



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Título:

**Automatización y Control de temperaturas
bajas en invernaderos.**

Protocolo previo a la obtención del título de Magister en Electricidad
mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Autor

Albán Andrade Efrén Damián

Tutor

PhD. Secundino Marrero.

LATACUNGA – ECUADOR

2022

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos” presentado por Albán Andrade Efrén Damián, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga 03 de octubre 2022



PhD. Secundino Marrero Ramírez
CC. 1757107907

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Magister en Electricidad mencion Sistemas Eléctricos de Potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, noviembre, 2022



.....
Ms. C. Ángel León
0502041353
Presidente del tribunal



.....
Ms. C. Marco León
0502305402
Lector 2



.....
Ms. C. Carlos Quinatoa
0503287864
Lector 3

DEDICATORIA

Dedico mi tesis con mucho amor a Dios quien me dio la vida y la oportunidad para estudiar esta hermosa carrera, a mis padres que cuando inicie la carrera me apoyaron incondicionalmente ellos me inspiraron a seguir luchando por mis sueños y creer en mí en todo momento. A mi familia seres que la vida puso en mi camino mi Esposa y mi hijo mis motores mis guías para seguir luchando en este camino tan largo llamado vida gracias por estar a mi lado y juntos seguir forjando un mejor mundo para nuestro futuro los amo.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia quiero agradecer a mis docentes y en especial a mi tutor por ayudarme con su paciencia dedicación y comprensión, agradecer también a toda mi familia por su apoyo constante durante estos años en el proceso académico, quienes fueron el pilar fundamental para poder lograr y conseguir culminar mi carrera.

Finalmente, a todos mis amigos y compañeros por el apoyo diario

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, noviembre, 2022.


.....
Albán Andrade Efrén Damián

C.I. 0502529514

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presentetrabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, noviembre, 2022.



.....
Albán Andrade Efrén Damián

C.I. 0502529514

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos” para determinar la temperatura de los cultivos contiene las correcciones y las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, noviembre, 2022.



.....
Presidente del tribunal

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Título: Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos”

Autor: Albán Andrade Efrén Damián

Tutor: PhD. Secundino Marrero

RESUMEN

La necesidad de mejorar los procesos en el mundo de la agricultura hace necesario implementar técnicas actuales para el control de temperaturas bajas, estas afectan el desarrollo óptimo de las plantas que se siembran en invernaderos. En la parte central del país se producen las conocidas heladas, estas son las principales causantes de pérdidas económicas por el daño en los sembríos, se plantea la necesidad de estudiar mecanismos para estabilizar la baja temperatura y al mismo tiempo evitar el uso de combustibles fósiles aprovechando el calor geotérmico del suelo. El proyecto se basa en el diseño, la construcción y análisis del comportamiento de temperaturas bajas en el interior de un invernadero, que se utiliza para las prácticas de la carrera de Agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi, el sistema consta de una tubería soterrada que se instaló a una profundidad de 1,5 m para captar el calor geotérmico y de esta forma regular la temperatura mediante el ingreso del aire a través de los tubos, hacia el interior del invernadero esto permitió aprovechar la temperatura estable del suelo de 15°, el ventilador instalado en una de las tuberías será el encargado de enviar aire forzado para evitar que la caída de temperatura sea de una manera abrupta, este funciona a través de un controlador on-off que esta seteado para entrar en funcionamiento, como resultados se logró elevar en 3,3°C durante el monitoreo de un día, en horas de la madrugada, esto permite que los cultivos estén dentro de una temperatura ideal para su correcto crecimiento.

Palabras clave: estabilizar, control, soterrada, temperatura, heladas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA

Theme: "Automation and control of low temperatures in greenhouses"

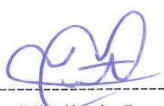
Author: Albán Andrade Efrén Damián
Tutor: PhD. Secundino Marrero

ABSTRACT

The needed to improve processes in agriculture's world makes it necessary to implement current techniques to control of low temperatures; these affect the optimal development of plants sowed in greenhouses. In the central part of the country, the well-known frosts occur; these are the leading cause of economic losses due to damage to crops; there is a need to study mechanisms to stabilize the low temperature and, at the same time, avoid the use of fossil fuels taking advantage of geothermal heat from the ground. The project is based on the design, construction, and analysis of the behavior of low temperatures inside a greenhouse, which is used for the practices at the Agronomy career of the Cotopaxi Technical University; the system consists of an underground pipeline that was installed at a depth of 1.5 m to capture the geothermal heat and in this way regulate the temperature using the entry of air through the tubes, towards the interior of the greenhouse, this allowed to take advantage of the stable soil temperature of 15°, the fan installed in one of the pipelines will be in charge of sending forced air to prevent the temperature drop be abrupt; it works through an on-off controller that is set to start operating, as results were achieved raise by 3.3°C during the monitoring of one day, in the early morning hours, this allows that the crops to be within an ideal temperature for their proper growth.

Keywords: stabilize, control, underground, temperature, frost.

MSc. Estuardo Vladimir Sandoval Vizuite con cédula de identidad número: 050210421-9 Licenciado en: Ciencias De la Educación especialidad Inglés con número de registro de la SENESCYT:1010-04-477716; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: "Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos" de Albán Andrade Efrén Damián, aspirante a Magister en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia.


Estuardo Vladimir Sandoval Vizuite
050210421-9



CENTRO
DE IDIOMAS

Latacunga, noviembre 15 de 2022

Índice de contenidos

AVAL DEL TUTOR	ii
AVAL DEL TRIBUNAL	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	iv
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	v
RENUNCIA DE DERECHOS	vi
AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	9
Índice de contenidos	9
Índice de Tablas.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	14
ANTECEDENTES	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
OBJETIVOS.....	18
Objetivo General:	18
Objetivos Específicos:	18
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
HIPÓTESIS	20
CAPÍTULO I.	21
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
1.1. Antecedentes de la investigación	21
1.2. Fundamentación Teórica.....	25
1.2.1 Invernadero.....	25
1.2.2. Tipos de invernaderos.....	26
1.2.2.1. <i>Plano y tipo parral</i>	26
1.2.2.2. <i>Túnel y diente de sierra</i>	26

1.2.2.3. Capilla (Simple o doble).....	27
1.2.5. Dispositivos de aislamiento	29
1.3. Sistemas de calefacción	31
1.3.1. Calefacción por agua caliente.....	31
1.3.2. Calefacción por vapor de agua	32
1.3.4.Calefacción por aerotermia.....	32
1.3.5. Calefacción por resistencias eléctricas (termoventilador)	32
1.3.6. Calefacción por energía solar.	33
1.4. Sistemas automatizados	33
1.4.5. Los sistemas automatizados constan de dos partes principales:.....	33
1.4.5.1. <i>Objetivos de la automatización</i>	35
□ Placas Controladoras Arduino	35
1.4.6. Sensores	36
1.4.7. Clasificación de los sensores	37
1.4.8. Sensor de temperatura	39
1.4.9. Tipos de sensores de temperatura:.....	40
1.4.10 Detectores de temperatura resistiva (RTD):	41
1.5. Caracterización de los sistemas automatizados	41
1.6. Energía geotérmica	42
1.6.1. Pasos Para Obtener Energía geotérmica.....	43
1.6.2. Energía geotérmica superficial	43
Ventajas y desventajas.....	44
Ventajas de la energía geotérmica	44
Desventajas de la energía geotérmica	44
1.7. Posos Canadienses	44
1.7.1. Cómo funciona un pozo canadiense.....	44
1.7.2. Componentes de una instalación de pozo canadiense	45
1.7.3. Características de los conductos del pozo canadiense.....	45
1.7.4. Ventajas del pozo canadiense.....	46
CALCULOS DEL SISTEMA	47
1.8. METODOLOGÍA	53

1.9.	Nivel o tipo de investigación	53
•	Descriptivo.....	¡Error! Marcador no definido.
•	Diseño Experimental	¡Error! Marcador no definido.
•	Investigación de Campo	53
•	Observación	53
CAPITULO II.....		56
PROPUESTA		56
2.1	Titulo de la investigación.	56
2.2	Objetivo del proyecto.	56
2.3.	Justificación de la propuesta.....	56
2.4	Fundamentación de la propuesta.	57
2.4.1	Sistemas de Automatización.....	58
2.4.3.	Diagrama de bloques del sistema	62
2.4.4.	Diagrama a Bloques de un Controlador Lógico Programable.....	63
2.4.5.	Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados	64
2.5	Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados.	65
2.6	Arquitectura, diseños, planos detallados de la propuesta	66
2.6.1	Estación meteorológica.....	66
2.6.2	Conexiones para el sistema de control del ventilador.	67
2.7	Hardware y Software necesario.....	68
2.7.1	LOGO Soft Comfort V7.0.30 Portable.....	68
2.7.2	Cade Simu.....	68
2.8	Costo de la Implementación	69
2.9	Conclusiones capitulo II	69
CAPITULO III		70
VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....		70
3.1	Análisis de los resultados:	70
3.1.1	Ubicación.....	70
3.1.2	Condiciones iniciales.....	70

3.1.2.1 Medición de variable sin control	71
3.1.3 Características del sistema de control de temperatura	74
3.1.3.1. Toma de datos de la variable temperatura	74
3.1.4 Características de los diferentes sistemas de la propuesta.....	82
3.1.4.1 Sistema Eléctrico	82
Características:.....	87
3.1.5 Sistema de control	89
Bibliografía	98

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, históricamente la producción agrícola, es una de las principales actividades económicas del País, desde hace años atrás se ha venido exportando productos al exterior, los principales consumidores son Europa y Asia, estos tienen altos estándares de calidad para recibir hortalizas, flores, legumbre, entre otros, debido a esto los estudios se han ido incrementando para obtener un producto mejorado y evitar enfermedades que puedan afectar en el cumplimiento de las normas de calidad de los consumidores.

La biodiversidad de nuestras regiones, hace que todo el año se pueda sembrar varios tipos de productos, a diferencia de los países europeos, que tienen que esperar que transcurra las cuatro estaciones del año para obtener los alimentos, por lo tanto, los sembríos se los hace de forma o condición, al aire libre, bajo el agua, en invernaderos. Debido a que el campo de estudio de las condiciones para sembríos es amplio, en el presente estudio se abordará la producción en invernadero, realizando pruebas y ensayos que permitan controlar niveles de temperatura para que la producción sea óptima.

En la actualidad, la agricultura ecuatoriana que está dedicada a la siembra de cultivos, no cuenta con invernaderos inteligentes, por lo tanto el presente proyecto está orientado a implementarlos, los cuales sean más eficientes. De esta manera, se aumentará la competitividad en el mercado nacional e internacional. Es necesario acotar que este proyecto tiene relación práctica en diferentes áreas como es la ingeniería en sistemas, ingeniería electrónica e ingeniería agrícola debido a que por medio de estos componentes electrónicos se puede realizar mediciones que permiten obtener un panorama general de la temperatura en los invernaderos en donde se cultiva las diferentes siembras, los mismos que a través

de un software desarrollado pueden ser visualizadas a través de un sitio web que puede alojarse en un servidor desde el cual se puede ver las diferentes temperaturas que oscilan en el invernadero. De esta manera se pretende garantizar el óptimo desarrollo de un cultivo controlado con parámetros adecuados.

Se utilizará una metodología descriptiva con la cual se aplicó un enfoque cuantitativo tomando en cuenta las variables medibles de la investigación con lo cual tiene un alcance o nivel exploratorio ya que la Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos es un ámbito que ha sido poco investigado, siendo esta una investigación que aportará para que los cultivos en invernadero tengan mejores resultados en la práctica. mediante un diseño experimental, con la ayuda de los parámetros científicos bibliográficos con lo cual nos ayudará a tener criterios a lo largo del experimento para comprobar y concluir que nuestra hipótesis sea o no cierta.

En el primer capítulo se analizará los tipos de invernaderos, métodos de calefacción, tipos de sistemas de automatización, elementos electromecánicos de alta eficacia y uso de energías renovables, para controlar las temperaturas bajas, a menor costo y alta eficiencia.

En el segundo capítulo se realizará pruebas con dos de los métodos analizados en el capítulo uno, esto se realizará mediante prototipos de invernaderos a escala, en cuartos al aire, y se determinará cuál de ellos es más eficiente.

En el tercer capítulo, se instalará todos los elementos electromecánicos para automatizar el invernadero N°1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se implementará un sistema de paneles solares con los cuales se aproveche la energía del sol.

ANTECEDENTES

El presente proyecto se enmarca dentro de la línea de investigación de eficiencia energética y protección ambiental, sub línea control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial; estas líneas se relacionan con la propuesta de automatización y control de temperaturas bajas en el invernadero N°1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, y a su vez está anclado con el proyecto generativo que tiene la carrera de ingeniería en "Electricidad" de la UTC.

Por medio de este estudio se pretende la automatización de accionamientos eléctricos para controlar las temperaturas bajas del invernadero, de tal manera que se mejore la producción y brindar a la comunidad productos de calidad para el consumo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La producción en invernaderos tiene, sus beneficios, que es la obtención de productos de calidad, control de plagas, por ejemplo cultivo de tomate de riñón y brócoli, que son muy sensibles al cambio de temperatura, es importante revisar las desventajas que es el costo de inversión inicial elevado, sus cultivos son mucho más caros, su costo de producción es dominante debido que si se tiene temperaturas muy altas se necesitara utilizar ventiladores, enfriadores lo cual hace uso de energía eléctrica, eso hace que el gasto económico aumente, esto problema se viene dando en todo el centro del país, debido a su gran producción agrícola en invernaderos, los cuales permiten también la producción a gran escala de flores y demás productos de exportación, aquí vemos la necesidad de estudiar el comportamiento de la temperatura para mejora la producción y así tener una mejor calidad de productos.

Una de las principales dificultades que presenta el invernadero es la caída brusca de temperaturas en horas de la madrugada, o más conocidas como "heladas", cuando la

temperatura del aire cae por debajo de los 0 °C, los cultivos pueden sufrir daños, con un efecto significativo en la producción. La helada blanca, la misma que se presenta cuando el aire cercano al follaje y las flores tengan temperaturas iguales o menores que 0°C, de esta manera, se alcanza la temperatura del punto de rocío, ya que con ello existe condensación y de inmediato el vapor de agua del aire pasa al estado sólido para formar hielo. Este fenómeno se observa principalmente en las mañanas despejadas sin viento. La helada negra, se desarrolla cuando el aire tiene poco vapor de agua (humedad baja) y la temperatura del punto de rocío es inferior a 0° C; de modo que existe escasa condensación y nula formación de hielo sobre la planta. Sin embargo, los cultivos son dañados y al día siguiente las plantas presentan una coloración negruzca, por la congelación de la savia de las plantas o del agua de sus tejidos. Durante este tipo de helada sucede que, al congelarse el agua, se origina un incremento de su volumen, que deriva en el rompimiento y quemaduras en el follaje. Si la temperatura del punto de rocío está por debajo del punto de congelación (menor que 0° C) el vapor de agua que contiene el aire cambia directamente a hielo sin pasar por el estado líquido, presentándose el proceso llamado sublimación.

La Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de buscar mejoras en la producción agrícola, ha implementado un invernadero cuyas dimensiones son 5x10x3 en el cual dos de los productos que se cultivan son: tomate de riñón, para el cual la temperatura óptima de cultivo debe estar comprendida entre 20 °C, y 25°C y brócoli donde la temperatura mínima permisible es de 15 °C, y la mayor es de 25 °C, datos ideales para la obtención de buenas cosechas. Debido a las heladas descritas anteriormente los sembríos en el invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi han muerto, se han enfermado, o afectado gravemente su crecimiento, lo cual ha representado una pérdida económica. Para las temperaturas bajas, es necesario estudiar la forma más eficiente de elevar esta temperatura, para lo cual existen

métodos de calentar un ambiente, como la quema de gas licuado, calefactores de resistencias eléctricas, calefactores de aceite, pantallas térmicas, este estudio permitirá implementar la automatización y control de temperaturas bajas en el invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo controlar la temperatura en el invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para la que las bajas temperaturas no afecten la productividad en un cultivo?

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Automatizar y controlar las bajas temperaturas, mediante sistemas de calefacción en el invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi para evitar daños en los cultivos.

Objetivos Específicos:

- Estudiar el estado del arte, analizar los métodos y técnicas existentes para el control de temperatura aplicados en invernaderos.
- Comparar diferentes sistemas de calefacción, con el fin de identificar el más eficiente, tomando en cuenta las condiciones actuales del invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

- Implementar un sistema de control que garantice parámetros estables de temperatura para el cultivo adecuado de los productos dentro del invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Para el desarrollo del objetivo general del estudio y el cumplimiento de los objetivos específicos se establece un sistema de tareas planteadas en la Tabla 1.

Tabla 1: Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos.

Objetivos Específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Estudiar el estado del arte de los métodos existentes sobre las técnicas de control de temperatura aplicadas en invernadero.	-Revisión de artículos científicos. -Revisión de métodos de control de temperatura.	-Recopilación de información útil para el desarrollo del proyecto.	-Base de datos -Fuentes Bibliográficas
Comparar diferentes sistemas de calefacción, con el fin de identificar el más eficiente, tomando en cuenta las condiciones actuales del invernadero N1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.	-Comparación de diferentes sistemas de calefacción existentes. -Analizar el menos costoso y mas accesible.	-Identificar similitudes, diferencias, ventajas y desventajas de los sistemas de calefacción encontrados.	-Sensores -Paneles
Implementar un sistema de control que garantice parámetros estables de temperatura para el cultivo adecuado de los productos dentro del invernadero N1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.	-Implementación de un sistema de control de bajas temperaturas en un invernadero funcional. -Evaluación de resultados.	-Compensación de las bajas temperaturas, que se experimentan en el invernadero N. 1 de la UTC.	-Sensores, Software. -Análisis económico, ecuaciones, estadística.

Fuente: Albán E (2021)

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se realiza en un invernadero del campus Salache de la UTC. En este lugar se cosechan tomate de riñón y brócoli, uno de los principales inconvenientes en ese invernadero es la variación brusca de temperatura. La investigación está dirigida a controlar la temperatura, ya que, debido a la situación geográfica, en la que se encuentra el invernadero

es común que se produzcan heladas. Para solucionar este inconveniente se implementará un sistema de control automático que compense los cambios drásticos de temperatura.

La investigación tiene impacto a corto plazo, además es posible estudiar los cambios de temperatura en cada instante de tiempo en el invernadero. Una vez implementado el sistema de control, con los datos obtenidos se creará una base de datos para identificar el cambio de la temperatura en grados centígrados y ajustar el rango permitido en dependencia del tipo de cultivo, esto evitará pérdidas en la producción.

HIPÓTESIS

La implementación de un sistema de control de temperaturas bajas en el invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, reducirá las pérdidas de producción en los cultivos.

CAPÍTULO I.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Antecedentes de la investigación

La agricultura es una de las principales actividades económicas en el mundo, por lo tanto, existe millones de personas dedicadas a cultivar todo tipo de alimentos naturales, existen una variedad de climas, suelos, en donde se cultivan toda variedad de hortalizas, frutas, flores entre otros.

Esto presenta una alta competitividad por obtener un alimento de buena calidad, esto ha sido el empuje para investigar medios de producción más eficientes y tecnológicos, de aquí se presenta la oportunidad de crear invernaderos para toda clase de semillas, que necesiten puntuales condiciones para su óptimo crecimiento, el invernadero viene siendo utilizado desde el siglo XV, desde allí se vienen mejorando las características del mismo, como diseño estructural, temperatura, humedad, luminosidad estas son algunas de las variables que se pueden estudiar.

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 N°1 del Centro Experimental Salache. [1]

El invernadero N° de la Universidad Técnica de Cotopaxi pertenece a la comunidad de Salache, cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, se encuentra ubicada KM 7.53 vía

Salache de distancia de la ciudad de Latacunga. La topografía del terreno presenta desniveles importantes en su extensión, el cual presenta la inexistencia de un sistema automatizado capaz de realizar un control adecuado de la temperatura por lo cual ocasiona pérdida de tiempo, de recurso hídrico y deterioro en la producción de cultivos.[2]

A través de la implementación de un sistema de control lógico programable se puede mejorar relativamente las bajas de temperatura de acuerdo al tipo de cultivo existente ,como es el tomate de riñón y brócoli ya que de haber implementado un controlador, los riegos hubiesen sido periódicos mediante una frecuencia fija, con la implementación de los sistemas tecnificados de riego mejoran la producción de los cultivos y optimiza los recursos hídricos disponibles.[3]

Uno de los principales problemas en el sector agrícola del país, es la baja producción que se tiene debido a cuestiones económicas y principalmente a los cambios climáticos que sufren las distintas zonas de cultivo. Otro factor importante es la época del año en que se realice el cultivo, ya que el constante cambio de temperatura que se da de acuerdo a la temporada del año puede o no ayudar a su pronta germinación y crecimiento. Una solución a estos inconvenientes es el uso de invernaderos, ya que permiten proteger a los cultivos de ráfagas de viento, lluvia intensa, heladas e incluso de algunas plagas.

El avance tecnológico y el estudio científico ha encontrado mejoras que se han propuesto para optimizar el funcionamiento de un invernadero se encuentra la de automatizarlo, con lo que se tiene una mejor distribución del agua de riego, la temperatura, la ventilación y la distribución de insecticida sobre los cultivos. Con lo anterior, se ha demostrado un

incremento tanto en la cantidad de producción como en la calidad de los cultivos, sin embargo, los costos de construcción y automatización de un invernadero no son bajos, repercutiendo en el bajo interés de uso. [4]

Los cambios en el medio ambiente ejercen diferentes factores sobre las plantas he influyen en el desarrollo de cada especie lo que resulta en varias formas de afectación en el crecimiento, que deben interpretarse como diferentes caminos, que las plantas han seguido para adaptarse a un entorno particular.[5]

En Colombia, el cultivo de Orellana presenta cierto atraso, ya que, en la mayoría de los casos, el control climático se lleva a cabo de forma muy rudimentaria, con lugares poco acondicionados para las fases anteriormente mencionadas. Esto también se debe a la poca información que se puede encontrar como guía, en torno al manejo de clima dentro de dichas estructuras, ya que en la mayoría de los casos solo se encuentran manuales que establecen datos puntuales y no permiten tener bases para resolver cualquier problema relacionado con la temperatura y la humedad relativas. Aquí se quiere mostrar lo que puede ser un control climático adecuado en una unidad productiva, partiendo del hecho de que se cuenta con elementos adecuados, pero que no están siendo empleados de la mejor forma. Se busca dejar una base y prestar a futuro una ayuda a cualquier pequeño productor que posea un problema similar a este caso, y encontrar así una forma de resolverlo eficazmente de acuerdo con su situación o tipo de cultivo. [6]

En la actualidad existen regiones naturales en las cuales la temperatura ambiente no es apta para el desarrollo de los cultivos, es por eso que resulta necesario que la producción agrícola sea dentro de invernaderos, pues estos aprovechan la radiación solar para incrementar la temperatura dentro de los mismos y así las condiciones para los cultivos sean las más

adecuadas, es por esto que se escogió la variable temperatura para estudiarla de manera profunda, para pasar del estudio a la aplicación real en un invernadero.[7]

Los sistemas de calefacción juegan un papel muy importante en de la economía de los sectores agrícolas dentro del desarrollo productivo. “La disminución del consumo de energía resulta siempre un objetivo interesante para el desarrollo de la competitividad, además de obtener una menor emisión de contaminantes al medio ambiente.” La aplicación de esta técnica en lo que concierne a la implementación en invernaderos radica en la oportunidad de proporcionar condiciones ambientales apropiadas a las plantas durante todo el período de cultivo reduciendo circunstancialmente el consumo de energía frente a otros sistemas, aunque su costo es elevado.[7]

De aquí partiremos en la recolección de información, para que el control de temperatura de un invernadero sea eficiente y rentable, para la aplicación real en la industria agrícola. En la actualidad hay muchas formas de medir la temperatura con todo tipo de sensores de diversas naturalezas. La ingeniería de control de procesos ha inventado, perfeccionado e innovado a la hora de disponer de sensores que les ayuden a controlar los cambios de temperatura en procesos industriales. [8]

La **Tabla 2** muestra la variedad de dispositivos capaces de medir la temperatura:

Tabla 2: Dispositivos de medición de Temperatura

DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA			
Eléctricos	Mecánicos	Radiación térmica	Varios
Termocuplas	Sistemas de dilatación.	Pirómetros de radiación.	Indicadores de color.
Termorresistencias	Termómetros de vidrio con líquidos.	Total (banda ancha)	Lápices
Termistores	Termómetros bimetálicos.	Pasabanda	Pinturas
Diodos		Infrarrojo	Sondas neumáticas
Sensores de silicio con efecto resistivo		Termómetros	-Sensores ultrasónicos -Indicadores pirométricos

Fuente: [8]

En la **Tabla 3** se observa los rangos de diferentes tipos de sensores de temperatura. Sin duda, los sensores de tipo eléctrico son los que tienen mayor rango de medida. Cada uno de este tipo de sensores tienen características técnicas propias, que se adaptan a los procesos de la industria.

Tabla 3: Rangos de temperatura correspondientes a los métodos más comunes de medición

SISTEMA	RANGO EN °C
Termocuplas	-200 a 2800
Sistemas de dilatación (capilares o bimetálicos)	-195 a 760
Termorresistencias	-250 a 850
Termistores	-195 a 450
Pirómetros de radiación	-40 a 4000

Fuente:[8]

Las Termocuplas son los sensores de temperatura eléctricos más utilizados en la industria, una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo, al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de la mili volts el cual aumenta con la temperatura. [8]

1.2.Fundamentación Teórica.

1.2.1 Invernadero

Un invernadero no es más que una estructura construida con el fin de proteger a las plantas en su etapa de desarrollo, dicha estructura puede estar recubierta de vidrio o plástico según las necesidades del cultivo a desarrollar. Los invernaderos han permitido a los agricultores

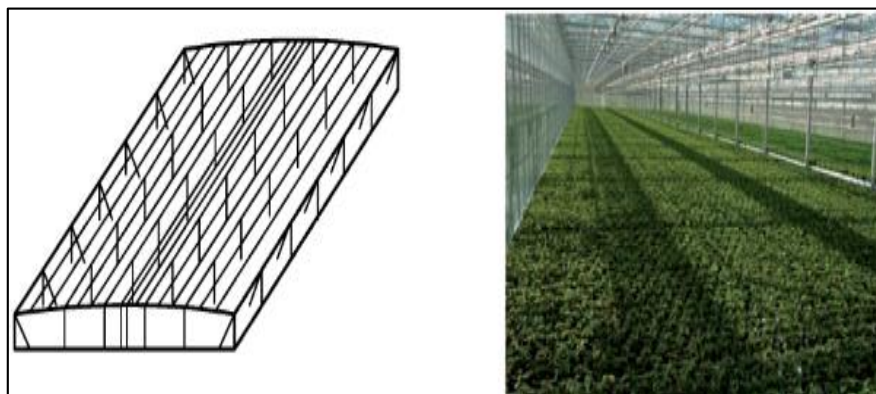
sembrar y cosechar en climas adversos o en temporadas frías, garantizando alimento fresco durante todo el año. [1].

1.2.2. Tipos de invernaderos

1.2.2.1. Plano y tipo parral

El invernadero tipo plano también puede tener uno o dos planos inclinados, su construcción se lo realizará con madera, hierro o mixto, estos se usan en lugares poco lluviosos, estos van sujetas al piso con cimientos de hormigón. [2] Su mayor ventaja es el bajo costo de construcción, sin embargo, tiene algunas desventajas, como mala ventilación, poco volumen de aire, no hay control de temperatura y mucha humedad, el costo de mantenimiento es elevado pasado los 5 primeros años.

Figura 1: Invernadero parral (esquema y fotografía)



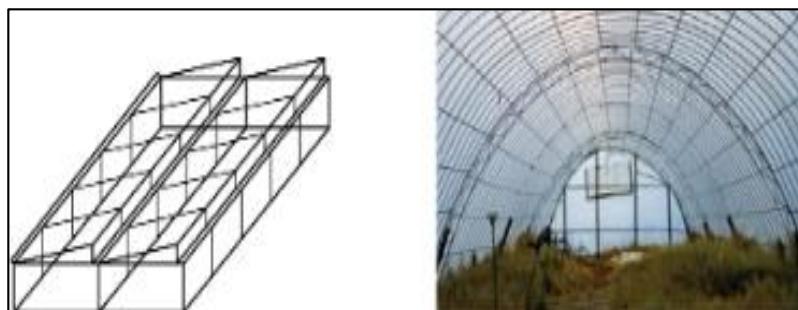
Fuente: [3]

1.2.2.2. Túnel y diente de sierra

Estos invernaderos se construyen con arcos de hierro galvanizado, unidos por tubos entre sí, en el techo tienen un plano inclinado, estos están contruidos con hierro y plástico sujetos con mallas de alambre, su anclaje al piso está hecha por una pequeña cimentación de hormigón. [4] Su ventaja es la baja inversión en su construcción, pero tiene desventajas, como

la poca ventilación, alta humedad y mínimo volumen de aire, también su mantenimiento es costoso.

Figura 2: Invernadero tipo sierra



Fuente: [5]

1.2.2.3. Capilla (Simple o doble)

Se trata de una de las estructuras más antiguas, empleadas en el forzado. La pendiente del techo (cambio) es variable según la radiación y pluviometría (variando normalmente entre 15° y 35°).

Las dimensiones del ancho, varían entre 6 y 12 m (incluso mayores), por largo variable.

Las alturas de los laterales varían entre 2,0-2,5 m y la de cumbrera 3,0-3,5 m (también se construyen más bajos que los señalados, pero no son recomendables). [6]

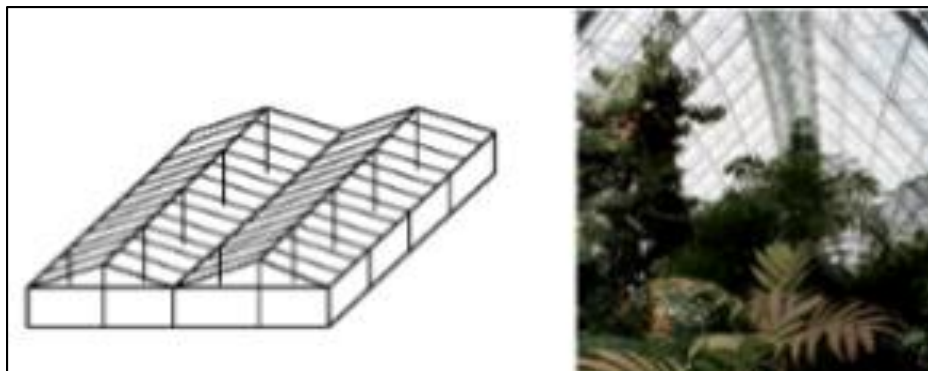
La ventilación de estos invernaderos en unidades sueltas, no ofrece dificultades; solo se hace difícil cuando varios de estos invernaderos se agrupan formando baterías.

Ventajas: Construcción de media a baja complejidad, utiliza materiales de bajo costo dependiendo de la zona (postes de madera pinos, eucaliptos, etc.). Apto tanto para materiales de cobertura flexible como rígidos. [6]

Desventajas: Problema de ventilación con invernaderos en batería. Misma altura cenital, tiene menor volumen encerrado que invernaderos curvos, mayores números de elementos

que disminuyen la transmisión de luz solar, elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivos. [6]

Figura 3: Invernadero tipo capilla doble.



Fuente: [7]

1.2.4 Tipo multi túnel

Este invernadero está construido con arcos, que se encuentran unidos en la parte alta, son de plástico y hierro galvanizado, la estructura está sujeta al suelo por medio de pilares, que se anclan por medio de cimientos de hormigón, también están reforzados en los lados por pilares de hierro galvanizado. En la actualidad este tipo de invernadero es el más utilizado en la industria agrícola, debido a su adaptabilidad a todo tipo de climas y suelos, su mantenimiento no es muy costoso y una de las cosas más importantes es, que permite automatizar sus variables, como la temperatura, humedad, luminosidad etc.

Figura 4: Invernadero multi túnel.

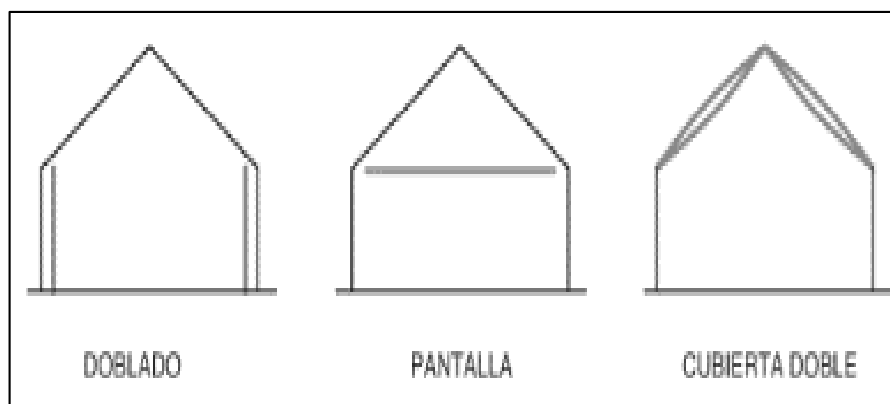


Fuente: [10]

1.2.5. Dispositivos de aislamiento

Existen en el mercado actual, pantallas térmicas que ayudan a reducir las pérdidas de calor las cuales se las pueden colocar, fijas o móviles en un invernadero, en la parte de las paredes y el techo, también se puede instalar doble cubierta temporal o permanente.

Figura 5:Dispositivos de aislamiento paredes externas dobles, pantalla térmica y cubierta



Fuente: [11]

A continuación, se detalla los dispositivos de aislamiento.

a) Doble cubierta inflada

La cubierta inflada son dos laminas plásticas, que están separadas por unos centímetros, están reducen la tercera parte de la perdida de calor, que un invernadero normal pierde sin esta protección, la desventaja es que no deja pasar la luz, afectando a las transktividades de luminosidad a los cultivos, para mantener a la cubierta inflada se necesita turbinas de baja frecuencia para tener una sobre presión de 40 a 60 Pa.

Figura 6: Invernaderos de doble lamina de plástico.



Fuente: [11]

b) Pantallas térmicas móviles.

Estas pantallas permiten retener la pérdida de calor, debido a que no son permeables, limitan el área del invernadero reduciendo notablemente espacios y éstas son utilizadas en lugares muy fríos, por lo general se las usan en la noche, la desventaja es que aumenta la humedad del aire.

El uso efectivo de las pantallas térmicas depende directamente de su buena instalación, debido que son de lienzos tejidos o láminas de aluminio, los cuales tienen propiedades ópticas muy variables, evitando que estas provoquen sombreo, y una vez comprimida la cortina térmica limitan la luz hasta un 4%, estas pueden ser automatizadas teniendo en cuenta los factores de radiación, evitando que caiga de manera brusca el aire frío acumulado en los lienzos y por ultimo controlando la hora correcta de abrir y cerrar la cortina, para no afectar a la fotosíntesis de las plantas.

Figura 7: Pantalla térmica.



Fuente: [12]

c) Pantallas laterales externas dobles

Las paredes pueden estar elaboradas de plástico con burbujas de aire, están son de bajo costo, permite el ingreso de luz, lo cual es muy beneficioso para el invernadero, su comportamiento es similar a las de las paredes inflables.

1.3.Sistemas de calefacción

1.3.1. Calefacción por agua caliente

Este sistema consiste en calentar agua por medio de calderas, que utilizan como combustible el fuel o el gas propano, la circulación de agua caliente por medio de tuberías dentro del área del invernadero hace que se transmita calor al ambiente, lo cual permite regular la caída de la temperatura, una vez que circula por dentro del recinto regresa a la fuente con menor temperatura, esto es el ciclo para la circulación de agua, la tubería puede estar sobre el suelo o dentro de ella, para instalaciones fuera del suelo se necesita ventiladores, para homogenizar la temperatura del ambiente, la distribución de tuberías pueden ser móviles o fijas.

Los sensores a utilizar para la medición de la variable, son termopares, termisores y termorresistencias los cuales son las más utilizadas en la actualidad. El sistema es sencillo de manejarlo, su distribución es uniforme al calor y el bajo costo del mantenimiento, mientras que las desventajas vienen dadas por el alto tiempo que tarda en enfriarse o calentarse y la mayor desventaja es el alto costo de instalación [12]

1.3.2. Calefacción por vapor de agua

Este sistema es similar al sistema de calefacción por agua caliente, la diferencia es que este no sale de la caldera agua en estado líquido, este trabaja con vapor de agua a presión, que viaja por una tubería a través del recinto, en el transcurso de este disminuye su temperatura y regresa a la caldera casi en estado líquido, uno de los problemas en este sistema es la baja inercia térmica que posee y la deficiente distribución uniforme del calor. [8]

1.3.4. Calefacción por aerotermia

Los aerotermia funcionan por medio de un radiador, que tiene agua caliente en sus toberas, y por medio de un ventilador envían un flujo de aire hacia el ventilador, lo que produce una salida de aire caliente hacia el recinto. Este es un sistema mixto, una de sus desventajas en comparación con los otros sistemas de calefacción por tuberías, es que sus pérdidas son mayores, una de las razones es por radiación y no por conducción- convección, pero este sistema es poco sensible al viento. [9]

1.3.5. Calefacción por resistencias eléctricas (termoventilador)

Este sistema consiste en montar una serie de resistencias en serie, en un sistema aislado con un ventilador, el cual genera un fluido de aire que al pasar por las resistencias eléctricas

generan aire caliente, elevando la temperatura del invernadero, una de las ventajas es que su instalación es sencilla, pero su funcionamiento genera un alto consumo de energía, debido que las resistencias deben ser de gran potencia para poder elevar la temperatura del aire. [12]

1.3.6. Calefacción por energía solar.

Este sistema consta de captadores metálicos y pintados de negro, en formas de cajas rectangulares de paneles y tubos de polietileno para absorber la radiación de los rayos solares y calentar el líquido que circula por ellos, es este caso el más común que es agua, el captador transfiera el agua caliente a un reservorio o directamente a las tuberías, la inclinación del captador está a 10 o 20 grados sexagesimales. [10]

1.4.Sistemas automatizados

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, por lo que consta principalmente de dos partes: una de mando y otra operativa según manifiesta [11].

Es decir, es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Lo que produce mayor rapidez de ejecución, mejor regulación de los resultados y evita al hombre tareas penosas y repetitivas.

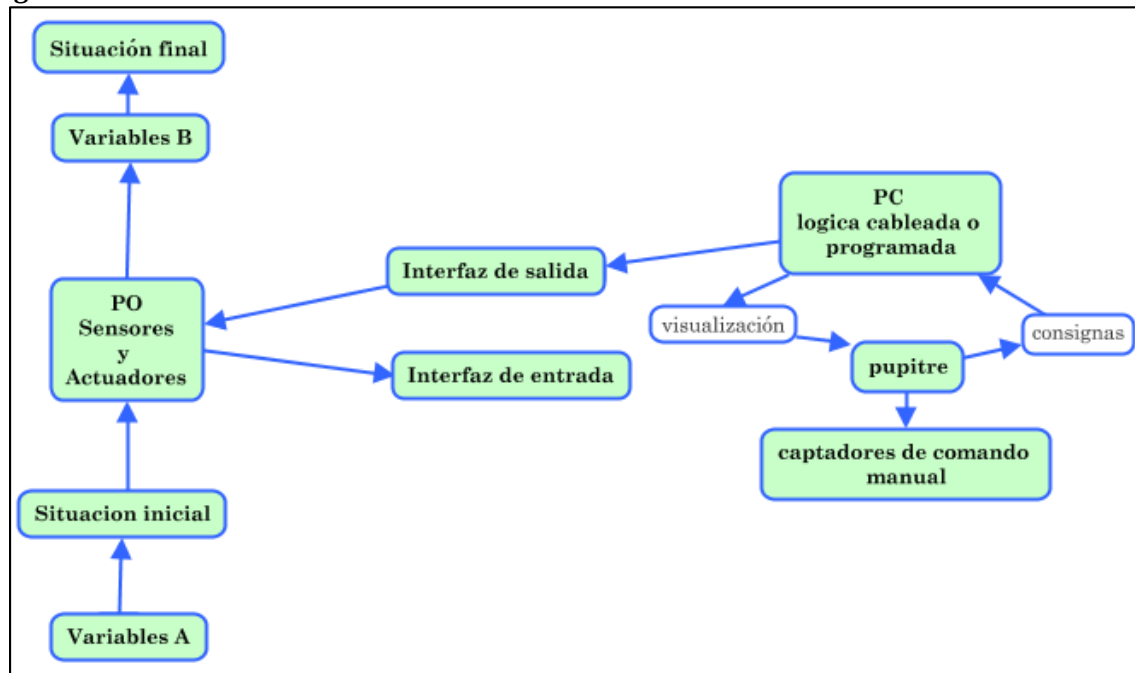
1.4.5. Los sistemas automatizados constan de dos partes principales:

La Parte operativa: es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de la máquinas como motores, cilindros, compresores y los adaptadores como fotodiodos, finales de carrera. [12]

Esta comprende lo siguiente:

- Parte mecánica (herramientas, móvil, etc.),
- Accionadores: denominados también órganos motores, que transforman las señales originadas en la parte comando en acción (desplazamiento del carro, rotación de la broca, etc.),
- Captadores: que comunican a la parte comando las informaciones sobre la posición de los móviles, velocidades, presencia de piezas.

Figura 8. Estructura de un Sistema Automatizado



Fuente (Arbones, E., 1992).

La Parte del Comando: También designada parte del tratamiento de la información. Agrupa todos los componentes del tratamiento de la información utilizada para el funcionamiento de la parte operativa. La Parte del Comando se realiza basándose en técnicas tales como: cableada, electromagnética, electrónica o neumática programada (autómatas programables, microprocesadores). [13].

Estas dos partes están vinculadas a un tercer elemento, la parte operador o pupitre. El pupitre permite al operador intervenir sobre el modo de funcionamiento del automatismo, las regulaciones de velocidades y de carreras, los paros de urgencia, entre otros. Estas partes pueden ser de tecnología diferente: para vincularlas es necesario utilizar órganos de adaptación llamados interfaces. [1].

1.4.5.1. Objetivos de la automatización

Esencialmente, los objetivos de la automatización son los siguientes [14]

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
 - Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
 - Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
 - Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
 - Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo integra la gestión y producción.
-
- **Placas Controladoras Arduino**

Si un proyecto Arduino es autónomo después de programado su micro controlador, la placa no necesita estar conectada a ningún computador y puede funcionar autónomamente si dispone de alguna fuente de alimentación. [15]

Si no es autónomo la placa debe estar conectada de alguna forma permanente (por cable USB, por cable de red Ethernet, etc.) a un computador ejecutando algún software específico que facilite la comunicación entre este y la placa y el intercambio de datos entre ambos dispositivos. Este software específico lo debemos programar generalmente nosotros mismos mediante algún lenguaje de programación estándar como Python, C, Java, php, etc., y será independiente completamente del entorno de desarrollo Arduino, esté ya no necesitará más cuando la placa este programada y en funcionamiento. [16]

Los tipos de placas más utilizadas son: Arduino micro/genuino micro, Arduino 101/genuino 101, Arduino gemma. Placas de expansión (shields). [17].

1.4.6. Sensores

Los sensores son aquellos que imitan la capacidad de percepción de los seres humanos, por ello es cada vez más usual encontrarlos incorporados a cualquier área tecnológica. Debido a esta característica de imitar la percepción humana, podemos encontrar sensores relacionados con los diferentes sentidos: vista, oído, tacto, es decir, que reaccionan a la luz, el sonido, el contacto. [16] De igual manera que nuestro cerebro reacciona a la información que recibe de nuestros sentidos, los dispositivos que incorporan sensores reaccionaran a la información que reciben de ellos los sensores son por tanto dispositivos electrónicos que nos permiten interactuar con el entorno, de forma que nos proporcionan información de ciertas variables que nos rodean para poder procesarlas y así generar ordenes o activar procesos.

Con la incorporación de la sensórica a los sistemas electrónicos se les ha dotado de cierta “inteligencia” artificial, ya que a través de la información que proporcionan, y una vez

procesada convenientemente, permiten tomar con precisión y rapidez las mejores decisiones dentro del cometido para el que están diseñados dichos sistemas electrónicos.

Una computadora toma datos de todos estos sensores y los procesa comparándolos con valores prediseñados. La computadora luego proporciona señales de control a diferentes partes como motores, flaps, timones, etc. que ayudan en un vuelo sin problemas

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la magnitud que la condiciona o variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. [12].

1.4.7. Clasificación de los sensores

Dada la gran cantidad de sensores que existen, se hace necesario clasificarlos para así poder entender mejor su naturaleza y funcionamiento. No obstante, esta tarea no es fácil, por lo que existen varios tipos de clasificaciones. [18]

Atendiendo a su funcionamiento:

- **Activos:** Requieren de una fuente externa de energía de la que recibir alimentación de corriente para su funcionamiento.
- **Pasivos:** No requieren de una fuente de energía externa, sino que las propias condiciones medioambientales son suficientes para que funcionen según su cometido. [18]

Atendiendo a las señales que proporcionan:

- Analógicos: Proporcionan la información mediante una señal analógica (tensión, corriente), es decir, que pueden tomar infinitud de valores entre un mínimo y un máximo.
- Digitales: Proporcionan la información mediante una señal digital que puede ser un “0” o un “1” lógicos, o bien un código de bits. [11]

Atendiendo a la naturaleza de su funcionamiento:

- Posición: Son aquellos que experimentan variaciones en función de la posición que ocupan en cada instante los elementos que lo componen.
- Fotoeléctricos: Son aquellos que experimentan variaciones en función de la luz que incide sobre los mismos. [16]
- Magnéticos: Son aquellos que experimentan variaciones en función del campo magnético que les atraviesa.
- Temperatura: Son aquellos que experimentan variaciones en función de la temperatura del lugar donde están ubicados.
- Humedad: Son aquellos que experimentan variaciones en función del nivel de humedad existente en el medio en que se encuentran.
- Presión: Son aquellos que experimentan variaciones en función de la presión a que son sometidos. [16]
- Movimiento: Son aquellos que experimentan variaciones en función de los movimientos a que son sometidos.

- Químicos: Son aquellos que experimentan variaciones en función de los agentes químicos externos que pudieran incidir sobre ellos. Como por ejemplo los sensores de pH.

Atendiendo a los elementos utilizados en su fabricación:

- Mecánicos: Son aquellos que utilizan contactos mecánicos que se abren o cierran.
 - Resistivos: Son aquellos que utilizan en su fabricación elementos resistivos.
 - Capacitivos: Son aquellos que utilizan en su fabricación condensadores.
 - Inductivos: Son aquellos que utilizan en su fabricación bobinas.
 - Piezoeléctricos: Son aquellos que utilizan en su fabricación cristales como el cuarzo.
 - Semiconductores: Son aquellos que utilizan en su fabricación semiconductores.
- [12].

1.4.8. Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura se utilizan en diversas aplicaciones tales como aplicaciones para la elaboración de alimentos, climatización para control ambiental, dispositivos médicos, manipulación de productos químicos y control de dispositivos en el sector automotriz. [11].

Los sensores de temperatura se utilizan para medir el calor para asegurar que el proceso se encuentre, o bien dentro de un cierto rango, lo que proporciona seguridad en el uso de la aplicación, o bien en cumplimiento de una condición obligatoria cuando se trata de calor extremo, riesgos, o puntos de medición inaccesibles.

Hay dos variedades principales: sensores de temperatura con contacto y sin contacto. Los sensores de contacto incluyen termopares y termistores que hacen contacto con el objeto a medir, y los sensores sin contacto se encargan de medir la radiación térmica emitida por una fuente de calor para determinar su temperatura. Este último grupo mide la temperatura a distancia y a menudo se utilizan en entornos peligrosos. (Mathas C. 2011).

1.4.9. Tipos de sensores de temperatura:

Termopares (TC):

Es un par de empalmes o uniones que se forman a partir de dos metales distintos. Un empalme representa una temperatura de referencia y el otro representa la temperatura a medir. Los mismos funcionan cuando una diferencia de temperatura provoca un voltaje (efecto seebeck) que depende de la temperatura, y que el voltaje es convertido, a su vez, en una lectura de la temperatura.

Los termopares se usan porque son económicos, resistentes y confiables, no requieren una batería, y pueden ser utilizados en una amplia gama de temperaturas. Los termopares pueden conseguir un buen rendimiento de hasta 2.750°C y pueden incluso ser usados por periodos cortos a temperaturas de hasta 3.000°C y tan bajas como -250°C .

Termistores:

Como los termopares, también son sensores de temperatura económicos y fácilmente disponibles, fáciles de usar y adaptables. Se utilizan, sin embargo, para realizar sencillas mediciones de temperatura en lugar de para aplicaciones a alta temperatura. Están realizados de material semiconductor con una resistividad que es especialmente sensible a la temperatura.

La resistencia de un termistor disminuye con el incremento de la temperatura para que cuando ocurran cambios de temperatura, el cambio de la resistencia sea predecible. Son muy utilizados como limitadores de corriente de irrupción, sensores de temperatura, protectores contra sobre cargas de reinicio automático, y elementos de calentamiento autorregulados.

1.4.10 Detectores de temperatura resistiva (RTD):

Son sensores de temperatura con una resistencia que cambia el valor resistivo simultáneamente con los cambios de temperatura. Precisos y reconocidos por la repetitividad y estabilidad, los RTD se pueden utilizar con una amplia gama de temperaturas, desde -50°C a 500°C de para las variedades de película delgada y desde -200°C a 850°C para la variedad de hilo bobinado.

1.4.11 Sensores infrarrojos:

Se utilizan para medir las temperaturas en superficie que van desde -70°C a 1000°C convierten la energía térmica enviada desde un objeto en un rango de longitud de onda de 0.7 a 20um compensar para cualquier temperatura ambiente.

1.5. Caracterización de los sistemas automatizados

Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas: medición, evaluación y control.

Medición: Para que un sistema automatizado reaccione ante los cambios en su alrededor debe estar apto para medir aquellos cambios físicos. Por ejemplo, la humedad y la temperatura nos ayudaran a determinar el comportamiento de un sistema de riego. Este sistema es denominado retroalimentación, ya que la información obtenida de las medidas es retroalimentada al sistema y este a su vez servirá para realizar el respectivo control.

Evaluación: La información obtenida gracias a la medición es evaluada para así poder determinar si una acción debe ser llevada a cabo o no. Por ejemplo, si una nave espacial su

posición y encuentra que está fuera de curso, una corrección del curso debe llevarse a cabo; la función de evaluación también determina qué tan lejos y en qué dirección debe ser lanzado un cohete para que la nave espacial tome el curso de vuelo correcto.

Control: El último paso de la automatización es la acción resultante de las operaciones de medición y evaluación. Por ejemplo, de la operación anterior, una vez que se sabe qué tan lejos y en qué dirección debe ser lanzado el cohete, el cohete es lanzado y devuelve al curso de vuelo a la nave espacial gracias a la reacción causada por el paso del cohete junto a la nave espacial. [13]

1.6. Energía geotérmica

Esta es estudiada en el campo de la ciencia, por lo cual se puede definir el calor existente debajo de la tierra a cierta distancia, o traspasando la superficie, la geotérmica no es más que el calor natural que irradia el núcleo de la tierra, la cual es conservada y transportada a través de las rocas que se encuentran al rojo vivo que entran en contacto con fluidos a temperaturas muy altas originando el sistema geotérmico. [19]

Es por ello que la geotérmica es una de las fuentes renovables más potentes hoy en día, de lo cual su uso es muy poco ya que solo ciertos países como en Europa en donde la tecnología ha hecho que el ser humano sea capaz de aprovechar esta energía, así también Japón y Estados Unidos llevan décadas en menor medida aprovechando su energía.

1.6.1. Pasos Para Obtener Energía geotérmica

1. **Perforación.** Antes de poner en funcionamiento cualquier sistema de energía geotérmica es necesario localizar y perforar la zona adecuada. Para ello es necesario contar con estudios geológicos y mineros, así como con un equipamiento tecnológico adecuado y personal altamente cualificado. [20]
2. **Instalación.** Después de perforar es necesario introducir una o varias sondas geotérmicas. Sondas en forma de tubería selladas, fabricadas con poliuretano y rellenas de agua o líquido anticongelante. Su función es realizar el intercambio de calor, con lo que una vez son introducidas en la zona más profunda, ascienden de nuevo a alta temperaturas y el calor es recogido en la superficie. [20]
3. **Producción:** para la obtención de electricidad, es necesario que haya en el exterior una planta geotérmica que recoja el vapor y lo convierta en energía mecánica gracias a una turbina. Incluso puede suministrarse energía geotérmica de forma directa a viviendas, conectando directamente el calor obtenido con una red de distrito que caliente de forma directa a los edificios. Gracias a un convertidor, además, es posible generar el efecto contrario y ofrecer aire frío en verano. [20]

1.6.2. Energía geotérmica superficial

La que encontramos a escasos metros de la corteza terrestre, con una perforación de apenas 1 o 2 metros. En este caso las temperaturas alcanzadas por el agua en los ciclos termodinámicos son de 15°C. Es el tipo de energía geotérmica más utilizado para obtener energía destinada al uso doméstico. [20]

Ventajas y desventajas

Ventajas de la energía geotérmica

Entre las muchas ventajas de la energía geotérmica destacan principalmente tres:

1. Es una energía limpia. Una alternativa fundamental para alcanzar los próximos retos sostenibilidad energética y des carbonización. [21]
2. Minimiza el uso de combustibles fósiles llegando a conseguir plantas que reducen al mínimo su huella de carbono en funcionamiento.
3. Apenas genera residuos ni gases nocivos, por lo que el impacto ambiental y protección del medio ambiente están garantizados con el uso de la energía geotérmica. [21]

Desventajas de la energía geotérmica

La principal desventaja de energía geotérmicas es que requiere unas condiciones geológicas muy específicas para poder implementarse eficazmente, la utilización de la energía geotérmica para generar electricidad, aunque por el momento es difícil su desarrollo. La ínfima emisión de gases de efecto invernadero atenúa la posible contaminación térmica. El ruido generado en la construcción de las instalaciones desaparece al iniciar la producción de energía [21]

1.7. Pozos Canadienses

Es una técnica de climatización utilizada con frecuencia en proyectos de arquitectura bioclimática, que permite el aprovechamiento de la energía del subsuelo. Este sistema, considerado como geotermia de baja temperatura, apenas consume energía por lo que se considera una tecnología ecológica, eficiente y sostenible. [22]

1.7.1. Cómo funciona un pozo canadiense

El pozo canadiense o provenzal basa su funcionamiento en la instalación de unos conductos a poca profundidad (entre dos y cinco metros) por los que circula el aire. Al circular por estos

conductos, el aire adquiere la temperatura del terreno que, a esa profundidad suele estar entre los 18 y los 23 grados centígrados, para posteriormente hacer circular el aire por la vivienda con o sin aporte térmico para conseguir las condiciones óptimas de confort. [23]

1.7.2. Componentes de una instalación de pozo canadiense

Una instalación de pozo canadiense debe contar con las siguientes partes o componentes:

- **Punto de captación del aire.** El punto a través del cual el sistema capta el aire del exterior. Esta toma de aire deberá situarse a cierta altura para evitar la captación de aire contaminado, por ejemplo, por gas radón. La entrada de aire deberá contar también con una rejilla que evite la entrada de insectos y otros animales que puedan anidar o ensuciar el interior de los conductos. [23]
- **Filtros.** a través de los filtros se purifica el aire y se evita la entrada de polvo y suciedad al interior de los conductos.
- **Intercambiador de calor.** Es el elemento que transfiere el calor del subsuelo al aire. La longitud y el diámetro de este conducto podrá ser de diferentes tamaños en función de diversos parámetros (profundidad, tipo de suelo, necesidades térmicas, etc.). En cualquier caso, habrá que tener en cuenta que cuanto mayor sea la longitud del tubo, más transferencia térmica aire-suelo se producirá. [23]

1.7.3. Características de los conductos del pozo canadiense

Los conductos o tuberías deberán presentar además una serie de características:

2. Deben ser impermeables y estancos.
3. Resistentes a la presión, deformación del terreno y corrosión.
4. Deben tener una buena conductividad térmica. [23]

También esta tubería deberá tener una ligera inclinación hacia un punto de recogida de condensados. Esto evitará la acumulación de agua en los conductos en el caso de producirse condensaciones por bajadas de temperatura del aire o cualquier otro fenómeno atmosférico. La forma del intercambiador podrá variar principalmente por el terreno disponible para la instalación. Normalmente consiste en un conducto intercambiador que rodee la vivienda.

- **Pozo de drenaje.** El agua condensada en las tuberías, debido a la inclinación se debe dirigir a un pozo de drenaje donde se elimina del sistema.
- **Impulsor o circulador de aire.** El aire necesitará de un elemento que lo impulse y lo haga circular a través suyo. Esto se podrá realizar mediante elementos activos (mecánicos) como ventiladores o extractores que succionen el aire y lo hagan circular o mediante elementos pasivos como las chimeneas solares. Este sistema también es típicamente compatible con sistemas de ventilación mecánica con recuperador de calor. [23]

1.7.4. Ventajas del pozo canadiense

La climatización de una vivienda a través de la tecnología de los pozos canadienses dispone de una serie de ventajas sobre otros sistemas, especialmente para proyectos considerados de arquitectura ecológica o sostenible. Estas son:

- Es un sistema renovable, eficiente y sostenible, respetuoso con el medio ambiente.
- Es un sistema con un consumo mínimo de energía.
- Son sistemas que aportan un elevado nivel de confort térmico.
- Aportan elevados niveles de calidad del aire interior.
- Son sistemas de una elevada eficiencia energética especialmente en combinación con sistemas de ventilación mecánica con recuperador de calor.
- Reduce la demanda energética de la vivienda.

- Su mantenimiento es muy sencillo, aunque, como en otros sistemas, se recomienda realizar revisiones rutinarias.

CALCULOS DEL SISTEMA

El cálculo de sistemas de tubos enterrados se fundamenta en determinar la superficie total de transferencia necesaria para el intercambio de calor, jugando con los valores como la sección y diámetro de la tubería, velocidad del aire y el caudal de circulación. Todos estos parámetros están ligados al volumen del espacio a ventilar, (Ruiz Muñoz, 2009).

Cálculo de la transmisión térmica de la tubería, que depende del diámetro y de la conductividad térmica del material:

$$U = \frac{\lambda}{\frac{D_e}{2} \ln \frac{D_e}{D_i}}$$

Fuente: [24]

Dónde:

U = Transmitancia térmica

D_e =Diámetro exterior

D_i =Diámetro interior

λ = coeficiente de conductividad térmica

R_i = Resistencia térmica interior

Cálculo de la transmitancia del conjunto suelo – ducto, tomando en cuenta la resistencia térmica interior.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + R_i} = \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Ecuación: Transmitancia de todo el conjunto (suelo – ducto) [25]

Dónde:

h_i = Transmitancia interna de la tubería.

R= Resistencia térmica del ducto.

Cálculo de la temperatura media de la variación de temperatura dentro del intercambiador de calor:

$$T_m = \frac{T_{entrada} + T_{salida}}{2} = ^\circ C$$

Ecuación: temperatura media

Fuente: [25]

Cálculo de la capacidad de enfriamiento del conducto:

$$C_e = \frac{\Phi}{A} = U(T_m + T_t) = \frac{W}{m^2}$$

Ecuación: Capacidad de enfriamiento

Fuente: [25]

Dónde:

C_e = Capacidad de Enfriamiento (w/m²)

Φ = flujo de calor

A= área del tubo

T_m =Temperatura media del aire

T_t =Temperatura del terreno

U= Transmitancia de todo el conjunto

Cálculo de la capacidad de enfriamiento del conducto:

$$E_e = \left(\frac{i}{V_e} \right)_{entrada} - \left(\frac{i}{V_e} \right)_{salida} = \frac{W \cdot s}{m^3}$$

Ecuación: Enfriamiento del conducto

Fuente: [25]

Dónde:

E_e= energía a eliminar

i=Entalpía del aire seco

KJ/kg

V_e= Volumen específico del aire (m³/kg)

Cálculo de la superficie del conducto:

$$S = \frac{E_e Q}{C_e} = m^2$$

Ecuación: Superficie del ducto

Fuente: ([25]

$$Q = V \pi r^2 = \frac{m^3}{s}$$

Ecuación: caudal de aire que ingresa al ducto

Fuente: [25]

Dónde:

C_e = Capacidad de Enfriamiento (w/m^2)

E_e = energía a eliminar

V = velocidad de ingreso del aire

(m^3/s)

Al tener el perímetro de la tubería ya definida solo queda obtener longitud:

$$L = \frac{S}{2\pi r} = m$$

Ecuación: Longitud del ducto

Fuente: [25]

1.7.5. Comparación de diferentes sistemas de calefacción

Es una forma de climatización que consiste en satisfacer el equilibrio térmico cuando existe una excesiva pérdida corporal de calor disipada hacia el ambiente, mediante un aporte térmico que permite una temperatura ambiente confortable [44].

Para el diseño del sistema de calefacción de un invernadero se debe considerar que el calor sea eficaz y eficiente; es decir, que sea uniforme y que disminuya los gradientes térmicos. Se considera que para el sistema de calefacción el elemento de conducción de calor es el aire. Este sistema utiliza un calefactor que conduce aire a través de focos de calor de manera que este se caliente para luego ser enviado al interior del invernadero a una velocidad recomendada. Para la elección del calefactor se analizaron algunos que ayuden a funcionar óptimamente el sistema, como se observa en la Tabla

Tabla N1 Características de diferentes sistemas de calefacción

Diferentes sistemas de calefacción	Fan Heater HFTV-1	Waldbeck Strato x2022	SAIVOD PTC-902
			
Alcance	15 m ² – 20 m ²	150 m ²	100 m
Potencia Absorbida (W)	90 W	1500W	90 W
Alimentación Eléctrica	110 V	110 V	110 V
Peso	7 kg	6,2 kg	10 kg
Bajo consumo de Energía	✓	X	X
Libre de Problemas Estructurales	✓	✓	✓
Costo Accesible	✓	X	✓

Las razones de elección del calefactor se fundamentaron en su cobertura y fácil implementación y monotonía. En comparación con el calefactor Fan Heater – HFTV1 su alcance máximo es de 20 m² y no cubre el área del invernadero que es de 150 m², Por tal razón se descarta el uso de este calefactor.

El Calefactor SAIVOD PTC-902, tiene un alcance de 150 m² al igual que el calefactor Waldbeck Strato x2022, el criterio de selección para este calefactor se fundamentó esencialmente en el tiempo que tarda en calentar el aire, y este factor depende de la potencia que presente el dispositivo, adicional a esto por su fácil implementación, mantenimiento, y no presenta problemas estructurales.

Entonces, dependiendo de las dimensiones del invernadero a calefacciones, es importante tomar en cuenta la altura del ambiente, ya que si existen elevadas alturas el calor buscara esa dirección por razones físicas. En caso que la altura sea más alta siempre es recomendable utilizar un equipo de mayor potencia por tal motivo se necesita un calefactor de mucha potencia y el calefactor seleccionado en comparación con el modelo 902 y HFTV-1, es de 1500W, superior a los anteriores.

Se eligió el calefactor industrial Waldbeck Strato x2022 presenta una conexión a 110V, fácil de instalar y su área de alcance abarca perfectamente el área del invernadero al ser de 150 m². La instalación se realiza sobre el suelo dirigido hacia el centro del invernadero probando que la corriente de aire no esté en contacto directo con las orquídeas para evitar enfermedades. El sistema de calefacción permite evitar fenómenos climáticos como las heladas, debido a su fuente de calor.

1.8. METODOLOGÍA

Esta presente investigación es cuantitativa ya que representa un conjunto de procesos desde la automatización y control de temperaturas bajas en invernaderos. Para cumplir con el objetivo planteado y comprobar sus beneficios para los agricultores que se dedican a cultivar hortalizas, legumbres, etc. en invernaderos los cuales tienen problemas cuando las temperaturas descienden o suben demasiado.

1.9. Nivel o tipo de investigación

- **Investigacion de Campo**

Uno de los campos que más problemática levanta entre los investigadores es el de elegir qué tipo de investigación es el más idóneo para cada caso. Este debate parte del hecho de que no hay un único procedimiento estándar, sino que en función de las características particulares de cada investigación de campo se podrán usar diferentes diseños. [31].

Para resalizar la investigacion se debere instalar el sistema de control de la variable de temperatura en el invernadero, para estrudiar el comportamiento de la misma, durante un determinado tiempo, de ahí se puede realizar el estudio minucioso de la misma, sacando como conclusiones si el sistema instaldo dio un resultado positivo o no, para controlar las caidas de temperatura.

- **Observación**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) [32] con relación a la observación plantean que “Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías En esta investigación se va a poder evidenciar mediante la

observación el comportamiento de los cultivos después de la implementación de la automatización y control de temperaturas.

- **Bibliografía Documental**

Es una investigación Bibliográfica documental, por cuanto se inquirió los escritos de varios autores respecto al campo de acción y objeto de estudio planteado. La investigación bibliográfica documental ayuda a establecer memorias en una conjetura concreta que sirva de sustento de la variable independiente y la variable dependiente. [33] Las diversas oposiciones que se desarrollen durante el estudio de la presente investigación se basarán teóricamente en documentos, libros, textos, revistas de carácter agrícola y cualquier material escrito en el que se encuentren tópicos referentes al estudio en mención realizando asimilaciones en libros y documentos.

1.10. Técnicas de recolección de información

Lectura Comprensiva

Se levantarán los datos necesarios mediante apuntes en los cuales se pueda interpretar y la comprender de investigación bibliográfica, conjuntamente con la información técnica y datos necesarios de las variables.

Medición

Es una técnica con la cual se puede recopilar la información de la variable analógica / digital y enviarlas a un equipo de recepción y de esta manera en base a su programación determine la acción a realizar por parte de los sistemas para mantener un funcionamiento óptimo del proceso.

Cálculos

Mediante el cálculo y las ecuaciones se determinará todos los parámetros que sean necesarios para conocer los niveles de temperatura en el invernadero después del proceso de automatización del invernadero experimental.

Software

Los implementados en este proyecto serán los encargados de realizar la recepción del sensor que analizará las diferentes variables. Y en este sentido es importante el desarrollo de algoritmos y lógicas de programación que son de vital importancia para el sistema de control.

Hipótesis

Si se diseña un sistema de Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos a bajos costos, se mejorará la productividad en el invernadero experimental de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el año 2022.

CAPITULO II

PROPUESTA

2.1 Título de la investigación.

Implementar un sistema de Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos dentro del invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.2 Objetivo del proyecto.

- Automatizar y controlar las bajas temperaturas, mediante sistemas de calefacción en el invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi para evitar daños en los cultivos.

2.3. Justificación de la propuesta.

El control de temperaturas bajas en invernaderos es muy importante para la Facultad de Ciencias agropecuarias y Recursos Naturales, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde se desarrolla investigación agropecuaria, la cual va creciendo en eficiencia y productividad, para esto se desarrollan procesos de investigación relacionados a la germinación de semillas, como brócoli, tomate etc, las cuales necesitan una temperatura ideal para su correcto proceso de crecimiento, estos se llevan a cabo en invernaderos que no tienen como controlar temperaturas bajas dentro del mismo, esto dañaría la producción sea en su totalidad o una parte, sin embargo significa una pérdida descontrolado por la baja temperatura, esto significara que el costo de producción sea alto o sea una pérdida total, a parte del tiempo utilizado que es irrecuperable, para esto se ve necesario investigar un método que permita controlar la misma a toda hora, sin la intervención de personal humano.

La producción industrial, pequeñas industrias y la producción agropecuarias tienen que ser automatizada para mejorar los índices de calidad y evitar costos por pérdidas de producción, esto permite controlar varios tipos de variables, entre estas la temperatura, que es entrada de

proceso, con esta podemos utilizar equipos electrónicos, de potencia, sensores, contactares, relés, motores y actuadores, estos al ser entradas y salidas deben ser acopladas en un PLC (Control lógico programable), donde se controlara señales de entrada y salida, este dará paso a la salida que entrara en funcionamiento según la programación de manera rápida y eficiente.

Este sistema automatizado para el control de bajas temperaturas, ofrece al productor generar una cosecha segura y confiable, ya que dejara de depender de los fenómenos naturales que pueden afectar su producción, también le permitirá ganar más dinero debido a que disminuirá costos de producción con un sistema confiable y seguro.

2.4 Fundamentación de la propuesta.

Al realizar la propuesta planteada de Implementar un sistema de Automatización y Control de temperaturas bajas en invernaderos dentro del invernadero N° 1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi se estará dando un valor agregado a los productos que se producen en dicho invernadero ya que el mayor problema de la zona es el constante cambio de temperatura ya sea la noche o en el día ,haciendo que por lo general la producción se pierda de estos cultivos, siendo económicamente perjudicial, al experimentar la implementación de un sistema automatizado que controle las temperaturas neutras que tienen cierta profundidad del suelo, se está contribuyendo a mejorar la producción y con ello se pretende dar a conocer a mas productores esta alternativa para que sus pérdidas sean mínimas por la acción del clima y la baja y subida de temperatura que se experimenta en la provincia de Cotopaxi.

2.4.1 Sistemas de Automatización

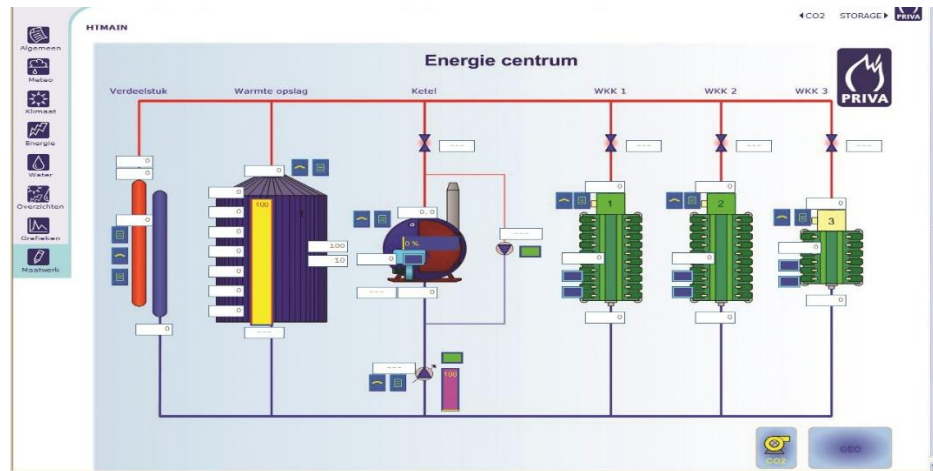
La automatización de un invernadero pueden ser aplicados en diversas áreas productivas, desde los invernaderos con elevado nivel de automatización (sea por cantidad y tipología de los equipos a controlar) a los invernaderos más simples; también en estos últimos se producen beneficios que superan los costos de la automatización. [34]

No obstante, no todos los invernaderos son iguales, en práctica no es así. Cada invernadero es dotado de equipos específicos para la producción de los diferentes cultivos y climas.

Conseguir una máxima eficiencia va de la mano con el correcto equipamiento del invernadero, pero también con mantener un control preciso de las condiciones necesarias para que el cultivo se desarrolle. Pero, ¿cómo conseguir esa precisión? Aquí es donde entran los sistemas de automatización, los cuales tienen la tarea de recopilar datos, procesarlos en base a sus algoritmos y ejecutar diferentes acciones dentro del invernadero, en beneficio del cultivo, en base a los parámetros que hayan sido definidos por el grower. [35]

Estos controladores tienen la principal función de ser el cerebro de operación del invernadero, automatizando prácticamente cualquier tipo de equipamiento instalado de riego, enfriamiento, calefacción, manejo de operaciones y personal, etc. El controlador permite que el grower defina sus parámetros y que estos influyan automáticamente en la manera en que los equipamientos operan para el beneficio del cultivo.

Figura 9 Sistemas de Automatización



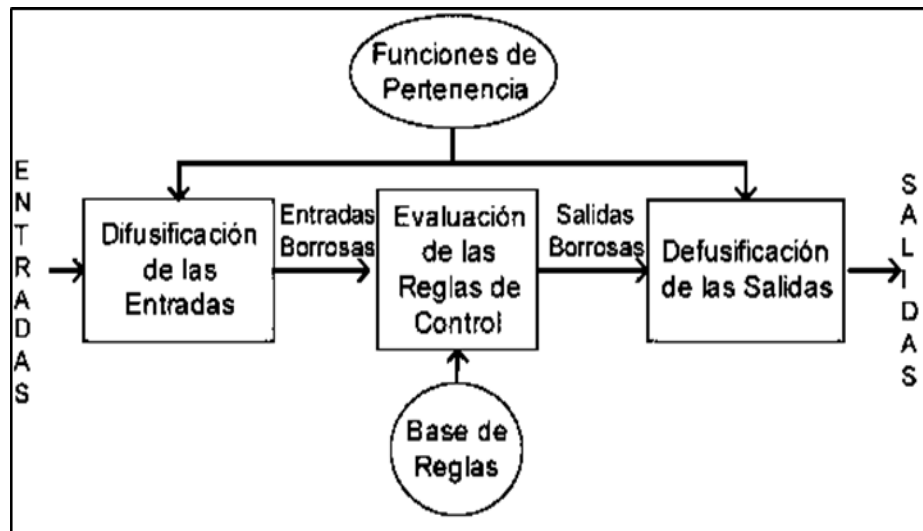
Fuente: [36]

- **Fuzzy Logic**

Proporciona funciones de MATLAB®, apps y un bloque de Simulink® para analizar, diseñar y simular sistemas basados en lógica difusa. Este producto ofrece una guía sobre los pasos para el diseño de sistemas de inferencia difusa. Se proporcionan funciones para muchos métodos comunes, incluidos el clustering difuso y el aprendizaje neurodifuso adaptativo.

Esta toolbox permite modelar comportamientos complejos del sistema mediante reglas lógicas simples y, posteriormente, implementar estas reglas en un sistema de inferencia difusa. Puede utilizarla como un motor de inferencia difusa independiente. Si lo prefiere, puede utilizar bloques de inferencia difusa en Simulink y simular los sistemas difusos dentro de un modelo completo de todo el sistema dinámico.

Figura 10. Sistema de interferencia difusa

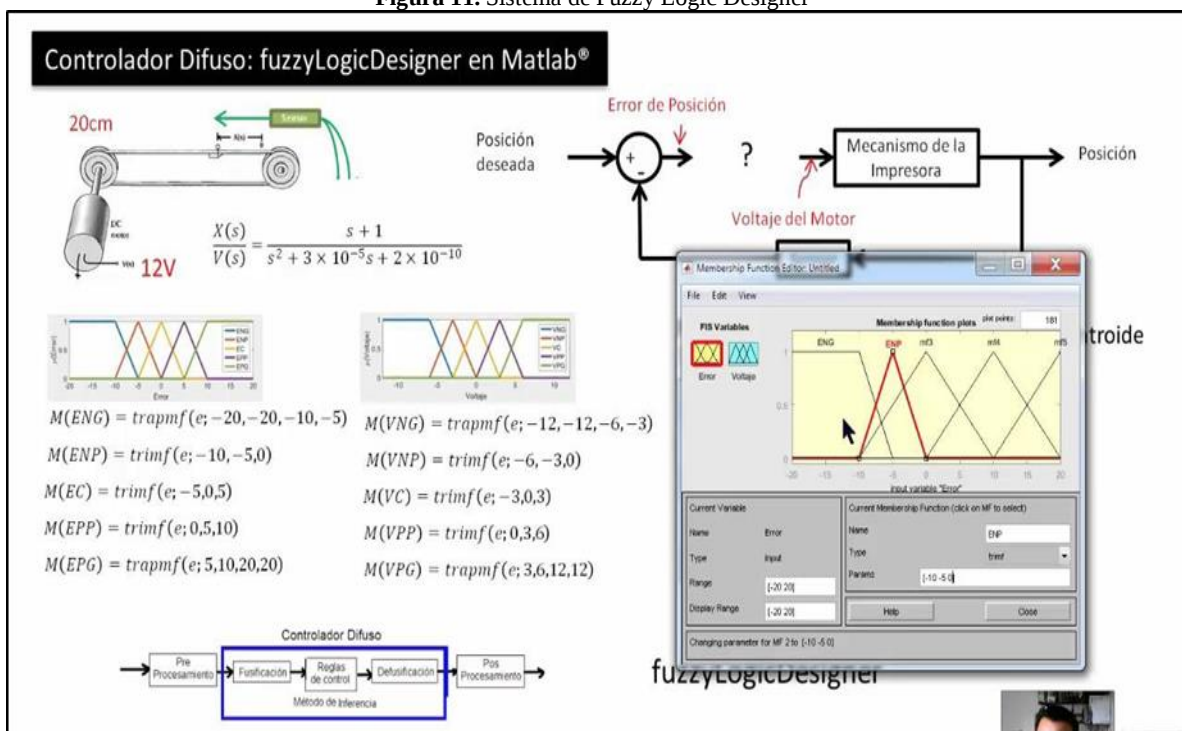


Fuente: [37]

- **Fuzzy Logic Designer**

Se utiliza esta aplicación desde la línea de comandos para diseñar y probar interactivamente sistemas de inferencia difusa. Es posible agregar o eliminar variables de entrada y salida. También se pueden especificar funciones de pertenencia de entrada y salida, así como reglas if-then difusas. Después de crear el sistema de inferencia difusa, puede evaluarlo y visualizarlo.

Figura 11. Sistema de Fuzzy Logic Designer



Fuente: [37]

2.4.2. Control Lógico programable

Figura 12. Control Lógico programable



Fuente: [38]

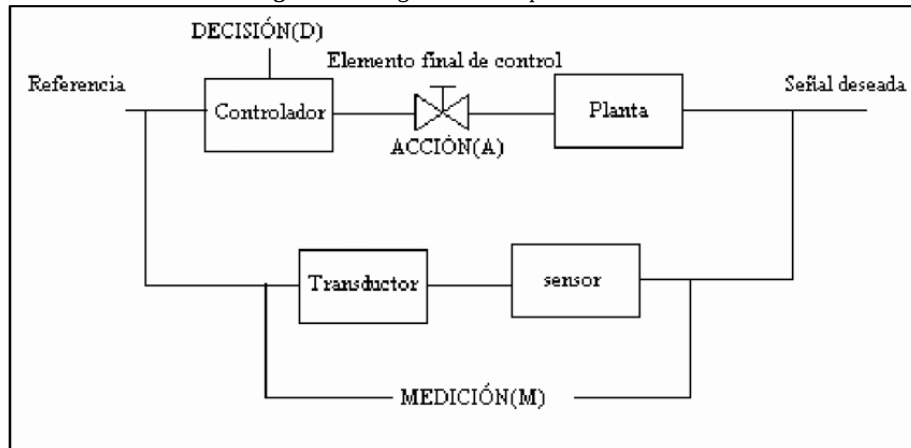
Módulo Entrada Discreta Interruptores, relevadores de contacto, etc. ANALÓGICA Potenciómetros, Voltajes de retroalimentación, etc REGISTRO Interruptores de fin de carrera, encoders, etc.

Módulo Salida Discreta Relevadores, Indicadores Luminosos, etc. ANALÓGICA Pantallas analógicas, Voltaje de control, etc.

2.4.3. Diagrama de bloques del sistema

Un Controlador Programable es una computadora especializada. Tiene todos los componentes básicos que cualquier otra computadora [6], una unidad central de procesamiento, memoria, interfaz de entradas y salidas.

Figura 13. Diagrama de bloques del sistema

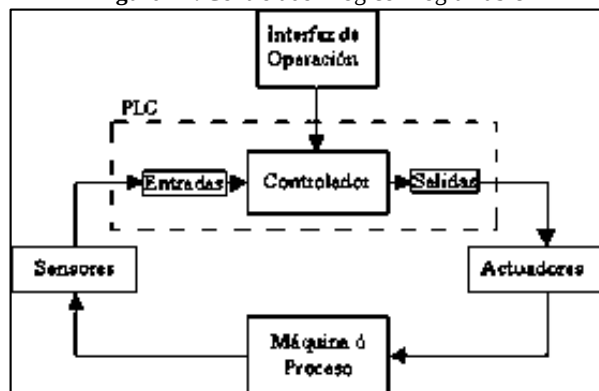


Fuente: [38]

La unidad central de procesamiento (CPU) es la parte de control del PLC. Interpreta los comandos del programa recuperados de la memoria y procesa tales comandos. El CPU está alojado en el módulo de procesador de los sistemas modulares.

2.4.4. Diagrama a Bloques de un Controlador Lógico Programable.

Figura 14. Controlador Lógico Programable



Fuente: [39]

La memoria en el sistema es generalmente de dos tipos: ROM y RAM. La memoria ROM contiene la información del programa que permite al CPU interpretar y ejecutar el Programa lógico de escalera almacenado en la memoria RAM. Debido a la volatilidad de la memoria RAM, ésta es conservada mediante una batería de respaldo de tal manera que el programa

descargado hacia el PLC no se pierda cada vez que se apaga la alimentación. La memoria RAM de algunos PLC's actuales es de tipo EEPROM.

2.4.5. Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados

La estructura de la propuesta se ha planteado de la siguiente manera:

- Se utilizará los resultados obtenidos en capítulos anteriores para con ellos seleccionar los componentes para hacer un adecuado control del sistema en función de sus características.
- Se realizará el diseño de circuitos para la adquisición de datos, circuitos de potencia, diagramas de programación con la utilización de software para realizar la simulación respectiva.
- Es necesario realizar un análisis de las señales obtenidas y determinar la variación de la misma en diferentes periodos de tiempo. Cabe resaltar que existen variables de entrada (Temperatura, humedad), salidas que en este caso estaría determinado por el accionamiento de bobinas (electroválvulas) y motores (Bombas).
- Al final se hará un análisis económico para validar los costos de la propuesta ya que se piensa utilizar diferentes equipos para mejorar la gestión, adquisición de la información.

Para estos fines en forma general es necesario:

- Determinar los sensores que permitan obtener parámetros analógicos.
- Caracterizar los equipos que se utilizarán como medios de gestión del sistema de control.

- Cálculos de los diferentes conductores y protecciones que sean necesarios para un buen funcionamiento de los mismos.
- Diseñar los diferentes algoritmos y lógicas de programación según las especificaciones del usuario.
- Realizar las pruebas correspondientes para determinar su buen funcionamiento.

2.5 Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados.

La estructura de la propuesta se ha planteado de la siguiente manera:

- Dimensionar la sonda geotérmica
- Se usará resultados adquiridos en capítulos anteriores para seleccionar componentes adecuados para un control eficaz de la variable.
- Se realizará diseños de circuitos de potencia y control, también diagramas de programación para el plc.
- Se usará señal de entrada para poder analizar el comportamiento de la variable temperatura, y con esto accionar señales de salida como el ventilador, que permitirá que el aire que está a la intemperie ingrese hacia el invernadero y permita el control de temperatura baja en el mismo.
- Por último, se realizará un análisis económico para verificar los costos de producción, ya que se implementará equipos eléctricos que permiten el control de la variable temperatura.
- Cálculo de protecciones para el logó, rele y conductores utilizados en los circuitos.
- Seleccionar sensores analógicos para interpretar parámetros analógicos.

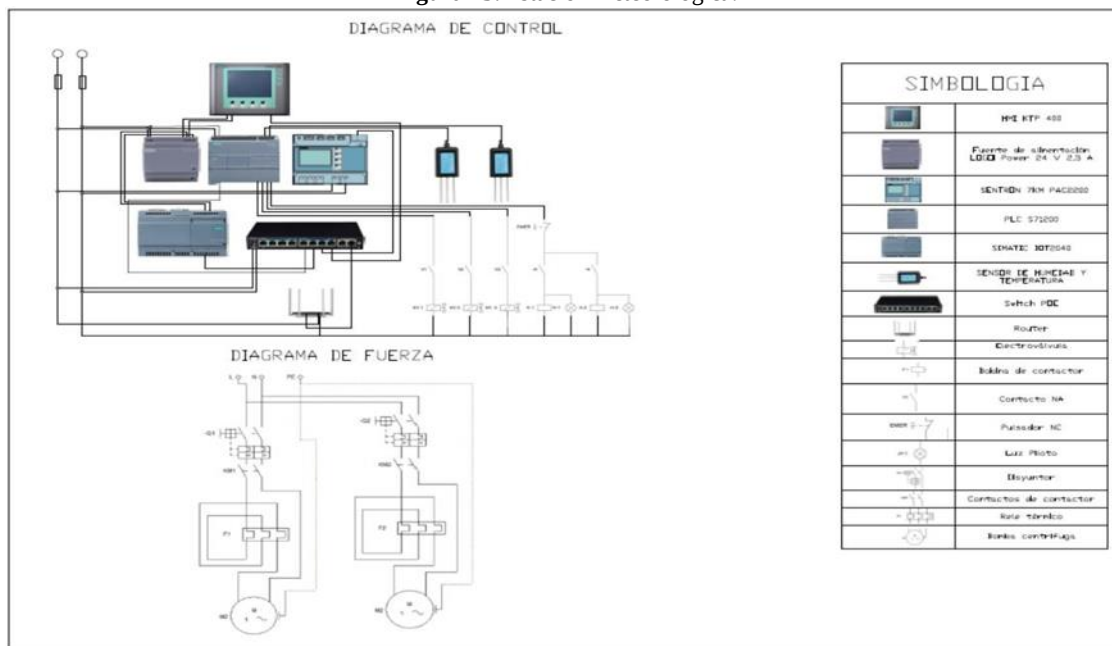
- Identificar las características de los equipos como puede ser voltaje, corriente, frecuencia etc.
- Diseñar circuitos de programación para el logo.
- Poner en prueba el sistema para obtener resultados.

2.6 Arquitectura, diseños, planos detallados de la propuesta

2.6.1 Estación meteorológica.

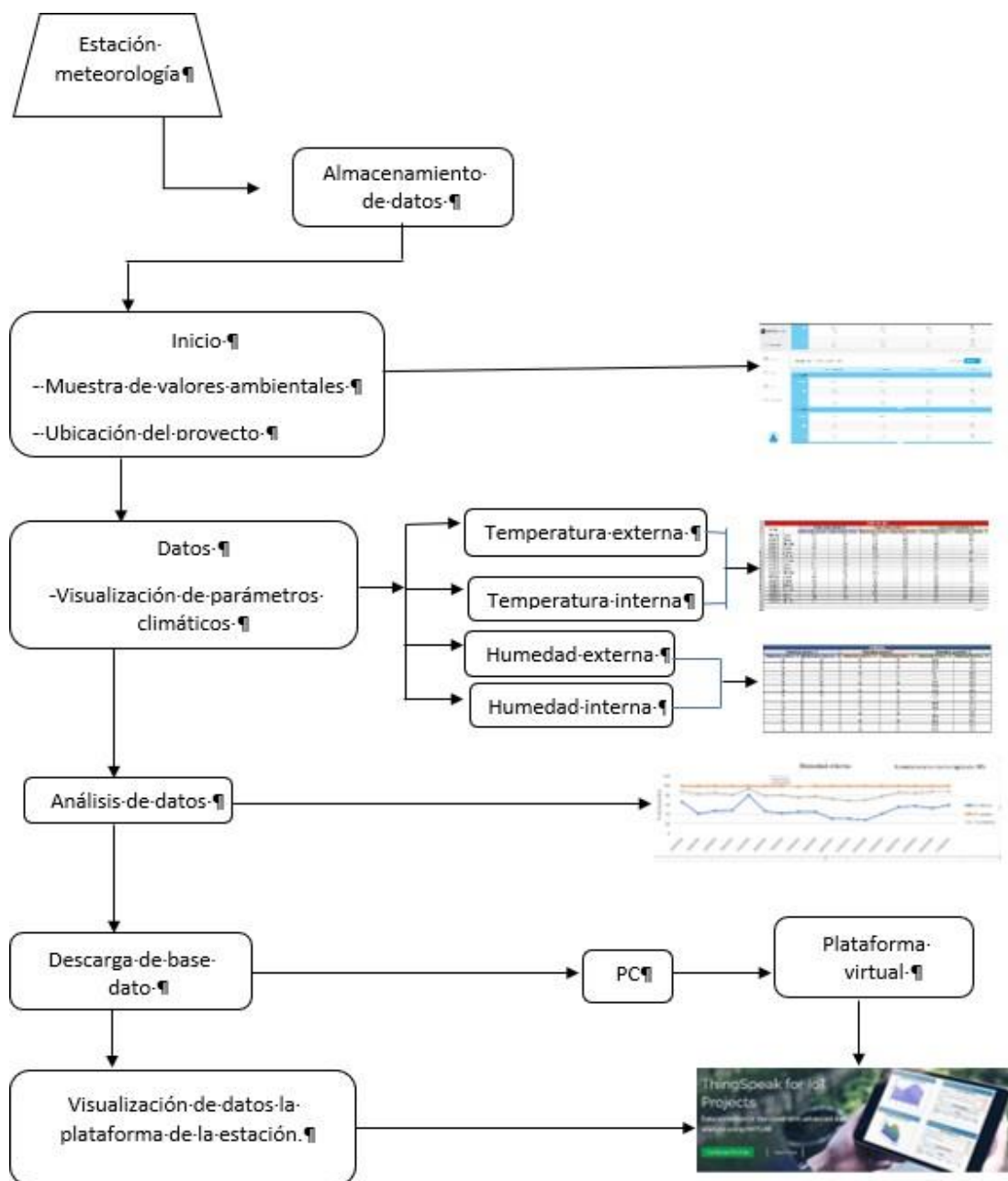
La variable de la temperatura se encuentra monitoreada antes y después de puesta en marcha de los equipos para el control de bajas temperaturas, por medio de una estación meteorológica que se encuentra ubicada en la extensión de Salache.

Figura 15. Estación meteorológica.



2.6.2 Conexiones para el sistema de control del ventilador.

En el diagrama que vamos a observar, se muestra el diagrama de control y fuerza para nuestro circuito, con todos sus componentes detallados, los cuales van a ser instalados en el invernadero de pruebas, de Granos Andinos. Donde miramos un logo, un breaker, un fusible, una fuente de voltaje, un rele y un ventilador.



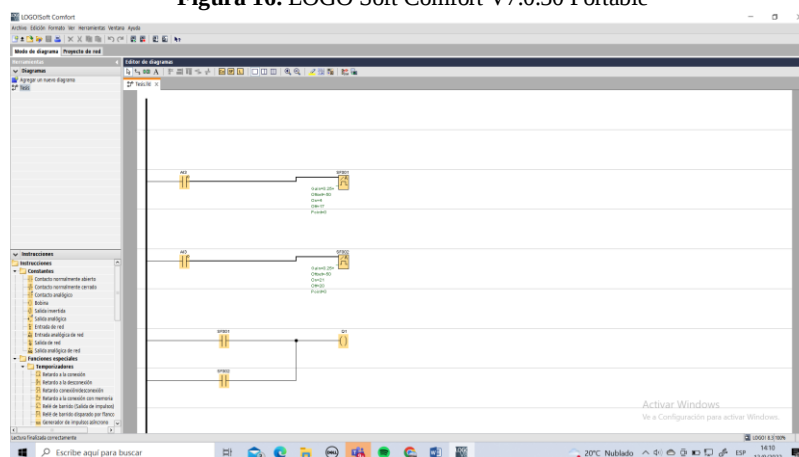
2.7 Hardware y Software necesario.

Para automatizar la mayoría de sistemas, es necesario la ayuda de software que veremos a continuación:

2.7.1 LOGO Soft Comfort V7.0.30 Portable

Es un software muy amigable para controles automatizados de ingeniería y domótica, lo cual nos permite configurar el logo, este basado en lenguaje KOP(lenguaje de escaleras) y FUT(lenguaje por función), con este podemos acoplar las variables de entrada y salida con facilidad.

Figura 16. LOGO Soft Comfort V7.0.30 Portable



2.7.2 Cade Simu.

Es un software que permite realizar esquemas de mando y de potencia de B.T. el cual ingresa símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de forma facial para luego simularlo, esto concede ver el estado de cada componente eléctrico si está en estado activo y también la circulación de corriente por los cables eléctricos. [14]

2.8 Costo de la Implementación

En el desarrollo del proyecto se utiliza varios materiales y equipos que se detallan a continuación:

1	Brakers LS para el motor del ventilador	2 – 10 A	14,00 \$
1	Cable de acometida 3m	30A gemelo	4.50\$
1	Cable de fuerza	15A gemelo	25.00 \$
1	Conductor de Fuerza al ventilador	Conductor 14 AGW	35.00 \$
8	Tubería Plástica para agua	Tubería PVC 4”	80.00 \$
1	Accesorios para tubería	Accesorios para plomería	25.00 \$
1	PLC Logo	Equipo de control	450.00\$
1	Caja metálica	40*30*20 cm	45.00\$
1	Termocupla		45.00\$
1	Fuente de 24V	Fuente de alimentación en DC	45.00\$
Total			768.50\$

Fuente: Propia

2.9 Conclusiones capitulo II

- En este capítulo se detalló todos los materiales y equipos a ser utilizados, con diagramas de control para el mismo, también se determinó el valor económico que se necesita para implementar el sistema.
- Los objetivos se van alcanzar empleando metodología lógica, que permitirá llegar a los mismos sin más problemas, también se aplicará técnicas para ver el comportamiento de las variables.

CAPITULO III

VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 Análisis de los resultados:

3.1.1 Ubicación

La extensión Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga en el sector de su mismo nombre Salache, aquí podemos encontrar el invernadero de producción experimental con un área de 28 m^2 de la carrera de Ingeniería Agrónoma.

Figura 18. Invernadero



Fuente: Autor

3.1.2 Condiciones iniciales

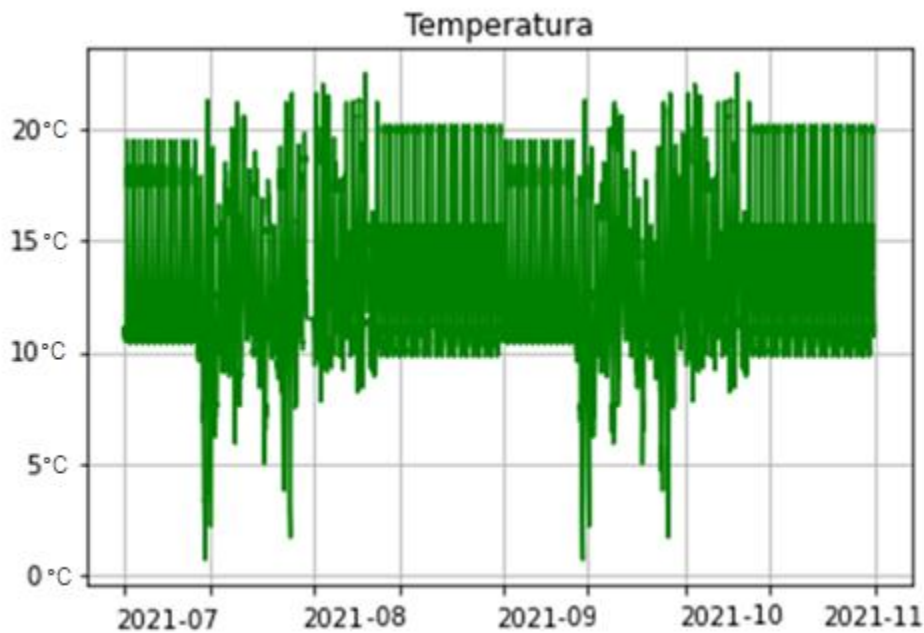
En el invernadero de experimentos, se puede evidenciar que no existe un proceso o un sistema automático para contrarrestar las caídas de temperatura que afecta a los cultivos en épocas

invernales, al contrario, existe sistemas de ventilación para controlar altas temperaturas, donde es totalmente factible implementar el sistema de control de heladas.

3.1.2.1 Medición de variable sin control

Para la obtención de las variables se hizo uso de la estación meteorológica instalada en el invernadero, aquí observaremos el comportamiento de la variable temperatura al interior del invernadero. En la figura 19 se puede observar cómo varia la temperatura de acuerdo con las horas del día y dependiendo las condiciones climáticas que rodean al invernadero, en la figura se puede observar los valores máximos y mínimos de la temperatura alcanzada en su interior, en las siguientes figuras se debe poner atención en el valor más bajo de la temperatura, debido a que es la variable que debemos estudiar, para poder controlar las caídas bruscas de la misma.

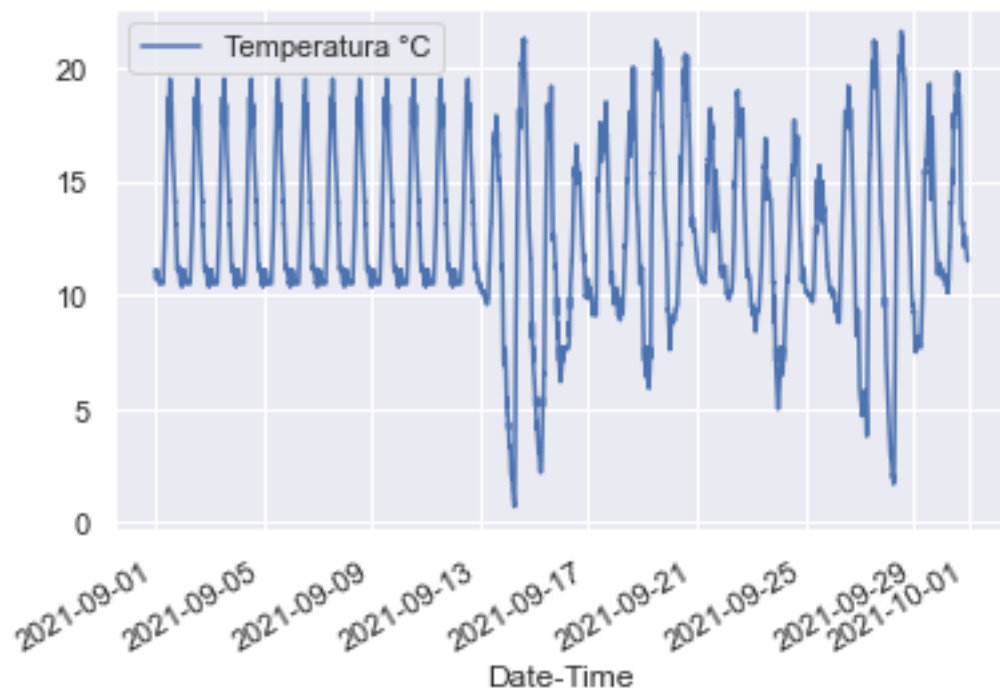
Figura 19. Temperatura interna en un periodo de 4 meses sin el controlador.



Fuente: Autor

En la figura 19 se muestra los resultados del registro de datos correspondientes entre el mes de agosto a octubre sin la implementación del controlador, en ella se puede observar el comportamiento de la temperatura, en este periodo donde se tomaron datos cada 5 min durante las 24 horas del día se alcanzó una temperatura máxima de 22.7 °C y una temperatura mínima de 0.7 °C. Así mismo es importante indicar que la temperatura promedio en este grupo de datos fue de 13.08 °C.

Figura 20. Temperatura interna en un periodo de un mes



Fuente: Autor

En la figura 20 se representa los datos tomados en el mes de septiembre, aquí se establece que la temperatura máxima alcanzada es de 21.6 °C, una mínima de 0.7 °C y una media de 16.67 °C. En esta figura se puede apreciar que el comportamiento de esta magnitud es oscilante.

También se debe considerar las temperaturas ideales de los productos que se podrían sembrar en los invernaderos del centro del país.

Nombre	Temperatura óptima °C	Set point Temperatura
Pepino	20 a 21	20,5
Melón	20 a 22	21
Pimiento	15 a 20	17,5
Berenjena	15 a 20	17,5
Lechuga	10 a 12	11
Fresa	12 a 15	13,5
Cilantro y perejil	16 a 20	18
Acelga	15 a 18	16,5
Cebolla cabeza	12 a 24	18
Hierbabuena	10 a 22	16
Florícola		
Nombre	Temperatura óptima °C	Set point Temperatura
Clavel	15 a 18	16,5
Rosa	15 a 18	16,5
Gerbera	18 a 20	19
Crisantemo	18	18
Gladiolo	10 a 15	12,5
Tulipán	8 a 12	10
Iris y narciso	10 a 13	11,5
Lilium y fresia	10 a 15	12,5
Ciclamen	14 a 16	15
Begonia	18 a 20	19
Poinsettia	18 a 20	19
Pelargonium	20	20
Saintpaulia	20 a 22	21
Kalanchoe	25 a 32	28,5
Hortensia	18 a 20	19
Gardenia	19 a 22	20,5
Cymbidium	10 a 14	12
Phalaenopsis y catleya	16 a 18	17
Crotón y picus	21	21

Dieffenbachia	18 a 20	19
---------------	---------	----

3.1.3 Características del sistema de control de temperatura

3.1.3.1. Toma de datos de la variable temperatura

Para la toma se instaló una termocupla RTD, mediante este sensor se registró los datos de la temperatura en un intervalo de 5 min durante las 24 horas del día. Esta información es importante para observar el comportamiento de la temperatura antes de implementar el control ON-OFF y con el controlador en funcionamiento, permitiendo de esta manera la regulación de la temperatura principalmente cuando están en niveles bajos en las horas de madrugada.

- **Cálculo de tubería PVC**

Para los cálculos de la tubería se debe considerar la cantidad de calor que se puede captar mediante este sistema de aprovechamiento geotérmico, el cual está compuesto de dos tuberías separadas una distancia de 0.9 m las tuberías y que se encuentran enterradas a una profundidad de 1,5 m, debido a que a esta profundidad en base a la revisión bibliográfica se evidencio que la temperatura es más estable. Por otra parte, es importante considerar el flujo de aire en el exterior e interior.

En función del área del invernadero y teniendo en cuenta los parámetros antes mencionados se define el área total donde se va a realizar la transferencia de calor para mantener a una temperatura estable los cultivos que se encuentran en el interior del invernadero. Por esta razón, es importante determinar el diámetro y la sección de la tubería que se va a utilizar en el sistema. También es importante definir el material y la sección de la tubería que se va a

utilizar para la captación del calor geotérmico, en el presente trabajo se utilizara una tubería PVC de un diámetro de 110 mm, en base a estos datos se procede a realizar los cálculos del sistema de captación para determinar el flujo de aire requerido (U).

$$U = \frac{1}{R_i} = \frac{\lambda}{\frac{D_e}{2} \ln \frac{D_e}{D_i}} = \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

ecu. (1)

Fuente: [40]

Datos:

U = Transmitancia térmica

λ = coeficiente de conductividad

R_i = Resistencia térmica interior

D_i = Diámetro interior, mm

D_e = Diámetro exterior

Para el cálculo de la transmitancia térmica de la tubería que va a ser instalado en el invernadero se despeja y se toma como datos el coeficiente de conductividad según norma UNEEN ISO (0.016w/m°C) y los diámetros de la tubería PVC, se tomó del anexo 1 para una tubería de 110 mm, espesor de pared de 2,2 mm y diámetro interno de 105,6 mm.

$$U = \frac{\lambda}{\frac{D_e}{2} \ln \frac{D_e}{D_i}} = \frac{0.0016 \text{ w/m}^\circ C}{\frac{0.11m}{2} \ln \frac{0.11m}{0.1056m}} = 0.71 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

ecu. (2)

Fuente: [40]

Cálculo de la temperatura media entre el intercambiador de calor.

$$T_m = \frac{T_{\text{entrada}} + T_{\text{salida}}}{2} \quad \text{ecu. (2)}$$

$$T_m = \frac{13,8 + 14.3}{2} = 14.05^\circ$$

ecu. (3)

Fuente: [41]

En base a los parámetros calculados se determina la capacidad de calentamiento y enfriamiento del conducto.

$$C_e = U(T_m + T_t) \quad \text{ecu. (3)}$$

ecu. (4)

Fuente: [41]

Datos:

C_e = capacidad de calentamiento y enfriamiento

t_t = temperatura del terreno

$$C_e = 0.71(14.05 + 15) = 20.62 \frac{W}{m^2}$$

$$E_e = \left(\frac{i}{V_e}\right)_{\text{entrada}} - \left(\frac{i}{V_e}\right)_{\text{salida}}$$

ecu. (5)

Fuente: [41]

Datos:

E_e = energía a eliminar

V_e = volumen específico del aire

i = entalpía del aire seco

En base a los datos del anexo dos se realizan los cálculos.

$$V_{e-\text{entrada}} = 0,78 \frac{m^3}{kg},$$

$$V_{e-\text{salida}} = 0,82 \frac{m^3}{kg} \text{ y } i = 27 \frac{KJ}{kg}$$

$$E_e = \frac{27 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}}{0.78 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} - \frac{27 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}}{0.82 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 1.69 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^3}$$

ecu. (5)

Fuente: [41]

Para el cálculo de la superficie del conducto se calcula primeramente el caudal del aire, mediante el anemómetro se establece que la velocidad del aire es 3.88 m/s.

$$Q = V\pi r^2 \quad \text{ecu. (5)}$$

Datos:

Q = Caudal del aire

V = Velocidad de ingreso del aire

$$Q = \left(4.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \pi \right) (0.055\text{m})^2 = 0.04276 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$S = \frac{E_e Q}{C_e} \quad \text{ecu. (6)}$$

$$S = \frac{(1.69)(0.04276)}{20.62} = 3.505 \text{ m}^2$$

ecu. (6)

Fuente: [41]

Finalmente se calcula la longitud de la tubería a utilizar en base a los parámetros calculados.

$$L = \frac{S}{2\pi r^2} \quad \text{ecu. (7)}$$

$$L = \frac{3.505}{2\pi(0.055)^2} = 10.14 \text{ m}$$

ecu. (7)

Fuente: [41]

Procedimiento de la instalación de la tubería soterrada:

- 1.- Excavación para enterrar la tubería que ingresa hacia el interior del invernadero.

Figura 19. tubería soterrada



Fuente: Autor

- 2.- Ingreso con la tubería al interior del invernadero

Figura 20. tubería interior del invernadero



3.- Acoplamiento de tuberías para que el aire pueda circular hacia el interior.

Figura 21. Acoplamiento de tuberías



4.- Se cubre la tubería de ingreso de aire,

Figura 22. Tuberías de ingreso de aire



5.- Tubería enterrada ya instalada en el invernadero

Figura 23. Tuberías enterradas del invernadero



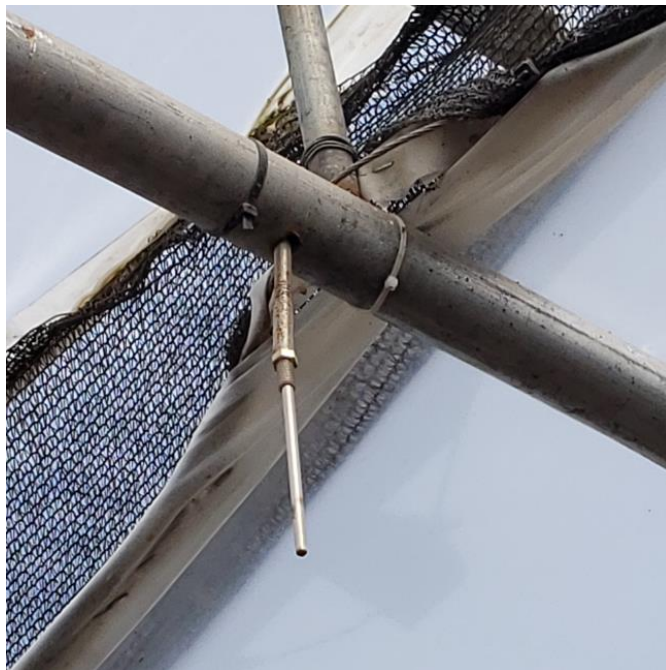
5.- Instalación del ventilador para la absorción del aire, aclimata por el calor del suelo.

Figura 24. Ventilador de absorción



6. Instalación del termocupla, en el interior del invernadero para el accionamiento del ventilador.

Figura 25. Instalación del termocupla



3.1.4 Características de los diferentes sistemas de la propuesta

3.1.4.1 Sistema Eléctrico

El correcto cálculo de calibres de conductores y protecciones es la base fundamental para el correcto funcionamiento, y el respaldo de los equipos para que en caso de falla no llegaran a quemarse, de igual forma para el usuario encargado de manipular los equipos tengo la respectiva seguridad.

- **Conductores eléctricos**

La normativa de CONELEC regula la capacidad de conducir un material la corriente eléctrica, considerando la potencia del ventilador a continuación calculamos los calibres necesarios:

Datos:

$$P = 35W$$

$$Voltaje(V) = 110V$$

Procedimiento:

Calculamos la Potencia:

$$I = \frac{P}{V * Fp}$$

P: es la carga total en (W)

I: es la corriente (A)

V: es el voltaje (V)

Fp: Factor de potencia de 90%

Una vez encontrada la I , se procede a determinar la I_c (corriente corregida) esta debemos multiplicar por el factor de utilización (f.d), la Norma varia después de los 3000Watts por lo que se puede utilizar el 0,7 que es el 70% respectivamente.

$$I_c = I * fd$$

Ya calculado la $I = 0.35A$ y multiplicando por el factor de utilización $I_c = 0.24A$, con estos datos escogemos el cable según la norma American Wire Gauge Standart (AWG) y de acuerdo a lo que existe en el mercado nacional, escogemos el Calibre 20 para la acometida del ventilador.

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ω/Km.)	Capacidad (A)
8	3.264	8.36		74	2.03	24
9	2.906	6.63		58.9	2.56	19
10	2.588	5.26		46.8	3.23	15
11	2.305	4.17		32.1	4.07	12
12	2.053	3.31		29.4	5.13	9.5
13	1.828	2.63		23.3	6.49	7.5
14	1.628	2.08	5.6	18.5	8.17	6.0
15	1.450	1.65	6.4	14.7	10.3	4.8
16	1.291	1.31	7.2	11.6	12.9	3.7
17	1.150	1.04	8.4	9.26	16.34	3.2
18	1.024	0.82	9.2	7.3	20.73	2.5
19	0.9116	0.65	10.2	5.79	26.15	2.0
20	0.8118	0.52	11.6	4.61	32.69	1.6
21	0.7230	0.41	12.8	3.64	41.46	1.2

Características del conductor.

Conductor AWG #15

Datos Técnicos	
Calibre	#20
Amperaje soportado	1,6 A
Temperatura	60°C

Fuente: Autor

Para el arranque del motor del ventilador se considera lo siguiente:

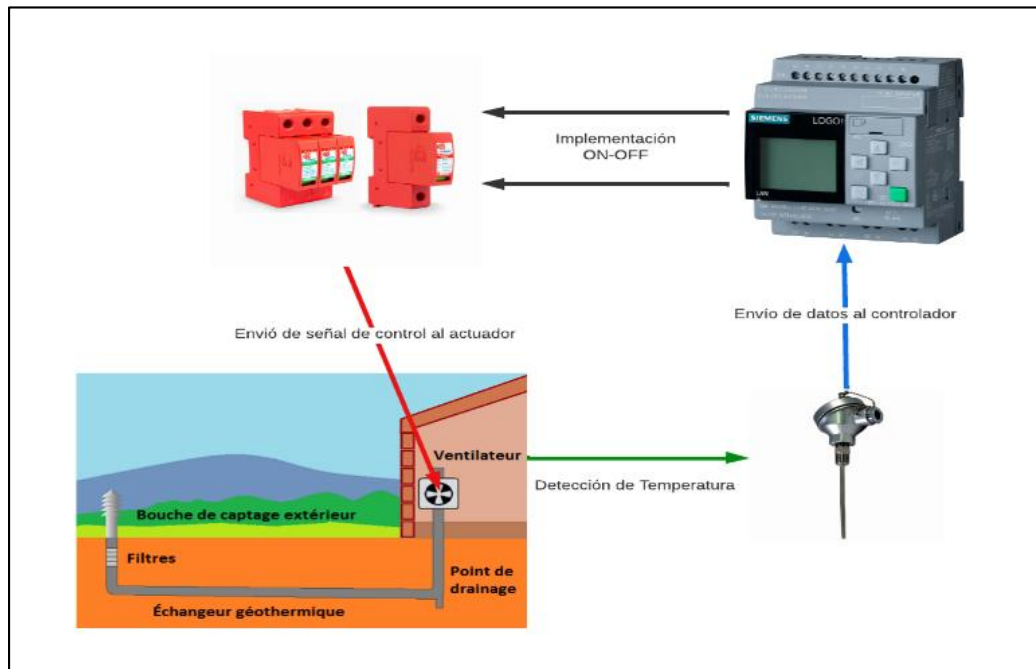
$$I = 0.35A * 3 \text{ con un voltaje de } 110V$$

Se escogerá un calibre AWG 20

- Circuito de Potencia**

El circuito de potencia se lo diseño para accionar el ventilador, dependiendo las condiciones de la variable, que este leyendo la termocupla, para que el motor entre en funcionamiento debe tener una correcta conexión y protecciones para el funcionamiento del mismo, el cual detallamos a continuación.

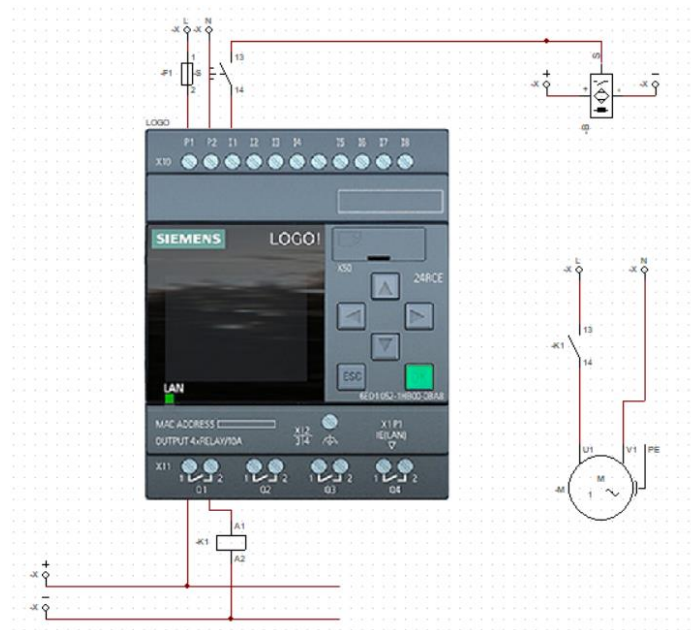
Figura 26. Esquema del control ON-OFF



Fuente: Autor

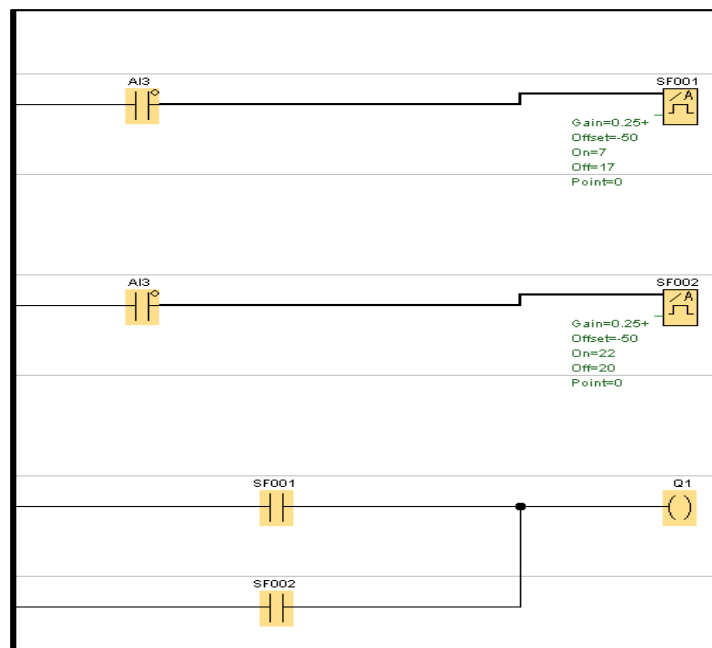
Figura 27. Automatización

Se realizó un control On-Off que permita mantener la temperatura entre 15°C y 25°C, por esto se decide utilizar este tipo de controlador, que satisface las necesidades del proyecto, sin dejar pasar la inversión económica que siempre debe estar presente, de aquí hablar de un control Pid es más costoso, debido a su posibilidad de mantener una variable estable, con esto establecemos que el controlador implementado es que nos resulta favorable para nuestra investigación.



Fuente: Autor

Figura 28. Automatización



Fuente: Autor

Configuración del logo

El sistema debe haber sido simulado, antes de ingresar en funcionamiento, esto permitirá evitar erros de conexión, configuración, o posibles fallas, para esto utilizamos el Cade Simu.

- **Fuente de energía:** Suministrada por Elepco empresa encargada de la distribución de energía eléctrica en la provincia de Cototopaxi.
- **Fuente de voltaje DC:** Encargada de convertir de voltaje alterno a voltaje continuo para que trabaje el logo.
- **Circuito de mando:** Es la programación que recibe el LOGO para accionar el motor del ventilador.

Equipos de Potencia

Los componentes del sistema de control de bajas temperaturas en invernaderos, se detallarán a continuación:

- Logo Siemens
- Un relé es un elemento electromecánico, similar a un contactor con la diferencia que el relé sirve para potencias pequeñas y el contactor para potencias grandes, las características del relé se lo describirán a continuación:

Rele

Figura 29 Relé



Fuente: [42]

Datos técnicos

Terminales	De punta
Corriente de funcionamiento	10 ^a
Potencia nominal	1KW
Voltaje	110 V AC
Tensión de la bobina	14 V DC
Contactos auxiliares	1NO & 1NC
Fuente de alimentación	110 V AC
Dimensiones	35 mm * 35 mm * 67.5 mm

- **Una fuente de voltaje:** es la encargada de transformar la corriente alterna a corriente continua la misma que alimenta el logo, por esto le vamos a describir a continuación;

Figura 30. Fuente de voltaje



Fuente: [43]

Fuente de voltaje

Características:

- Referencia: EDR-120-24

- Voltaje de entrada: 100-240 VAC 50/60 Hz (2.6A)
- Voltaje de salida nominal: 24VDC
- Voltaje ajustable: 24-28 VDC
- Corriente nominal 5A
- Potencia: 120W
- Protección de sobrecarga: 105 ~ 130 % de la corriente nominal
- Protección de sobretensión: 29 ~ 33 VDC
- Riel: DIN TS-35/7.5 o 15

Un ventilador: un ventilador viene compuesto por un motor y unas aspas lo que permite que se pueda circular aire forzado, a continuación, detallaremos sus características.

Figura 31. Ventilador



Fuente: [44]

Características

- Voltaje: 100-240 VAC 50/60 Hz (2.6A)
- Corriente nominal 5A
- Potencia: 35W

Porta Fusible y Fusible: Es un elemento que permite el sostenimiento de cartuchos fusibles, que son de bajo amperaje, que van de 0.5A a 20 A.

Figura 32. Porta Fusible y Fusible



Características

- Voltaje: 400V
- Corriente nominal 25A
- Polos: 1P

<https://www.tecnical.cat/PDF/GAVE/PROTECTION/gave-fusibles-catalogo.pdf>

3.1.5 Sistema de control

Para el desarrollo del sistema de control se toma en cuenta la variable temperatura que fue registrada en una base de datos mediante en sensor RTD, bajo las condiciones climáticas en las cuales permaneció el invernadero. Por lo tanto, es necesario determinar si el control cumple con las condiciones deseadas. Los datos utilizados son desde el 01/07/2021 hasta el 31/10/2021, donde se realiza un muestreo cada 5 minutos. En este mes se registraron una cantidad de 35000 datos en total aproximadamente, estos datos fueron registrados mediante la estación meteorológica que se encuentra instalada en el sitio de estudio.

Una vez observado el comportamiento de la temperatura (ver figura 15) en este periodo de tiempo se establecen los límites máximo y mínimos para implementar el control ON-OFF, en base a estos datos se establece que los límites son 7 °C y 21 °C según corresponda. Para el control se utilizó un PLC logo, el cual es el encargado de encender y apagar un ventilador en

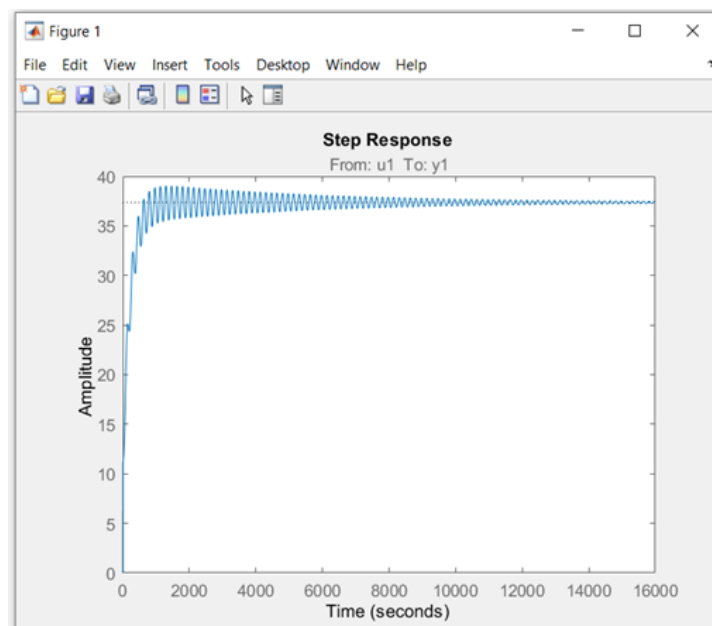
este intervalo de control. A continuación, se muestra es esquema de conexión del sistema de control.

Para la obtención de la función de transferencia se toma los datos del tiempo y temperatura tomada a través del sensor de temperatura. Utilizando Matlab se obtiene la siguiente función de transferencia con 4 polos y 3 ceros con un fit del 66.91%, que describe el comportamiento de la variable en función del tiempo.

$$FT = \frac{15.38 s^3 + 0.1226 s^2 + 0.02068 s + 0.0003294}{s^4 + 1.41 s^3 + 0.008147 s^2 + 0.002002 s + 8.816 e^{-6}}$$

En la Figura 20 se observa el comportamiento de la señal de temperatura internadel invernadero de tipo escalón, esta función fue determinada en Matlab con el comando ident, en esta grafica se puede identificar la presencia de oscilaciones, esto debido a los cambios bruscos de temperatura que se producen, principalmente en horas de la madrugada.

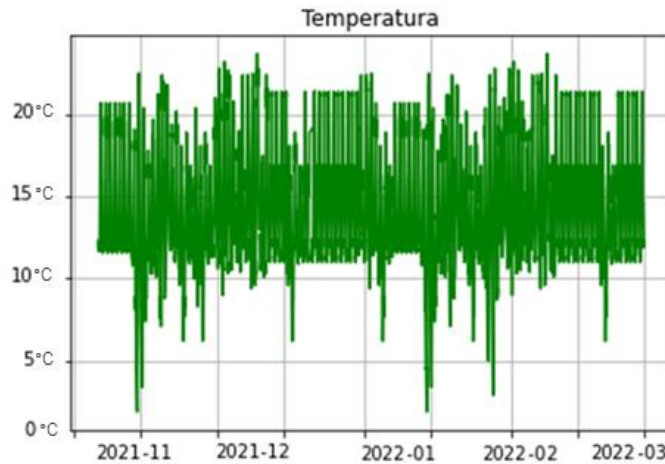
Figura 31. Temperatura interna



3.1.5.1. Medición de variable ya implementado el sistema

Aquí se analizará los datos medidos ya implementado el sistema, donde se observará el comportamiento de la temperatura en los 4 meses.

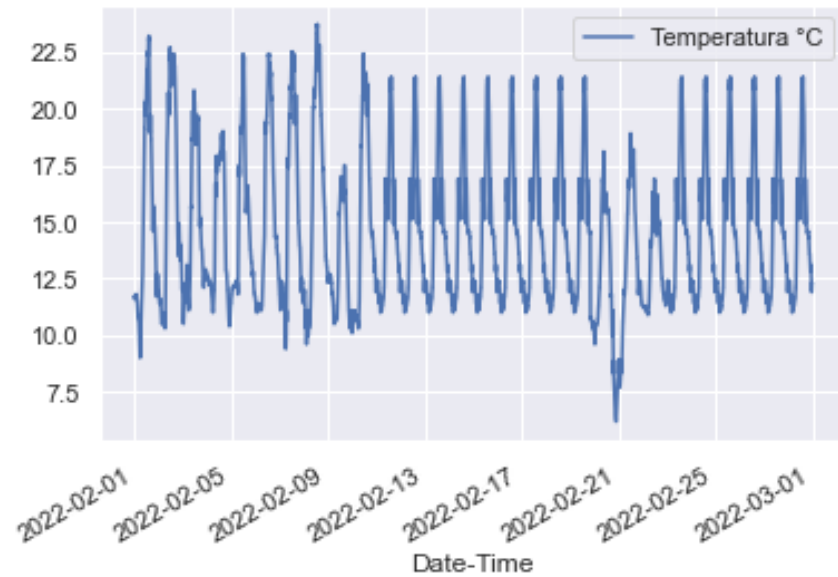
Figura 32. Temperatura interna en un periodo de 4 meses con el controlador



Fuente: Autor

En la figura 32 se muestra los resultados del registro de datos correspondientes entre el mes de noviembre a febrero con la implementación del controlador, en ella se puede observar el comportamiento de la temperatura, en este periodo donde se tomaron datos cada 5 min durante las 24 horas del día se alcanzó una temperatura máxima de 23.7 °C y una temperatura mínima de 1.9 °C. Así mismo es importante indicar que la temperatura promedio en este grupo de datos fue de 14.3 °C. En comparación con la figura19 se puede ver que el registro de temperatura en el interior del invernadero se incrementa en la temperatura mínima, se evidencia un incremento de 1.2 °C.

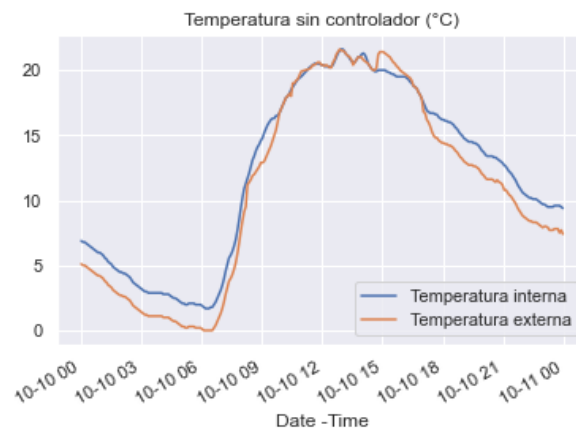
Figura 33. Temperatura interna en un periodo de un mes



Fuente: Autor

En la figura 33 se representa los datos tomados en el mes de febrero, aquí se establece que la temperatura máxima alcanzada es de 23.7 °C y la temperatura mínima es de 6.2 °C, en esta figura se puede apreciar que el comportamiento de la temperatura dentro del invernadero en los diferentes días de este mes es casi estable, es decir no presenta muchas oscilaciones, logrando obtener una temperatura promedio de 14.7 °C

Figura 34. Temperatura interna en el invernadero

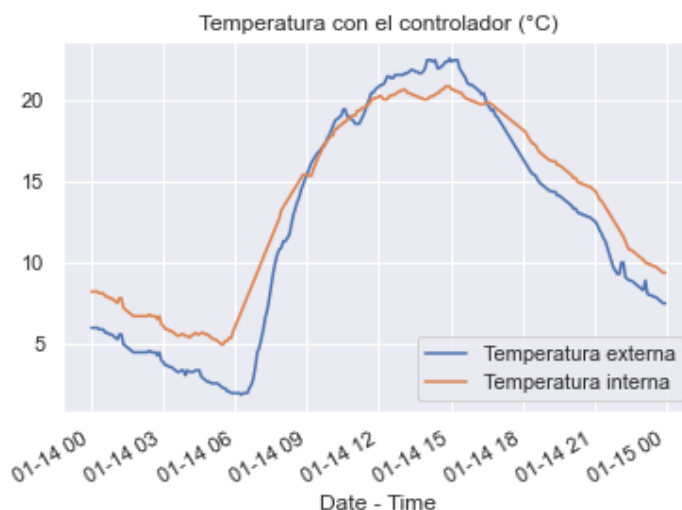


Fuente: Autor

En la figura 34 se puede observar la diferencia entre la temperatura interna y externa,

principalmente en las caídas de temperatura entre las 24h00 a 06h00, para realizar el análisis se tomó un día del mes de octubre donde se registró una temperatura externa mínima de 0.02 °C y una temperatura interna mínima 1.7 °C, antes de la implementar el controlador en el invernadero. Por esta razón, es importante mejorar estas caídas bruscas de temperatura que se producen por los cambios climáticos principalmente en horas de la madrugada.

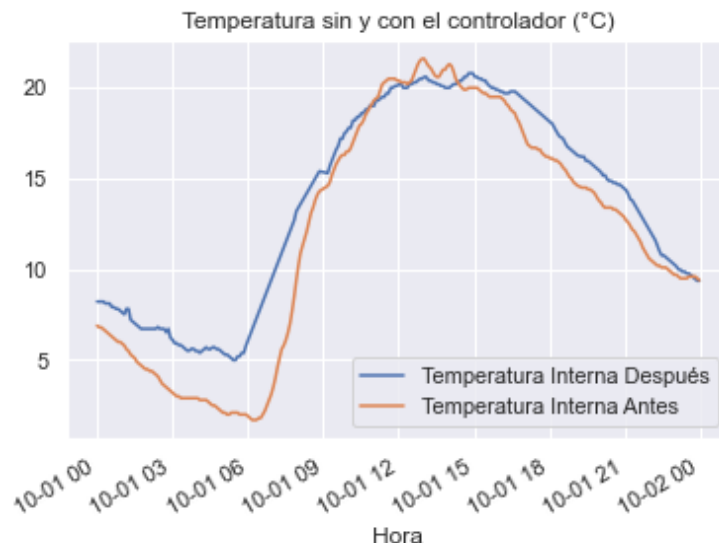
Figura 35. Temperatura interna en el invernadero



Fuente: Autor

Al implementar el controlador de temperatura en el invernadero, se puede apreciar una diferencia clara en las curvas que registran el comportamiento de esta magnitud, como se puede ver en la figura 36. Para este día se registró una temperatura externa mínima en horas de la madrugada es d 1.90 °C y una temperatura interna mínima 5 °C al interior del invernadero, esto indica que existe una diferencia de 3.3 °C de temperatura interna entre los dos casos al interior del invernadero, de esta forma se demuestra la importancia del controlador, ya que ayuda a elevar la temperatura al interior del invernadero aprovechando el calor del sistema geotérmico. De esta forma se garantiza una temperatura estable para la cosecha de productos de calidad.

Figura 36. Temperatura interna en el invernadero



Fuente: Autor

En la figura 36 se evidencia que existe una diferencia en las caídas de temperatura interna dentro del invernadero, teniendo como temperatura mínima de 1.7 °C en horas de la madrugada para un día antes de la implementación del controlador. Por otra parte, al implementar el controlador se puede apreciar que en las mismas horas no se produce una caída de temperatura brusca, teniendo como valor mínimo 5 °C al interior del invernadero, esto indica que existe una diferencia de 3.3 °C de diferencia de temperatura interna en el invernadero en los dos casos, de esta forma se demuestra que el controlador está provocando un incremento de temperatura entre las 24h00 a 06h00, que es el horario donde se producen caídas bruscas de temperatura.

3.2. Costos del funcionamiento

El proceso de automatización conlleva ciertos equipos eléctricos que consumen una cantidad de energía, según su uso a continuación detallaremos cada uno de ellos:

Figura 33. Diagrama de flujo del proyecto de investigación

Consumo de Energía Anual				
Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso diario	kWh/año

Ventilador	1	35	20	252
Logo	1	10	24	86,4
Fuente de voltaje	1	120	24	1036,8
			Total	1375,2
Costo	kWh	0,12	Total \$	165,024

Fuente: [14]

El consumo de energía, es el principal o único costo que se debe tener en cuenta, para analizar la parte económica del control de bajas temperaturas, siendo este muy accesible para los pequeños y aún más para los grandes productores agrícolas que se encuentran en todo el centro del país, esto beneficiara a que se pueda implementar en la mayoría de invernaderos para mejorar su producción.

3.3. Conclusiones del III capítulo.

La utilización del software LOGO!Soft Comfort permite la automatización y control de distintas variables.

- El software permite una comunicación amplia y eficaz con los equipos a ser manipulados, con esto podemos desarrollar sistemas de control eficientes.

CONCLUSIONES GENERALES

- En la implementación del sistema que controla las bajas temperaturas en un invernadero, esta aplicando la teoría básica para estabilizar una variable, para desarrollar diagramas de control existentes en las investigaciones, aplicando métodos heurísticos para controlar una variable cierta, iniciando desde un paradigma de lógica difusa.
- La eficiencia del sistema de calefacción y consumo eléctrico se basa en la lectura de variable de entrada siendo que las condiciones del clima son muy variables.
- Los indicadores de condiciones, se toman a través de la estación meteorológica instalada en el invernadero, lo que permite tener datos reales y en línea, dando como resultado valores de calentamiento de 1°C analizando la variable todo el mes y analizando datos de un día se puede observar que se gana 3.3°C , esto hace que el sistema sea eficiente en el control de variable.

RECOMENDACIONES

- Verificar que el ingreso del aire por la tubería siempre este limpio para poder tener una circulación correcta desde la intemperie hacia la parte interna del invernadero.
- Para el correcto funcionamiento siempre prestar atención en los dispositivos de protección del tablero de control.
- Enseñar a los agricultores a implementar sistemas de control, que permita mejorar y garantizar la producción agrícola.

Bibliografía

- [1] J. M. G. y. E. R. Tárraga, «invernaderos,» MEDELLIN, 2008, p. 23.
- [2] INFOAGRO, « INVERNADERO PLANO O TIPO PARRAL,» [En línea]. Available:
http://canales.hoy.es/canalagro/datos/industria_auxiliar/tipo_invernaderos2.htm.
[Último acceso: 16 SEPTIEMBRE 2022].
- [3] FAO, «ESTRUCTURAS, MATERIALES Y EQUIPOS DE PRODUCCIÓN,» [En línea]. Available:
<https://www.google.com/search?q=Plano+y+tipo+parral&client=opera&hs=4uz&source=l>. [Último acceso: 16 septiembre 2022].
- [4] GLOURI, «INSUMOS Y SERVICIOS AGRICOLAS,» 2021. [En línea]. Available: <http://glouri.com.mx/tipos-de-inverdaderos.html>. [Último acceso: 16 SEPTIEMBRE 2022].
- [5] NOVAGRID, «Invernadero tipo diente de sierra e invernadero tipo túnel,» [En línea]. Available:
<https://www.google.com/search?q=que+es+un++invernadero+Túnel+y+diente+d e+sierra&clien>. [Último acceso: 16 SEPTIEMBRE 2022].
- [6] G. I. Y. S. AGRICOLAS, «Invernadero capilla (a dos aguas),» 2021. [En línea]. Available: <http://glouri.com.mx/tipos-de-inverdaderos.html>. [Último acceso: 16 septiembre 2022].
- [7] Novagric, «Invernaderos Multitúnel Capilla - Multicapilla,» 2019. [En línea]. Available:
<https://www.google.com/search?q=invernaderos++tipo+capilla&tbm=isch&ved>.
[Último acceso: 16 septiembre 2022].

- [8] I. Arnabat, «Qué es la aerotermia,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.caloryfrio.com/autor/idoia-arnabat-caloryfrio.html>. [Último acceso: 18 septiembre 2022].
- [9] A. S. Vicente, «Calefacción por aerotermia,» [En línea]. Available: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/bomba-de-calor/calefaccion-aerotermia-funcionamiento-precios.html>. [Último acceso: 2022 septiembre 14].
- [10] J. V. M. BORREGO, ELEMENTOS DE HORTICULTURA GENERAL, VALENCIA: MUNDI-PRENSA, 2008.
- [11] Mateos, «Automatizacion domótica,» ESPAÑA, 1999, p. 182.
- [12] T. Christian, «MONTAJES DOMÓTICOS,» ESPAÑA, 1995, p. 82.
- [13] Donate, «Electrónica digital Práctica Tecnología y sistemas,» MEXICO, alfaomega, 1996,, p. 49.
- [14] A. M. y. F. : (Mandado E., «Invernaderos automatizados,» Mexico, 2009, p. 25.
- [15] G. A. L. M. F. G. & F. Martínez, «Modelo a escala de un sistema automatización de riego,» COLOMBIA, Desarrollo agroindustrial, 2013.
- [16] .Martín, «Instalaciones domóticas.,» Editex., 2010, p. 240.
- [17] Yuly Garzón, *Los cultivos orgánicos como muestra de cultivos con un interés social*, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2020.
- [18] Pallas, «Sensores y acondicionadores de señal,» Marcombo, 2004, p. 422.
- [19] Ingeoexpert, «Geotermia: qué es y cómo funciona la energía geotérmica,» 8 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://ingeoexpert.com/2018/06/08/que-es-la-geotermia/>. [Último acceso: 3 octubre 2022].
- [20] ENDESA, «Energía geotérmica: descubre qué es y cómo funciona,» 13 AGOSTO 2021. [En línea]. Available: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-geotermica>. [Último acceso: 4 OCTUBRE 2022].
- [21] ENDESA, «Energías renovables,» 13 AGOSTO 2021. [En línea]. Available: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-geotermica>. [Último acceso: 4 OCTUBRE 2022].

- [22] E. B. d. l. v. eficiente, «Pozo canadiense: la climatización ecológica y eficiente,» 13 agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/pozo-canadiense/>. [Último acceso: 4 septiembre 2022].
- [23] ECOINVENTOS, «Tecnología natural de bajo coste para climatizar tu casa ahorrando energía,» 22 ENERO 2022. [En línea]. Available: <https://ecoinventos.com/pozos-canadienses/>. [Último acceso: 4 SEPTIEMBRE 2022].
- [24] A. Martín, «Apuntes de Transmisión de Calor,» España, 2016, p. 28.
- [25] A. M. CABEZAS, «UTILIZACIÓN DE POZOS CANADIENCES,» BARCELONA, uNIVERSIDAD DE CATALUÑA, 2012.
- [26] M. D. Escamilla, «Aplicación básica de los métodos,» 24 julio 2021. [En línea]. Available: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia.
- [27] J. Hurtado, Bogotá: Santillana, 2019.
- [28] Hernandez, «metodos de la investigación,» España, 2018, p. 17.
- [29] H. M, «METODOS DE LA INVESTIGACIÓN,» España, 2019, p. 32.
- [30] J. y. C. Carrasco, «INVESTIGACION EXPERIMENTAL,» Madrid, RIAL, 2016, p. 32.
- [31] L. Hidalgo, 22 09 2018. [En línea]. Available: www.ucv.ve/uploads/media/Hidalgo2005.pdf.
- [32] Arias, « Metodologia de la Investigacion,» 2012.
- [33] Escamilla, «Investigación Bibliográfica,» Mexico, 2019, p. 72.
- [34] spagnol, «Control automatizado de todas las instalaciones tecnológicas en invernadero,» [En línea]. Available: <https://www.spagnol.com/es-es/soluciones/invernadero-automatizado#:.> [Último acceso: 18 septiembre 2022].
- [35] E. Gutierrez, «Automatización de invernaderos: las principales variables a controlar,» [En línea]. Available: <https://es.linkedin.com/pulse/automatización-de->

- invernaderos-las-principales-efrain-gutierrez-hakin. [Último acceso: 18 septiembre 2022].
- [36] SIGMA, «la Automatización Industria,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?>. [Último acceso: 28 SEPTIEMBRE 2022].
- [37] LIBRARY, «Sistema de Retroalimentación Difusa Visual,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?>. [Último acceso: 28 Septiembre 2022].
- [38] Q. e. u. P. y. c. f. —. Industrias, «Qué es un PLC y cómo funciona? – Industrias GSL,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?>. [Último acceso: 28 septiembre 2022].
- [39] C. real, «Controlador Lógico Programable PLC - Control Real Español,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?q=diagrama>. [Último acceso: 29 septiembre 2022].
- [40] :. I. R. CANTALAPIEDRA, «UTILIZACIÓN DE POZOS CANADIENCES,» España, Universidad de Cataluña, 2012.
- [41] A. M. L. PALACIO, «Pozos canadiences,» Barcelona, Universidad de Cataluña, 2012.
- [42] MaxiTec, «Relé automotriz de 40 A - RSV-1C-M-12 -,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?q=rele&tbm>. [Último acceso: 28 septiembre 2022].
- [43] P. Review, «Fuente de alimentacion regulable: qué es y para qué sirve,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?q=Fuente+de+voltaje>. [Último acceso: 28 septiembre 2022].
- [44] A. expo, «Ventilador para invernadero - Multifan Greenhouse Fan,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?q=ventilador>. [Último acceso: 28 septiembre 2022].
- [45] E. F. O. H. E. J. A. S. A. Sarahí Fernández Sánchez, «Control de Temperatura de un Invernadero a Escala mediante,» *Amca*, 2013.

- [46] F. A. a. D. L. V. N. bustamante, «Effect of the height of the greenhouse on the plant - climate relationship as developmente parameter in mint crops in Colombia,» *Doi*, 2016.
- [47] D. M. C. R. E. G. G. O. Javier Leonardo Rodriguez Cabra, «diseño de un sistema para el control de la humedad relativa y la temperatura, de acuerdo a los indices de confort en incubación y fructificación en una unidad productiva de Orellanas,» *ISSN*, 2014.
- [48] J. a. J. M. Sayuri Bonilla, «Sistema de calefacción por suelo radiante en procesos agricolas en invernaderos,» *Polo del conocimiento*, 2020.
- [49] N. R. Rodriguez, MAntenimiento y manejo de invernaderos, Andalucia- España: ic editorial, 2018.
- [50] N. Castilla, Invernaderos de plastico, Madrid: Mundi-Prensa, 2007.
- [51] F. G. Arias, El proyecto de investigacion, Quito: Episteme, 2012.