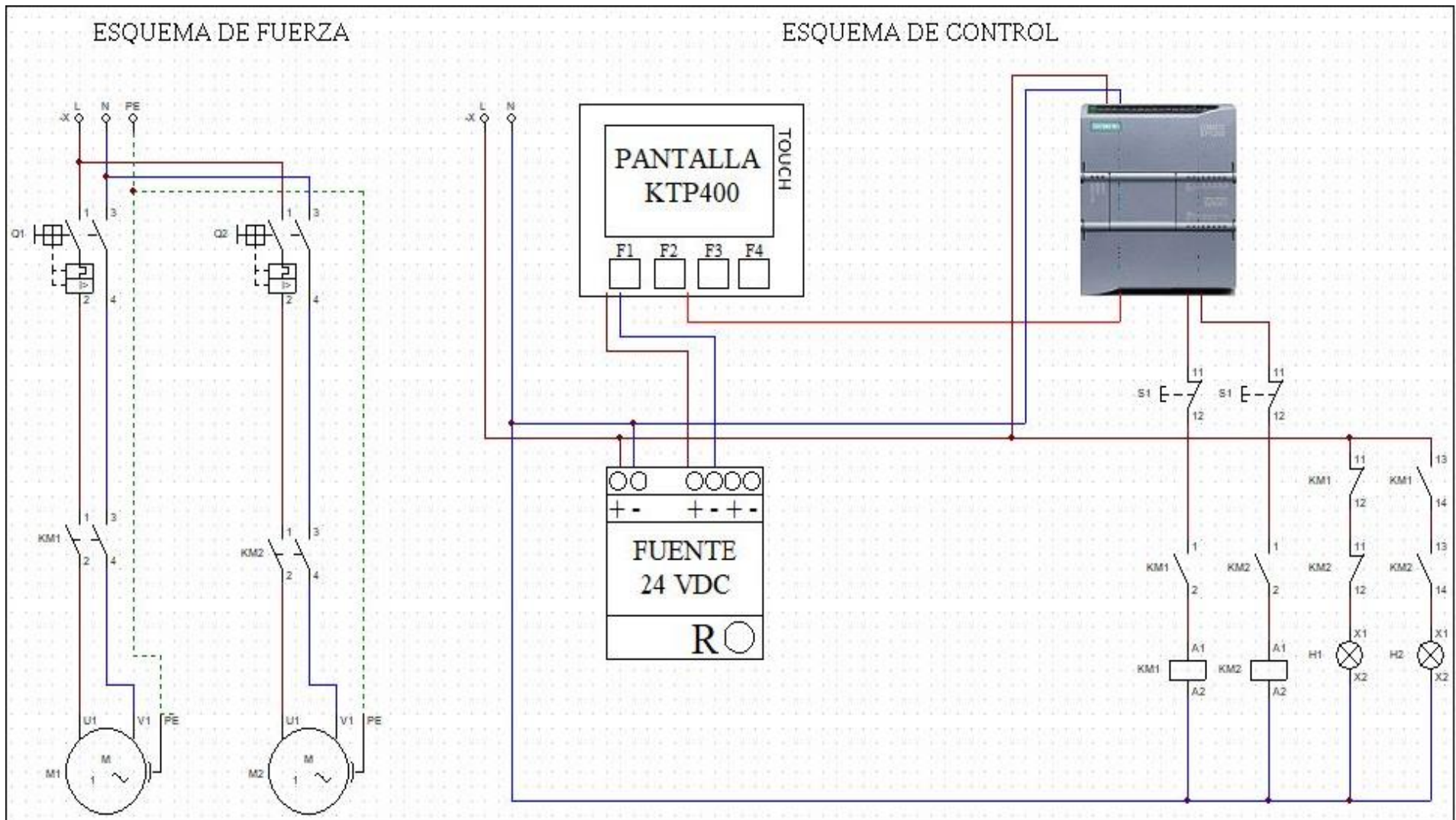


Figura 4.18: Plano de Esquemas de Fuerza y de Control

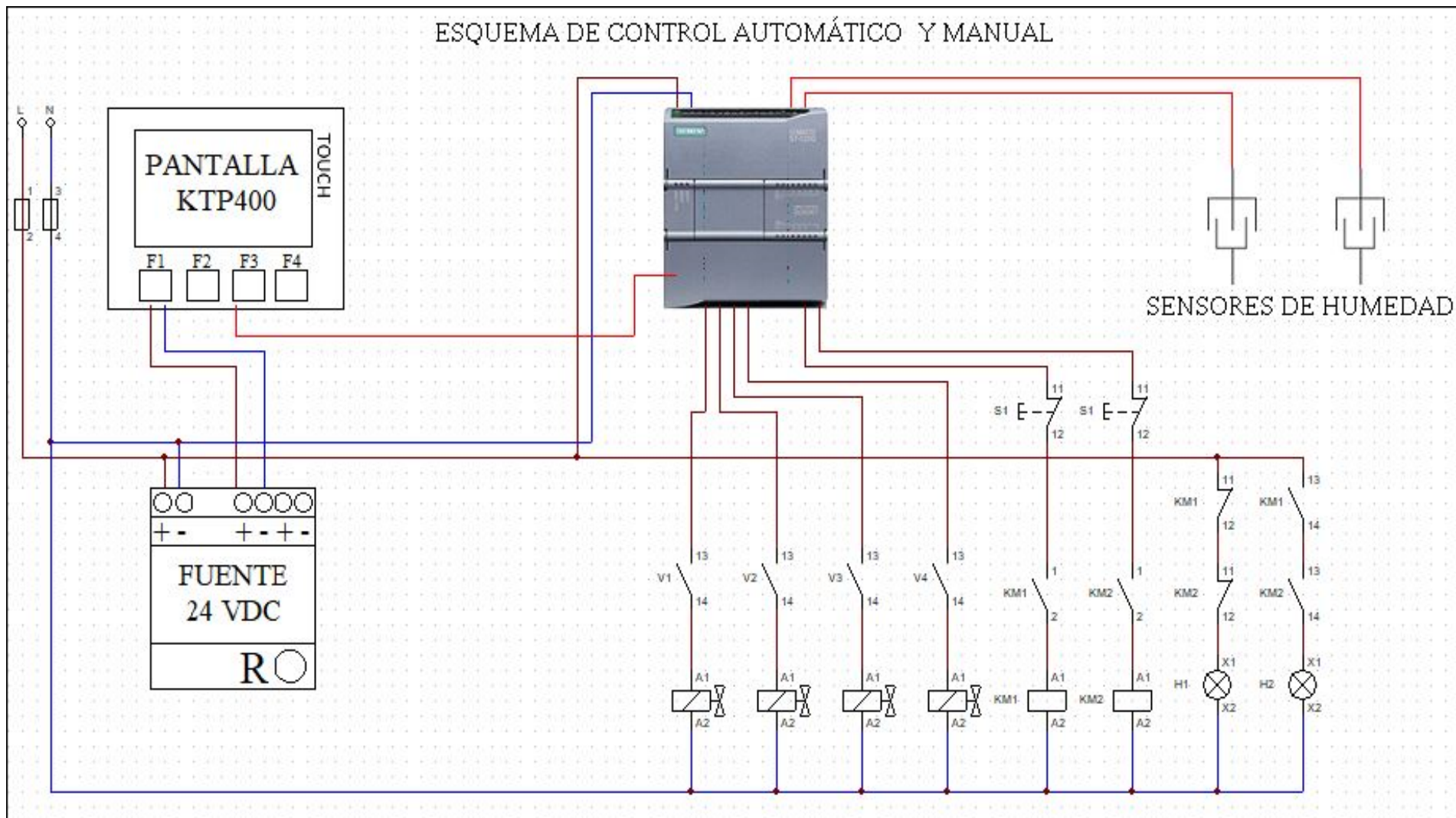


Figura 4.19: Plano de Esquema de Control Automático y Manual

4.5.17 Programación en el TIA PORTAL

Para empezar con la programación primero realizamos el primer segmento, en el cual se definen las variables tanto de entradas como de salidas, y se designan los debidos nombres a cada uno de los elementos que estarán involucrados.

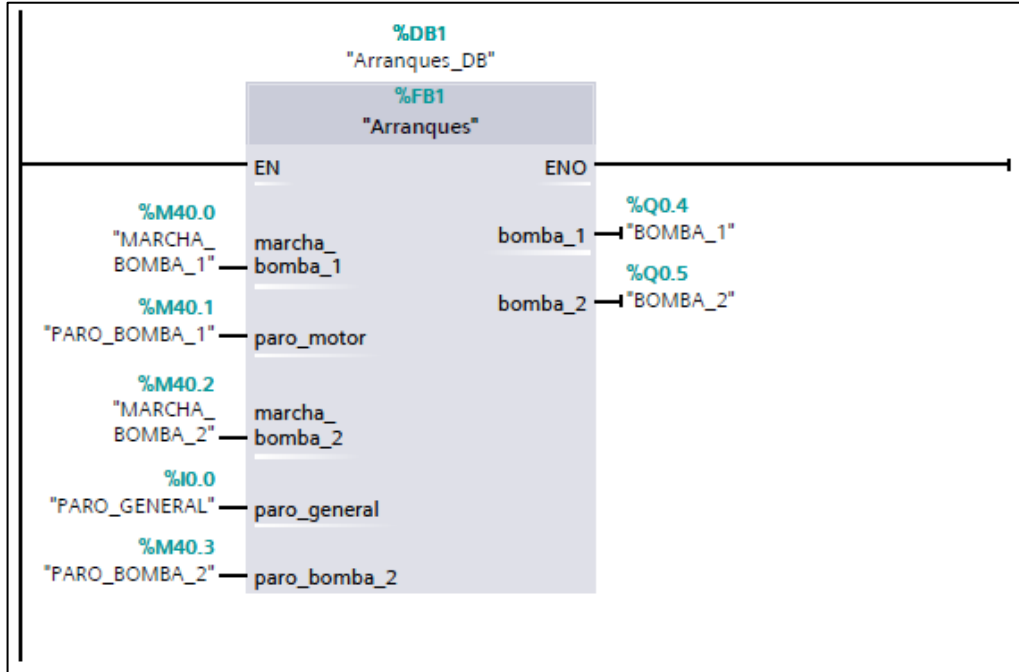


Figura 4.20: Segmento 1 de la programación – Arranques

Después realizamos el debido acondicionamiento del sensor de humedad 1, ya que como sabemos el sensor de humedad maneja señales que van desde 9 k Ω a 15 k Ω y el PLC controla de 0 a 10 voltios, entonces al realizar el acondicionamiento de las señales, se logra darle un mínimo y un máximo a los sensores de humedad.

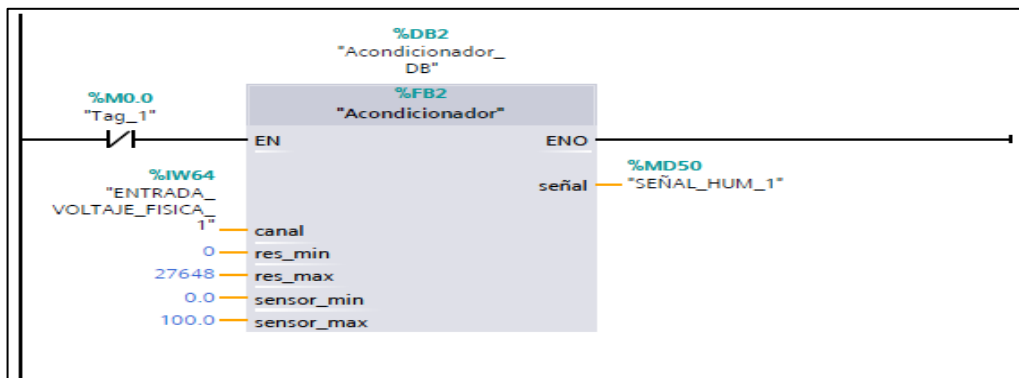


Figura 0.21: Segmento 2 de la programación – Acondicionamiento de la señal de humedad 1

Después realizamos el debido acondicionamiento del sensor de humedad 2, logrando así, asignar un mínimo y un máximo a los sensores de humedad.

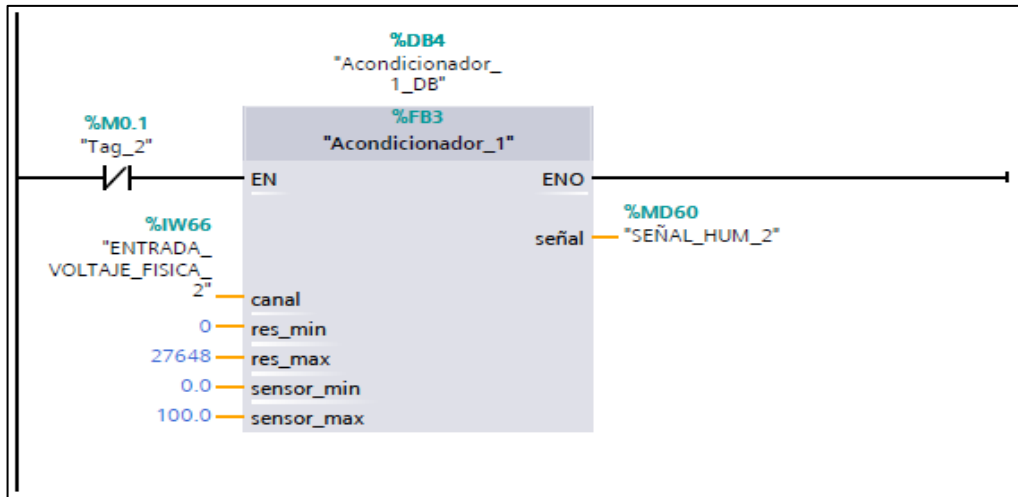


Figura 4.22: Segmento 3 de la programación – Acondicionamiento de la señal de humedad 2

Una vez realizado el acondicionamiento de las señales de entrada, procedemos con el segmento 4, en el cual se ponen los límites del funcionamiento de las electroválvulas y de las bombas de agua que, de acuerdo a la señal del sensor de humedad, éstos pueden encenderse, como también apagarse.

En el bloque presentado a continuación, se declara que al momento de que el PLC reciba una señal (previamente escalonada) menor o igual al 25 % por parte del sensor de humedad, se activan las electroválvulas 1 y 2 conjuntamente con las bombas de agua, ya que como sabemos no se puede tener encendidas las bombas de agua sin tener previamente abiertas las electroválvulas, éstas deben de trabajar a la par, ya que de lo contrario podría haber serios problemas en el sistema de bombeo.

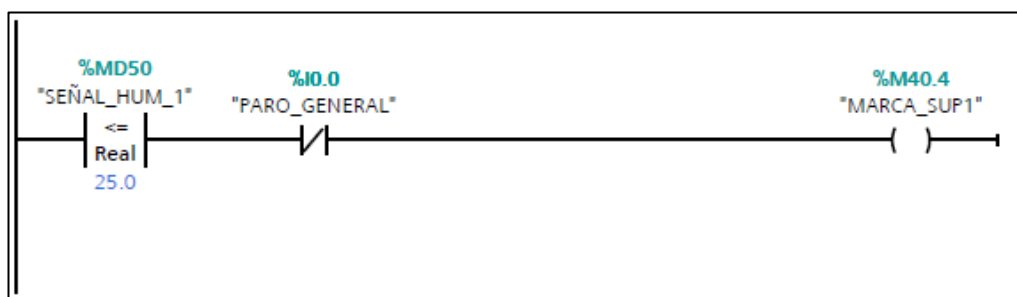


Figura 4.23: Segmento 4 - "MARCA" cuando la humedad 1 es menor o igual al 25%

Para el segmento 5, al llegar una señal al PLC del 85% por parte del sensor de humedad 1, las bombas de agua y las electroválvulas 1 y 2, se deben apagar automáticamente, ya que una señal del 85% significa que los cultivos se encuentran en perfectas condiciones de humedad.

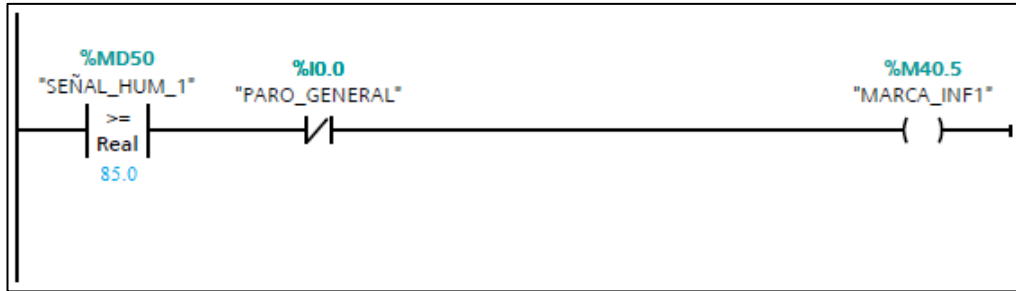


Figura 4.24: Segmento 5 "MARCA" cuando la humedad 1 es mayor o igual al 85%

En este segmento realizamos el adecuamiento para el sensor de humedad 2, con la particularidad de que para este caso se activan las electroválvulas 3 y 4 y al mismo tiempo las bombas de agua.

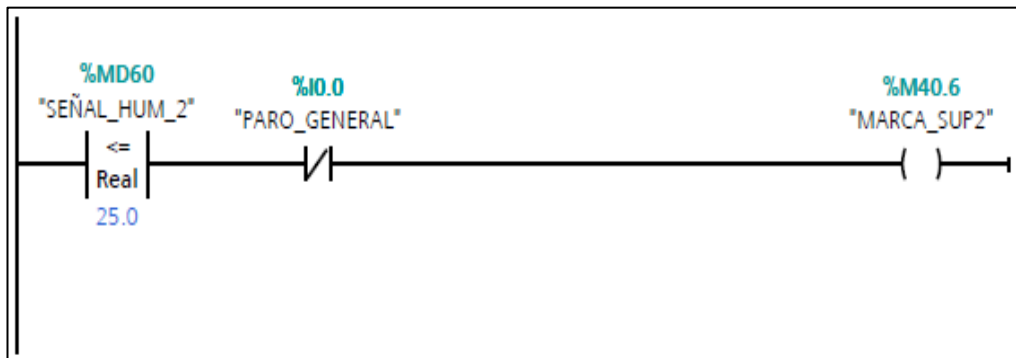


Figura 4.25: Segmento 6 "MARCA" cuando la humedad 2 es menor o igual al 25%

En presente segmento se lo hace de acuerdo a la señal de humedad del sensor 2, permitiendo así el cierre de las electroválvulas 3 y 4 conjuntamente con las bombas de agua.

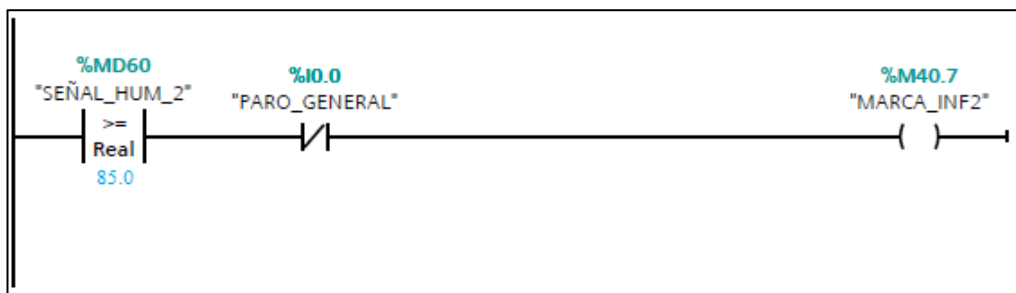


Figura 4.26: Segmento 7 "MARCA" cuando la humedad es 2 mayor o igual al 85%

Para el segmento 8 tenemos la programación de las salidas digitales (electroválvulas 1 y 2 y bombas de agua) que serán controladas de acuerdo a las señales que entregue el sensor de humedad 1 al PLC.

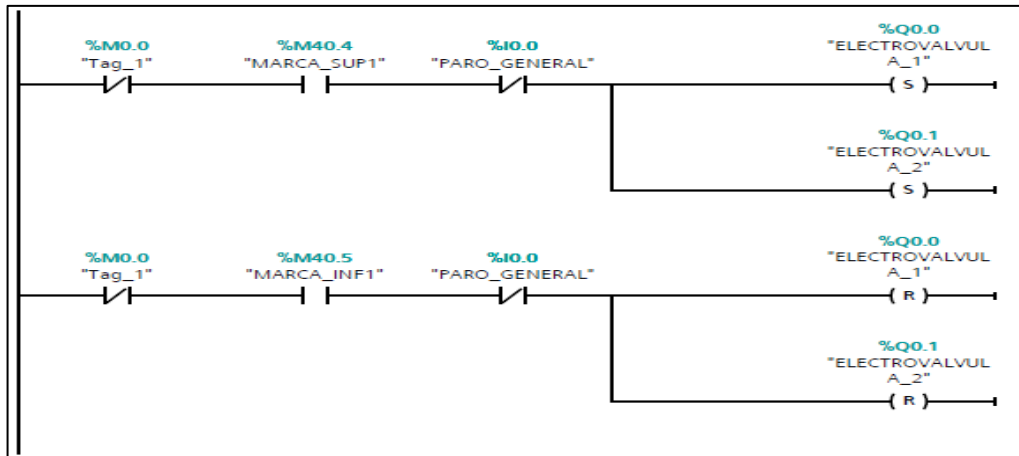


Figura 4.27: Segmento 8 – Programación de las salidas digitales (electroválvulas 1 y 2)

Y en este último segmento tenemos la programación de las salidas digitales (electroválvulas 3 y 4 y bombas de agua) que serán controladas de acuerdo a las señales que entregue el sensor de humedad 2 al PLC.

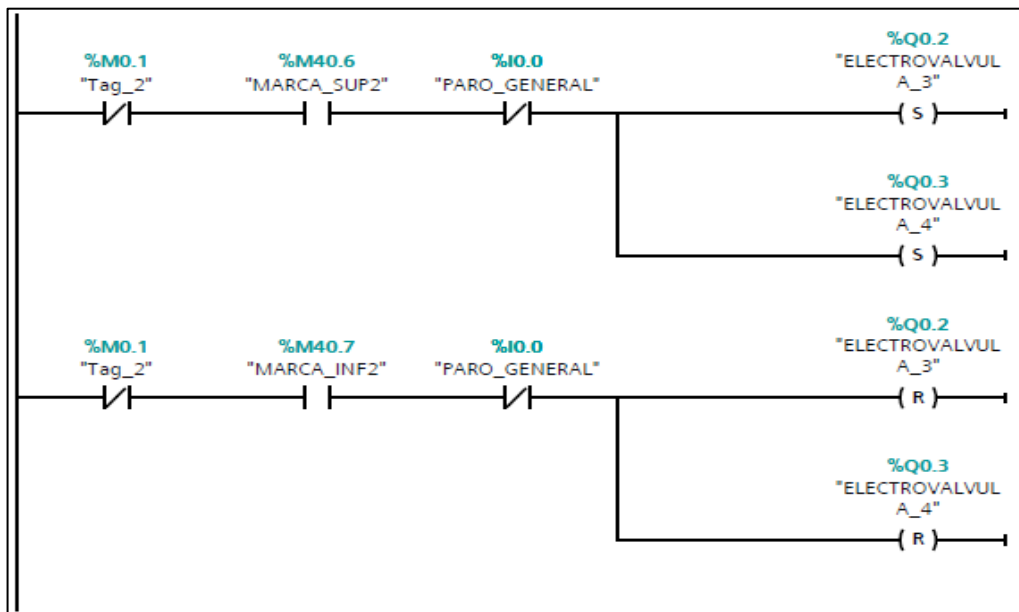


Figura 4.28: Segmento 9 -Programación de las salidas digitales (electroválvulas 3 y 4)

4.5.18 Programación de la Pantalla HMI

Para la programación del HMI de la pantalla, se inicia primero con todos los detalles de visualización, donde creamos el entorno de inicio como de control.

En la presente figura se muestra la programación del control de las bombas de agua y de las electroválvulas de forma automática.

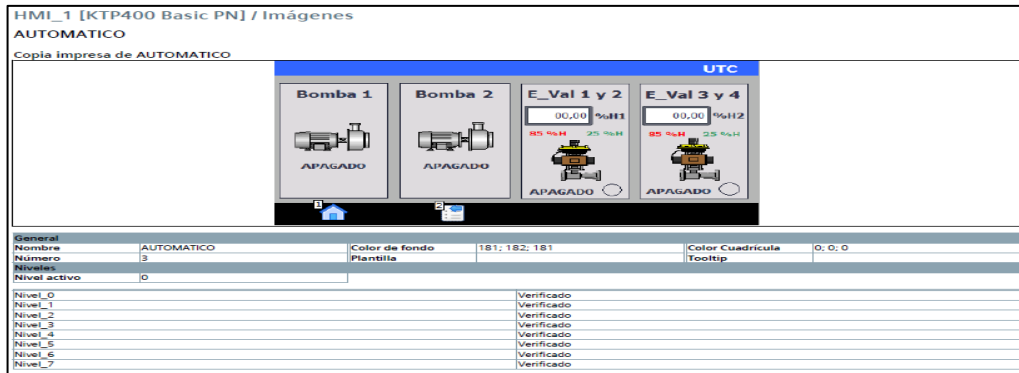


Figura 4.29: Programación Pantalla de control

Y como se puede observar, en la programación va hasta el mínimo detalle, como el tipo de fuente, tamaño de fuente, los colores de la interfaz, y las posiciones en X y en Y.

Rectángulo_1					
Tipo	Rectángulo				
Apariencia					
Color de fondo	49; 101; 255	Patrón de relleno fondo	Compacto	Ancho Borde	1
Estilo de línea	Compacto	Color Borde	49; 101; 255		
Representación					
Posición X	0	Posición Y	0	Ancho	479
Altura	24	Radio de esquina horizontal	0	Radio de esquina vertical	0

Figura 4.30: Tipo de fuente, Tamaño de fuente

Después tenemos la programación de la parte de control, en la cual se detallan las opciones a escoger por el usuario, en la cual puede elegir entre el modo automático, el modo manual, un SET POINT y además una opción la cual permite la visualización de la curva de humedad.

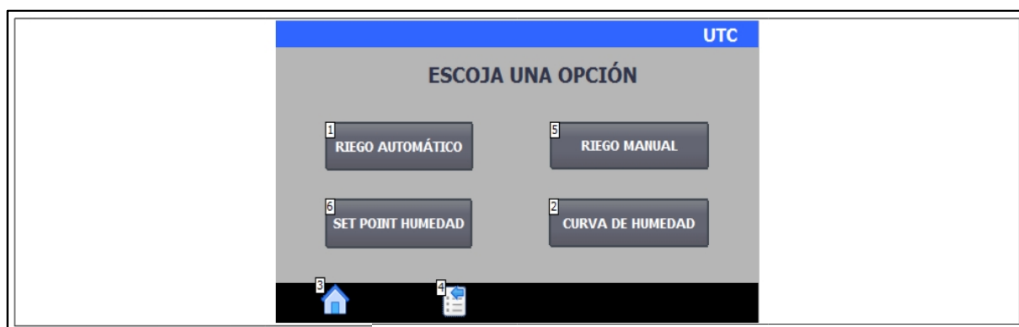


Figura 4.31: Programación del entorno de control

A continuación, tenemos la programación de la curva de humedad, en la cual se podrá visualizar una curva que se dibujará a lo largo del tiempo las 24 horas del día, y mediante esta curva el usuario podrá analizar los días con menos cantidad de humedad y los días con más humedad.

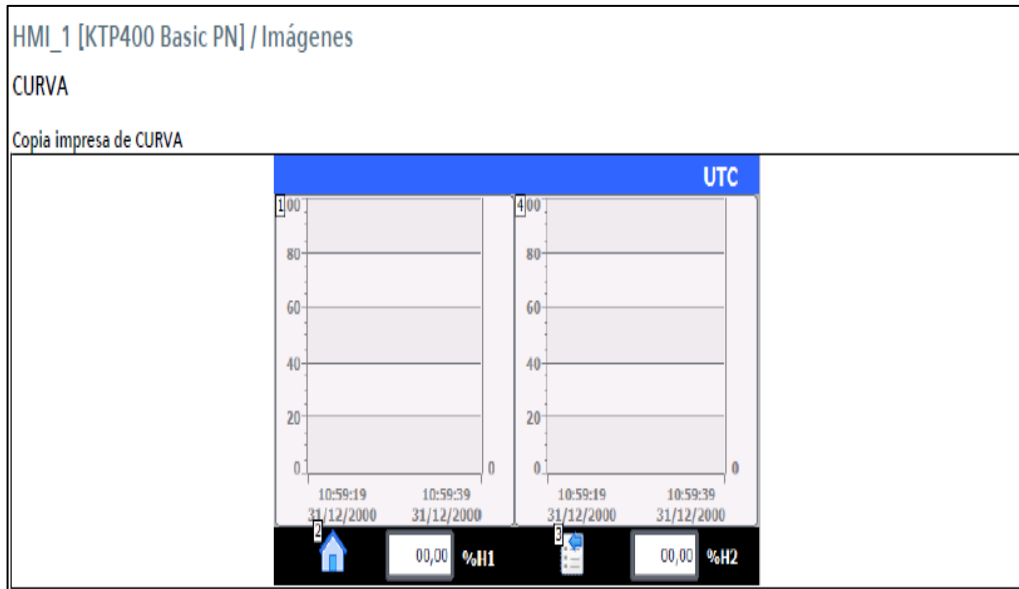


Figura 4.32: Programación de la curva de humedad

También, en la fig 4.33, tenemos el SET POINT, el cual permitirá elegir el rango de humedad deseada, digitando el mínimo y el máximo de humedad requerida por el usuario.



Figura 4.33: SET POINT

En la presente figura se muestra la programación del control de las bombas de agua y de las electroválvulas de forma manual, en el cual el control lo realiza el usuario en el momento que lo crea preciso.

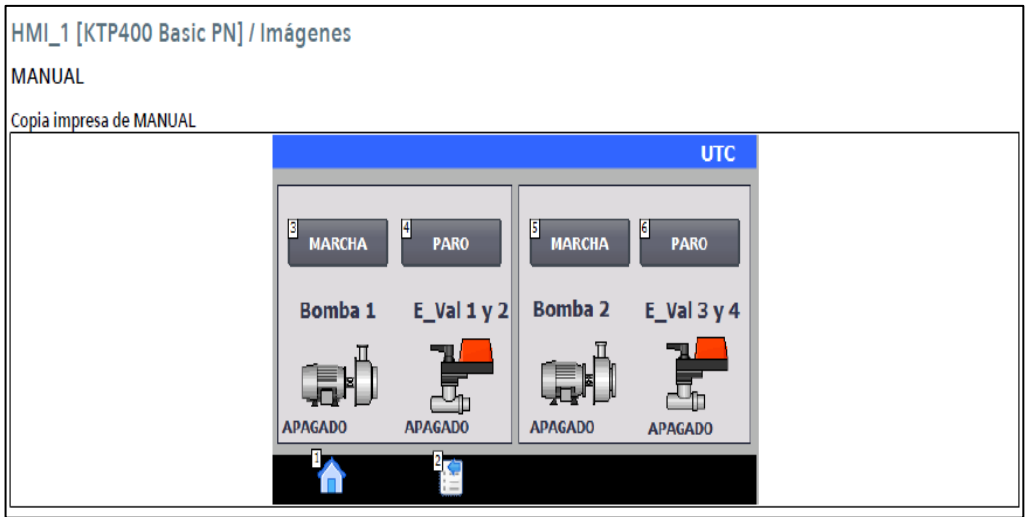


Figura 4.34: Programación de las salidas de forma manual

Seguidamente tenemos la programación del HMI para las variables on/off de las bombas de agua, donde 1 es encendido y 0 es apagado.

Aspecto					
Color Primer plano Selección	255; 255; 255	Color de fondo selección	0; 0; 0	Color alternativo	231; 231; 239
Representación					
Posición X	7	Posición Y	206	Ancho	95
Altura	18	Margen izquierdo	3	Margen superior	2
Margen derecho	2	Margen inferior	2	Adaptar objeto al contenido	Sin verificar
Mostrar lista de selección	Sin verificar	Mostrar campo de selección	Sin verificar		
Formato de texto					
Fuente	Tahoma, 13px, style=Bold	Orientación	Horizontal	Alineación horizontal	Izquierda
Alineación vertical	Centro				
Limites					
Color Limite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Limite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Utilizar estilo/diseño	Sin verificar	Apariencia del elemento de estilo			
Misceláneo					
Nombre	Campo ES simbólico_2	Nivel	0 - Nivel_0	Tooltip	
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones/Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	BOMBA_1		
Campo ES simbólico_3					
Tipo	Campo ES simbólico				
General					
Valor de proceso	0	Número de bit	0	Modo	Salida
Valor Estado ON	1	Texto OFF	0	Texto ON	1
Lista de textos	MOTOR_TEXTOS	Número de entradas visibles	3		
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Transparente	Radio angular (Borde)	3
Color de primer plano	49; 52; 74	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea

Figura 4.35: Programación de HMI para encendido y apagado de las bombas de agua

Después tenemos la programación del HMI para las variables on/off de las electroválvulas, donde 1 es encendido y 0 es apagado.

Color Borde	66; 73; 82	Color de fondo borde	99; 101; 115		
Aspecto					
Color Primer plano Selección	255; 255; 255	Color de fondo selección	0; 0; 0	Color alternativo	231; 231; 239
Representación					
Posición X	252	Posición Y	206	Ancho	95
Altura	18	Margen izquierdo	3	Margen superior	2
Margen derecho	2	Margen inferior	2	Adaptar objeto al contenido	Sin verificar
Mostrar lista de selección	Sin verificar	Mostrar campo de selección	Sin verificar		
Formato de texto					
Fuente	Tahoma, 13px, style=Bold	Orientación	Horizontal	Alineación horizontal	Izquierda
Alineación vertical	Centro				
Limites					
Color Limite superior rebasado por exceso	239; 89; 99	Color Limite inferior rebasado por defecto	247; 162; 41		
Estilos/diseños					
Utilizar estilo/diseño	Sin verificar	Apariencia del elemento de estilo			
Misceláneo					
Nombre	Campo ES simbolico_3	Nivel	0 - Nivel_0	Tooltip	
Seguridad					
Permiso		Permitir operación	Verificado		
Dinamizaciones/Conexión de variable					
Nombre de la propiedad	Valor de proceso	Variable	BOMBA_2		
Campo de texto_5					
Tipo	Campo de texto				
General					
Texto	E_Val 1 y 2				
Apariencia					
Color de fondo	255; 255; 255	Patrón de relleno fondo	Transparente	Radio angular (Borde)	3
Color de primer plano	49; 52; 74	Ancho Borde	0	Estilo de línea	Doble línea
Color Borde	66; 73; 82	Color de fondo borde	99; 101; 115		

Figura 4.36: Programación de HMI para encendido y apagado de las bombas de agua

En la figura 4.37 se puede observar cómo está realizada la programación para la parte principal de la pantalla detallando los nombres de los autores del proyecto, el tema el cual se está ejecutando, también se puede visualizar como existen dos botones el cual el uno nos permite dirigir hacia la pantalla principal y el segundo nos permite a seleccionar la opción.

Totally Integrated Automation Portal					
HMI_1 [KTP400 Basic PN] / Imágenes					
PRINCIPAL					
Copia impresa de PRINCIPAL					
General					
Nombre	PRINCIPAL	Color de fondo	255; 255; 255	Color Cuadrícula	0; 0; 0
Número	1	Plantilla	Plantilla_1	Tooltip	
Niveles					
Nivel activo	0				
Nivel_0				Verificado	
Nivel_1				Verificado	
Nivel_2				Verificado	
Nivel_3				Verificado	
Nivel_4				Verificado	
Nivel_5				Verificado	
Nivel_6				Verificado	
Nivel_7				Verificado	

Figura 4.37: Programación de HMI para la pantalla principal

4.5.19 Curva de humedad vs tiempo

Tabla 4.10: Datos para la obtención de la curva de humedad vs tiempo

Hora	Humedad Relativa %
08:15	74,4
08:30	74,55
08:45	74,65
09:00	74,67
09:15	74,82
09:30	74,97
09:45	75,12
10:00	75,27
10:15	75,42
10:30	75,57
10:45	75,72
11:00	75,87
11:15	76,02
11:30	76,17
11:45	76,32
12:00	76,47
12:15	76,62
12:30	76,77
12:45	76,92
13:00	77,07
13:15	77,22
13:30	77,37
13:45	77,52
14:00	76,33
14:15	76,18
14:30	76,03
14:45	75,88
15:00	75,73
15:15	75,58
15:30	74,6
15:45	74,45
16:00	74,3
16:15	74,15
16:30	74
16:45	73,85
17:00	74
17:15	74,15
17:30	74,3
17:45	74,45
18:00	74,6

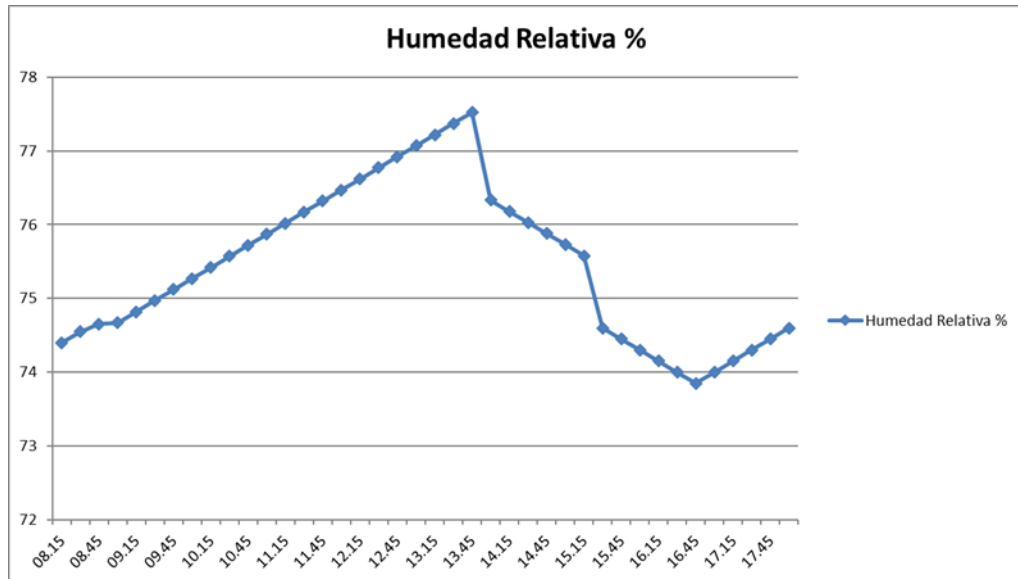


Figura 4.38: Curva humedad vs tiempo

4.6 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA, SOCIAL Y AMBIENTAL

4.6.1 Técnico

El proyecto en el ámbito técnico se basó principalmente en efectuar estudios para poder recolectar información sobre los inconvenientes que se suscitaban al interior del invernadero con respecto a la humedad de dichos cultivos.

4.6.2 Social

Este proyecto contribuye a la sociedad debido al beneficio que presenta a los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica.

4.6.3 Ambiental

Este proyecto es viable en el ámbito ambiental ya que contribuye con la disminución de pérdidas de recurso hídrico.

4.7 EVALUACION ECONOMICA

En esta etapa se presentará el presupuesto de la implementación del sistema automatizado para el control de humedad en el invernadero #2 del Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4.7.1 Listado de materiales eléctricos

Tabla 4.11: Listado de materiales eléctricos

Descripción	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	Valor Total \$
Sensores de humedad	2		90,00	180,00
Borneras de 2,5 mm; 12 AWG	20		1,2321	24,642
Canaleta ranurada de 25 mm x25 mm	1		6,00	6,00
Riel din	1		2,2	2,2
Gabinete de 40 x 40 x 20	1		60,00	60,00
Luz piloto de 22 mm verde de 110 v	1		2,00	2,00
Luz piloto de 22 mm roja de 110 v	1		2,00	2,00
Pulsador con paro de emergencia	1		4,00	4,00
Breaker 1 polos 16 A	2		12,78	25,56
Contactador GM32 10 HP 110v LS	2		29,28	58,56
Relé Térmico MT-32 / 3K (7-10)	2		25,00	50,00
PLC S7-1200, CPU 1212C	1		500,00	500,00
Pantalla HMI KTP 400	1		660,00	660,00
Fuente de voltaje de 24 voltios	1		100,00	100,00
Bomba 1 Hp	2		200,00	400,00
Transformador 110v/24v	1		8,00	8,00
Electroválvulas 1" 24 vac	4		22,00	88,00
Cable AWG # 14	300	m	0,40	120,00
TOTAL				2 293,40

4.7.2 Listado de materiales Hidráulicos

Tabla 4.12: Listado de materiales hidráulicos

Descripción	Cantidad	V. Unitario \$	Valor Total \$
Los materiales para instalaciones hidráulicas incluyen: tubería PVC para el armado del manifold, válvula check, codos de rosca de 3/4", neplo corrido de 3/4, neplo PP 1'X15 cm, válvulas de cierre de 1' entre otros materiales que se encuentran en el área del invernadero y en el cuarto de control.		250,00	250,00
TOTAL			250,00

4.7.3 Presupuesto total del sistema

Tabla 4.13: Presupuesto Total

Descripción	Cantidad	V. Unitario \$	Valor Total \$
Lista de materiales eléctricos	1	2 293,40	2 293,40
Lista de materiales hidráulicos	1	250,00	250,00
Mano de obra	1	300,00	300,00
TOTAL			2 843,40

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Mediante la información obtenida a través de los sensores de humedad Davis Instruments, estos registraron una humedad entre el 25 % y el 50 % de Hr, el cual es un porcentaje muy bajo de humedad para el cultivo de las plantas que se encuentran en el invernadero.
- De acuerdo a los datos obtenidos en la culminación del presente proyecto se concluye que un sistema automático es de vital importancia en un invernadero, ya que gracias a ello se puede mejorar el desarrollo de los cultivos a través del control de la humedad.
- La implementación del sistema de control del invernadero permite realizar un riego de manera eficiente, ya que, al ser un sistema automático, éste realiza el riego en el momento requerido, permitiendo así el aprovechamiento del recurso hídrico.
- Con la inclusión de esta tecnología, las personas dedicadas a las actividades agronómicas podrán obtener ingresos superiores en comparación a los ingresos que se pueden dar por medio de un riego manual.

5.2 Recomendaciones

- Ya que el sistema de riego automático contiene diversos elementos y equipos, éstos deben ser supervisados por personal capacitado que realicen el debido mantenimiento cuando sea requerido.
- Se recomienda automatizar las secciones restantes del invernadero, ya que con esto se logra aumentar la productividad de los cultivos que se encuentran en el invernadero.
- Se recomienda realizar pruebas de uniformidad de riego, ya que, de no ser así, el agua aplicada en el terreno podría ser muy superior a la requerida y por lo tanto podría dañar los cultivos en el interior del invernadero.
- Se recomienda realizar un plan de mantenimiento de las tuberías de riego para evitar pérdidas de presión en el sistema.

5.3 Bibliografía

- [1] L. Chavez, V. Garcia y E. Ortiz, Automatización en el sistema de riego de jitomate, Oaxaca, 2011.
- [2] R. Agudelo, D. Castellanos y M. Medina, Automatización de sistema de riego para el cultivo de flores tipo exportación, Bogotá, 2005.
- [3] J. Aux y L. Benavidez, Control automatizado de un sistema de riego y fertirriego, Nariño, 2015.
- [4] Fernandez, «Redagricola,» Redagricola, agosto 2017. [En línea]. Available: <http://www.redagricola.com/cl/sistemas-monitoreo-humedad-control-remoto-del-riego-lemsystem/>. [Último acceso: 15 diciembre 2018].
- [5] M. Ramos y D. Baez, Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa, Riobamba, 2013.
- [6] D. Apaza y L. t. Irvin, Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología arduino en el laboratorio de control y automatización EPIME 2016, Puno, 2017.
- [7] E. Amaya, «Diseño e implementación de sistemas de riego automatizado en un invernadero de la Escuela Nacional de Agricultura, ENA,» *Revista Tecnológica*, vol. 7, n° 1, pp. 48-52, 2012.
- [8] J. Vasconez y F. Chamba, Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca, Guayaquil, 2013.
- [9] A. Alarcon, G. Vargas, C. Diaz y J. Sotto, Diseño de un sistema de control y automatización de temperatura, humedad del suelo y humedad relativa para optimizar el rendimiento de cultivos bajo cubierta en CORHUILA, Neiva, 2015.
- [10] J. Perea, DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, REGISTRO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN CULTIVO DE INVERNADERO., Pereira, 2016.
- [11] M. Mamani, M. Villalobos y R. Herrera, «Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola,» *Revista chilena de la Ingeniería*, vol. XXV, n° 4, pp. 599-618, 2017.
- [12] O. Lugo, A. Queveo, J. Bauer y D. Del valle, «Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo,» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. II, n° 5, pp. 659-672, 2011.
- [13] M. Castro, A. Francisco, A. Quevedo, S. Kleisinger, L. Mejía y E. Mejía, «Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro,» *Agricultura Técnica en México*, vol. XXXIV, n° 4, pp. 459-470, 2008.
- [14] P. Muñoz, B. Julian y C. O. S. A. Z. C. Arboleda Angela, «Sistema de instrumentación y monitoreo para el invernadero la Aldana de la Universidad del Quindío,» *Revista UTP (Universidad Tecnológica de Pereira)*, 2011.

- [15 R. Mendoza, Sistema autonomo de monitoreo y suministro de agua en pantas de ornato,] Tianguistenco, 2016.
- [16 R. Jiménez, O. Monteir, H. Verlodt y G. J. El cultivo protegido en clima mediterráneo,] Italia: ESTUDIO FAO, 2002.
- [17 NOVAGRIC, «NOVAGRIC,» 20 Octubre 2015. [En línea]. Available:
] https://www.novagric.com/es/blog/articulos/clima-invernadero-como-conseguir-temperatura-ideal?fbclid=IwAR0s8QAd9ae3uOj3pRwzeE7bwzJMsc2C_-tv-LsVcs725au9TTHi_RsO7hM . [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [18 INFOJARDIN, «INFOJARDIN,» 20 Abril 2016. [En línea]. Available:
] http://articulos.infojardin.com/huerto/invernaderos-clima-cultivo.htm?fbclid=IwAR1cVqVaKagsQ13S_mmAu7EB0gs6-7D5XdXg1f88nEZ8Mw8h12uv3LGu12U. [Último acceso: 22 Noviembre 2019].
- [19 Anthura, «Anthura,» 02 Junio 2016. [En línea]. Available:
] https://www.anthura.nl/growing-advise/la-importancia-la-humedad-en-el-crecimiento-las-plantas/?lang=es&cookies=not_ok. [Último acceso: 12 Diciembre 2019].
- [20 M. Riego, «Mundo Riego,» 12 abril 2015. [En línea]. Available:
] <https://mundoriego.es/bombas-de-riego-que-son-y-cuantos-tipos-existen/>. [Último acceso: 23 Noviembre 2019].
- [21 Chipssa, «www.chipssa.com,» Guatemalanetworks, 2 abril 2016. [En línea]. Available:
] <http://www.chipssa.com/productos/bomba-de-agua-1hp/>. [Último acceso: 5 enero 2020].
- [22 tu tienda de material eléctrico, «www.tutiendadematerialelectrico.com,» tu tienda de] material eléctrico, 08 marzo 2015. [En línea]. Available:
] <https://tutiendadematerialelectrico.com/429-369-retelec-sgbe6k1c16-interruptor-automatico-magnetotermico-1-polo-16a.html>. [Último acceso: 05 enero 2020].
- [23 amazon, «www.amazon.es,» 03 mayo 2013. [En línea]. Available:
] <https://www.amazon.es/Baomain-Industrial-magnético-contactos-gmc-32-110-VAC/dp/B01E6XHR66>. [Último acceso: 2020 enero 06].
- [24 AEA Ingeniería en Automatización, «www.aea.ar,» Ingeniería en Automatización, 09 04] 2015. [En línea]. Available:
] <http://www.aea.com.ar/index.php?seccion=productos&familia=5&categoria=25&subcategoria=36&id=1827>. [Último acceso: 07 enero 2020].
- [25 Watermark, «www.irrometer.com,» Irrigation Association, 12 02 2016. [En línea].] Available:
] <https://www.irrometer.com/pdf/sensors/403SP%20WATERMARK%20Sensor-WEB.pdf>. [Último acceso: 06 enero 2020].
- [26 weg, «www.weg.net,» 10 marzo 2019. [En línea]. Available:
] <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Automatización-Industrial/Control-y-Protección/Baja-Tensión/Mando-y-Señalización/Luces-Pilotos/Comando-y-Señalización---Luces->

Pilotos/p/MKT_WDC_BRAZIL_CONTROL_AND_PILOT_LIGHTS_PILOT_LIGHTS . [Último acceso: 07 enero 2020].

[27 Mecafenix, «www.ingmecafenix.com,» 15 febrero 2018. [En línea]. Available:
] <https://www.ingmecafenix.com/electronica/transformador-electrico/>. [Último acceso: 08 enero 2020].

[28 Transworld 2000, «www.tw2000.es,» 04 marzo 2016. [En línea]. Available:
] <https://www.tw2000.es/pt/pulsadores-de-emergencia-metalicos/pulsadores-de-paro-de-emergencia-pulsar-girar-156.html>. [Último acceso: 08 enero 2020].

[29 Masvoltaje, «www.masvoltaje.com,» 23 febrero 2018. [En línea]. Available:
] <https://masvoltaje.com/siemens-sitop-fuentes-de-alimentacion-logo/1089-mini-logo-power-24v-entrada-120-230-v-ac-salida-24-v-dc-25-a-led-de-senalizacion-4025515152774.html>. [Último acceso: 05 enero 2020].

[30 Á. Solis, Sistemas de irrigación, México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, 2018.

[31 A. Salcedo, «Diseño de un sistema automatizado para riego por goteo para Palta Hass,» Lima, 2014.

[32 Masvoltaje, «www.masvoltaje.com,» 27 febrero 2018. [En línea]. Available:
] <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1195-simatic-s7-1200-cpu-1212c-cpu-compacta-ac-dc-rele-4047623402725.html>. [Último acceso: 08 enero 2020].

[33 Siemens, «Sistemas para manejo y visualización,» *Siemens AG*, vol. 1, n° 1, p. 676, 2014.
]

[34 «www.fluitronic.es,» 05 abril 2017. [En línea]. Available:
] <https://www.fluitronic.es/simatic-hmi-ktp400-basic-pn-6av2123--2db03--0ax0>. [Último acceso: 06 enero 10].

6. ANEXOS

ANEXO 1



Figura I. 1: Invernadero #2 del Campus Salache

ANEXO II



Figura II.1: Soterrado de manguera desde los tanques hacia la bomba ubicada en el cuarto de control

ANEXO III



Figura III.1: Conexión de la manguera a la bomba de agua ubicada en el cuarto de control

ANEXO IV



Figura IV.1: Conexión de la tubería desde los tanques hacia las bombas de agua

ANEXO V



Figura V.1: Conexión de las electroválvulas

ANEXO VI



Figura VI.1: Fijación del manómetro a la entrada principal

ANEXO VII



Figura VII.1: Fijación del sistema de succión y de descarga a la bomba de agua ubicada en el cuarto de control

ANEXO VIII



Figura VIII.1: Armado del Tablero de Control

ANEXO IX

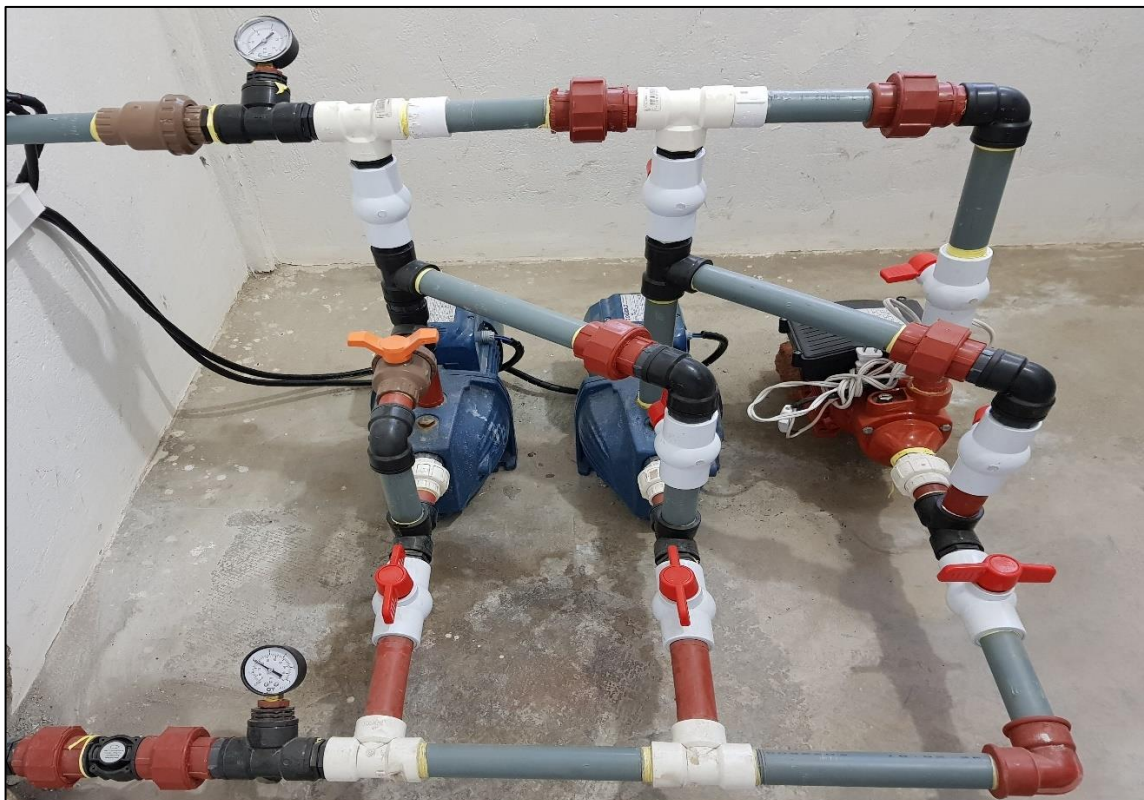


Figura IX.1: Conexión del manifold de las bombas de agua

ANEXO X



Figura X.1: Sistema de Control finalizado

ANEXO XI



Electrobomba autocebante tipo "JET"

- Agua limpia
- Utilizo doméstico
- Utilizo civil



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta 70 l/min (4.2 m³/h)
- Altura manométrica hasta 64 m

LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta 9 m (HS)
- Temperatura del líquido de -10 °C hasta +40 °C
- Temperatura ambiente hasta +40 °C
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba 6 bar
- Funcionamiento continuo S1

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD
ISO 14001: AMBIENTE

UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Las bombas autocebantes JSW han sido diseñadas para aspirar agua aún en presencia de gas mezclado con el líquido bombeado. Por su confiabilidad y simplicidad en el uso son aconsejadas para el uso doméstico, especialmente para la distribución de agua acopladas a pequeños o medianos tanques de presurización, para la irrigación de huertos o jardines, etc.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Marca registrada n° 013073135 JSW®
- Modelo comunitario registrado n° 002218610-0002
- Patente europea n° 1 510 696

EJECUCION BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Otros voltajes
- Electrobombas con rodete en tecnopolímero

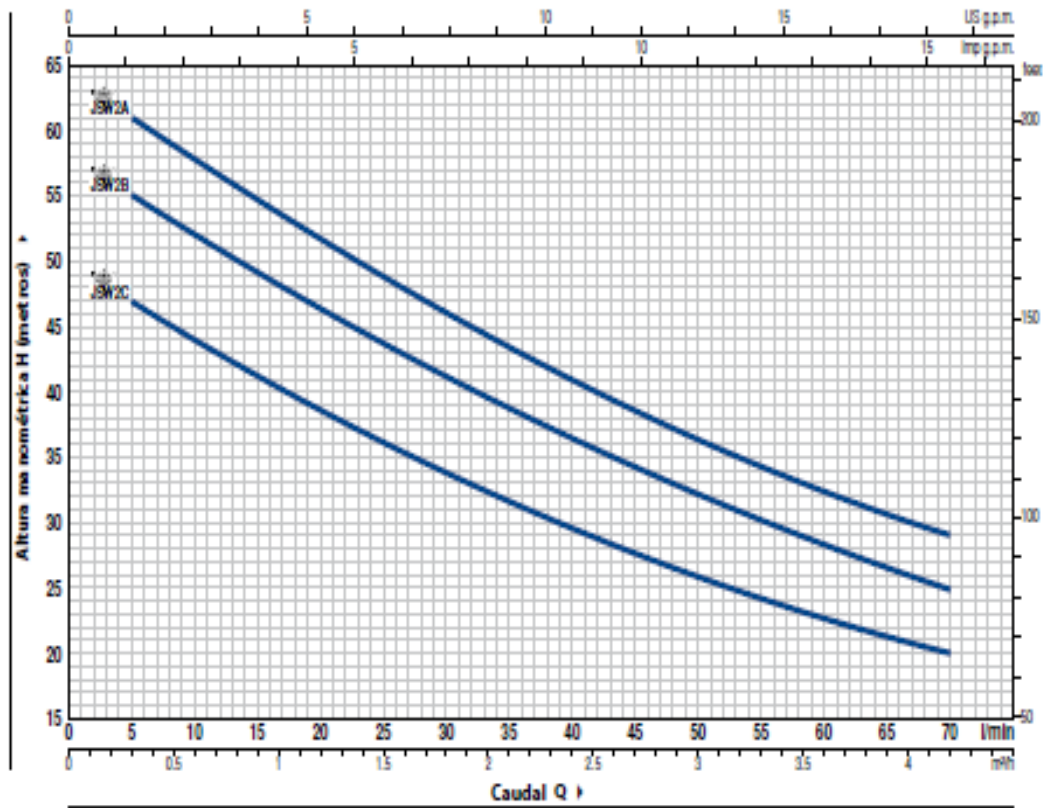
GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

Figura XI. 1 Manual de la bomba centrífuga

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm HS= 0 m



MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H metros											
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m³/h	0	0.3	0.6	1.2	1.5	1.8	2.4	2.7	3.0	3.6	4.2
JSWm 2C	JSW 2C	0.75	1	l/min	0	5	10	20	25	30	40	45	50	60	70	
JSWm 2B	JSW 2B	0.90	1.25		50	47	44	38.5	36	34	29.5	27.5	26	22.5	20	
JSWm 2A	JSW 2A	1.1	1.5		58	55	52	46.5	43.5	41	36.5	34	32	28	25	
					64	61	57.5	51.5	49	46	41	38.5	36	32	29	

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

EJEMPLO DE INSTALACION

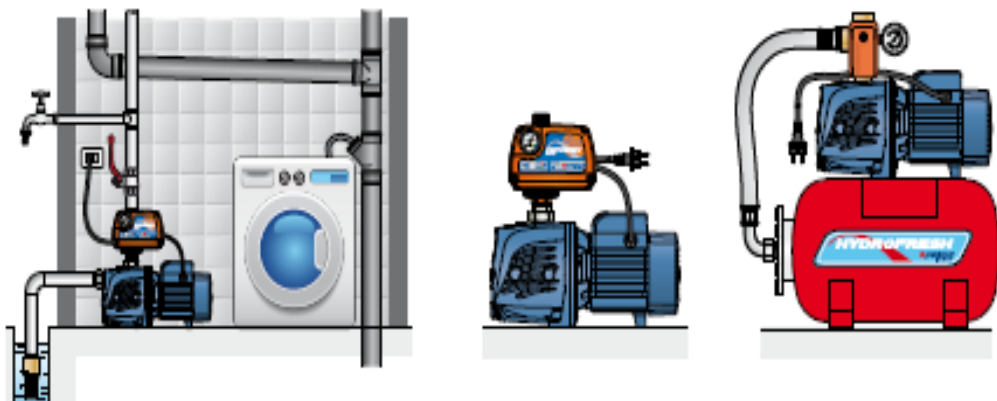


Figura XI. 2: Curva y datos de la bomba centrífuga

JSW2

POS.	COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS				
1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido con bocas roscadas ISO 228/1				
2	TAPA	Acero inoxidable AISI 304				
3	GRUPO EYECTOR	Noryl FE1520PW				
4	RODETE	Acero inoxidable AISI 304				
5	EJEMOTOR	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104				
6	SELLO MECANICO	<i>Sello</i> Modelo AR-14	<i>Eje</i> Diámetro Ø 14 mm	<i>Anillo fijo</i> Cerámica	<i>Materiales</i> Anillo móvil Grafito	<i>Distitmero</i> NBR
7	RODAMIENTOS	6203 ZZ / 6203 ZZ				
8	CONDENSADOR	<i>Electrobomba</i> Monofásica JSWm 2C JSWm 2B JSWm 2A	<i>Capacidad</i> (220 V) 20 µF - 450 VL 25 µF - 450 VL 25 µF - 450 VL	(110 V o 127 V) 60 µF - 300 VL 60 µF - 300 VL 60 µF - 300 VL		
9	MOTOR ELECTRICO	JSWm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. JSW: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz. → Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30) – Aislamiento: clase F – Protección: IP X4				

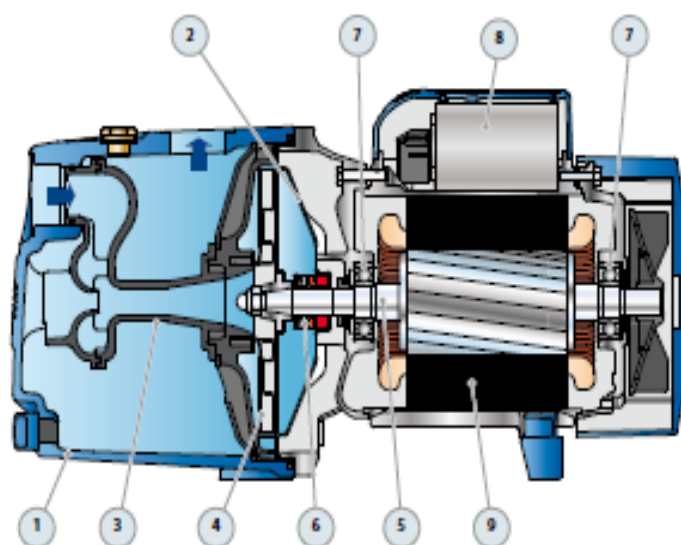


Figura XL3: Características constructivas de la bomba centrífuga

www.metos.at





Soil Moisture Sensor - Watermark



MD510SM

The Watermark Sensor consists of two concentric electrodes buried in a special reference matrix material that is held in place by a synthetic membrane. The matrix material has been selected to reflect the maximum change of electrical resistance over the growth range of production crops as well as to neutralize the effect of soil salinity. In operation, soil moisture is constantly being absorbed or released and the electrical resistance between the electrodes changes. This resistance is read by the weather station. The sensor is manufactured from non-corrosive parts and lasts up to three years.

Size	2.2 cm diameter x 5 cm length
Measuring Principle	Resistance with Gypsum Block (Tensiometer Type)
Working Range	10 to 200 kPa
Precision	5%
Evaluation	Analog
Cable	5 meters
Part.no. MD510SM	Soil moisture sensor type Watermark with 5 meter cable
Interface	Necessary interface to connect this sensor with iMetos:WM-BUS or WM-BUSINT

SOIL

47

- IM5041D
- SAR19
- ECH-GS1
- ECH500
- ECH510
- ECH5TM
- ECH5TE
- ECH511
- ECH512
- MD510SM**
- GS3
- TNS103..7
- AQ600
- 100SMT
- SEN12512
- SEN13512
- ECH870EXT
- ECH871EXT
- ECH874EXT
- WM-BUS
- TNS100



TURNING INFORMATION INTO PROFITS



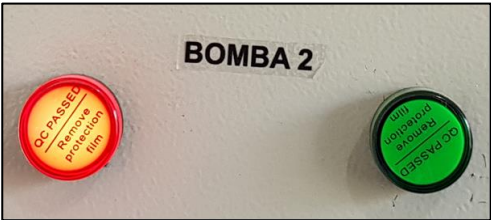

Figura XII. 1: Descripción del sensor de humedad


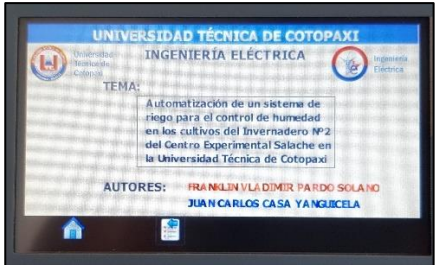
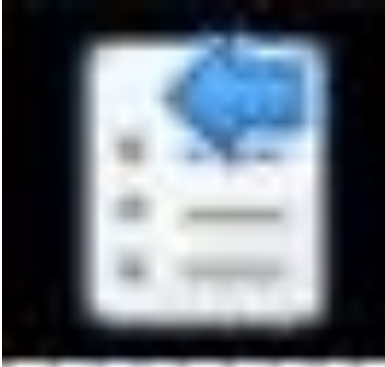
MANUAL DE USUARIO PARA EL CONTROL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO



Manual de usuario

El presente manual detalla cada uno de los pasos que se deben seguir para el correcto funcionamiento del sistema y para que el usuario pueda tener una mejor interacción con la interfaz gráfica, de tal manera que pueda operar el sistema sin complicaciones.

<p>Paso 1:</p> <p>Reconocer el tablero de control de humedad del invernadero #2 del Centro experimental Salache.</p>	
<p>Paso 2:</p> <p>Activación del sistema</p> <ol style="list-style-type: none">1. El tablero de control está constituido por un selector de dos posiciones, el cual tiene la función de encender o apagar el sistema de control, para lograr el encendido se debe girar el selector hacia la posición derecha, al estado on.2. Consta de luces piloto (rojas y verdes), las cuales al estar encendidas las luces piloto color rojo significa que las bombas centrífugas se encuentran apagadas (off) y cuando se encuentran encendidas las luces piloto color verde, significa que las bombas centrífugas se encuentran encendidas (on), respectivamente.	  

<p>- También consta de un paro de emergencia, el cual sirve para parar el sistema en caso de que ocurra un fallo en el mismo.</p>	 <p>A rectangular metal plate with the text "PARO DE EMERGENCIA" in bold black letters at the top. Below the text is a large red circular button with a black center and a white arrow pointing clockwise.</p>
<p>Paso 3:</p> <p>La pantalla KTP400 se enciende una vez hallamos girado el selector a la posición on.</p> <p>Esta pantalla contiene varias opciones, que el operador elegirá de acuerdo a sus necesidades, y se detallarán más adelante.</p>	 <p>A photograph of a KTP400 industrial screen. The screen displays a title "UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI" and "INGENIERÍA ELÉCTRICA". Below that, it shows the title of a thesis: "TEMA: Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del Invernadero Nº2 del Centro Experimental Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi". At the bottom, it lists the authors: "AUTORES: FRANKLIN VLÁDIMIR PARDO SOLANO" and "JUAN CARLOS CASA YA NGUICELA". There are navigation icons at the bottom of the screen.</p>
<p>Paso 4:</p> <p>Para poder ingresar al menú de opciones, se debe presionar el botón siguiente”, el cual una vez presionado desplegará el menú de opciones previamente mencionado.</p>	 <p>A very blurry photograph of the same KTP400 screen, showing indistinct shapes and colors, representing the state after a button press.</p>
<p>Paso 5:</p> <p>Una vez hallamos presionado el botón “siguiente”, se mostrará el menú de opciones que se detalla a continuación:</p>	

- RIEGO AUTOMÁTICO
- RIEGO MANUAL
- SET POINT HUMEDAD
- CURVA DE HUMEDAD

Dependiendo de la necesidad del usuario, se podrá elegir cualquiera de esas opciones, y se explican más a detalle en el siguiente recuadro.



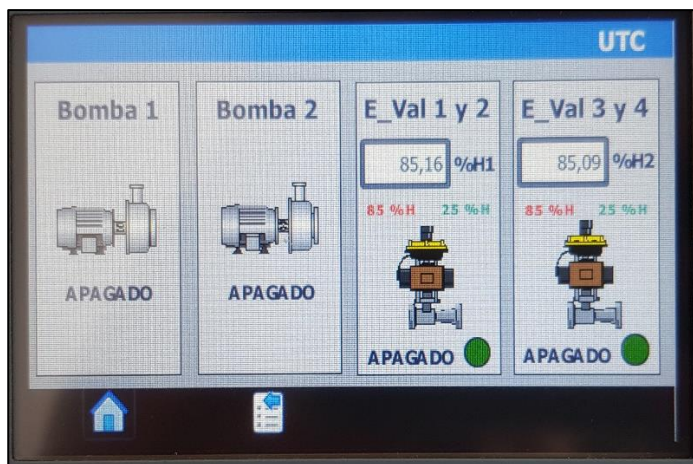
Paso 6:

OPCIÓN AUTOMÁTICO

Una vez pulsada la opción “Automático”, se desplegará la siguiente pantalla.

En esta pantalla se puede apreciar el porcentaje de humedad registrada por el sensor de humedad al interior del invernadero.

Y dependiendo del rango de la humedad, se activarán o se desactivarán los elementos mostrados, tales como: bombas centrífugas y electroválvulas.



Paso 7:

OPCIÓN MANUAL

Una vez presionada la opción “Manual”, se tiene la pantalla mostrada a continuación.

En esta pantalla se detallan cada uno de los elementos a controlar, con sus respectivas opciones de encendido y apagado.

Los elementos a controlar son:

- 2 bombas centrífugas
- 4 electroválvulas



Paso 8:

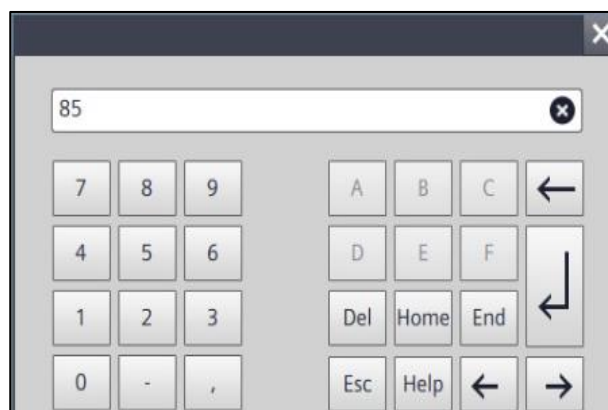
OPCIÓN SET POINT

En esta pantalla se muestra el control de los elementos (bombas centrífugas y electroválvulas) mediante el ingreso del rango mínimo y máximo de la humedad que se desee llegar.



Para lo cual se deben digitar el mínimo de humedad y máximo de humedad deseado.

Una vez el rango de humedad se encuentre dentro de los límites especificados anteriormente, las bombas centrífugas junto con sus respectivas electroválvulas, se encenderán o se apagarán.



Paso 9:

OPCIÓN CURVA DE HUMEDAD

En esta pantalla se puede apreciar una curva, que de acuerdo a la humedad registrada por el sensor de humedad, va variando en el tiempo.

Una curva que se dirige hacia arriba, significa que la humedad se está incrementando, mientras que una curva que se dirige hacia abajo significa que la humedad está descendiendo.



Nota: Para pasar de una ventana hacia otra, se debe pulsar la opción “siguiente”, la cual se identifica por una flecha de color azul que apunta hacia el lado izquierdo.