



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

**“AUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO LOCALIZADO
EN LA REGIÓN ANDINA DEL ECUADOR”**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Autor:

Diego Armando Chicaiza Yar

Director:

PhD. David Alberto Ojeda Peña

Ibarra-Ecuador

2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003814215		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chicaiza Yar Diego Armando		
DIRECCIÓN:	Bolívar – Barrio Cuesaca		
EMAIL:	dachicaizay@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062979084	TELÉFONO MÓVIL:	0983294965

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Automatización de un invernadero localizado en la región andina del Ecuador
AUTOR (ES):	Chicaiza Yar Diego Armando
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	06/02/2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. David Ojeda Peña. PhD.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de febrero de 2024

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Chicaiza Yar Diego Armando

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 01 de febrero de 2024

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes

(f).....

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

C.C: 1757898489

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El tribunal Examinador del trabajo de titulación “**AUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO LOCALIZADO EN LA REGIÓN ANDINA DEL ECUADOR**” elaborado por Chicaiza Yar Diego Armando, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, aprueba el presente informe de investigación de la Universidad Técnica del Norte:

(f).....

Ing. David Alberto Ojeda Peña, PhD.

(f).....

Ing. Diego Luis Ortiz Morales

Dedicatoria

Dedico este trabajo al ser más importante en mi vida, a Dios, ya que, ha concedido el apoyo y la sabiduría necesaria para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mi familia en especial a mis padres, Alejandro Chicaiza y Nelly Yar, ya que, con su cariño y su apoyo, han desempeñado un papel muy importante, para que el presente trabajo se realice y culmine con éxito.

A mi hermano Octavio Chicaiza, ya que ha sido un ejemplo de constancia y de trabajo, y por sus consejos para que se culmine exitosamente con este ciclo.

Y a mis amigos, que juntos me han mostrado su apoyo, cariño y amistad, para sobrellevar los momentos difíciles con valentía.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, ya que me ha apoyado brindándome sabiduría, salud y apoyo en los momentos difíciles de mi carrera para no desistir y mantenerme firme en conseguir mis objetivos.

A mis padres, por su amor y sobre todo la confianza depositada en mí para que consiga culminar esta importante etapa de mi vida.

A mi tutor Ing. David Ojeda y a mi asesor Ing. Diego Ortiz, por los conocimientos y consejos compartidos para llegar a culminar con éxito el presente trabajo de titulación.

Y en general agradezco a mis profesores, ya que han sabido compartir conmigo todos sus conocimientos durante todo el ciclo académico.

Resumen

La actividad agrícola en el país es una de las más importantes, ya que genera un ingreso económico a un gran porcentaje de la población; pero al mismo tiempo, es una de las que se ve mayormente afectada con respecto a condiciones climáticas adversas que pueden contribuir en una baja producción. Por eso, se ha desarrollado un sistema de automatización para pequeñas parcelas, que controla parámetros como temperatura, humedad de suelo, y CO₂, los cuales influyen en la calidad de los cultivos que se producen en la zona de estudio. Dicho sistema es utilizado en un ambiente controlado como lo es un invernadero, el cual es previamente seleccionado y construido. Para lo cual se lleva a cabo un análisis detallado de las diversas propuestas planteadas en la Universidad Técnica del Norte. Se plantean tres alternativas de solución, y mediante un estudio de criterios ponderados se realiza la selección de la propuesta a implementar, con lo cual se logra reducir la incidencia de enfermedades consecuentes a clima hostil, por lo general de heladas muy comunes en horas de la mañana. Asimismo, dicha propuesta ofrece la oportunidad de cultivar cuatro variados cultivos de la zona, incluso fuera de temporada.

Palabras clave: Invernadero automatizado, control de temperatura, ambiente controlado, agricultura de precisión.

Abstract

The agricultural activity in the country is one of the most significant, as it generates economic income for a large percentage of the population. However, simultaneously, it is one of the sectors most severely affected by adverse weather conditions, which can contribute to a decrease in production. Therefore, an automation system has been developed for small plots, controlling parameters such as temperature, soil humidity, and CO₂, all of which influence the quality of crops in the study area. This system is employed in a controlled environment, such as a greenhouse, which is pre-selected and constructed. A detailed analysis of various proposals presented at the Technical University of the North is conducted for this purpose. Three alternative solutions are proposed, and through a study of weighted criteria, the selection of the proposal to be implemented is made. This selection aims to reduce the incidence of diseases resulting from harsh weather conditions, typically frost, which is common in the early morning hours. Additionally, the chosen proposal provides the opportunity to cultivate four different crops from the region, even outside the regular growing season.

Keywords: Automated greenhouse, temperature control, controlled environment, precision agriculture.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Resumen.....	VI
Abstract.....	VII
Introducción.....	XIV
I. Problema.....	XIV
II. Objetivo General.....	XIV
III. Objetivos Específicos.....	XIV
IV. Justificación.....	XV
V. Alcance.....	XV
CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Marco Teórico.....	4
1.2.1. Invernadero.....	4
1.2.2. Tipos de invernadero.....	5
1.2.3. Ventajas y desventajas.....	7
1.2.4. Métodos de construcción.....	7
1.2.5. Materiales de construcción de un invernadero.....	8
1.2.6. Condiciones climáticas de la región andina del Ecuador.....	8
1.2.7. Orientación solar y dirección del viento predominante.....	8
1.2.8. Características de los invernaderos.....	9
1.3. Procesos de cultivo en un invernadero.....	10
1.3.1. Tipos de procesos de riego en un invernadero.....	10
1.4. Elementos que conforman un sistema de riego por goteo:.....	12
1.4.1. Depósito de agua.....	12
1.4.2. Válvulas.....	12
1.4.3. Sistema de tuberías.....	12
1.4.4. Filtros.....	12
1.4.5. Goteros o emisores.....	12
1.5. Procesos de siembra.....	12
1.6. Parámetros a controlar en un invernadero.....	13
1.6.1. Automatización.....	13
1.6.2. Sensores:.....	14
1.6.3. Pre actuadores:.....	14

1.6.4. Accionadores:.....	15
1.6.5. Sistema de control	15
1.6.6. Clases de sistemas	15
• <i>Sistema de lazo abierto:</i>	15
• <i>Sistemas de lazo cerrado</i>	15
1.6.7. Temperatura en invernadero.....	16
1.6.8. Humedad Relativa	16
1.6.9. CO ₂	17
1.7. Tipos de cultivos que se producen en invernaderos	18
1.8. Propuestas realizadas en la UTN	19
CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO	21
2.1 Modelo de la investigación	21
2.2. Actividad 1 “Descripción del área de estudio, selección del invernadero y análisis de las diferentes formas de cultivo”.....	21
2.3. Actividad 2 “Análisis de parámetros para el crecimiento de plantas en un invernadero”.....	21
2.4. Actividad 3. “Determinación de las condiciones para el crecimiento de 4 tipos de cultivos de la zona”	22
2.5. Actividad 4. “Análisis de trabajos realizados en la Universidad Técnica del Norte referentes a automatización de invernaderos”	22
2.6. Actividad 5. “Análisis de requerimientos y restricciones del proyecto con base a los productos seleccionados”	22
2.7. Actividad 6. “Diseño de la propuesta de solución”	22
2.8. Actividad 7. “Software a utilizar”	22
2.9. Actividad 8. “Selección de componentes del sistema”	22
2.10. Actividad 9. “Construcción del invernadero seleccionado”	23
2.11. Actividad 10. “Realización de la siembra de cultivos”.....	23
2.12. Actividad 11. “Implementación del sistema propuesto en el invernadero”	23
2.13. Actividad 12. “Evaluación del sistema”	23
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Descripción del área de estudio	24
3.2. Requerimientos y restricciones del proyecto según los usuarios.....	25
3.3. Diseño de la solución:.....	25
3.3.1. Alternativas de solución:.....	26
3.3.2: Análisis de solución.....	30
Selección de la propuesta de solución	33

3.4: Especificaciones del sistema a diseñar	34
3.4.1. Tipo de sistema.....	35
3.4.2. Elementos de la propuesta planteada	35
3.4.3: S1 Tablero de control:	36
3.4.4: S2 Sistema de medición de humedad, temperatura y CO ₂ :.....	37
3.4.5. S3 Sistema de riego:	37
3.4.6. S4 Depósito de agua.....	39
3.4.7. S5 Estructura del invernadero:	39
3.4.8. S6 Camas de cultivo:.....	39
3.4.9. S7 Sistema de ventilación	39
3.5. Programación del sistema	40
3.5.1 Diagrama de flujo cultivo 1:.....	41
3.5.2 Diagrama de flujo cultivo 2:.....	42
3.5.3 Diagrama de flujo cultivo 3:.....	43
3.5.4 Diagrama de flujo cultivo 4:.....	44
3.5.5 Diagrama de flujo todos los cultivos.....	45
3.5.6 Diagrama de flujo impresión de datos en pantalla	46
3.5.7 Algoritmo general:	47
3.6. Construcción de camas y Siembra de cultivos.....	47
3.7. Cálculos del sistema de riego.....	49
3.7.1 Dimensiones de las tuberías a utilizar:	49
3.8. Cálculo de volumen de tanque.....	53
3.9. Cálculo ventilador.....	54
3.10. Cálculo de la sección del conductor	55
3.11 Cálculo de consumo de corriente del prototipo	57
3.12. Construcción del invernadero	58
3.13. Montaje del sistema	59
3.14. Montaje en el invernadero	59
3.15. Pruebas de funcionamiento	60
3.15.1. Medición de humedad relativa	60
3.15.2 Medición de temperatura.....	61
3.15.3 Medición de humedad de suelo	62
3.15.4 Medición de CO ₂	67
3.16 Producción	69
3.16.1 Alverja y frejol	69

3.16.2 Pepinillo y tomate.....	71
3.17 Costos.....	72
CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
Conclusiones	74
Recomendaciones	75
BIBLIOGRAFIA	76
ANEXOS	80
Anexo 1 plano invernadero.....	80
Anexo 2 módulo arduino MEGA.....	81
Anexo 3 sensor DHT22	82
Anexo 4 sensor MQ-135.....	87
Anexo 5 construcción de camas.....	90
Anexo 6: Planos eléctricos.....	91
Anexo 7. Tabla de densidad y viscosidad.....	93
Anexo 8: Gráficas HR.....	94
Anexo 9: Gráficas de temperatura	95
Anexo 10: Humedad de suelo cultivos 3 (Frejol), 4 (pepinillo)	96
Anexo 11: Gráficas de CO ₂ , Tabla de datos	98

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Condiciones climáticas de Ecuador [24]	8
Tabla 2. tipos de invernadero con sus características [26]	9
Tabla 3. Eficiencia de los métodos de riego [28]	12
Tabla 4. Procesos de siembra en invernadero [29].....	13
Tabla 5. Métodos para la medición de la humedad de suelo:.....	17
Tabla 6. Métodos de medición del CO ₂	18
Tabla 7. Tipos de cultivos que se pueden producir en invernadero [36], [37], [38], [39]	19
Tabla 8. Propuestas de trabajos de grado realizadas en la UTN.....	20
Tabla 9. Funciones y descripción	26
Tabla 10. Matriz Morfológica	27
Tabla 11. Análisis de Criterios Ponderados.....	31
Tabla 12. Evaluación criterio específico precisión.....	31
Tabla 13. Evaluación criterio específico costo	32
Tabla 14. Evaluación criterio disponibilidad de componentes.....	32
Tabla 15. Evaluación criterio específico control y mantenimiento	32
Tabla 16. Evaluación criterio específico funcionamiento a 110V.....	32
Tabla 17. Evaluación criterio específico vida útil	33

Tabla 18. Selección de la propuesta	34
Tabla 19. Diámetros más comunes para una tubería de riego a baja escala.....	49
Tabla 20. Especificaciones de tubería a utilizar	51
Tabla 21. Especificaciones de tubería a utilizar	55
Tabla 22. Tabla de especificaciones de cable AWG [8].....	56
Tabla 23. Elementos del sistema	57
Tabla 24. Consumo de corriente por elementos del sistema	58
Tabla 25. Distancias de sensores higrómetros para cada cultivo.....	63
Tabla 26. Etapas y tiempo de producción de alverja.....	70
Tabla 27. Etapas y tiempo de producción del frejol	70
Tabla 28. Costos del proyecto	72

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Invernadero capilla [20].....	5
Figura 2. Invernadero doble capilla [20]	6
Figura 3. Invernadero asimétrico [20]	6
Figura 4. Invernadero tipo túnel [22]	7
Figura 5. Orientación del invernadero [25]	9
Figura 6. Sistema de riego por goteo [6]	10
Figura 7. Riego por nebulización [14].....	11
Figura 8. Riego por superficie [27]	11
Figura 9. Automatización [30]	14
Figura 10. sensores [30]	14
Figura 11. Sistema en lazo abierto [31].....	15
Figura 12. sistema en lazo cerrado [31].....	16
Figura 13. Diagrama alternativa 1	28
Figura 14. Diagrama general propuesta 2	29
Figura 15. Diagrama general propuesta 3	30
Figura 16. Diagrama general de solución propuesta	35
Figura 17. Arduino Mega 2560	36
Figura 18. Diagrama de conexiones sensor DHT22.....	37
Figura 19. Conexiones sensor de CO ₂	37
Figura 20. Conexiones para el funcionamiento de los solenoides.....	38
Figura 21. Esquema de conexiones sensores de humedad	39
Figura 22. Conexiones sistema de ventilación	40
Figura 23. Siembra de cultivos	49
Figura 24. Diagrama del sistema de riego	50
Figura 25. Invernadero terminado	59
Figura 26. Montaje del sistema en el invernadero.....	60
Figura 27. Registro de datos de humedad	61
Figura 28. Registro de temperatura	62
Figura 29. Colocación de los sensores de humedad	63
Figura 30. Humedad alverja día 1	64

Figura 31. Humedad alverja día 2	64
Figura 32. Humedad alverja día 3	64
Figura 33. Humedad alverja día 4	65
Figura 34. Humedad tomate día 1	65
Figura 35. Humedad tomate día 2	65
Figura 36. Humedad tomate día 3	66
Figura 37. Humedad tomate día 4	66
Figura 38. Muestra de datos en pantalla	66
Figura 39. Gráfica de líneas de tendencia del sensor según datasheet	67
Figura 40. Gráfica de la ecuación de calibración	68
Figura 41. Registro de lecturas CO ₂ día 1	69
Figura 42. Comparación de tamaño de los cultivos de pepinillo (a) y tomate (b)	71

Introducción

I. Problema

Ecuador es un país considerado, principalmente, como productor y exportador de varios productos agrícolas. El país está dividido en tres zonas bien marcadas: Costa, Sierra y Amazonía. Según el Informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ONU, 2009 [1], en la Sierra se distribuye el 67% de la tierra para uso agropecuario según el tamaño de la Finca. El cantón Bolívar, localizado en la Provincia de Carchi, tiene su economía centrada en la producción de huertos hortícolas, granjas integrales, sistemas silvopastoriles y en la industrialización de la cebada GAD Bolívar, 2022 [2]. Adicionalmente, se caracteriza porque los productores agrícolas están centrados en agricultores artesanales que poseen no más de una hectárea de terreno. El control de variables ambientales para el cultivo de plantas tiene como objetivo principal proveer las condiciones ambientales para un crecimiento adecuado. Controlar el ambiente de la planta se ha convertido en un aspecto importante que contribuye, de manera indirecta, a mejorar la salud de las personas [3]. Una manera de resolver parcialmente este problema es utilizar la tecnología para controlar el ambiente de crecimiento de las plantas usando invernaderos [4]. La carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte se ha dedicado a resolver problemas en este sector, y para ello ha desarrollado varias investigaciones asociadas a mejorar la producción agrícola de la zona Sierra del Ecuador [5]. Cabe destacar que los proyectos desarrollados se han dedicado a una fruta en particular [6] [7] [8], por lo que crear un sistema de control donde puedan modificarse las variables para distintas producciones agrícolas sería un aporte para los agricultores artesanos.

II. Objetivo General

- Desarrollar un sistema de automatización de invernaderos en pequeñas parcelas.

III. Objetivos Específicos

- Identificar las características y condiciones para la producción agrícola de las principales producciones de la zona.
- Establecer el diseño para la integración de sistemas desarrollados en la Universidad Técnica del Norte.
- Validar el funcionamiento de la propuesta.

IV. Justificación

La actividad agrícola en la zona andina del Ecuador representa una importante fuente de ingresos económicos para las familias de dicha zona, además que genera empleo para las personas que participan en procesos que van desde la preparación del terreno, siembra, deshierba hasta la cosecha del producto, tomando en cuenta que algunos de los cultivos son producidos mayormente en invernaderos, la implementación de un sistema automático en dichos espacios para controlar parámetros tales como: humedad, temperatura, los cuales pueden generar estrés de la planta, ayudaría a mejorar la producción y por ende la economía de las personas dedicadas a esta labor.

V. Alcance

Esta investigación proporcionará una solución para la automatización de un invernadero con el propósito de controlar parámetros tales como la humedad, temperatura, y el estrés en los cultivos que se producen en la zona andina del Ecuador, que puedan afectar la producción. Se realizarán selección de componentes electrónicos, montaje del circuito en software de simulación para posteriormente validar el funcionamiento del dispositivo. Además, la construcción de un invernadero tamaño a escala para recolección de variables y parámetros de estudio. Como aporte se encontrarán los planos respectivos para que la solución pueda ser instalada, así como los costos.

CAPÍTULO 1: MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

La agricultura, al ser una de las actividades que representa un importante porcentaje de ingresos para la economía del país, tal como lo mencionan Freire y otros en 2018 [9], que en su estudio buscan dar a conocer los distintos cultivos y su importancia en el mejoramiento de la economía dolarizada en el Ecuador, del mismo modo que muestra un estudio detallado de los productos propios del país tales como cacao, hiervas, hortalizas, frutas comestibles, entre otras.

Los procesos de automatización que impliquen la utilización de circuitos tanto de potencia como de control en la actualidad tienen gran relevancia en procesos industriales o de agricultura de precisión para el control de motores de agua que suministren el recurso hídrico a los cultivos, tal es el caso que presenta Muñoz 2021 [6], que su trabajo muestra el control de un sistema de riego para un invernadero de rosas, para lo cual utiliza la tarjeta Arduino Mega, sensor de caudal y un sensor de humedad de suelo higrómetro, dicho sistema de control cuenta con 2 modos, el primero manual en que el usuario enciende o apaga el sistema según sus necesidades, y el segundo modo automático en el cual los niveles de humedad están definidos por las necesidades del cultivo, y de esta manera encender o apagar la bomba de agua, obteniendo con el mismo mayor facilidad al momento de control dicho parámetro y sobre todo mayor eficiencia en el suministro de riego

La automatización de ciertos procesos industriales, tales como el ensamble, el empaquetado de productos e incluso en viviendas, ha facilitado la realización de ciertas tareas, y esto incluye el control de parámetros que influyen en la producción de productos agrícolas que se producen en invernaderos ya sea a grande o pequeña escala [10], en su estudio que analiza la utilización de internet de las cosas, con el fin de controlar variables como la humedad y temperatura en un invernadero automatizado, y demuestra que dicho proceso ayuda de gran manera a la producción de productos producidos en un invernadero ubicado en la Universidad Técnica de Babahoyo

Uno de los problemas más significativos que pueden surgir al momento de automatizar un invernadero es el suministro de agua de riego a los cultivos. Una de las opciones para aprovechar ese recurso es el estudio realizado por Alvarado en 2022 [11]. Quien empleando la tecnología IoT y la plataforma Ubidots, ha logrado una optimización y utilización satisfactoria del agua al momento del riego, y, en virtud de las necesidades del propietario, se ha llegado a la conclusión de que el sistema de riego más óptimo es el sistema por goteo

En otro estudio realizado por Barbosa y otro 2019 [12], muestran a detalle la utilización de sensores y con el control realizado mediante la plataforma Arduino, además que para la transmisión de datos vía internet, utiliza el módulo de comunicación ESP8266, además de la utilización del módulo HC05 para que este prototipo tenga la facilidad de ser controlado por medio de un teléfono celular vía bluetooth, obteniendo en su estudio que leer el valor de la temperatura a tiempo real, cosa que ayuda a los productores tomar decisiones acertadas para evitar la pérdida del cultivo al estar sometido a temperaturas inadecuadas por tiempos prolongados

Otro de los factores que pueden influenciar en la producción agrícola en un invernadero es la ventilación que influye en la temperatura en el interior del invernadero [13] en donde se muestra la utilización del sistema CFD para simular el comportamiento del viento en un invernadero por medio de ventilación natural o forzada, y estos datos analizar las condiciones climatológicas más óptimas para el cultivo de papa en un invernadero, en dicho estudio muestra las horas del día en las cuales la temperatura es mayor al interior del invernadero, y de esta manera crea un modelo matemático de cómo es el comportamiento del viento en el interior de un invernadero, para de este modo dar solución a una posible reducción del cultivo debido a índices de temperatura inadecuados

En otro estudio realizado Ramos 2021 [8], que en cuyo estudio busca dar solución a la problemática referente al mejoramiento de la producción de cultivo de rosas mediante un sistema de control automático de humedad relativa en un invernadero dedicado a dicho cultivo, y mediante la implementación de un sistema de apertura y cierre de ventanas controlar dicho parámetro en el interior del invernadero, el mencionado estudio logra mostrar los datos de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero, además de indicar de manera intuitiva el estado de las ventanas y cortinas, y posibilita la seguridad del usuario

Por otro lado, Chango y Llanez en 2021 [14], muestran la realización de control de temperatura, humedad y suministro de agua para cultivos sembrados en un invernadero ubicado en el campus Salache ubicado en la provincia de Cotopaxi, en el trabajo mencionado muestran la utilización de un PLC S7 1200 para el control de los demás componentes del sistema tales como motores y electroválvulas para el control del riego, la utilización de sensores para medir las variables presentes en el invernadero, tales como temperatura, humedad y nivel, logrando con la implementación de dicho sistema un control adecuado de las variables antes mencionadas, logrando el encendido de bombas y electroválvulas en el rango de humedad del 85%, que según el estudio realizado, dicho valor es el óptimo para generar la mayor producción de rosas en invernadero

En la actualidad, la utilización de sistemas autómatas para el control de parámetros agrícolas es muy importante para mejorar la producción de los cultivos, en el estudio realizado por Guerrero y otros 2017 [15], muestran la utilización de la plataforma SGrennH-IoT, cuya interface permite el control y la recolección de datos a tiempo real, en dicho estudio pretende demostrar la utilidad y facilidad de incorporar esta plataforma para el control de parámetros tales como, la temperatura del suelo, la temperatura en el ambiente, humedad, y CO₂, para optimizar el consumo de agua y fertilizante, y consecuentemente mejor la producción agrícola, por medio de pruebas de laboratorio se llegó a la conclusión que dicha plataforma presenta una pérdida de transmisión de datos insignificante, con lo cual los beneficios para el agricultor son la reducción del uso de recursos, tiempo y dinero, ya que promovía una producción más sustentable

Nepas y Quispe 2021 [16], muestran la utilización de la plataforma Adafruit IO para desarrollar un dispositivo IoT para el invernadero de la asociación de mujeres dedicadas a actividades agroecológicas de Cangahua, dicha plataforma ayuda a desarrollar el dispositivo, ya que permite transmitir, registrar e interactuar con datos obtenidos de sensores, la realización de este dispositivo dio como resultado datos de tiempo y de reacción de los actuadores no mayor a 0.7 segundos, y las pérdidas que se obtuvieron no fueron mayormente significativas al momento de la comunicación del dispositivo con el servidor web y viceversa, lo cual comprobó que dicho dispositivo funciona óptimamente

En otra investigación realizada por Iglesias y otros 2014 [17], muestran la manera de como se debe tomar en cuenta parámetros como la ubicación y el tipo de superficie en

la cual se va a construir el invernadero, ya que de esto depende el fácil control de las variables. Mediante el estudio de las condiciones climatológicas de la zona de estudio llegan a demostrar que la orientación esta/oeste es la que garantiza mayor irradiación solar y de manera más uniforme a toda la estructura del invernadero, mejorando de esta manera el proceso de fotosíntesis de las plantas y, por lo tanto, aumentando se producción

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Invernadero

Un invernadero puede ser definido como una estructura cerrada, que cuenta con una cubierta, la cual permite la entrada de luz en el día, es decir, es traslúcida, y que además permite el aislamiento de temperaturas muy bajas que se dan por lo general en las noches. Debido a esto, las temperaturas en el interior del invernadero serán mayores que el exterior [18].

Características del terreno para la incorporación de un invernadero

Carvajal, en 2021 [19], enlista una serie de características las que debe contar el terreno para la implementación de un invernadero, las cuales se nombran a continuación.

- Plano: debido a que los cultivos tienen que tener un porcentaje adecuado de humedad, es decir, el riego debe ser adecuado, el hecho de que el terreno sea lo más plano posible favorece a que el riego sea uniforme
- Soleado: tendrá que encontrarse en un sitio en donde la luz del sol influya sin dificultad al área del invernadero, ya que de lo contrario la producción no tendrá el potencial esperado, reduciendo las ganancias para el agricultor
- Ventilación: la ventilación natural es muy importante en el invernadero, ya que ayuda a regular la temperatura del mismo y, por lo tanto, a que el cultivo no presente estrés por excesiva temperatura o falta de humedad

1.2.2. Tipos de invernadero

Según, S. Marrero, R. Suarez, E. Nata, J. Silva, J. Álvarez, and G. Ramírez, [20] menciona varios tipos de invernaderos los cuales se muestra a continuación:

- *Invernadero Capilla*

Está formado por un techo que a su vez puede estar formado por uno o dos planos inclinados, como se observa en la Figura 1. Es muy común su utilización porque brinda las siguientes ventajas [20]:

- ✓ Fácil construcción y conservación
- ✓ Tiene la posibilidad de contar con cualquier tipo de material en su cubierta, como rígidos (vidrio, policarbonato), o flexibles (polietileno, plástico)
- ✓ Beneficia la ventilación vertical en paredes a su vez que se puede realizar en grandes superficies, con un sistema de automatización fácil y sencilla de instalar
- ✓ Facilita la evacuación del agua de lluvia



Figura 1. Invernadero capilla [20]

- *Invernadero de doble capilla*

Este tipo de invernadero brinda la posibilidad de una ventilación más eficiente que en otro tipo de estas estructuras, esto se debe a que están conformados por dos naves que se encuentran consecutivamente colocadas una después de otra, lo cual posibilita la aplicación del movimiento total del aire para su entrada en el interior del invernadero a través de ventanas abatibles situadas en el techo del mismo [20]



Figura 2. Invernadero doble capilla [20]

- *Invernadero asimétrico o inacral*

Este tipo de estructura se caracteriza por el hecho de captar de mejor manera los rayos solares y su orientación tiene que ser paralela al recorrido estimado del sol [20]



Figura 3. Invernadero asimétrico [20]

- *Invernadero tipo túnel:*

Se caracteriza por una excelente resistencia a factores climáticos como los fuertes vientos, además de fomentar la circulación solar al interior del invernadero, su estructura es una de las más sencillas de instalar, puesto a sus características este tipo de invernadero es muy recomendable para productos agrícolas que vienen de agricultura protegida, y es muy versátil porque se pueden incorporar materiales ya sean flexibles como rígidos en su cubierta [21]



Figura 4. Invernadero tipo túnel [22]

De los invernaderos expuestos anteriormente, se observa que el más utilizado es el tipo asimétrico en la producción agrícola y florícola de la zona.

1.2.3. Ventajas y desventajas

Según la Cámara de comercio de Bogotá [23], las ventajas de la utilización de un invernadero son:

- Optimización del tiempo de producción
- Mejora la calidad del producto
- Se puede producir productos fuera de temporada
- Ahorro de recurso hídrico y fertilizante
- Ayuda al control de insectos y enfermedades
- Posibilidad de producir más de un ciclo de cultivo al año

Entre las desventajas se tiene:

- Alto costo al inicio de la implementación
- Implica un alto costo de operación y mantenimiento
- Es necesario la asesoría de personal especializado y capacitado [23]

Para que la agricultura sea sostenible la implementación de los invernaderos contribuyen a mejorar la producción

1.2.4. Métodos de construcción

Para la construcción de un invernadero se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos

- El tipo de suelo

- Dirección de la radiación solar y de la dirección del viento predominante de la zona
- Condiciones climáticas de la zona
- Requerimientos bioclimáticos del cultivo

1.2.5. Materiales de construcción de un invernadero

Se pueden citar algunas estructuras que sirven y ayudan a la construcción óptima de un invernadero

- Estructura de madera
- Estructura de hierro
- Hormigón
- Estructura mixta

1.2.6. Condiciones climáticas de la región andina del Ecuador

Las características climáticas de la zona se muestran en la tabla 1:

Tabla 1. Condiciones climáticas de Ecuador [24]

Condiciones	Características
Temperatura	Predomina frío o templado y su media anual varía entre 12 – 20°C
Humedad	Cantidad de vapor de agua en el aire Posee una humedad relativa media anual del 70%
Viento	Aire en movimiento Dirección este-oeste, velocidad media anual de 3,4 m/s
Dirección del sol	Orientación por donde sale y se oculta el sol cada día Dirección este-oeste
Tipo de suelo	Óptimo para actividades agrícolas Franco arcilloso

1.2.7. Orientación solar y dirección del viento predominante

Es recomendable tomar muy en cuenta la orientación solar de la zona, de la misma manera la dirección del viento predominante antes de construir el invernadero, según [25], menciona que la mejor orientación para la construcción del invernadero es de Este-Oeste, ya que al ser la dirección por la que el sol sale y se oculta, garantiza una mejor captación de los rayos solares al interior del invernadero, en la Figura 5, se puede observar la manera en cómo influyen el viento y el sol en la orientación del invernadero

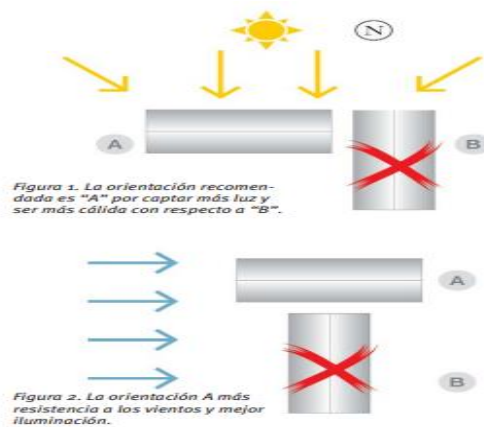


Figura 5. Orientación del invernadero [25]

1.2.8. Características de los invernaderos

Se detallan los distintos tipos de invernaderos a evaluar con sus respectivas características en la tabla 2 como se muestra

Tabla 2. tipos de invernadero con sus características [26]

Tipos de invernaderos	Ventajas	Desventajas	Condiciones climáticas	Dimensiones
Capilla	<ul style="list-style-type: none"> Fácil construcción y conservación Se acopla a todo tipo de material para construir su cubierta Fácil instalación de ventanas cenitales Drenaje muy bueno 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas de ventilación Menor distribución de luz en su interior 	Es aplicable a climas tanto fríos como cálidos	Ancho: 12 a 16m Altura: 3,25 a 4 m Inclinación techumbre aproximadamente 25°
Doble capilla	<ul style="list-style-type: none"> Buena ventilación 	<ul style="list-style-type: none"> Construcción complicada y muy costosa 	Puede ser utilizado en climas templados o fríos	Ancho: 8 – 9,60 m Altura bajo canal: 4 -5 – 5,50 m Altura al zenit: 5,80 – 6,30 – 6,80 m
Asimétrico	<ul style="list-style-type: none"> Aprovechamiento eficiente de la luz en época invernal Inercia térmica Ventilación muy buena, debido a 	<ul style="list-style-type: none"> Aprovechamiento nulo del agua de lluvia Difícil el cambio de plástico en su cubierta 	Son utilizados mayormente en climas tropicales	Ancho: 9,60 m Altura de pilar: 6,40 – 6,90 – 7,40m Altura debajo canal: 4 – 4,50 – 5m

	la altura que tiene	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor pérdida de calor por la extensión de su cubierta 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita la instalación de ventilación cenital 			
Túnel	<ul style="list-style-type: none"> • Buena ventilación • Estanqueidad a la lluvia y aire • Buena distribución de la luminosidad en su interior • Fácil instalación 	<ul style="list-style-type: none"> • Costoso • No aprovecha el agua de lluvia 	Soporta condiciones extremas como fuertes vientos	Ancho: 8 a 9,60 m Altura: 4 – 5m Distancia entre arcos: 2,50 m

1.3. Procesos de cultivo en un invernadero

1.3.1. Tipos de procesos de riego en un invernadero

- *Riego por goteo*

Se trata de la puesta en marcha de un sistema tuberías, el cual garantiza un rendimiento de gotas de forma uniforme y constante sobre el suelo, en el cual el cultivo puede absorber la mayor cantidad de nutrientes y de esa forma desarrollarse de forma óptima. En la figura 6 se muestra la implementación de este sistema. [14]

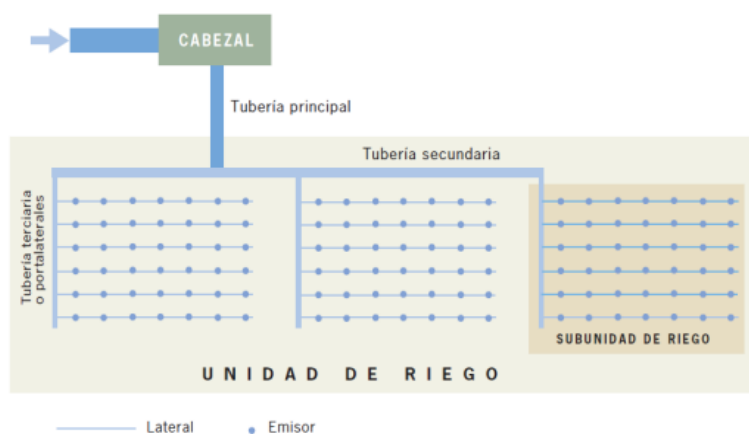


Figura 6. Sistema de riego por goteo [6]

- *Sistema de riego por nebulización*

Consta de elementos denominados emisores, los cuales expulsan agua en forma de neblina sobre los cultivos, además de proveer de agua o fertilizante, ayuda a reducir la

temperatura e incrementar la humedad relativa, además que el tamaño de las gotas no representa ningún daño a los cultivos.

Este método de riego es ideal para follaje verde hidropónico, para el proceso de germinación de semillas, producción de hongos, está diseñado para brindar una amplia gama y diámetro de mojados, ver figura 7. [14]



Figura 7. Riego por nebulización [14]

- *Riego por superficie*

Es uno de los métodos más sencillos que se puede utilizar, no genera mayor gasto en su implementación, además que no necesita la utilización de una fuente de energía para su funcionamiento, ver figura 8.



Figura 8. Riego por superficie [27]

- *Eficiencia de los distintos sistemas de riego*

En la tabla 3, se muestra los sistemas de riego mencionados en el capítulo 1, con sus respectivos porcentajes de eficiencia, los cuales se toman como base para la selección del sistema de riego a utilizar.

Tabla 3. Eficiencia de los métodos de riego [28]

Modelo de riego	Eficiencia %
Por goteo	90
Nebulización	85
Superficie	30

1.4. Elementos que conforman un sistema de riego por goteo:

1.4.1. Depósito de agua

Tiene como función la de reserva de agua y garantiza la disponibilidad de este recurso para la actividad de riego, así como reservarla cuando se requiere riegos por turnos.

1.4.2. Válvulas

Estos elementos son los encargados de permitir o impedir el paso del agua según los requerimientos de riego

1.4.3. Sistema de tuberías

Las instalaciones de tuberías tienen como función el transporte del agua desde el depósito a los emisores colocados para cada cultivo

1.4.4. Filtros

Estos elementos están encargados de impedir el paso a cualquier impureza que esté presente en el agua para evitar cualquier tipo de obstrucción en los emisores de riego.

1.4.5. Goteros o emisores

Estos elementos están encargados de suministrar el agua al cultivo en cantidades determinadas según el fabricante.

1.5. Procesos de siembra

Los procesos que se puede llevar a cabo para la siembra en un invernadero son diversos y con características específicas para cada caso, las cuales se expone en la Tabla 4:

Tabla 4. Procesos de siembra en invernadero [29]

Tipos de procesos de siembra	Ventajas	Desventajas
Por aire (hidroponía)	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor control de suministro de nutrientes • Menos consumo de energía para la producción del cultivo • Aumenta de densidad de la plantación • Mejor calidad de cultivo • Mejor gestión del recurso hídrico • Ayuda a la no utilización de desinfectantes • Mejora en la salud vegetal del cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo al inicio de su implementación • Si no se suministra la solución nutritiva óptima, puede perjudicar a la producción de la planta • Una falla en el sistema de alimentación eléctrica puede generar una pérdida más acelerada en el cultivo • Raíces más expuestas a cambios de temperatura ambiental
Por suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Menor gasto • No requiere mantenimientos costosos y exhaustivos • Posibilidad de que las plantas crezcan a libertad 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor riesgo de surgimiento de plagas • Mayor consumo de recurso hídrico, al tener que cubrir más área de riego
Siembra en camas	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia en la producción de los cultivos • Desarrollo mayor del sistema radicular de las plantas • La planta aprovecha los nutrimentos y agua disponibles en el suelo. • Con un buen mantenimiento a las camas, solo se preparan una vez. • Las herramientas para la construcción están al alcance del productor. • Al construir las camas, automáticamente se controlan algunas plagas del suelo. • Se pueden utilizar en la siembra de cualquier cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • La utilización de grande maquinaria agrícola desgasta el suelo • Puede suceder un incremento en la humedad del suelo, y consecuentemente la aparición de enfermedades • Si se construyen de manera errónea las camas pueden presentar encharcamientos

1.6. Parámetros a controlar en un invernadero

1.6.1. Automatización

El proceso de automatización hace referencia a la realización de una determinada tarea, haciendo uso de elementos tales como dispositivos electrónicos, mecánicos o electromecánicos, sin que la ejecución de esta determinada tarea requiera de la intervención directa del operario, usualmente la automatización es utilizada en procesos

en los cuales los operarios tengan mayor posibilidad de sufrir un accidente, en la Figura 9 se ilustra las partes y los componentes que comúnmente se involucran en el proceso de automatización. [30]



Figura 9. Automatización [30]

1.6.2. Sensores:

Estos elementos son muy importantes en el sistema de automatización, ya que son los encargados de transformar magnitudes físicas en una magnitud eléctrica, las cuales son necesaria para poder saber el estado de un sistema, entre las magnitudes que estos elementos pueden medir para un proceso de automatización están: temperatura, presión, posición, caudal, humedad, entre otras [30].

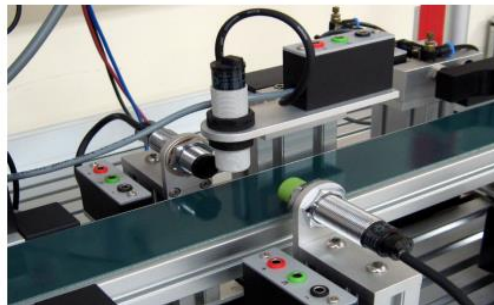


Figura 10. Sensores [30]

1.6.3. Pre actuadores:

Estos elementos son los encargados interconectar la parte de mando del proceso de automatización con la parte operativa del sistema, estos recogen señales proporcionadas de los sensores del sistema para acondicionarlas de tal manera que los actuadores trabajen con dichas señales de forma correcta, entre los pre actuadores existentes podemos mencionar los relés, variadores de velocidad, electroválvulas, entre otros [30].

1.6.4. Accionadores:

Estos son los elementos finales del proceso de automatización, son los encargados de cumplir con las tareas para las cuales el sistema ha sido diseñado, proporcionan la energía suficiente para el movimiento, ya sea de bandas transportadoras, movimiento de fluidos, entre otros [30].

1.6.5. Sistema de control

Sistema: según R. Chango and R. Llanez [14], sistema es un conjunto de procesos los cuales siguen un control por medio de un programa informático, tienen como características que la salida del proceso se muestra como un flujo continuo de material, la ventaja de un sistema de control es su insensibilidad a las perturbaciones manteniendo su exactitud sobre la comparación de la señal retroalimentada y la señal de entrada, en la cual resulta el error, pero esta señal es reducida gracias a la acción de control.

1.6.6. Clases de sistemas

Podemos enumerar dos clases de sistemas los cuales son: sistema de lazo abierto, y sistema de lazo cerrado.

- *Sistema de lazo abierto:*

Este tipo de sistemas se caracteriza porque el ciclo que realiza esta prefijado y no se ve modificado por el resultado del proceso [31].

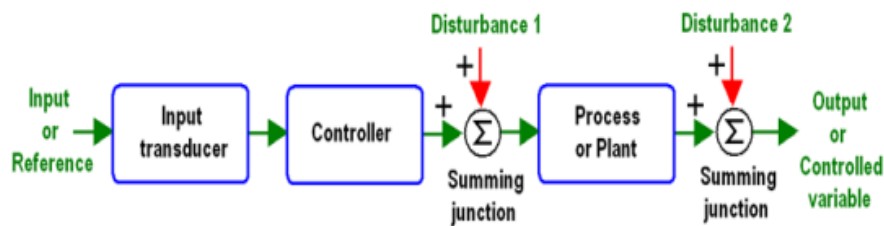


Figura 11. Sistema en lazo abierto [31]

- *Sistemas de lazo cerrado:*

Son también llamados sistemas en realimentación, ya que se alimenta al controlador la señal de error de actuación y se diferencia con los sistemas de lazo abierto, por el hecho de que cuentan con un sensor capaz de regular el mecanismo de control en función de la respuesta del sistema, un ejemplo de este tipo de sistemas es lo que sucede con un calentador de agua.

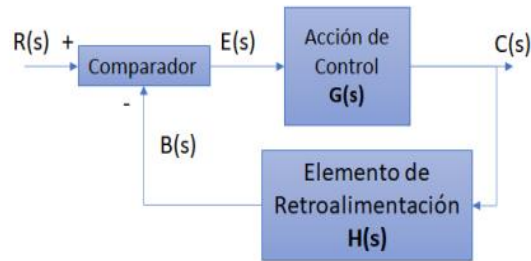


Figura 12. Sistema en lazo cerrado [31]

1.6.7. Temperatura en invernadero

Es uno de los parámetros más importantes para el buen manejo del ambiente dentro del invernadero, e incide en el correcto crecimiento y producción de los cultivos. Existen algunos rangos de temperatura que se clasifican según el efecto que esta genera en el cultivo, los cuales se menciona a continuación:

- Temperatura mínima letal: es aquella que está muy por debajo de los rangos soportados por la planta, por lo cual genera daños considerables a la misma
- Temperatura máxima y mínima biológica: muestran los valores por encima o por debajo respectivamente en la cual el cultivo no logra una determinada etapa vegetativa, como el florecimiento, madurez, etc.
- Temperaturas nocturnas y diurnas: Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta. [32]



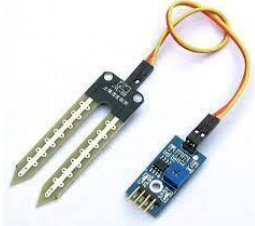
1.6.8. Humedad Relativa

La humedad del suelo se refiere a la cantidad de agua presente en el mismo, determinada por una cierta cantidad de agua por un volumen de suelo, es de gran importancia dentro del comportamiento de un terreno, ya que se ve afectada por parámetros como la temperatura, el nivel de precipitaciones de la zona, y de las características propias del suelo, por tal motivo es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta al momento de la producción de cualquier cultivo, para que el rendimiento de producción no se vea afectado por condiciones adversas de humedad dependiendo de un cultivo determinado. [33]

- *Métodos para la medición de la humedad en invernadero*

Existen algunos métodos y herramientas que pueden facilitar la medición y el control de humedad de suelo de una manera eficiente y precisa, a continuación, en la tabla 5 se muestran algunos dispositivos diseñados para este fin con sus respectivas características:

Tabla 5. Métodos para la medición de la humedad de suelo:

CARACTERÍSTICAS	Sensor de humedad de suelo capacitivo	Sensor de humedad de suelo SHT-10	YL-69
			
Fabricante	NEOMOTO	WALFRONT	ELECTROCREA
Voltaje de operación	3.3 A 5 V	3.3 a 5.5 V	2 a 6 V
Corriente de operación	5 mA	<= 15 a mA	35 mA
Voltaje de la señal de salida	0 a 5 V	0 a 5 V	0 a 4.2 V
Vida útil	3 años	3 años	1 año
Dimensiones	98 x 23 mm	49 x 14 mm	60 x 20 mm
Peso	15 g	70 g	7 g
Costo	\$ 15	\$ 20	\$ 4
Disponibilidad	Baja	Media	Alta

1.6.9. CO₂


Los niveles de CO₂ son medidos en el ambiente como ppm (porciones por millón), además juegan un papel muy importante en el proceso de fotosíntesis de las plantas, los procesos de medición pueden ser variados, ya que pueden ser profundos, por ejemplo, en los lechos submarinos, en bajas profundidades de hasta 200 m bajo el nivel de mar, y la medición en la superficie de la atmósfera.

Para el caso de estudio en el invernadero se medirá con el método a superficie de la atmósfera. [34]

- *Métodos de medición de CO₂*

En [35], muestra algunos de los sensores que se utilizan para la medición de CO₂, los cuales se muestra en la tabla 6





Tabla 6. Métodos de medición del CO₂

CARACTERÍSTICAS	NAP-21 AA	MG-811	TGS-4160	MQ-135
				
Fabricante	NEOMOTO	HANWEI ELECTRONICS	FIGARO	HANWEI ELECTRONICS
Rango de medición	400 - 8000ppm	350 - 10000ppm	350 - 50000ppm	10 – 1000 ppm
Dependencia de humedad	Baja	baja	baja	Baja
Voltaje de calentamiento	1.8 +/- 0.2v	6.0±0.1 V	5.0 ± 0.2V (DC)	5 – 1.4 V
Impedancia	70 ± 7Ω	30.0±5%Ω	11.5 ± 1.1Ω	33Ω±5%
Intensidad	120mA	200mA	aprox. 250mA	150 mA
Potencia	234mW	1200mW	aprox. 1.25W	800 mW
Temperatura de operación	-10 - 50°C	-20 - 50°C	10 - 50°C	-20 – 70°C
Voltaje de salida	0-20mV	30 - 50mV	220 - 490mV	
Costo	\$ 60	\$ 56	\$ 120	\$ 15
Disponibilidad	Baja	Media	Baja	Media

1.7. Tipos de cultivos que se producen en invernaderos

Existen una gran variedad de productos que se pueden cultivar en un invernadero, visualizar tabla 7

Tabla 7. Tipos de cultivos que se pueden producir en invernadero [36], [37], [38], [39]

CULTIVOS	PARAMETROS DE CULTIVO				Ilustración
	Temperatura	Humedad de suelo	Cantidad de agua por ciclo	Distancia entre plantas	
pepinillo (Cucumis sativus)	18°C – 25°C	60 – 70%	Requiere una lámina de riego de 50 cm	20 a 30 cm	
Frijol (Phaseolus vulgaris)	16°C – 30°C	60 – 70%	Requiere una lámina de riego de 270 mm	25 a 40 cm	
Tomate (Solanum lycopersicum)	18°C – 27°C	60 – 80%	1 a 2 lt/día/planta	37 a 45 cm	
Arveja (Pisum sativum)	15°C – 22°C Mínima de 10°C	60 – 68%	Requiere una lámina de riego de 250 mm	30 a 40 cm	

1.8. Propuestas realizadas en la UTN

Primeramente, se analizan las distintas propuestas realizadas en la Universidad Técnica del Norte, con la finalidad de obtener la suficiente información y poder plantear un diseño que cumpla con la integración de dichas propuestas.

Propuesta 1: Automatización del sistema de riego por goteo para control de humedad del suelo en un invernadero de rosas:

Propuesta 2: medidor de CO₂ y temperatura para invernadero UTN

Propuesta 3: Sistema de control automático de humedad relativa para un invernadero de rosas mediante ventilación natural:

En la tabla 8 se puede observar las propuestas seleccionadas para este estudio con sus respectivas características y condiciones.

Tabla 8. Propuestas de trabajos de grado realizadas en la UTN

Propuesta	Elementos utilizados	Características
Propuesta 1	Higrómetro Arduino Mega 2560 rev3 Pantalla GLCD 128x64	Tiene como finalidad el control y monitorización de la humedad del suelo con el propósito de suministrar riego a en un invernadero de rosas.
Propuesta 2	Arduino mega Sensor LM35 y sensor K30 Lcd 128x64 Micro SD	Mediante la implementación de los sensores mencionados, este sistema se encarga de medir los niveles de temperatura y CO ₂ en un invernadero de tomate y higos perteneciente a la Universidad Técnica del Norte.
Propuesta 3	Ventanas Motor enrollador GMA 100-S Arduino Mega Sensor de humedad y temperatura DHT22 Pantalla GLCD 128x64	Es un sistema de ventilación para un invernadero de rosas y controla la humedad y temperatura en el interior de este, para la apertura y cierre de ventanas.

CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO

2.1 Modelo de la investigación

Para la elaboración de este proyecto se hace empleo de la investigación documental, ya que fue necesario recolectar información y fuentes bibliográficas, [42] con la finalidad de proporcionar sustentos suficientes para la resolución del problema planteado.

Además, de realizar investigación de campo [43], por lo que es ayuda por medio del análisis de personas involucradas en el sector agrícola, para el cual está dirigido este trabajo, y de esta manera, enfocar de mejor manera el prototipo para la mejora de producción en invernadero.

De igual manera, para la resolución del problema planteado fue necesaria la utilización de investigación descriptiva, [42], ya que proporciona la suficiente información de todos y cada uno de los elementos presentes en el prototipo final, como su funcionalidad y comportamiento, y todos los detalles para proporcionar el entendimiento al usuario sobre el correcto manejo del prototipo.

2.2. Actividad 1 “Descripción del área de estudio, selección del invernadero y análisis de las diferentes formas de cultivo”

Se hace referencia a todas y cada una de las condiciones del área geográfica, es decir, rango de temperatura según épocas del año, condiciones de suelo como humedad, tipos de suelos existentes en la zona, entre otras. Además de las condiciones, se analiza los posibles tipos de invernadero que pueden suministrar de la protección suficiente para el cultivo, al mismo tiempo como las diversas formas que existen para el cultivo en su interior, con el fin de definir los cultivos a utilizar.

2.3. Actividad 2 “Análisis de parámetros para el crecimiento de plantas en un invernadero”

En esta etapa se analizan los parámetros tales como temperatura, humedad relativa, humedad de suelo, los cuales influyen de manera considerable a la buena producción de los cultivos, esto se lleva a cabo mediante el análisis de información, este proceso es muy importante, ya que proporciona los rangos correctos al momento de implementar la programación para el correcto funcionamiento del sistema.

2.4. Actividad 3. “Determinación de las condiciones para el crecimiento de 4 tipos de cultivos de la zona”

En esta etapa se examinan los niveles de los parámetros establecidos en la actividad anterior, para un número de cultivos específico, de preferencia aquellos que tienen mayor relevancia de producción en la zona estudiada y que se adapten de manera más eficiente a condiciones de invernadero.

2.5. Actividad 4. “Análisis de trabajos realizados en la Universidad Técnica del Norte referentes a automatización de invernaderos”

En esta etapa se analiza algunas de las propuestas planteadas en la UTN referentes al control de parámetros para la producción de cultivos en invernadero, se realiza esta actividad con la finalidad de tener una idea de cómo realizar un diseño, el cual pueda integrar las funcionalidades de dichas propuestas.

2.6. Actividad 5. “Análisis de requerimientos y restricciones del proyecto con base a los productos seleccionados”

Las condiciones y parámetros planteados en el capítulo 1 de este documento, proporciona los requerimientos y las restricciones a las que se va a regir este trabajo, los cuales serán expuestos en esta etapa del procedimiento.

2.7. Actividad 6. “Diseño de la propuesta de solución”

La solución planteada se fundamenta en diseños anteriores realizados en la Universidad Técnica del Norte, por esta razón se lleva a cabo un análisis previo de tales propuestas, lo cual contribuirá a establecer las funcionalidades más relevantes y se las integrará en la solución planteada.

2.8. Actividad 7. “Software a utilizar”

En esta etapa se establecerá el software en el que se llevará a cabo la programación, a través de los parámetros de cultivo establecidos en el capítulo 1, se programarán las instrucciones necesarias para que los elementos del sistema interactúen entre sí para llevar a cabo las tareas asignadas de manera adecuada.

2.9. Actividad 8. “Selección de componentes del sistema”

En esta etapa se procede a la determinación de los componentes del sistema, para lo cual se analizan las condiciones del proyecto, y las tareas para las cuales está diseñado, además del análisis de los componentes presentes en el mercado, para que sea fácil su adquisición.

2.10. Actividad 9. “Construcción del invernadero seleccionado”

Se construye un invernadero en la actividad número 1. Se analizan diferentes estructuras y materiales para asegurarse de que cumpla con las condiciones del capítulo 1. También se determina el área de suelo y la extensión del invernadero.

2.11. Actividad 10. “Realización de la siembra de cultivos”

Se realiza el proceso de preparación de las camas y la siembra de los cultivos seleccionados, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante la realización de la investigación, además con asesoría de personal capacitado en esta labor.

2.12. Actividad 11. “Implementación del sistema propuesto en el invernadero”

En esta etapa se procede a realizar las distintas conexiones eléctricas del sistema en el área física para su posterior evaluación y pruebas de funcionamiento de la propuesta.

2.13. Actividad 12. “Evaluación del sistema”

En esta etapa, se procede a evaluar el número total de requerimientos cumplidos por el sistema mostrado, con lo cual se culmina el trabajo y se procede a plantear las conclusiones y recomendaciones necesarias para trabajos futuros.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para llevar a cabo la resolución del problema planteado y cumplir con los objetivos propuestos en el trabajo de titulación, en el presente capítulo se procede al desarrollo del sistema automatizado para variables que intervienen en un invernadero de pequeña escala. Para ello se consideran los sistemas desarrollados en la UTN, así como los diversos métodos de riego, de siembra y tipos de invernadero. Todo lo anterior, con la finalidad de seleccionar el mejor método para incorporarlo a la propuesta. Así mismo, se analizan los requerimientos de solución, los cuales serán base para el diseño de la propuesta planteada. Finalmente, se presentan los procesos de selección de los componentes del sistema automatizado, así como los cálculos necesarios.

3.1. Descripción del área de estudio

Se selecciona un terreno ubicado en el sector de Bolívar, provincia del Carchi, el cual cuenta con las respectivas características mostradas en la tabla 1, además de contar con la disponibilidad y recursos como lo son: corriente eléctrica para el funcionamiento del sistema, y agua para alimentar el sistema de riego.

Para el suministro del recurso hídrico en el sistema propuesto, se analiza la tabla 3 y se selecciona el riego por goteo, debido a la buena eficiencia que brinda, además de la posibilidad de funcionar mediante una llave convencional y no necesariamente de la utilización de un motor, reduciendo así los gastos que esto puede genera.

Analizando la tabla 4 que se muestra en el capítulo 1, se selecciona el método de siembra en camas, por lo que proporciona un proceso relativamente más fácil de construir y de instalar que un sistema hidropónico, además que brinda ventajas superiores al método de siembra en suelo.

Mediante el estudio de las condiciones climáticas de la zona, y características de los invernaderos expuestos anteriormente, para la presente investigación en la cual se van a integrar varios parámetros de control para su implementación se selecciona el tipo capilla porque sus características satisfacen los requerimientos climáticos, y tomando en cuenta los requerimientos del sistema acerca del control de parámetros, estos invernaderos facilitan el control y la implementación del mencionado sistema de automatización, además referente a los gastos que requiere la instalación de un invernadero tipo doble capilla, se opta por trabajar en un invernadero tipo capilla simple,

para lo cual estará orientado de este-oeste por la dirección del viento y la orientación del sol ver anexo 1:

3.2. Requerimientos y restricciones del proyecto según los usuarios

En la resolución del problema, se toma en cuenta requerimientos referentes a la zona en donde va a estar instalado y construido el invernadero, a las necesidades y recursos que tienen los usuarios, y a las condiciones del cultivo a producir, los cuales se expone a continuación.

- Posibilidad de control de parámetros para la automatización de un invernadero como lo son: temperatura, humedad relativa, humedad de suelo y monitoreo de CO₂
- Posibilidad de producir 4 cultivos diferentes como lo son: arveja, tomate, frejol y pepinillo
- Que no represente un gasto significativo para el usuario
- Los componentes a utilizar deben estar disponibles en el mercado, con la finalidad de adquirir fácilmente los elementos y componentes, estos deben estar siempre disponibles en el mercado local
- Control y mantenimiento sencillo, el sistema debe ser sencillo y entendible que no exija mayor conocimiento para su mantenimiento
- Funcionamiento con energía 110 voltios, tomando en cuenta el tipo de voltaje con el que funcionan las instalaciones eléctricas en el país, este sistema debe funcionar sin problema y no demandar más de los 110 voltios
- Vida útil de al menos 1 año
- Error en las mediciones que no exceda el $\pm 5 \%$
- Diseño el cual integre las propuestas planteadas anteriormente en la Universidad Técnica del Norte referentes a automatización de parámetros de control en un invernadero

3.3. Diseño de la solución:

Primeramente, se procede a realizar un análisis de las funciones que realizará el prototipo final, en la tabla 9 se especifica función y descripción del proyecto a realizar:

Tabla 9. Funciones y descripción del sistema

Función	Descripción
Medir de temperatura, humedad relativa	Se analiza las condiciones climatológicas en el interior del invernadero, para posterior accionamiento de actuadores
Ventilar ambiente	Basándose en los datos de los sensores utilizados, se procede accionar los ventiladores, de tal manera que la temperatura al interior del invernadero se mantenga en un rango óptimo para los cultivos.
Regar huerto	Mantener los niveles de humedad del suelo en un rango prudente el cual no genere estrés en el cultivo, ya sea por exceso o falta de humedad.
Visualizar datos	Interface en la cual es posible la visualización de los datos para cada uno de los sensores, la cual ayudará al usuario a monitorear las señales de los sensores, y el estado de los actuadores.
Medir el CO ₂	Medición del CO ₂ para análisis de los parámetros óptimos para la planta.

3.3.1. Alternativas de solución:

- *Matriz morfológica*

Tabla 10. Matriz Morfológica

Función	Componente		
Medir temperatura, humedad	sensor capacitivo	YL-69	DHT22
Ventilar ambiente	LM35	LM35	YL-69
Regar huerto	Bomba	ventiladores	electroválvula solenoide
Visualizar datos	Electroválvulas	Pantalla LCD 128x64	pantalla LCD 16x2
Programación de parámetros	Arduino Mega 2560 rev3	Arduino UNO	
Medición de CO2	NAP-21 AA	MQ-135	

Alternativa 1 línea azul: utilización del Sensor de humedad de suelo capacitivo, además de la utilización de un sensor de temperatura LM35, para el sistema de ventilación, se utiliza un mecanismo de ventanas deslizante, cabe recalcar que para este mecanismo es necesario un motor enrollador, en el sistema de riego se incorpora la utilización de una bomba y electroválvulas con el fin de suministrar el riego por goteo al cultivo, en cuestión de la visualización de los datos se procede al acoplamiento de una pantalla LCD 16x2, y para realizar la programación del sistema la utilización de la placa Arduino UNO, y la utilización del sensor NAP-21-AA para la medición del nivel de CO₂

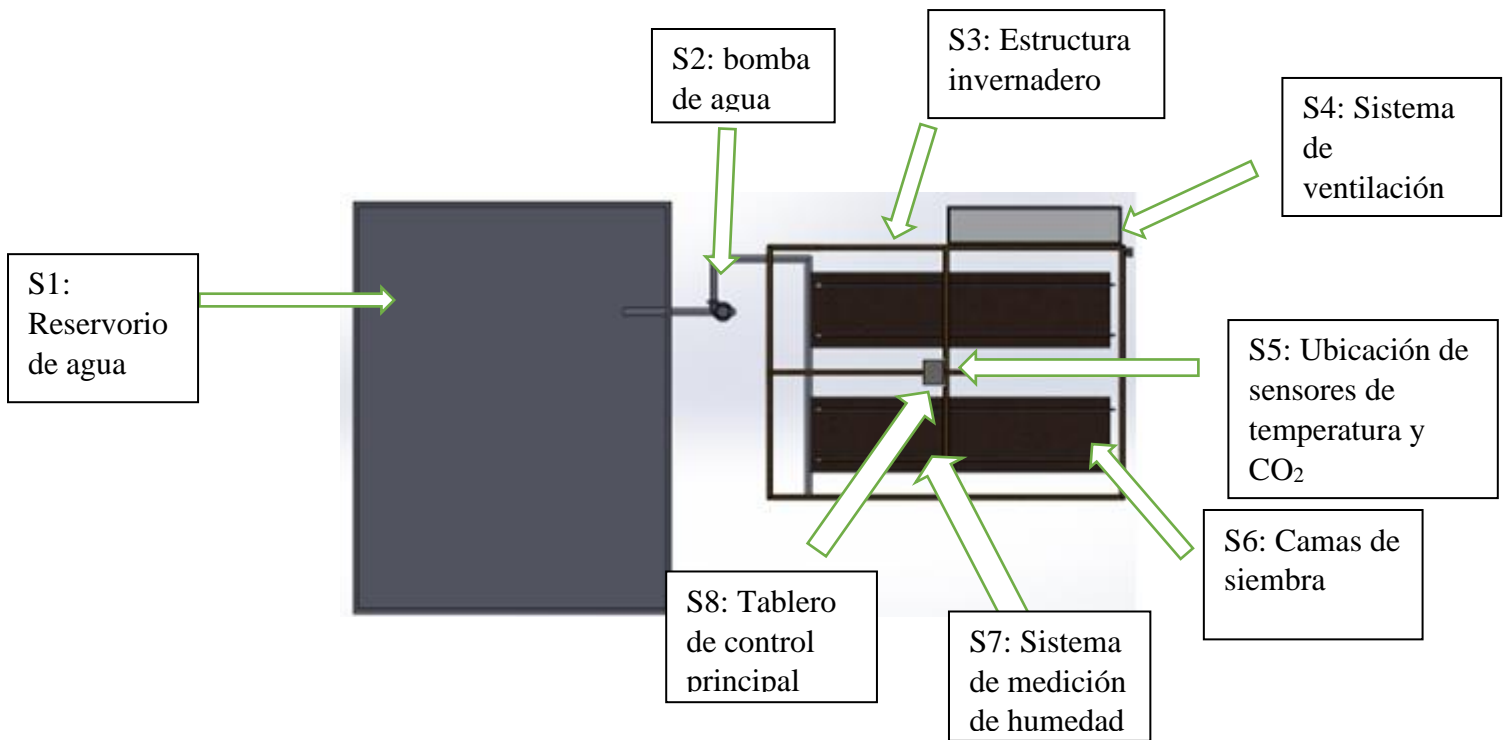


Figura 13. Diagrama alternativa 1

Alternativa 2 línea naranja: utilización del sensor DHT22 para medición de temperatura, sensor YL-69 para la medición de humedad, para el sistema de ventilación, la incorporación de ventiladores para la circulación del aire, los cuales se ubicarán en puntos estratégicos del invernadero, para proporcionarle una buena ventilación, para el suministro de riego se utiliza un sistema por goteo con electroválvula solenoide que estará conectada a un tanque ubicado a una determinada altura con el fin de proporcionarle la presión necesaria y de esta manera regar sin necesidad de motor, con la finalidad de visualizar los datos de las condiciones en las cuales se encuentra el interior del invernadero se utiliza una pantalla LCD 128x64, y finalmente para el proceso de programación de los parámetros a medir se utiliza la placa Arduino Mega 2560 rev3, y la utilización del sensor MQ-135 para la medición del nivel de CO₂

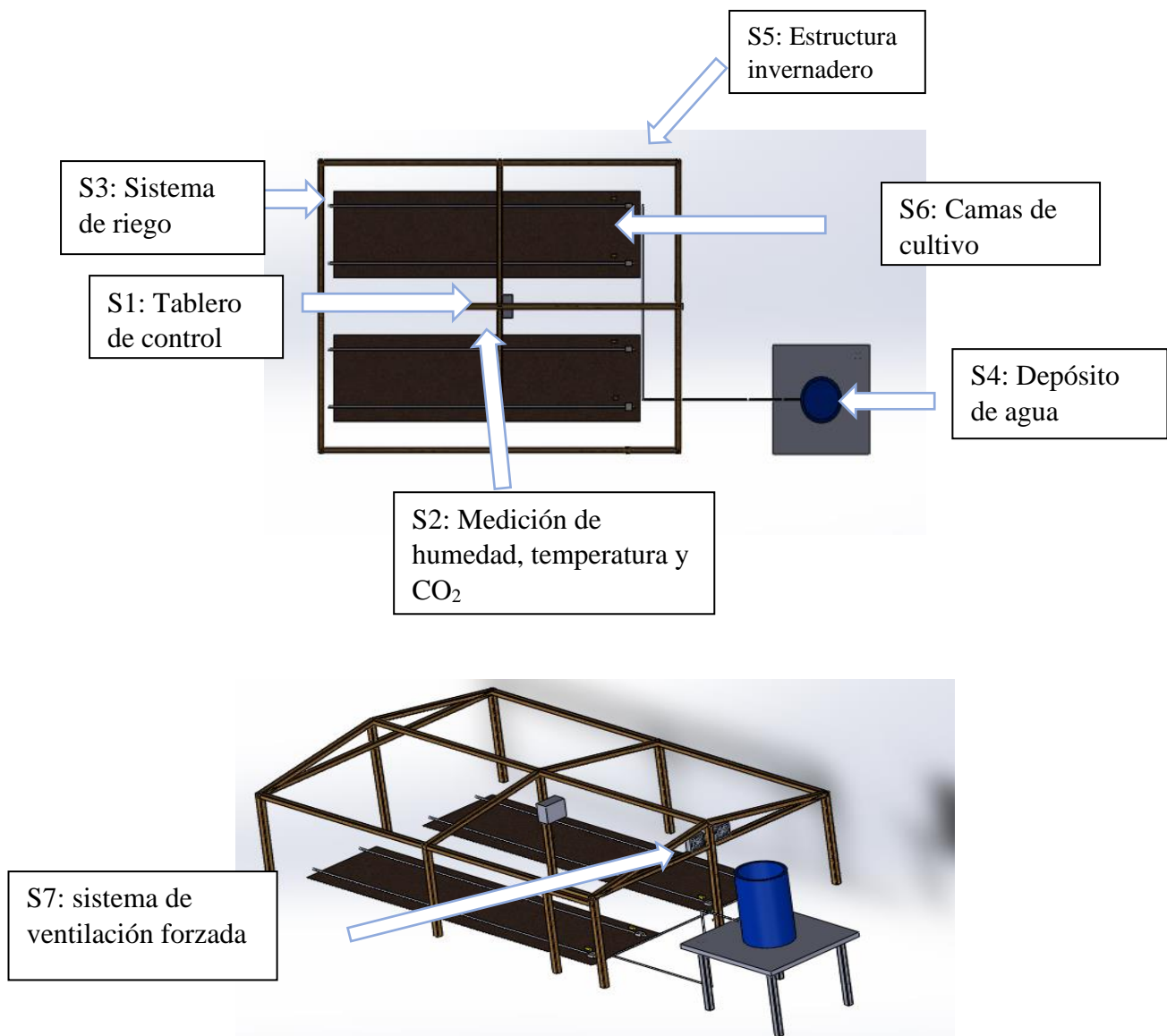


Figura 14. Diagrama general propuesta 2

Alternativa 3 línea negra: utilización del sensor de humedad YL-69, además de la utilización del sensor LM35 para la medición de la temperatura, para el sistema de ventilación se utiliza ventiladores para el sistema de riego, la utilización de una bomba y electroválvula, para visualizar los datos de los sensores se utiliza una pantalla LCD 128x64, y con la utilización del Arduino Mega 2560 rev3 se realiza la programación del sistema, y la utilización del sensor MQ-135 para la medición del nivel de CO₂

Diagrama general de la solución:

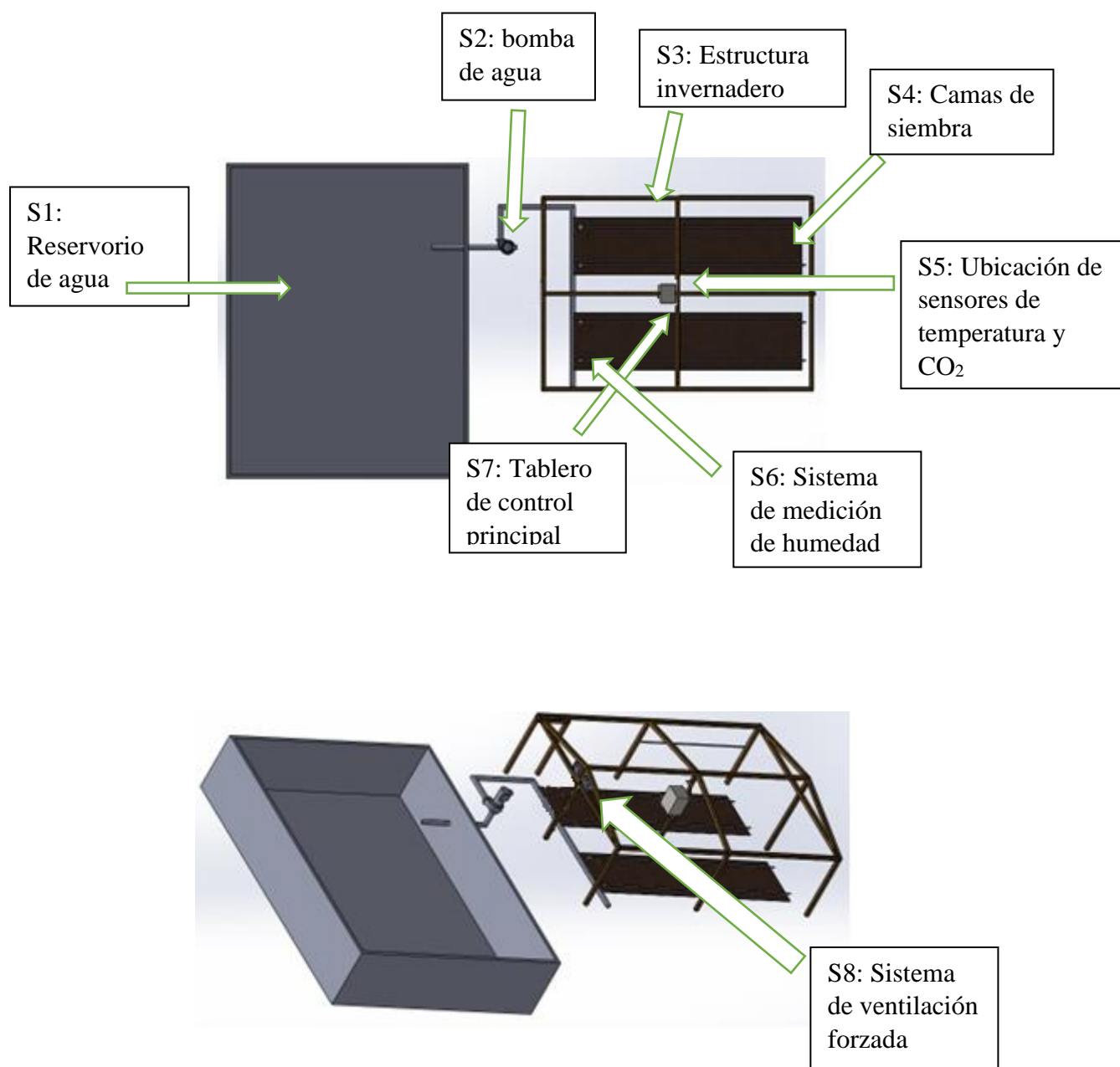


Figura 15. Diagrama general propuesta 3

3.3.2: Análisis de solución

Para la selección de la solución para el problema planteado, se procede a evaluar las alternativas según los requerimientos anteriormente mencionados a los cuales se va a registrar el proyecto, para lo cual se realiza el método de criterios ponderados, para lo cual se toma en cuenta los siguientes valores:

- 1: si el criterio de las filas es mayor a la de las columnas

- 0.5: si los criterios de las filas y columnas tienen la misma importancia
- 0: si los criterios de las columnas son superiores que los de la fila

Para el análisis de este caso se utilizan los siguientes criterios:

Para el proceso de análisis se procede a tomar en cuenta los requerimientos del proyecto que se citaron al inicio del presente capítulo, y se los toma como criterios para evaluar las alternativas

Tabla 11. Análisis de Criterios Ponderados

Criterios	Precisión	Costo	Disponibilidad de componentes	Fácil control y mantenimiento	Funcionamiento a 110 v	Vida Útil	$\sum + 1$	Ponderación
Precisión	-	0,5	0,5	1	0,5	0,5	4	0,19
Costo	0,5	-	0,5	1	0,5	0,5	4	0,19
Disponibilidad de componentes	0,5	0,5	-	0,5	0,5	0	3	0,14
Fácil control y mantenimiento	0	0	0,5	-	0,5	0	2	0,09
Funcionamiento a 110V	0,5	0,5	0,5	0,5	-	0,5	3,5	0,16
Vida Útil	0,5	0,5	1	1	0,5	-	4,5	0,21
Suma total								0,98

Según los datos obtenidos de la tabla 11 los criterios que tienen mayor valor, son los criterios de vida útil, precisión del sistema, costo, disponibilidad de componentes funcional a 110V

Evaluación del criterio específico precisión

Tabla 12. Evaluación criterio específico precisión

Precisión	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum + 1$	Ponderación
Alternativa 1	—	0	0,5	1,5	0,25
Alternativa 2	1	—	1	3	0,5
Alternativa 3	0,5	0	—	1,5	0,25
Total				6	1

Según los datos obtenidos de la tabla 12, se puede visualizar que la alternativa 1 supera a las alternativas 1 y 3, puesto que al utilizar el sensor LM35 para la medición de la temperatura en las antes mencionadas dos opciones, este es menos preciso que el

DHT22 que se utiliza en la opción 2, además que este proporciona también el valor de la HR

Tabla 13. Evaluación criterio específico costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1	—	0	0,5	1,5	0,25
Alternativa 2	1	—	1	3	0,5
Alternativa 3	0,5	0	—	1,5	0,25
Total				6	1

De acuerdo con la tabla 13, se puede observar que, en función del criterio de costo, las alternativas 1 y 3 son más costosas en comparación con la alternativa 2, lo cual se debe a la inclusión de un motor en el sistema de riego en dichas alternativas.

Tabla 14. Evaluación criterio disponibilidad de componentes

Disponibilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1	—	0,5	0,5	2	0,33
Alternativa 2	0,5	—	0,5	2	0,33
Alternativa 3	0,5	0,5	—	2	0,33
Total				6	0,99

Como se muestra en la tabla 14, fueron planteadas con componentes presentes en el mercado local, por lo que no ocasionaría mayor problema la adquisición de los mismos

Tabla 15. Evaluación criterio específico control y mantenimiento

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1	—	0	0,5	2	0,26
Alternativa 2	1	—	1	3,5	0,46
Alternativa 3	0,5	0	—	2	0,26
Total				7,5	0,98

Como se muestra en la tabla 15, resulta un poco más complejo el mantenimiento en las alternativas 1 y 3, puesto que para el motor que dichas alternativas poseen en el sistema de riego, dificulta y requiere de personal capacitado para reparar cualquier problema que se presente en la instalación.

Tabla 16. Evaluación criterio específico funcionamiento a 110V

Funcional a 110V	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1	—	0	0	1	0,16

Alternativa 2	1	—	1	3	0,50
Alternativa 3	1	0	—	2	0,32
Total				6	0,98

La Tabla 16, evidencia que las opciones 1 y 3, al contar con un motor en su sistema de riego, resultan sumamente complejas para su funcionamiento. Además, la opción 1 utiliza un motor enrollador para el funcionamiento de las ventanas del mecanismo de ventilación, lo que resulta en una dificultad mayor para la utilización de dicha fuente de energía.

Tabla 17. Evaluación criterio específico vida útil

Vida Útil	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1	—	0,5	0,5	2	0,33
Alternativa 2	0,5	—	0,5	2	0,33
Alternativa 3	0,5	0,5	—	2	0,33
Total				6	0,99

Según la tabla 17, las propuestas que se plantean tienen una vida útil aceptable para resolver el problema planteado

El diseño consta con un variado número de elementos para que dicho diseño cumpla con la integración de las propuestas mencionadas, además, de contar con distintos tipos de funcionalidades, las cuales se citan a continuación:

Selección de la propuesta de solución

La tabla 18, muestra la selección de la mejor solución, usando la evaluación de las valoraciones de cada criterio y las alternativas planteadas

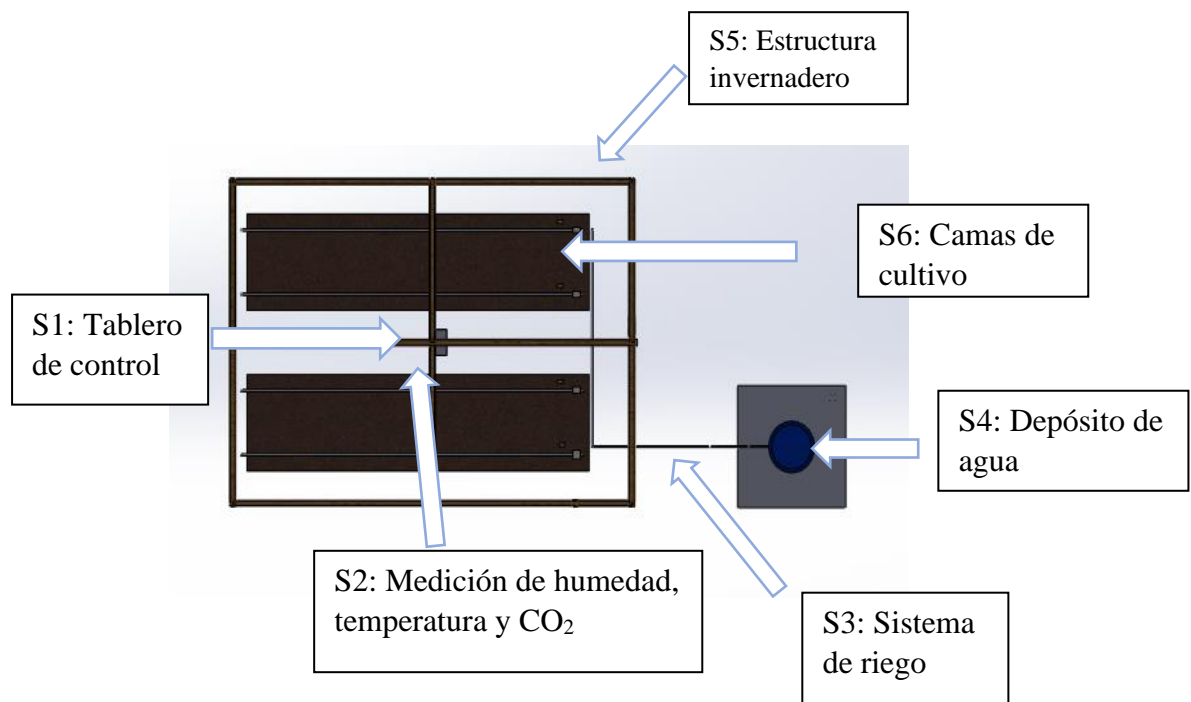
Tabla 18. Selección de la propuesta

	Precisión	Costo	Disponibilidad	Mantenimiento	Funcionalidad al 110 V	Vida útil	Σ	Ponderación
Alternativa 1	0,19x0,25	0,19x0,25	0,14 x 0,33	0,09 x 0,26	0,16x0,16	0,33x0,21	0,25	3
Alternativa 2	0,19x0,5	0,19x0,5	0,14 x 0,33	0,09x0,46	0,16x0,5	0,33x0,21	0,42	1
Alternativa 3	0,19x0,25	0,19x0,25	0,14 x 0,33	0,09 x 0,26	0,16x0,16	0,33x0,21	0,25	2

Mediante el análisis realizado en la tabla 18, se llega a la conclusión de que la mejor alternativa es la alternativa 2, ya que cumpliría de manera eficiente las tareas que se planea realizar para la resolución del problema planteado.

3.4: Especificaciones del sistema a diseñar

En la figura 16 se muestra una vista superior del sistema general en la que se muestra las respectivas ubicaciones de cada uno de los sistemas que van a formar parte del prototipo general. Después se especifican las funcionalidades de cada uno de estos.



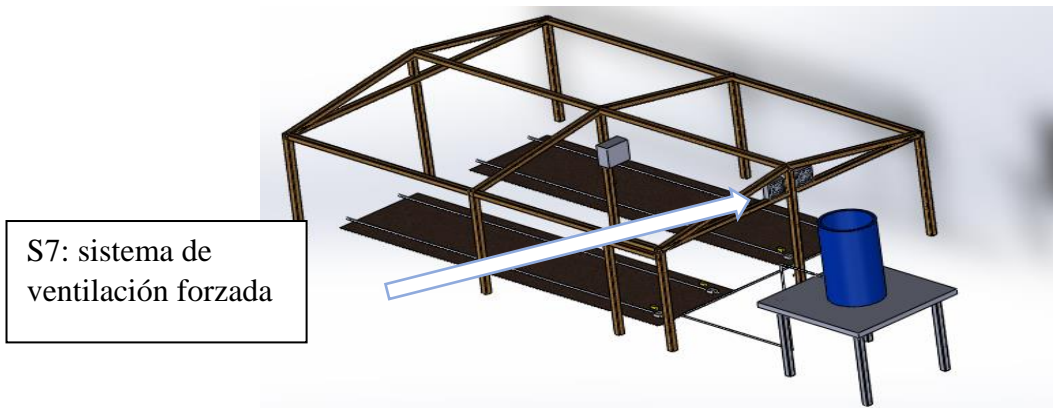


Figura 16. Diagrama general de solución propuesta

3.4.1. Tipo de sistema

Para el presente proyecto, se determina la utilización de un sistema cerrado, por los siguientes motivos

- Reducción en los recursos computacionales
- Facilidad de mantenimiento y manejo del sistema
- Evitar confusiones y errores al ingresar variables de manera independiente
- Optimizar tiempo de respuesta del sistema
- El usuario no requiere que se tenga un manejo manual del sistema

Por los motivos expuestos anteriormente se opta por seleccionar un sistema cerrado, evitando u omitiendo el manejo manual del dispositivo.

3.4.2. Elementos de la propuesta planteada

Arduino Mega rev3

La figura 17, se puede visualizar la placa utilizada con todos sus elementos característicos de los cuales se presenta una pequeña descripción, este modelo de placa electrónica tiene un microcontrolador del tipo Atmega2560, que incluye 54 pines digitales E/S (15 de estos se usan como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serie de hardware), un oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un conector ICSP (in chip serial programmer), y un botón de reset ver Anexo 2. [40]

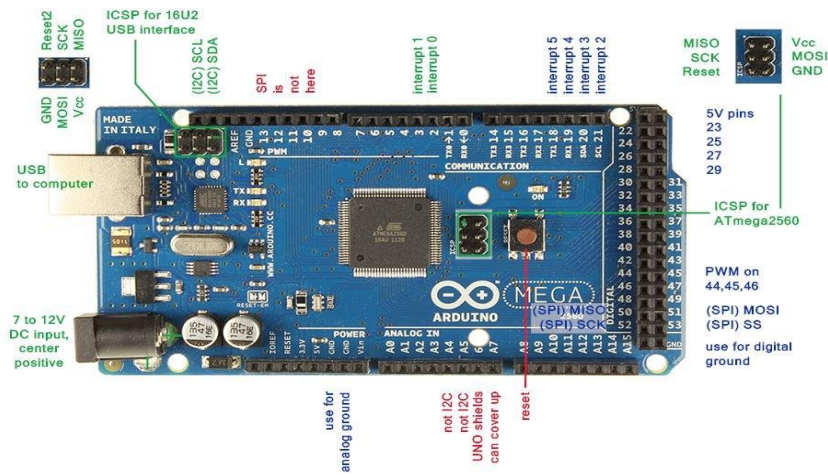


Figura 17. Arduino Mega 2560

Sensor DHT22

El DHT22 es un sensor digital de bajo costo, que es capaz de medir humedad relativa y temperatura, debido a esto es muy utilizado en sectores agrícolas, monitoreo y control automático de humedad relativa, aire acondicionado y temperatura. Este sensor es el más alto de la familia de productos que cumplen su misma función gracias a que es calibrado en fábrica asegurando una alta fiabilidad y estabilidad a lo largo del tiempo, es capaz de generar una muestra cada dos segundos, y por su elevada precisión de censado esto debido a que transmite 40 bits en 4 ms, de los cuales los primeros 2 bytes son correspondientes a la medición de humedad los 2 siguientes corresponden a la medición de la temperatura y el último byte es de paridad con el fin de detectar posibles errores en la medición los detalles y características de este elemento se muestran en el Anexo 3 [8].

Pantalla GLCD 128x64 ST7920

3.4.3: S1 Tablero de control:

En el tablero de control, se encontrarán inmersos los sistemas de selección de cultivos, el sistema de visualización, y elementos como placa Arduino, módulos relé, así como todas las conexiones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema, los cuales se menciona a continuación.

3.4.4: S2 Sistema de medición de humedad, temperatura y CO₂:

- *Medición temperatura y humedad de ambiente:*

Para la medición de la humedad y la temperatura del ambiente se utiliza el sensor DHT22, cuyas conexiones se muestran en la figura 18 mostrada a continuación.

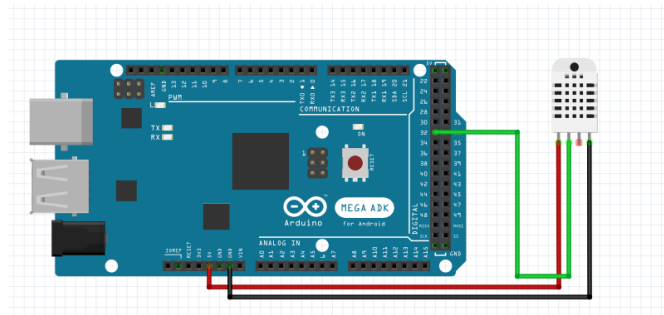


Figura 18. Diagrama de conexiones sensor DHT22

- *Medición del CO₂:*

En el presente trabajo se utiliza el sensor MQ135 para la medición del nivel de CO₂ en el interior del invernadero, cuyas conexiones para el funcionamiento de este se muestra en la figura 19:

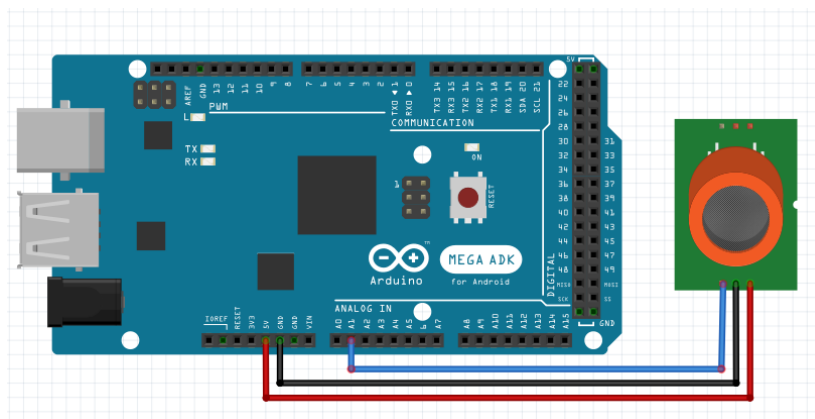


Figura 19. Conexiones sensor de CO₂

3.4.5. S3 Sistema de riego:

Como se mencionó al inicio del presente capítulo se va a utilizar un sistema de riego por goteo, el cual contará con un sistema de válvulas solenoides.

- *Funcionamiento de las válvulas solenoides:*

Para el suministro de riego se utiliza válvulas solenoides, las cuales están ubicadas al inicio de la tubería principal del sistema de riego y funcionarán mediante la señal que reciban de los sensores de humedad según las necesidades hídricas de cada cultivo

Las conexiones para el funcionamiento de estos elementos están mostradas en la figura 20 que se muestra a continuación:

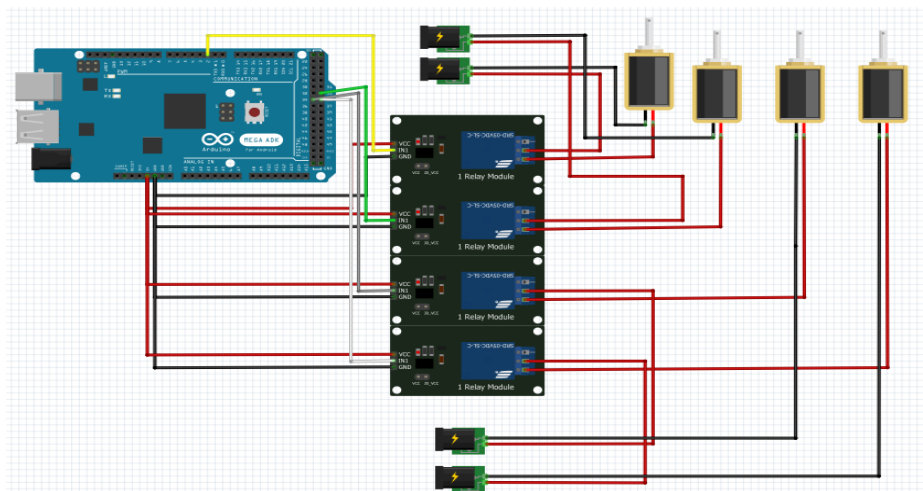


Figura 20. Conexiones para el funcionamiento de los solenoides

- *Medición de humedad de suelo*

Para el sistema de medición de humedad, se utilizan 4 sensores, debido a que cada cultivo tiene necesidades hídricas diferentes, por lo tanto, la medición de humedad se realiza de manera independiente

A continuación, se presenta el esquema de conexiones de los 4 sensores de humedad de cada uno de los cultivos

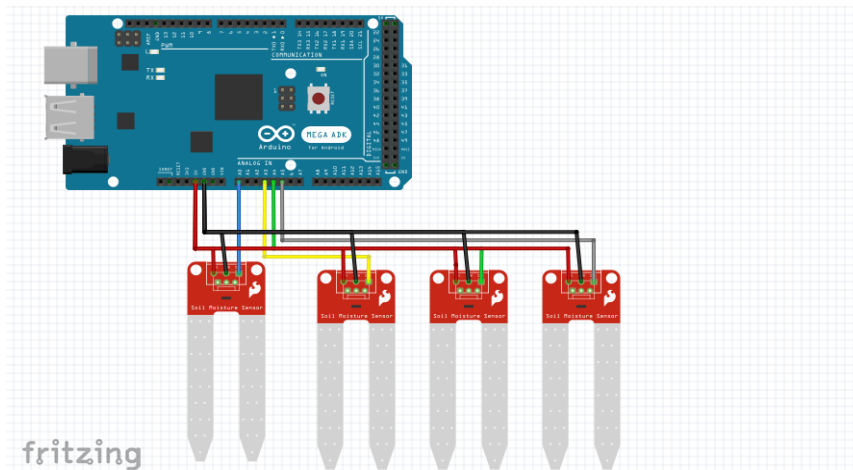


Figura 21. Esquema de conexiones sensores de humedad

3.4.6. S4 Depósito de agua

Con la finalidad de suministrar agua al sistema de riego antes descrito, se utiliza un depósito de agua de aproximadamente 100 litros de capacidad, el cual va a ir instalado de tal manera que provea de la presión y el caudal suficientes para que los emisores funcionen de manera correcta, y de esta manera los cultivos cuenten con la humedad necesaria para su correcto desarrollo

3.4.7. S5 Estructura del invernadero:

El espacio con el que se cuenta va a ir cubierto por una estructura hecha a base de madera y plástico, con la finalidad de proteger a los cultivos de inclemencias del tiempo que se presenta de manera frecuente en la zona de estudio.

3.4.8. S6 Camas de cultivo:

Se ha elegido la construcción de camas de cultivo para analizar las mejores opciones de siembra. Se explica cómo se construyen las camas en el Anexo 5.

3.4.9. S7 Sistema de ventilación

El sistema tiene dos ventiladores conectados en paralelo, por lo que respondan a una sola señal del Arduino, que dependerá de la temperatura que exista en el interior del invernadero, se encenderán o apagarán.

A continuación, se muestra el esquema de conexiones eléctricas necesarias para el funcionamiento de dicho sistema.

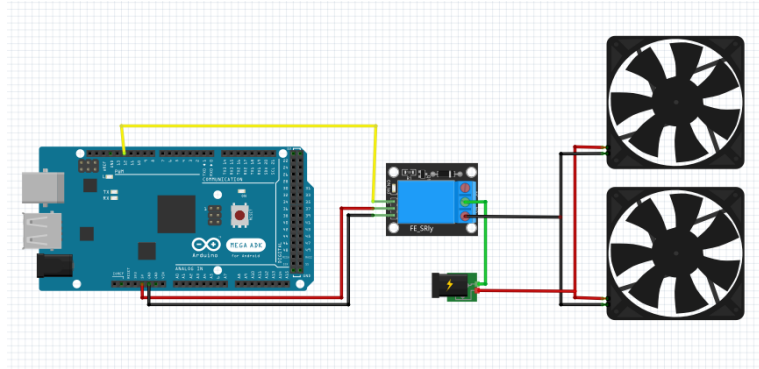


Figura 22. Conexiones sistema de ventilación

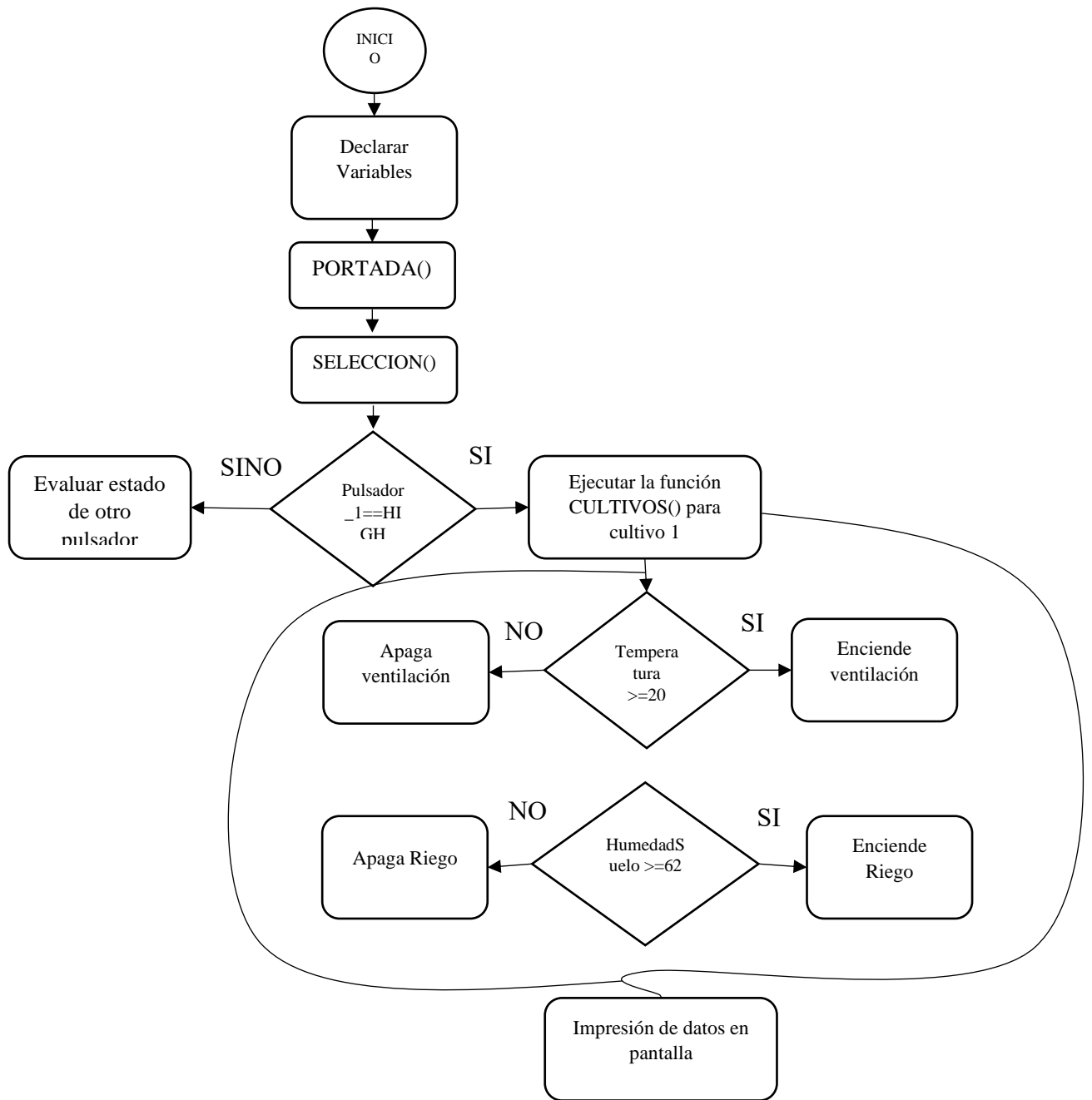
Los planos eléctricos de todos los esquemas mostrados anteriormente se presentan en el Anexo 6.

3.5. Programación del sistema

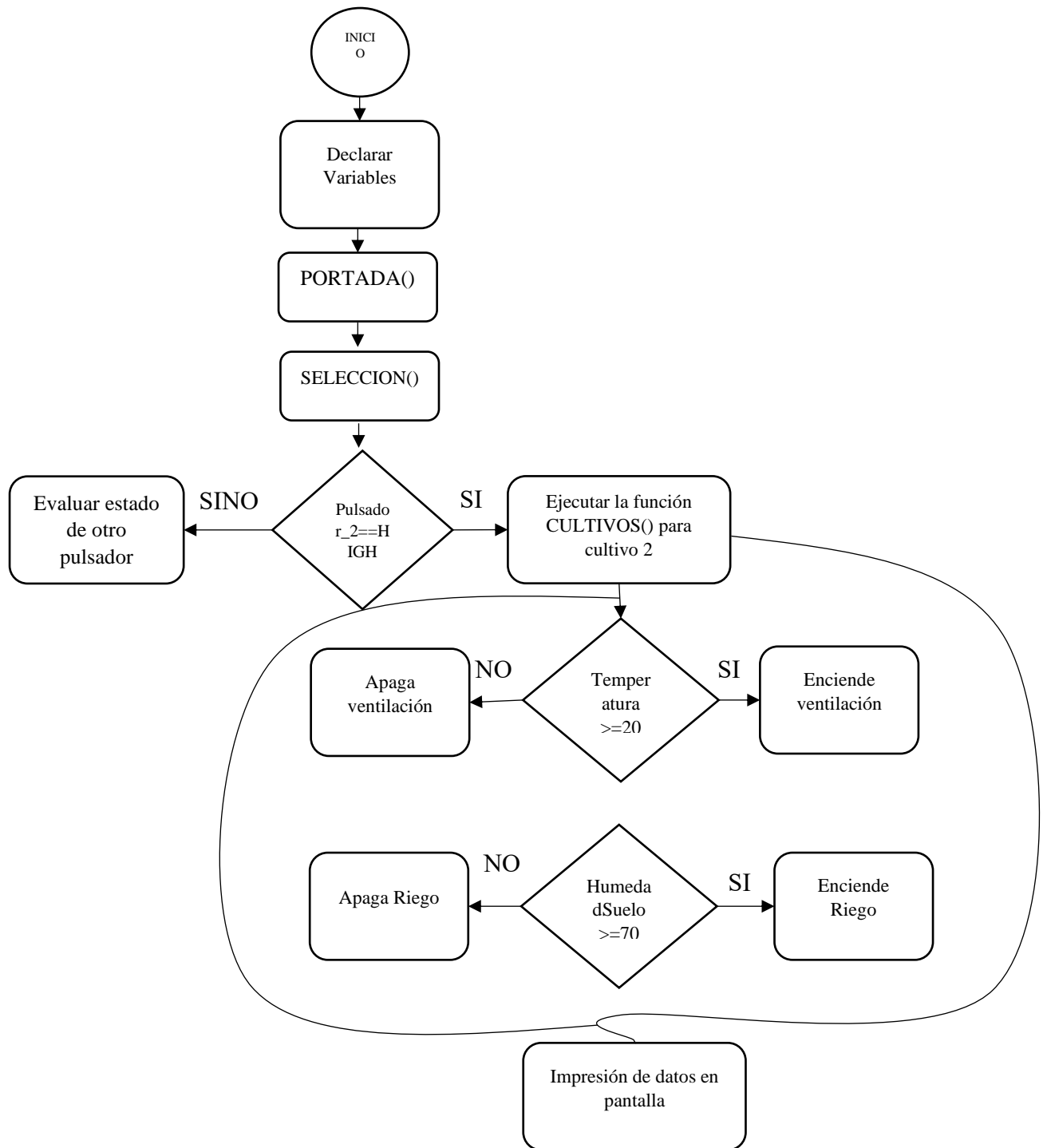
Para llevar a cabo el algoritmo general, es decir, el encargado de automatizar el invernadero, se emplea la IDE de Arduino, así como la placa Arduino Mega rev 3 que se ha presentado previamente.

A continuación, se muestra las distintas funcionalidades que realiza el prototipo en un diagrama de flujo del algoritmo:

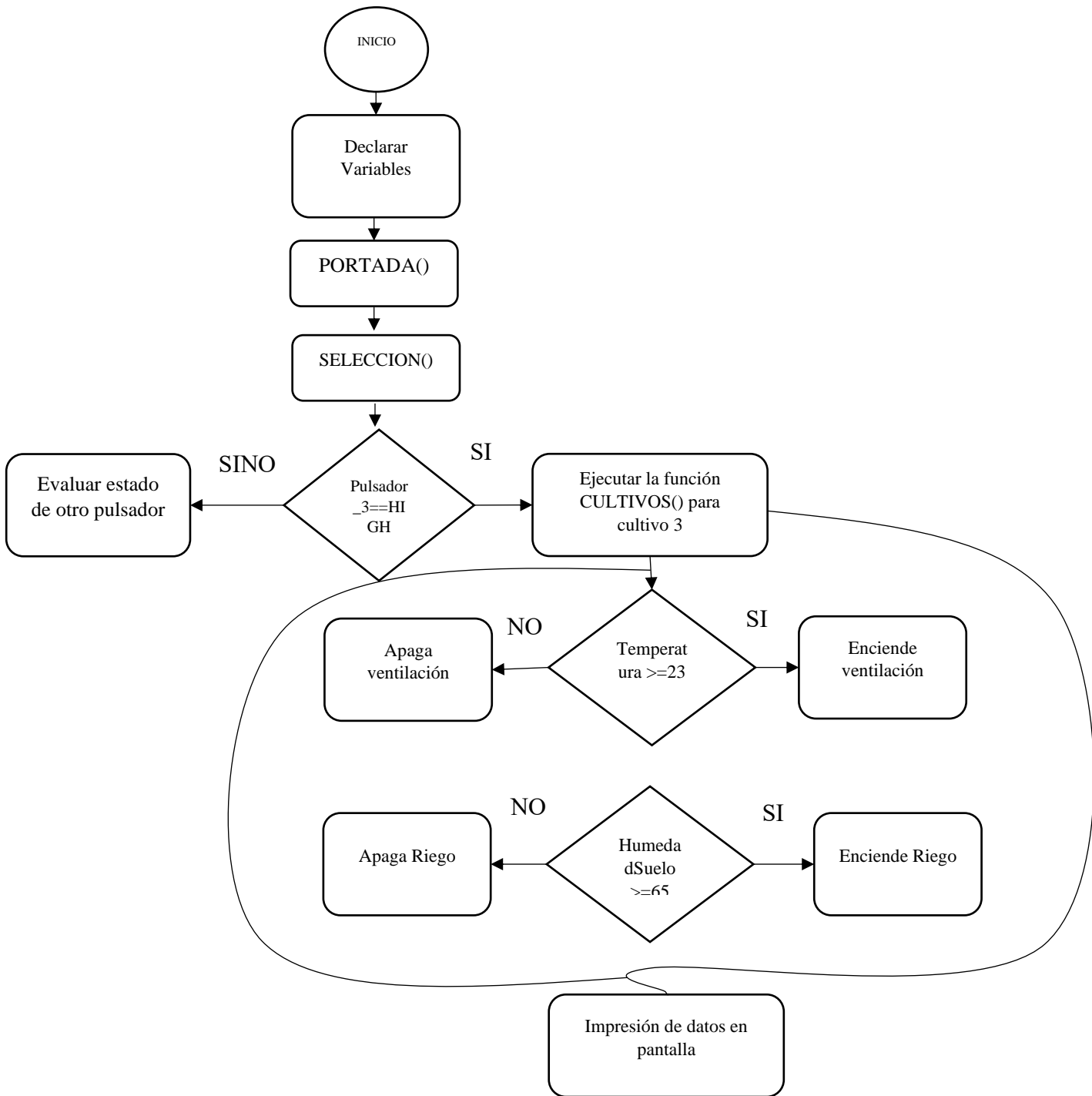
3.5.1 Diagrama de flujo cultivo 1:



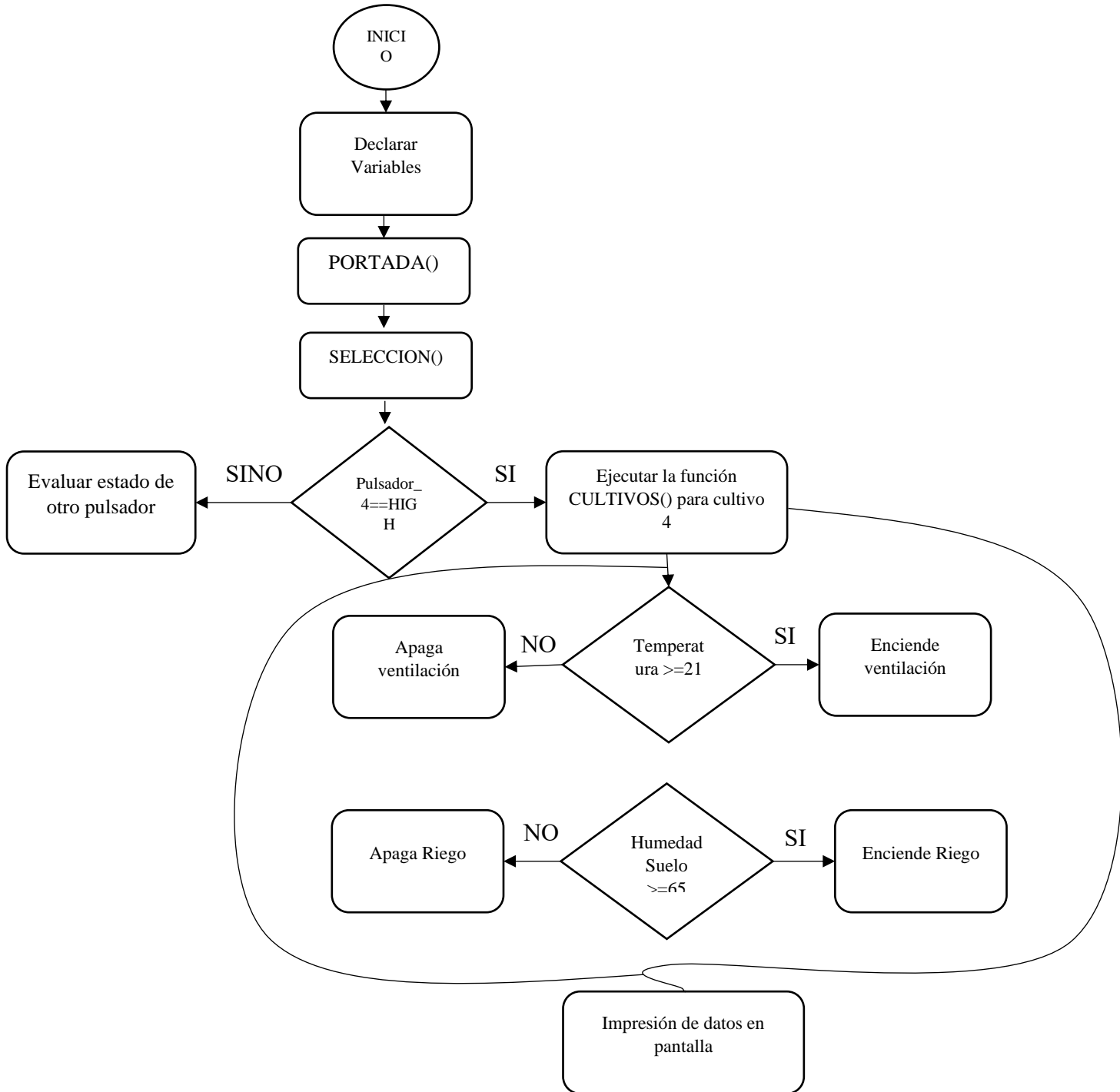
3.5.2 Diagrama de flujo cultivo 2:



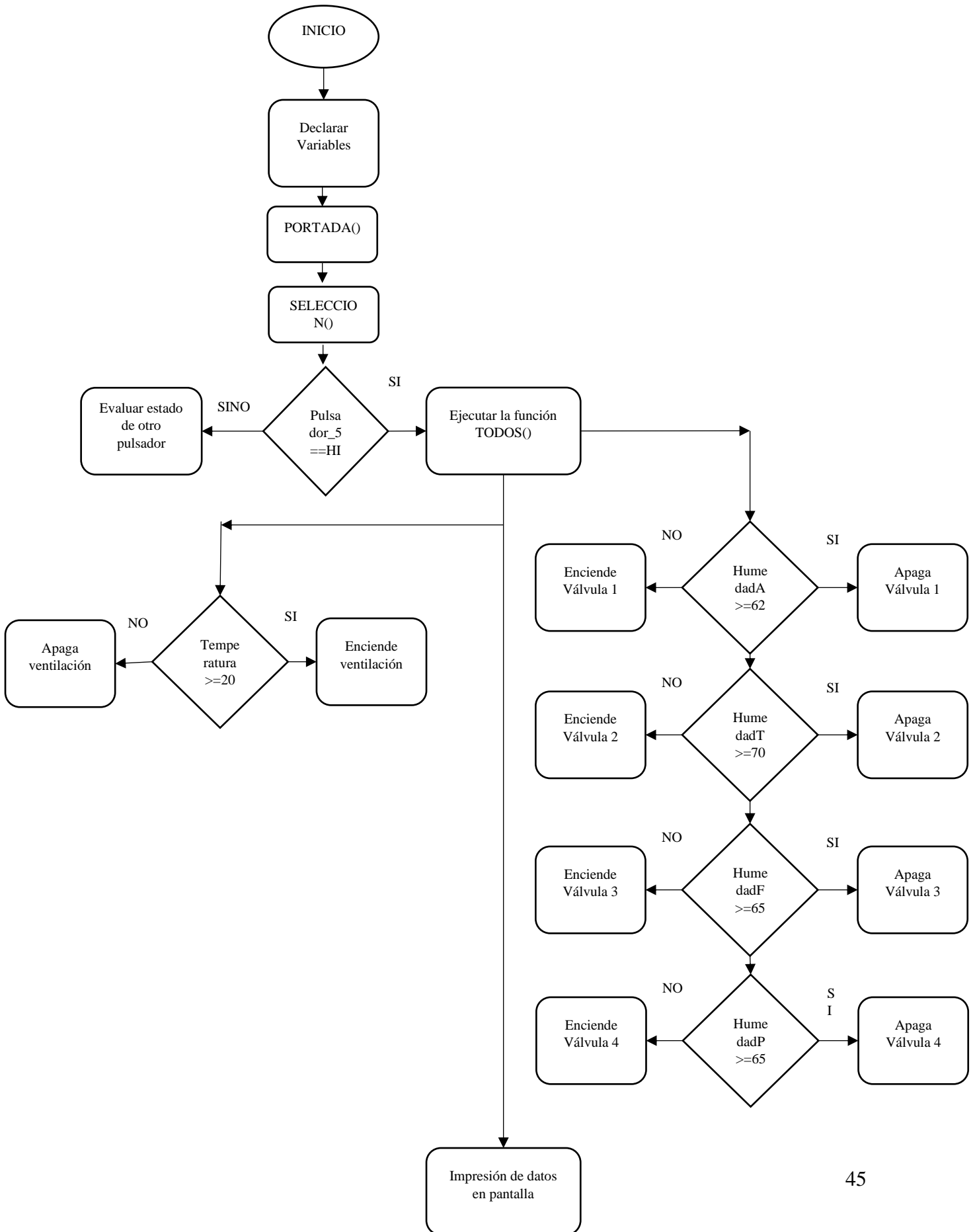
3.5.3 Diagrama de flujo cultivo 3:



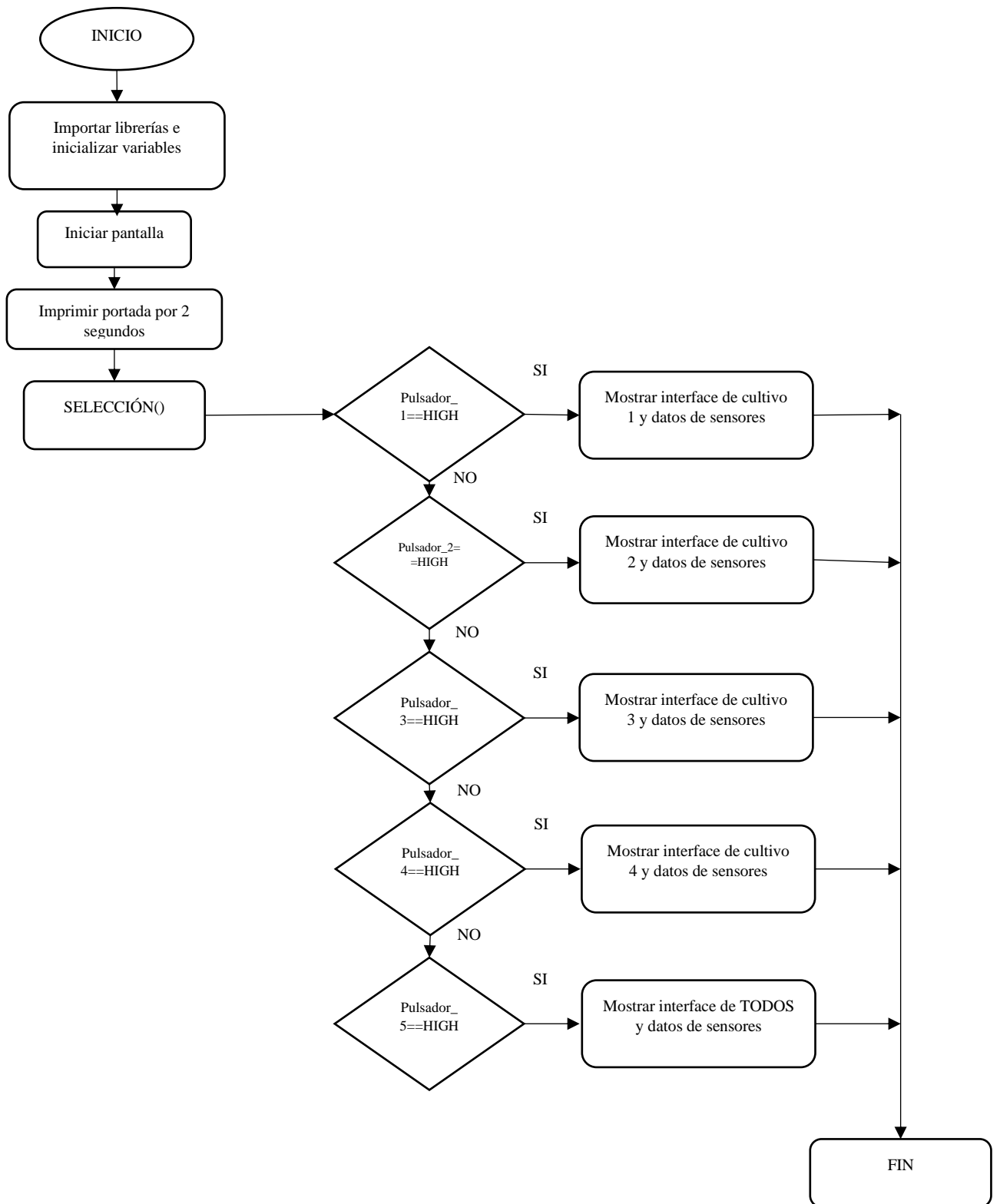
3.5.4 Diagrama de flujo cultivo 4:



3.5.5 Diagrama de flujo todos los cultivos

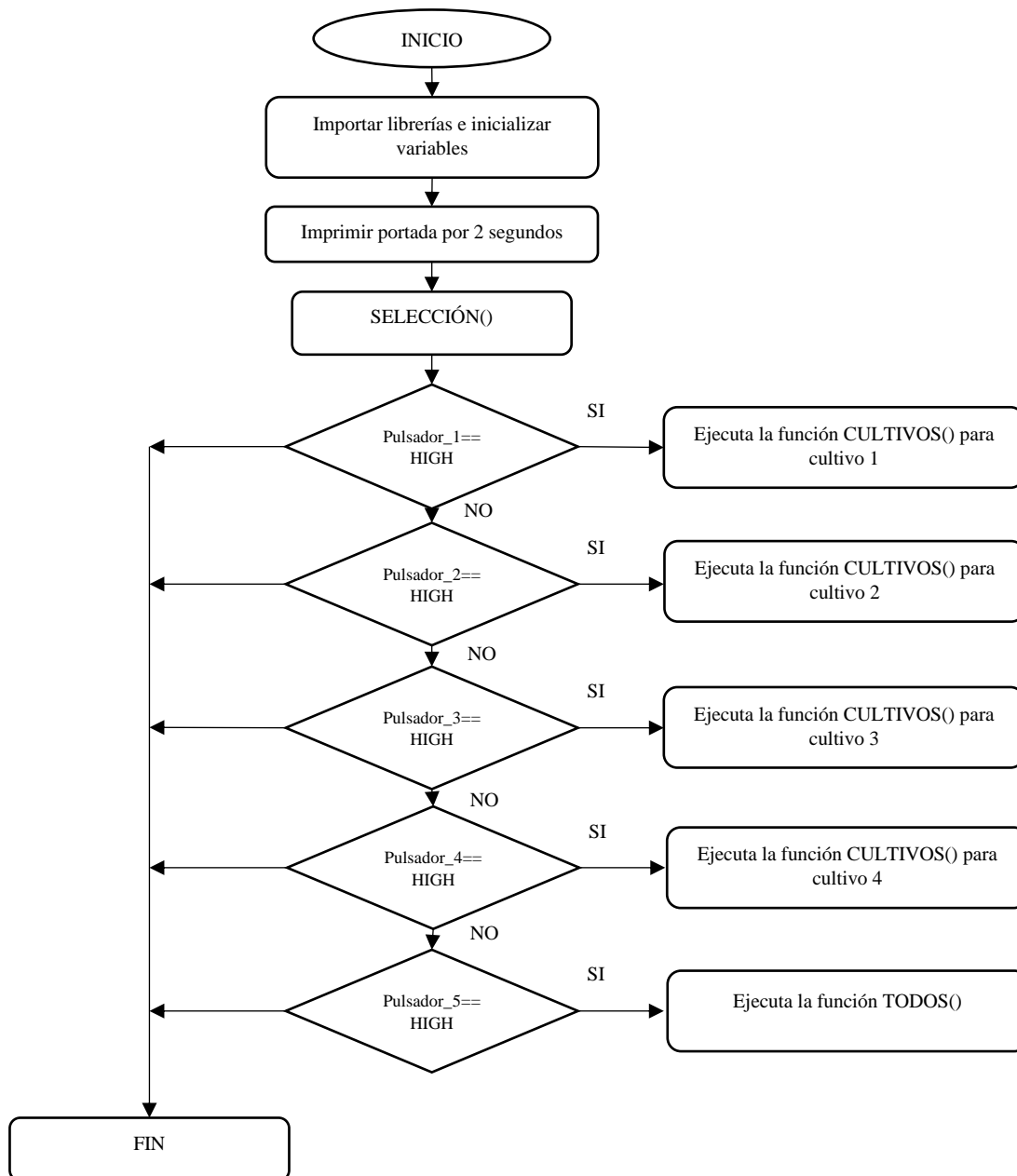


3.5.6 Diagrama de flujo impresión de datos en pantalla



3.5.7 Algoritmo general:

Para el funcionamiento de todo el sistema, el cual cuenta con una serie de funcionalidades las cuales dependerán del tipo de señales que envíen los sensores a los actuadores (solenoides y sistema de ventilación), dicho proceso se resume en el siguiente diagrama de flujo.



3.6. Construcción de camas y Siembra de cultivos

Antes de la realización del proceso de sembrado, se requiere la preparación de las camas de cultivo. Al momento de culminar con la preparación de las camas se toma en

cuenta el espacio con el que se dispone, para lo cual se realiza el siguiente cálculo, analizando el espacio entre planta. En la tabla 7 mostrada en el capítulo 1, se puede visualizar las distancias entre cada uno de los cultivos seleccionados, para el cálculo del número total de cultivos que ocupará el invernadero se tomará una medida promedio de dichas distancias. Primeramente, se procede a medir la longitud de la cama de siembra, la cual dio como resultado 6 metros, pero con la finalidad de que todos los cultivos tengan el suficiente espacio para que sus raíces se desarrollen sin problema, se tomará 25 cm de diferencia de cada extremo de la cama, con lo cual la extensión total será de 5,5 metros, con estos datos se procede con el cálculo.

Número de plantas de alverja:

Distancia promedio (m)	Extensión de cama (m)	Numero de plantas
0,35	5,5	15

Número de plantas de tomate:

Distancia promedio (m)	Extensión de cama (m)	Número de plantas
0,37	5,5	14

Número de plantas de frejol:

Distancia promedio (m)	Extensión de cama (m)	Número de plantas
0,32	5,5	17

Número de plantas de pepinillo:

Distancia promedio (m)	Extensión de cama (m)	Número de plantas
0,25	5,5	22



Figura 23. Siembra de cultivos

3.7. Cálculos del sistema de riego

Para el cálculo de la altura necesaria para que el sistema de riego funcione de manera correcta, primeramente, se procede a establecer el diámetro de la tubería principal, para lo cual se analiza las tuberías más comunes y comerciales que se utilizan para un sistema de riego de goteo. En la tabla 19 se visualizan dichas tuberías.

Tabla 19. Diámetros más comunes para una tubería de riego a baja escala

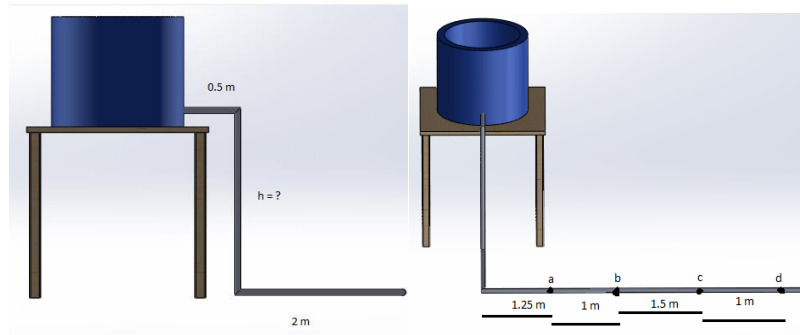
Tipo	Diámetro (plg)	Material	Presión (bar)
Manguera lisa	1/2	Polietileno	2,5
Manguera lisa	1	Polietileno	2,5
Manguera lisa	3/4	Polietileno	4,13 – 6,20 – 8,27

3.7.1 Dimensiones de las tuberías a utilizar:

Se establece un tamaño de tubería principal de 1 pulgada, debido a que en ella se ubicarán las tuberías porta goteros. Estas deben ser de un diámetro superior a estas. Además, el sistema que se propone no abastece a una extensión de grandes dimensiones de terreno, por lo que la tubería de 1 pulgada abastecerá adecuadamente el flujo de agua necesario para regar el huerto.

Diagrama:

En la figura 24 se visualiza, (a): vista lateral derecha del sistema, (b): vista isométrica del sistema



(a)

(b)

Figura 24. Diagrama del sistema de riego

Datos:

$D = 1$ plg

$L = 8$ m

$H = ?$

Agua a temperatura ambiente 20°C

Material de la tubería polietileno

Número de emisores 68

Caudal por emisor 1 l/h (un litro por hora)

Requerimientos de presión: en los puntos a, b, c, y d requieren una presión uniforme mínima de 0,02 MPa, por lo que se procede a tomar el punto más alejado como base del cálculo

Mediante las ecuaciones de Bernoulli procedemos a determinar las distintas pérdidas que va a tener el sistema propuesto

$$\frac{P_1}{\rho g} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} - h_L = \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Para lo cual se considera que el tanque se encuentra abierto a la atmosfera, además, tomando en cuenta que la altura 2, es decir, Z_2 está prácticamente en el suelo, su cota es cero, tal como se puede visualizar en la figura 3.17 (b), el tamaño del tanque en comparación de la tubería principal es más grande, debido a esto la velocidad con la que

descenderá el nivel del tanque es muy baja, por lo cual se la considera con un valor de cero, realizando lo antes mencionado la ecuación 1 queda de la siguiente manera.

$$Z1 = \frac{P_2}{\rho g} - h_L \quad \text{Ecuación (2)}$$

Siendo h_L las pérdidas por fricción en tuberías y pérdidas correspondientes a los accesorios del sistema, la cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$h_L = h_{L(t)} + h_{L(entrada)} + h_{L(codos)} + h_{L(válvulas)} + h_{L(salida)} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Para el cálculo de la $h_{L(t)}$ se procede primeramente a plantear la ecuación de Darcy, la cual denota de la siguiente manera:

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

h_L : representa la pérdida de energía debido a la fricción la cual esta medida en metros (m)

L: es la longitud en metros de la corriente de flujo

D: diámetro de la tubería en metros

v: velocidad promedio del flujo en m/s

f: factor de fricción del material de la tubería (adimensional)

Procedemos a determinar la longitud del flujo, la cual es la longitud de la tubería principal

En la tabla 25 se muestra las características de la tubería a utilizar

Tabla 20. Especificaciones de tubería a utilizar

Tamaño nominal de tubería (plg)	Diámetro (mm)	Área (m ²)
1	26,66	5,574 x 10 ⁻⁴

Seguidamente se procede a trasladar las unidades de caudal que se posee a m³/s, con la finalidad de que se adecuen de manera correcta al sistema de unidades, con lo cual el cálculo queda de la siguiente manera.

$$Q = 68 \frac{l}{h} * \frac{m^3}{1000 l} * \frac{1 h}{3600} \left[\frac{m^3}{seg} \right] \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$Q = 1,9 * 10^{-5} \left[\frac{m^3}{seg} \right]$$

Con la cual es posible calcular la velocidad media del flujo con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Remplazando los datos de caudal y área en la ecuación 6, se obtiene el siguiente resultado:

$$V = 0,034 \frac{m}{s}$$

Numero de Reynolds

Es un dato de dipo adimensional, que sirve para determinar el tipo de flujo del sistema, es decir, si es laminar o turbulento, dicho dato se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$N_{Reynolds} = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\eta} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

ρ : densidad del agua [unidad]

η : viscosidad dinámica [unidad]

v: velocidad

D: diámetro

Los datos de viscosidad y densidad para el agua se muestran en la tabla del Anexo 7

Reemplazando los datos que se tienen, en la ecuación 7, se obtiene el siguiente resultado

$$N_{Reynolds} = 1012$$

Las condiciones de flujo según el número de Reynolds son las siguientes:

Número de Reynolds > 4000 (flujo turbulento)

Número de Reynolds < 2000 (flujo laminar)

Como se puede visualizar el tipo de flujo que se tiene es un flujo laminar, sabiendo el tipo de flujo, se procede a calcular el factor de fricción de la tubería mediante la siguiente la fórmula.

$$f = \frac{64}{N_{Reynolds}} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Reemplazando el número de Reynolds obtenido en la ecuación 7, el factor de fricción da como resultado el siguiente dato:

$$f = 0,063$$

Los datos calculados anteriormente, se proceden a reemplazar en la ecuación 4, con la finalidad de calcular la pérdida por fricción en tuberías, obteniendo el siguiente resultado:

$$h_L = 1,11 * 10^{-3} m$$

Seguidamente se evalúan las pérdidas por accesorios como válvulas y codos y demás. Puesto que el sistema de riego cuenta con un poco extensión de terreno se estiman las pérdidas en accesorios de 3 veces el h_L , obteniendo el siguiente resultado

$$h_{total} = 4,4 * 10^{-3}$$

El dato obtenido es sustituido en la ecuación 2, para una presión 2 de 0,02 MPa llegando a obtener el siguiente resultado.

$$Z_2 = 2 m$$

Por lo tanto, se define una altura del nivel del agua respecto al suelo de 2 metros para el funcionamiento del sistema de riego por goteo por gravedad.

3.8. Cálculo de volumen de tanque

Para las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema de riego propuesto, se hizo uso de un tanque de 100 litros, debido a su bajo costo y disponibilidad en el mercado, pero con el fin de prever una posible falta en el suministro de agua, ya que dicho tanque requiere un llenado constante durante el día, porque su capacidad brinda un tiempo de funcionamiento aproximado de 3 horas.

Dado lo anterior se procede a realizar el cálculo un tanque de 2000 litros dando el siguiente tiempo aproximado de funcionamiento:

$$V_{tanque1} \rightarrow t_{tanque1}$$

$$V_{tanque2} \rightarrow t_{tanque2}$$

Ecuación (8)

Donde:

$V_{tanque1}$ = Volumen tanque 1 en litros

$V_{tanque2}$ = Volumen tanque 2 en litros

$t_{tanque1}$ = tiempo de funcionamiento tanque 1 en horas

$t_{tanque2}$ = tiempo de funcionamiento tanque 2 en horas

De la ecuación 8 se despeja el tiempo de tanque 2, y se reemplazan lo datos que se tienen con lo cual se obtiene el siguiente resultado

$$t_{tanque2} = \frac{2000lt * 3h}{100}$$

$$t_{tanque2} = 60 h$$

Como se muestra, el tiempo de funcionamiento de un tanque con capacidad de 2000 litros, daría un total de 60 horas, lo cual garantizará un menor porcentaje de fallas con respecto a la falta de agua

3.9. Cálculo ventilador

Con la finalidad de realizar la correcta ventilación del sistema propuesto, se utilizan el método de ventilación forzada, es decir, por medio de ventiladores. Para el dimensionamiento de estos se calcula primeramente el volumen de aire presente en el invernadero.

Área rectangular

para el área rectangular se cuentan con las siguientes medidas: 7 x 5 x 2

$$V_{rect} = 7 * 5 * 2 = 70 m^3$$

Es recomendable realizar renovación aire de 30 a 60 veces por hora, debido a esto se debe multiplicar este valor con el volumen ya calculado anteriormente, con esto se tiene los siguientes datos:

$$V_1 = 70 * 30 = 2100 \frac{m^3}{h}$$

$$V_2 = 70 * 40 = 2800 \frac{m^3}{h}$$

$$V_3 = 70 * 50 = 3500 \frac{m^3}{h}$$

Con los datos antes mostrados se procede a seleccionar el tipo de ventilador a utilizar, puede ser más de uno siempre y cuando, la suma de sus caudales de aire esté en el rango mostrado en el cálculo

Tabla 21. Especificaciones de tubería a utilizar

Modelo	Caudal m ³ /h	Dimensiones (plg)	Costo (\$)
GENUINE FAN	1080	12	40
	960	10	30
COMMONWEALTH	360	6	28
AC AXIAL FAN			
FK9923-230	120	5	21
FK6622-230	70	5	18

Tomando como referencia la tabla 21, se selecciona dos ventiladores tipo GENIUNE FAN de 12 y 10 plg respectivamente, debido a que cumplen con los requerimientos básicos referentes a ventilación del ambiente en el cual va a estar sembrados los cultivos

3.10. Cálculo de la sección del conductor

Es necesario especificar el tipo de cable a utilizar, en especial para el funcionamiento de los ventiladores a utilizar, las especificaciones que se toman en cuenta para el cálculo son el voltaje y la potencia de dichos elementos de ventilación

$$\text{Voltaje} = 110 \text{ V}$$

$$\text{Potencia} = 40 \text{ W}$$

Se utiliza la ecuación de sección de conductor eléctrico la cual se muestra a continuación:

$$S = \frac{\rho * 2 * L}{u * V} * P \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

S = sección del cable (mm²)

ρ = resistividad ($\frac{\Omega * mm^2}{m}$)

L = longitud del cable (m)

u = caída de tensión (V)

V = voltaje de alimentación (V)

P = potencia de carga (W)

Datos

$\rho = 0,0172$ ($\frac{\Omega * mm^2}{m}$)

u = 3% recomendable para instalaciones básicas

reemplazando los datos que se tiene en la ecuación 9 se tiene

$$S = \frac{0,0172 * 2 * 60}{3,3 * 110} * 80$$

$$S = 0,45 \text{ mm}^2$$

Tabla 22. Tabla de especificaciones de cable AWG [8]

Tabla AWG según amperaje		
Sección AWG	Sección (mm ²)	Corriente en amperios
20	0,5	3
18	1	7
16	1,5	10
14	2,5	10
12	4	20
10	6	30
8	10	40
6	16	55
4	2	70

Según la tabla 22, se llega a la conclusión que el tipo de cable que satisface a las necesidades del trabajo es el AWG número 20

Especificaciones de elementos a utilizar

En la tabla 23, se muestran todos y cada uno de los elementos a utilizar en el montaje del prototipo seleccionado

Tabla 23. Elementos del sistema

Elemento	Cantidad
Arduino Mega	1
Solenoides 12V 1A	4
Sensores de humedad YL-69	4
Sensor de CO ₂ MQ7	1
Pantalla ST7920	1
Focos led's	5
Pulsadores	5
Resistencias	10
Fuentes de 12V a 1A	4
Ventiladores GENUINE FAN	2
Sensor de humedad y temperatura DHT22	1
Canaletas	10 metros
Módulos relé	5

3.11 Cálculo de consumo de corriente del prototipo

Para el cálculo del consumo del prototipo es necesaria la utilización de las fórmulas de potencia y consumo de corriente por componente las cuales se muestran a continuación:

$$I = I_{consumo} * N \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

$I_{consumo}$: intensidad de consumo por componente (mA)

N: Número de componentes utilizados

Según las características propias del Arduino (ver Anexo 2), cada salida digital suministra intensidad de 40mA, se toma en cuenta el número total de componentes conectados en el microcontrolador, para posteriormente reemplazar los datos en la ecuación 10, para este dispositivo el número total de salidas es de 21, con lo cual se obtiene el siguiente resultado

$$I_{arduino} = 840 \text{ mA}$$

Utilizando el mismo proceso para cada uno de los elementos del prototipo se llega a los resultados que se muestran en la tabla 24

Tabla 24. Consumo de corriente por elementos del sistema

Elemento	Consumo mA	Cantidad	Consumo total del componente mA
Arduino MEGA	50	1	50
Solenoides	30	4	120
DHT 22	2.5	1	2.5
MQ7	35	1	35
Pantalla ST7920	360	1	360
Focos led	15	5	75
Módulos relé	65	5	325
Sensor YL69	35	4	140

Con lo antes mostrado se llega a la conclusión de que el total de corriente 1.87 amperios, según las características del Arduino MEGA es recomendable utilizar una fuente de voltaje de entre 7 a 12 voltios para que funcione de manera óptima, ya obtenido el valor de la corriente, se opta por utilizar una fuente de 9 voltios 2 amperios ya que se encuentra comercialmente disponible

3.12. Construcción del invernadero

En el proceso de construcción del invernadero se debe tomar en cuenta la orientación que este tendrá con respecto a la salida del sol y la dirección del viento, tal como se mencionó en el capítulo 1 la dirección correcta es de este/oeste, por lo cual se construye con base en esta orientación. Seguidamente, es necesario definir el material con el cual se va a construir la estructura y el material con el que se cubrirá, para lo cual se define la construcción de la estructura a base de madera, por su fácil adquisición y bajo costo, por esta misma razón se opta en la utilización de plástico para la cubierta del invernadero, en la figura 25, se muestra el invernadero ya construido según las especificaciones mencionadas anteriormente



Figura 25. Invernadero terminado

3.13. Montaje del sistema

Para el montaje del sistema se opta por utilizar un gabinete de control fabricado en acero de 30 x 30 cm, con el fin de que proteja a los elementos electrónicos que se van a encontrar funcionando en el invernadero, posteriormente se procede a realizar perforaciones en la tapa y en la base del mismo para ensamblar los elementos tales como Arduino, relés, baquelita perforada, y la pantalla, los demás elementos como sensor de temperatura, CO₂, humedad irán por fuera para que puedan tomar los datos de los parámetros a controlar de una manera más efectiva.

3.14. Montaje en el invernadero

Para la realización de las conexiones eléctricas del sistema en el invernadero, se tomó como referencia la información mostrada en el Anexo 6, a continuación, se muestran ilustraciones del montaje del sistema del sistema en el invernadero.



Figura 26. Montaje del sistema en el invernadero

3.15. Pruebas de funcionamiento

Con la finalidad de evaluar las tareas cumplidas por el prototipo propuesto, primeramente, se procede a tomar un registro de las lecturas de cada uno de los sensores, y las acciones de cada uno de los actuadores (ventiladores y solenoides)

3.15.1. Medición de humedad relativa

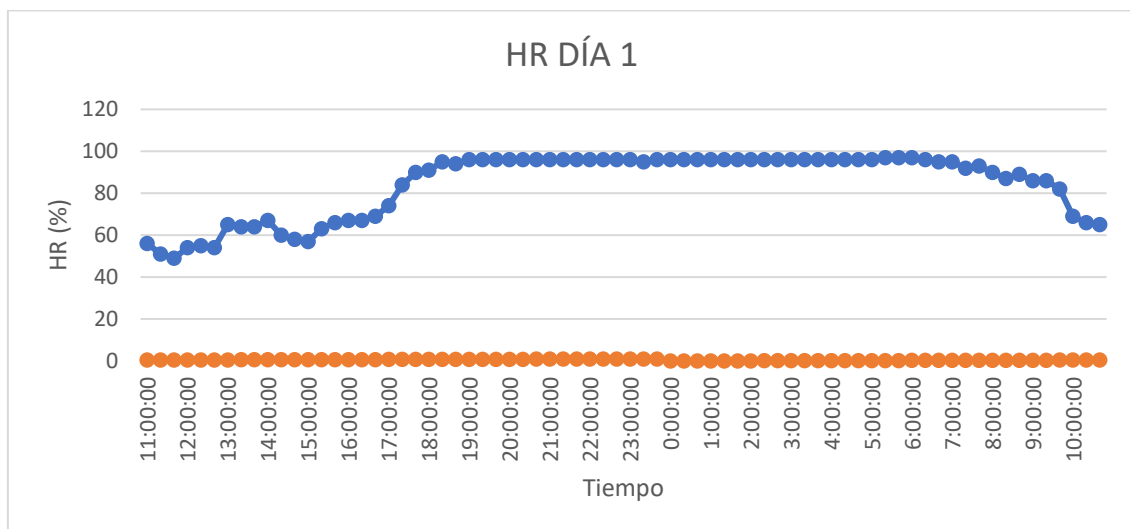




Figura 27. Registro de datos de humedad

El sistema de ventilación funciona según el nivel de temperatura que exista en el interior del invernadero, y al mismo tiempo esto ayuda a mantener un nivel de humedad adecuado en su interior, como se puede visualizar en la figura 27, los niveles de HR se mantienen variables durante el día, manteniéndose a niveles inferiores a 80% de HR en el ambiente, pero durante la noche debido a que la temperatura tiende a bajar a niveles muy por debajo a la temperatura establecida para que encienda la ventilación la HR aumenta hasta niveles superiores al 95%. Los registros de los demás días de funcionamiento del sistema se muestran en el Anexo 8.

3.15.2 Medición de temperatura

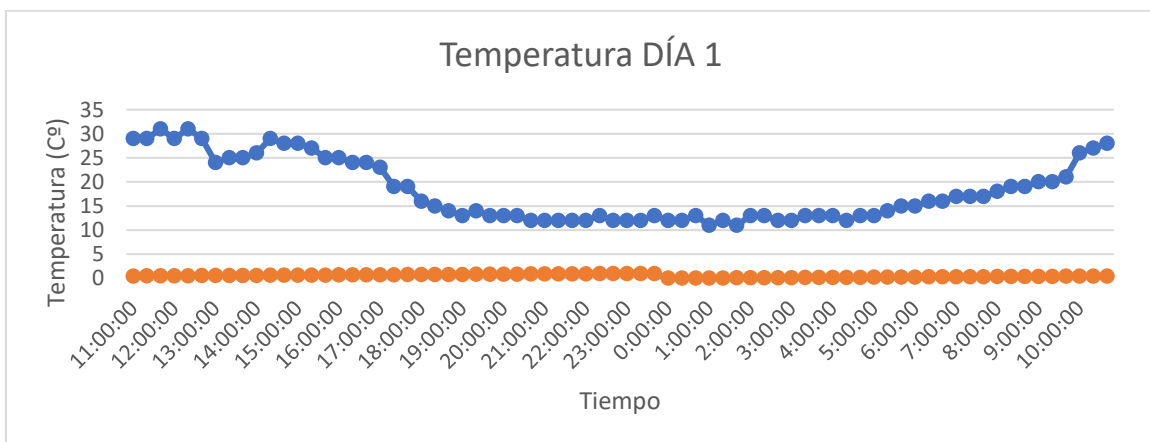




Figura 28. Registro de temperatura

Como se observa en la figura 28, el registro de temperatura durante el día no se mantiene de manera constante, se registra un nivel más alto de temperatura durante horas del mediodía, por lo cual es recomendable mantener las rendijas de los ventiladores siempre abiertas, para que de esa manera no exceda de manera brusca la temperatura, además cabe recalcar que la temperatura en el interior del invernadero siempre será mayor a la del exterior, es por esto que las mediciones al interior del invernadero llegan a un pico de hasta 33 °C, y las temperaturas más bajas, se registran en horas de la tarde, a partir de las 5:30 PM, es por ese motivo que a partir de esa hora el sistema de ventilación deja de funcionar para no ocasionar problemas debido a bajas temperaturas las gráficas de la curva de temperatura de los días 2, 3, y 4 se muestran en el Anexo 9.

3.15.3 Medición de humedad de suelo

Con el fin de determinar una distancia entre el sensor y el sistema radicular de los cultivos seleccionados, se han censado distancias conjuntamente con el usuario, y basándose en su propia experiencia como agricultor, se han determinado las respectivas ubicaciones de los sensores con respecto a cada uno de los cultivos, llegando a determinar las distancias que se muestran en la tabla 25.

Tabla 25. Distancias de sensores higrómetros para cada cultivo

Cultivo	Distancia (cm)
Alverja	10
Tomate	15
Frejol	12
pepinillo	20

En la figura 29 se muestra la instalación de los sensores según las especificaciones antes mencionadas

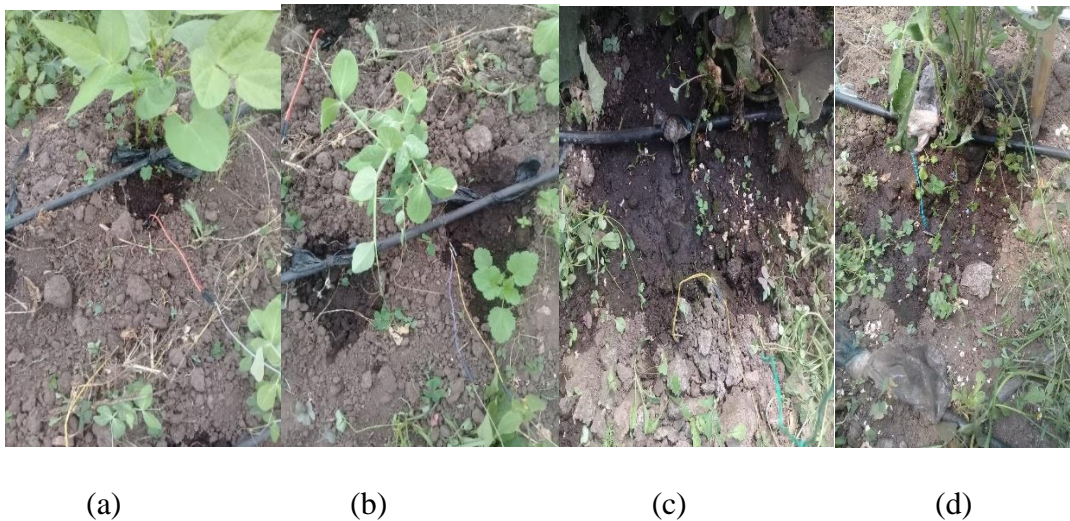


Figura 29. Colocación de los sensores de humedad

Analizando los requerimientos del usuario según su propia experiencia, se ha determinado la distancia de cada uno de los sensores, para lo cual se determina para la alverja la distancia del sensor a la planta que ha convencido de mejor manera al usuario fue de aproximadamente 10 cm, para el frejol una distancia de aproximadamente 12 cm, para el tomate y el pepinillo de 20 cm.

Para el registro de humedad, se toma como referencia los datos mostrados en la tabla 1.6, los registros se toman durante 4 días de funcionamiento del sistema, con lo cual se obtiene los resultados que se muestran en las figuras 30 a la 38.

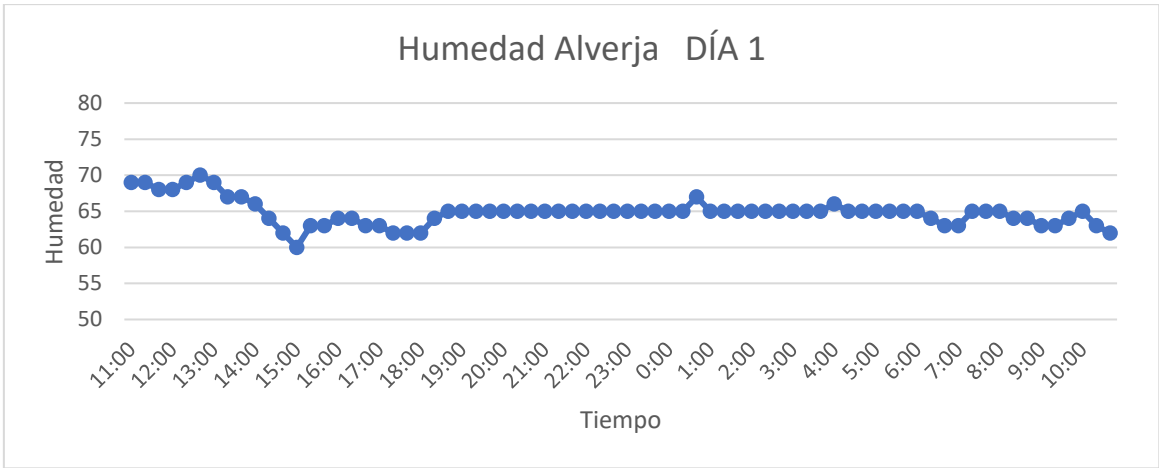


Figura 30. Humedad alverja día 1

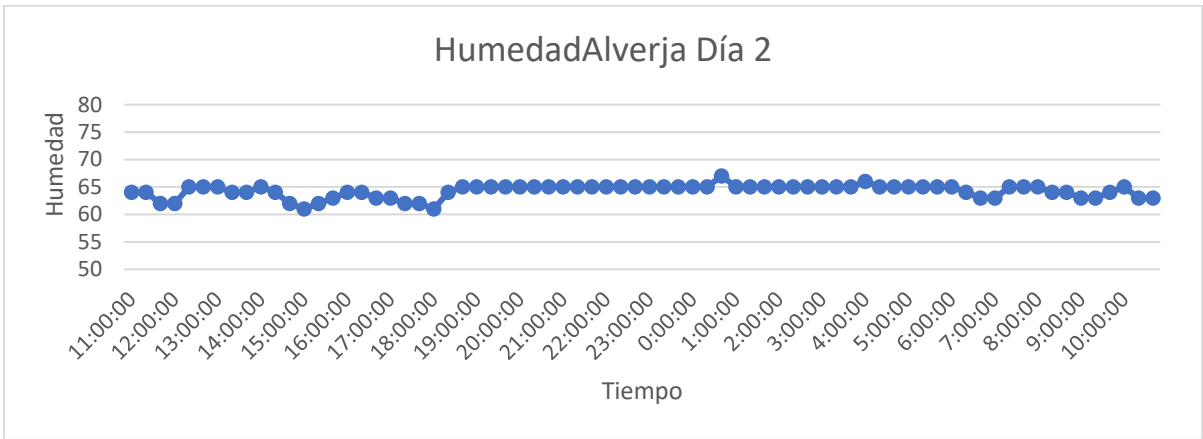


Figura 31. Humedad alverja día 2

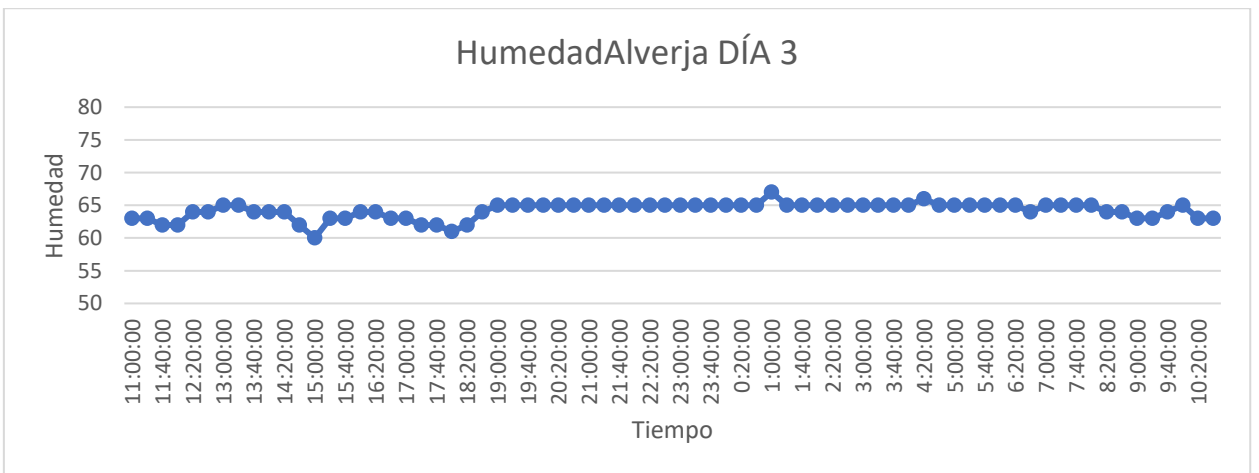


Figura 32. Humedad alverja día 3

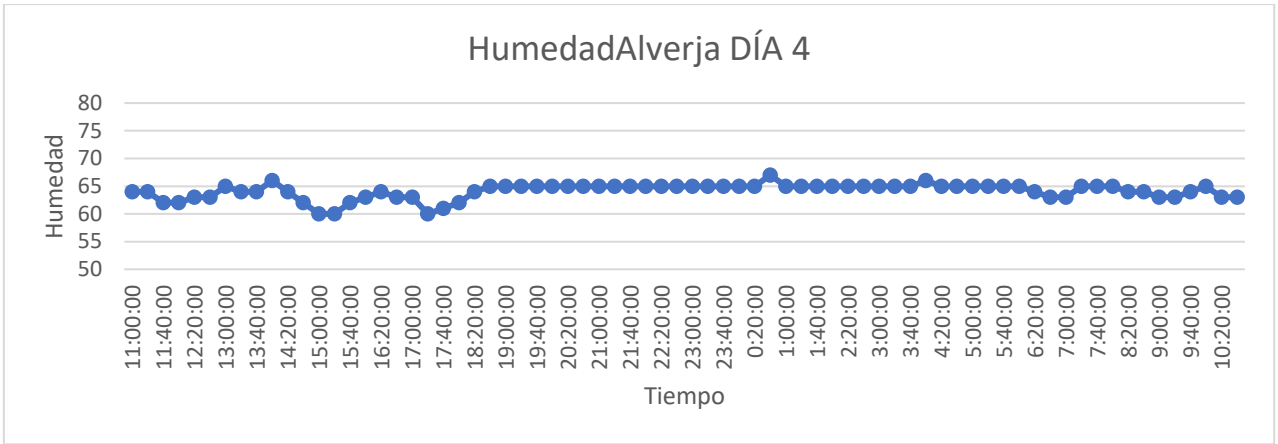


Figura 33. Humedad alverja día 4

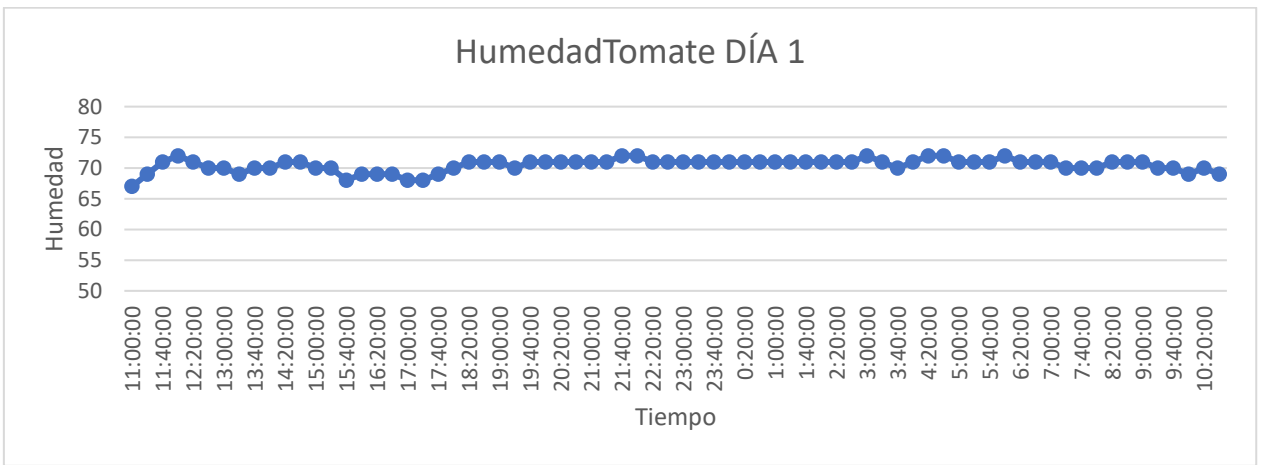


Figura 34. Humedad tomate día 1

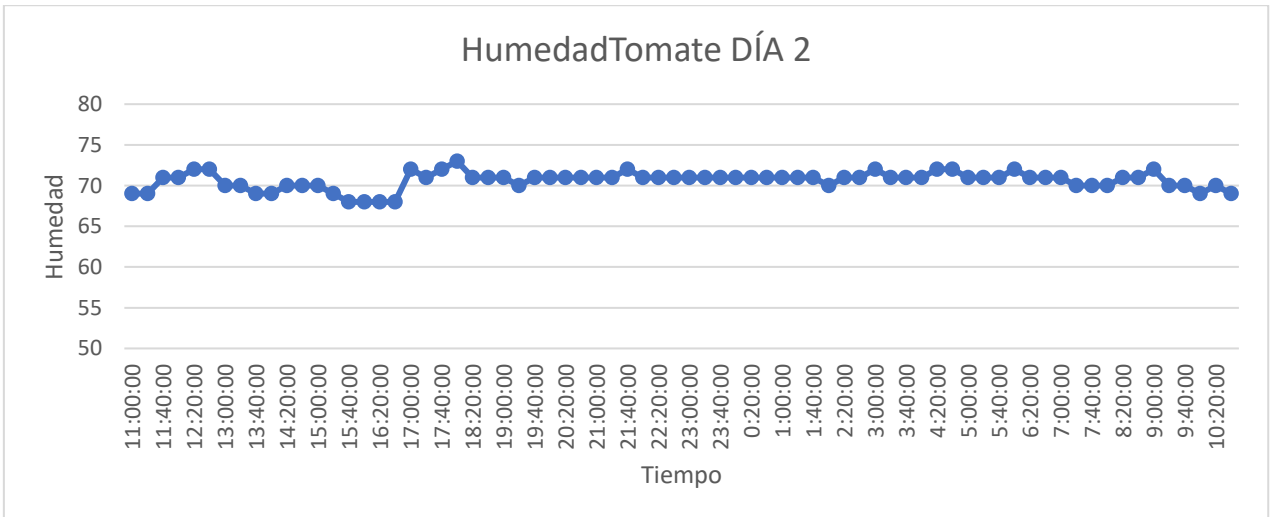


Figura 35. Humedad tomate día 2

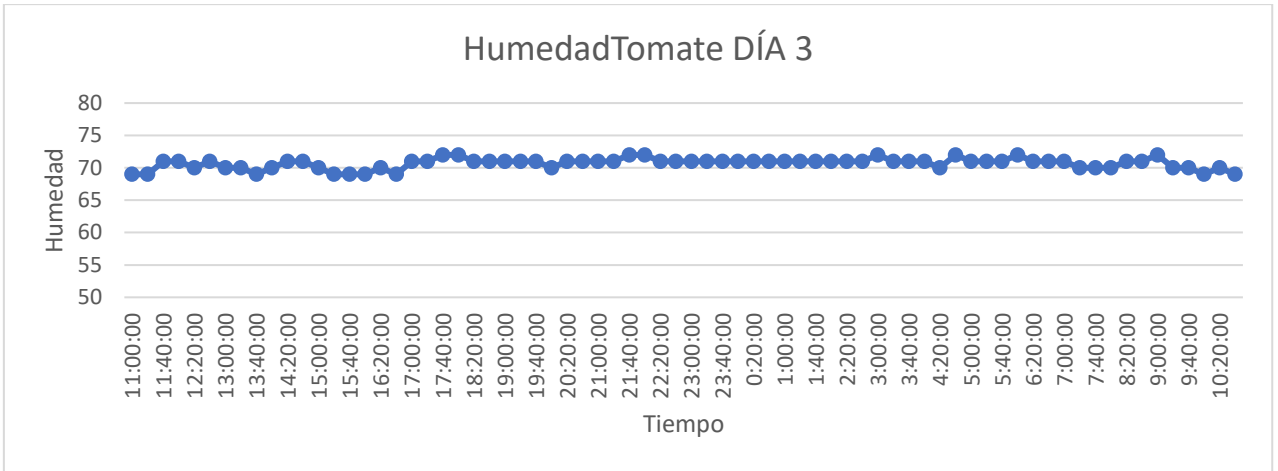


Figura 36. Humedad tomate día 3

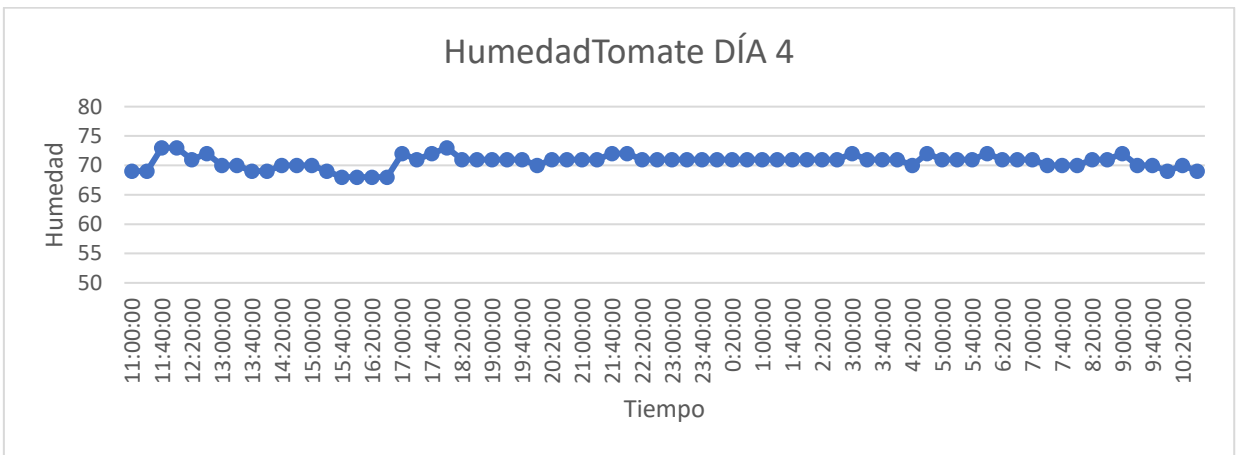


Figura 37. Humedad tomate día 4



Figura 38. Muestra de datos en pantalla

Como se puede visualizar en las figuras 30 a 38 los datos para cada cultivo son variables uno del otro, por las diferentes necesidades hídricas de cada uno de estos y han sido recopilados y representados por días de funcionamiento, y muestran los datos para el cultivo 1 (alverja), y cultivo 2 (tomate), se puede apreciar los valores de humedad tienden a variar a partir de las 6:20 AM hasta las 18:20 PM aproximadamente, y a partir de dicha hora la humedad del suelo tiende a permanecer constante, esto se debe a que por la noche la temperatura tiende a descender y esto permite una mayor retención de la humedad, en el Anexo 10 se muestran los datos de la humedad para los cultivos de 3 y 4.

3.15.4 Medición de CO₂

- *Calibración del sensor MQ135*

Según el datasheet del sensor y la curva característica, se puede ver que este sensor puede registrar varios gases. Por eso, solo se analiza la curva para el CO₂ con Excel y se calcula una ecuación para calibrar el sensor. En la figura 39 se muestran las líneas de tendencia de este sensor según el gas que se desee monitorear.

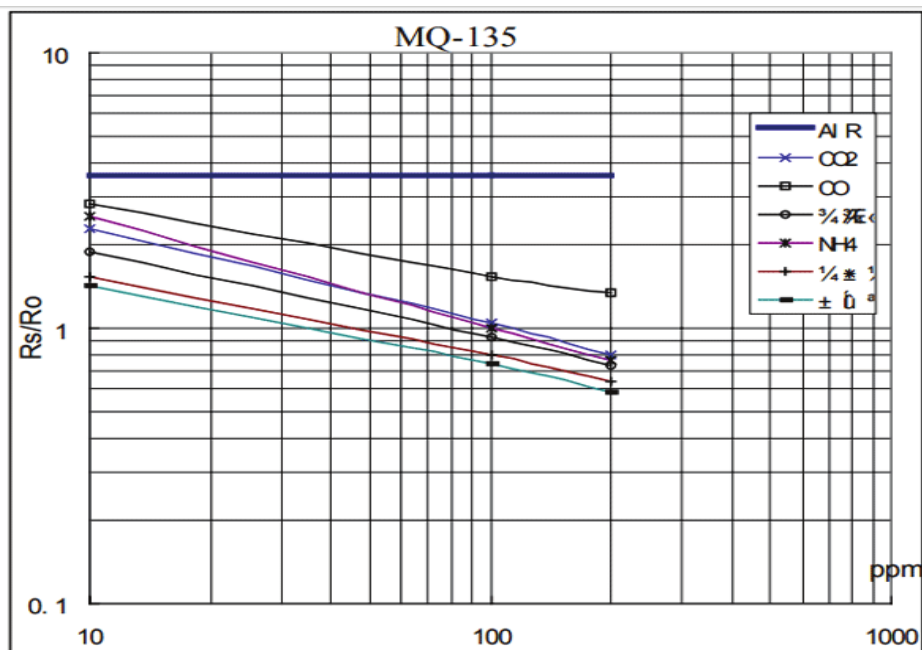


Figura 39. Gráfica de líneas de tendencia del sensor según datasheet

Con ayuda de los datos mostrados en la figura 40, se puede determinar la gráfica de la ecuación que servirá para la calibración del sensor, la figura 3.28 muestra dicha gráfica, ecuación, y datos de los puntos para la realización de la estimación de dicha gráfica.

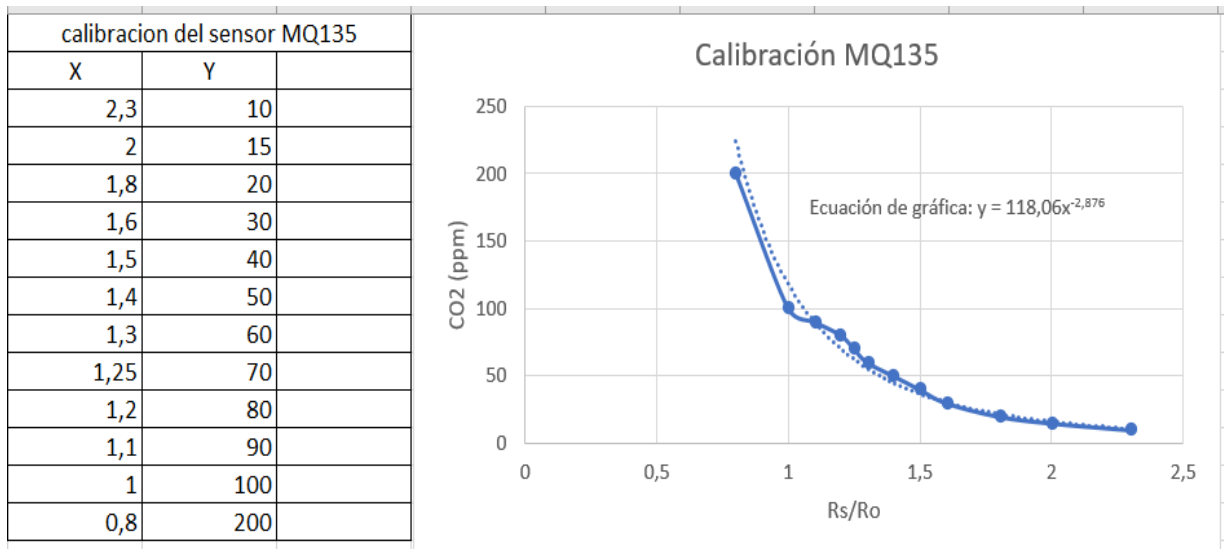
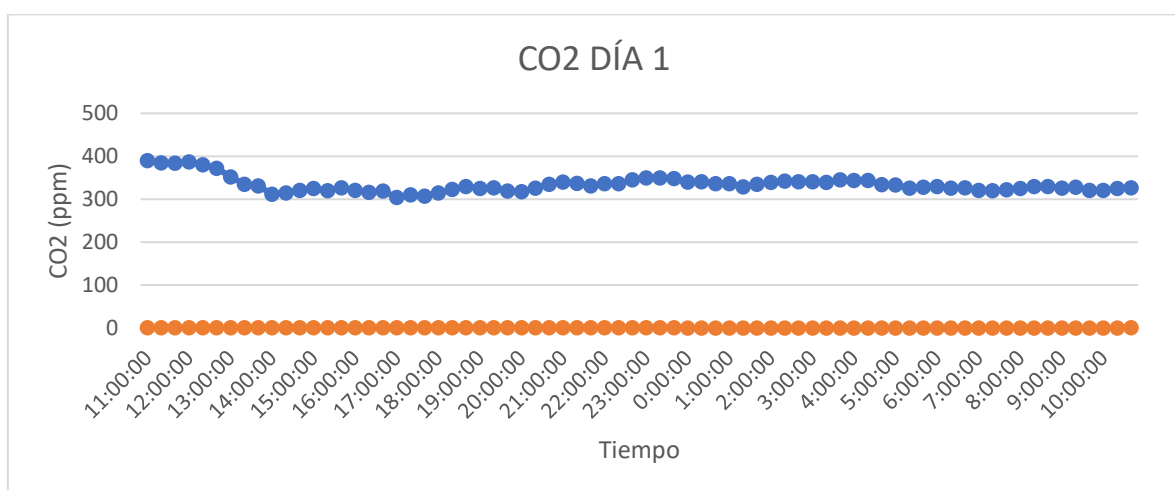


Figura 40. Gráfica de la ecuación de calibración

Las variables R_s/R_o se deben calcular, R_s se calcula según la variación de voltaje de la salida analógica en la cual está conectado el sensor, simplemente se conecta y se mide la variación, en cuestión de R_o se calcula por medio de tanteo, es decir, se va variando el valor de esta resistencia hasta que los valores se acerquen lo más posible a valores reales.

En la figura 41 se muestran los datos del registro de datos de los niveles de CO_2 durante el primer día de funcionamiento del sistema, dado que el sensor utilizado tiene es sensible a algunos gases, fue necesario regularlo según la gráfica facilitada por el fabricante y mostrada en el datasheet del dispositivo el cual se muestra en el Anexo 4.



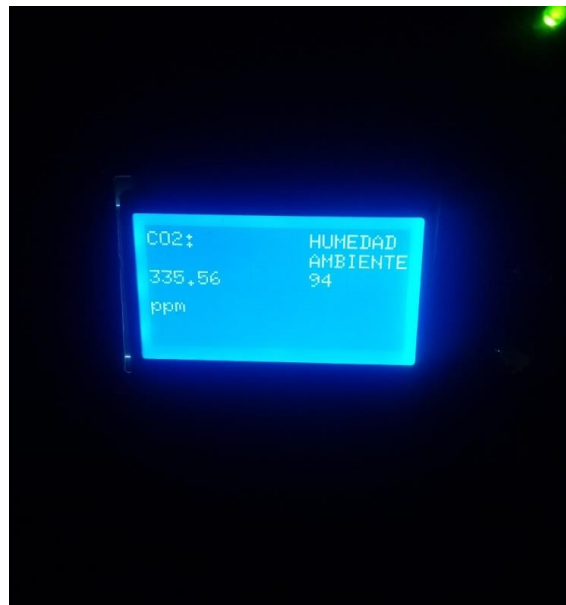


Figura 41. Registro de lecturas CO₂ día 1

Los datos mostrados en la figura 41 muestran los datos arrojados por el sensor en el primer día de funcionamiento, con la finalidad de ahorrar espacio en este capítulo se opta por mostrar el resto de gráficas en la sección de anexos, como se puede observar en dicha gráfica, los datos son muestran un leve aumento durante la noche debido a que durante la noche las plantas no realizan el proceso de fotosíntesis, cabe mencionar que las mediciones altas que se muestran al inicio de la gráfica se debe a que el sensor requiere un cierto tiempo de calentamiento para brindar lecturas más concretas, las mediciones del CO₂ para los días 2, 3, y 4 se muestran en el Anexo 10.

3.16 Producción

Para determinar las mejoras en la producción con el sistema automatizado implementado, se toman en cuenta las siguientes variables: calidad del producto, y tiempo de producción, llegando a las siguientes comparaciones:

3.16.1 Alverja y frejol

En estos dos tipos de cultivos, se ha notado una mejora en la reducción del tiempo de producción, debido a que comúnmente el tiempo normal de estos cultivos es de entre 3 a 4 meses en condiciones habituales, a continuación, en las tablas 26 y 27 se muestran las respectivas fechas en las cuales se ha llevado a cabo el desarrollo de los cultivos en cuestión alverja y frejol respectivamente.

Se compara el cultivo 1 (cultivo de alverja sembrado en el invernadero con el sistema automatizado), y cultivo 2 (cultivo de alverja sembrado fuera del invernadero automatizado)

Tabla 26. Etapas y tiempo de producción de alverja

Etapa	Cultivo 1	Cultivo 2
Siembra	10 de octubre del 2023	10 de octubre del 2023
Primer brote	17 de octubre del 2023	20 de octubre del 2023
Floración	15 de diciembre del 2023	24 de diciembre del 2023
Envaine	29 de diciembre del 2023	5 de enero del 2024
cosecha	8 de enero de 2024	20 de enero de 2024

Como se observa en la tabla 26, para el cultivo sembrado y producido en el invernadero su producción después de la siembra fue a los 90 días, a diferencia del cultivo del mismo tipo sembrado fuera del invernadero que el tiempo de producción después de la siembra fue de 102 días, con lo cual se registra una reducción del 12% en el tiempo de producción

De igual manera se comparó para el cultivo de frejol, llegando a obtener los siguientes resultados

Tabla 27. Etapas y tiempo de producción del frejol

Etapa	Cultivo 1	Cultivo 2
Siembra	10 de octubre del 2023	10 de octubre del 2023
Primer brote	17 de octubre del 2023	20 de octubre del 2023
Floración	15 de diciembre del 2023	24 de diciembre del 2023
Envaine	29 de diciembre del 2023	5 de enero del 2024
cosecha	10 de enero de 2024	21 de enero de 2024

Como se observa en la tabla 27, para el cultivo sembrado y producido en el invernadero su producción después de la siembra fue a los 92 días, a diferencia del cultivo del mismo tipo sembrado fuera del invernadero que el tiempo de producción después de la siembra fue de 103 días, con lo cual se registra una reducción del 12% en el tiempo de producción, con respecto al aumento en la cantidad o calidad del producto, en ninguno de los dos casos se presentaron aumentos o diferencias significativas en este aspecto

3.16.2 Pepinillo y tomate

A diferencia de los dos cultivos mostrados anteriormente, estos si muestran cambios en el tamaño del producto, los cuales se muestran a continuación.

En la figura 42. se muestran las respectivas comparaciones de tamaño del cultivo de pepinillo (a) con el sistema automatizado, y sin el sistema automatizado, cultivo 1 (cultivo sembrado con el sistema automatizado), cultivo 2 (cultivo sembrado sin el sistema automatizado), de igual manera la comparación de tamaño del cultivo de tomate (b), cultivo 1 (tomate producido en el invernadero automatizado), cultivo 2 (tomate producido en un invernadero sin el sistema automatizado).

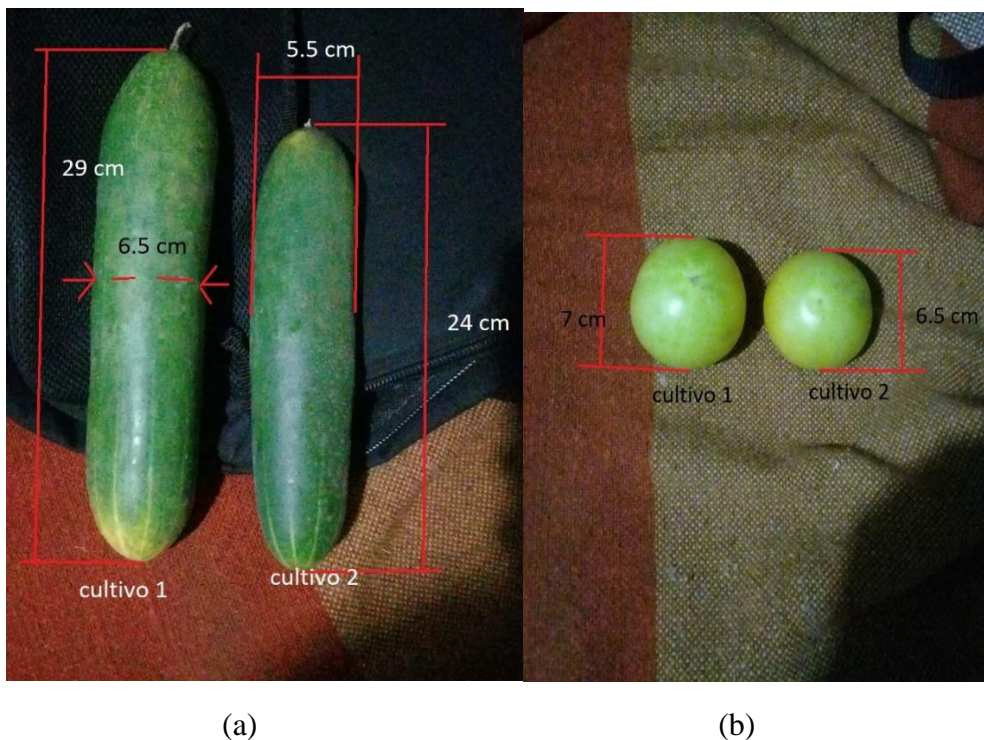


Figura 42. Comparación de tamaño de los cultivos de pepinillo (a) y tomate (b)

Como se visualiza en la figura 3.30, las diferencias de tamaño entre los cultivos producidos en el invernadero automatizado (cultivo 1), y en un invernadero normal (cultivo 2), el porcentaje de aumento de tamaño entre ellos es el siguiente:

En el pepinillo se muestra un aumento en la longitud del producto de un 17% aproximadamente, y en su grosor un aumento del 15%. Con respecto al tomate se registra un incremento del 7% en el diámetro del producto, con respecto al tiempo de producción

de estos, no se presentan mayores cambios entre cultivos producidos en el invernadero automatizado, que en un invernadero que no cuenta con dicho sistema.

3.17 Costos

En la tabla 28, se enlistan los materiales con sus respectivos costos, con el fin de estimar el total de egresos para la implementación del sistema, además se compara los costos de los proyectos que han servido de base para la integración de funcionalidades del prototipo final.

Tabla 28. Costos del proyecto

Elemento	Costo unitario (\$)	Cantidad	Costo total (\$)
Arduino MEGA	30	1	30
Solenoides	10	4	40
DHT 22	2.5	1	2.5
MQ135	5	1	5
Pantalla ST7920	12.50	1	12.50
Focos led	0.20	5	1
Módulos relé	1.50	5	7.50
Sensor YL69	3.5	4	14
Mano de obra	150	1	150
Gabinete	35	1	35
Pulsadores	0.20	5	1
Placa PCB	15	1	15
Ventiladores	35	2	70
Cable jumper	0.15	40	6
Cable gemelo	1.10/metro	6 (metros)	6.60
Estructura invernadero	80	1	80
Tubería ½ “	0.80/metro	8	6.4
Codos	0.40	1	0.40
Mangueras de goteo 12mm	0.30/metro	24	7.2
Tanque de 100 lts	80	1	80
Válvula de compuerta 1”	5.50	1	5.50
TOTAL:			\$575.60

Como se puede visualizar en la tabla 3.15, el costo estimado del proyecto es de \$575,60, en comparación con la propuesta 1 (Automatización del sistema de riego por goteo para control de humedad del suelo en un invernadero de rosas), en la cual se realiza una inversión total de \$309.85, la propuesta 2 (Sistema de control automático de humedad

relativa para un invernadero de rosas mediante ventilación natural), en la cual se realiza una inversión total de \$1029 y la propuesta 3 (Medidor de CO₂ y Temperatura para invernadero UTN), en la cual se realiza una inversión aproximada de \$300

Con lo antes expuesto, el costo total de las tres propuestas es de \$1638.85 si se implementaran las 3 juntas con todas sus funcionalidades, pero con los cambios que se han realizado para la integración de cada una de estas, se ha logrado reducir el costo de implementación a \$575.60, reduciendo el costo en más de un 65%

CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con el debido estudio y recolección de información, se determinan las debidas condiciones óptimas para la producción de cultivos importantes de la zona 1 del país, las cuales sirven de base para determinar el diseño del sistema propuesto.

Se han estudiado y analizado los diseños realizados después sobre automatización de invernaderos, con lo cual se eligieron las funcionalidades que se consideran las más necesarias para que el dispositivo propuesto cumpla con las tareas encomendadas de manera satisfactoria.

El sistema proporciona un nivel de humedad de suelo en relación con los datos presentados en la tabla 1.8 del marco teórico, lo que posibilita la permanencia en un nivel en el que los cultivos no experimenten ni exceso ni déficit de humedad. Además, el sistema de riego implementado posibilita el ahorro de agua y la distribución uniforme de esta.

Con el sistema propuesto, se ha presentado una mejora en el tiempo de producción de productos como la alverja y el frejol en comparación a los cultivos de este mismo tipo que están sembrados en espacios que no cuentan con el sistema automatizado, con respecto a cultivo de tomate y pepinillo, se ha notado un aumento en el tamaño de los frutos, aunque el tiempo de producción es muy similar a cultivos producidos en invernadero que no cuenta con un sistema automatizado.

Recomendaciones

Es recomendable que, para trabajos futuros referentes a esta área de estudio, realizar tareas que faciliten el monitoreo constante del sistema propuesto, como por ejemplo una aplicación móvil, la cual facilite la manipulación a larga distancia.

Se recomienda llevar a cabo el análisis con el propósito de adaptar el sistema a una extensión mayor de terreno, ya que existe la posibilidad de que, en tal caso, sea necesaria la incorporación de un motor para el funcionamiento del sistema de riego.

Para trabajos futuros, además, se recomienda el estudio y análisis de las condiciones para la producción de cultivos diferentes a los seleccionados, y según el área de estudio también cabe la posibilidad de poder acoplarlo a una región diferente a la zona de estudio en la que se llevó a cabo el presente trabajo.

Se aconseja que se realice un análisis para la incorporación de un tanque más grande que el seleccionado en el presente trabajo, ya que, en caso de que se desea incorporar el sistema en una zona distinta a la seleccionada, como por ejemplo en un lugar que carezca de recursos hídricos constantes para este propósito, sería prudente llevar a cabo el estudio con el fin de garantizar que el tanque se encuentre en un plazo mínimo de una semana antes de que se recargue.

Es recomendable que, para trabajos futuros, se tenga en cuenta las mediciones de HR y temperatura en el exterior del invernadero, con la finalidad de mejorar la actividad de monitoreo y control de señales.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ONU, “Estado mundial de la agricultura y la alimentación ,” 2009.
- [2] GAD BOLÍVAR, “Reporte de rendición de cuentas ,” Bolívar, 2022.
- [3] D. Anaya and L. Ojeda, “<div class='csl-entry'>Anaya, S., & Ojeda, D. (n.d.). *Elaboración del prototipo de un sistema de control de variables atmosféricas automatizado para el cultivo de plantas bajo invernadero en ambiente indoor en la Región Caribe.*</div>,” Universidad de la Costa , 2020.
- [4] T. Teslyuk, P. Denysyuk, A. Kernytskyy, and V. Teslyuk, “Automated control system for arduino and android based intelligent greenhouse,” 2015, pp. 7–10.
- [5] M. Cabascango, C. Mejía-Echeverría, D. O. Morales, and D. Ojeda Peña, “Modeling of Forced Airflow in a Greenhouse,” in *2020 IEEE ANDESCON*, 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/ANDESCON50619.2020.9271997.
- [6] T. Muñoz, “AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CONTROL DE HUMEDAD DEL SUELO EN UN INVERNADERO DE ROSAS,” Universidad Técnica del Norte , Ibarra , 2021.
- [7] A. Díaz, “CONTROL AUTOMÁTICO DE DÉFICIT DE PRESIÓN DE VAPOR (VPD) MEDIANTE NEBULIZACIÓN PARA CULTIVO DE TOMATE SOLANUM LYCOPERSICUM EN INVERNADERO,” Universidad Técnica del Norte , Ibarra, 2022.
- [8] J. Ramos, “SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE HUMEDAD RELATIVA PARA UN INVERNADERO DE ROSAS MEDIANTE VENTILACIÓN NATURAL,” Universidad Técnica del Norte , Ibarra, 2021.
- [9] C. Freire, K. Govea, and J. Arguello, “Importancia de la agricultura en una economía dolarizada ,” *Espacios* , vol. 39, no. 16, 2018.
- [10] C. Yancha, “ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL INVERNADERO EN LA FACIAG DE LA UTB, AÑO 2022,” Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, 2021.
- [11] R. Alvarado, “Sistema de monitoreo y control de irrigación usando Internet de las Cosas (IoT),” Universidad Técnica del Norte , Ibarra , 2022.
- [12] D. Barbosa, J. Sanabria, H. Bueno, D. Vega, and E. Aguirre, “Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables agroecológicas en cultivos bajo invernadero ,” *MELICA*, vol. 13, no. 1, 2019.
- [13] M. Cabascango, “MODELAMIENTO DEL FLUJO DE AIRE FORZADO EN UN INVERNADERO,” Universidad Técnica del Norte , Ibarra , 2019.

- [14] R. Chango and R. Llenez, “Sistema de monitoreo de temperatura, humedad y control de agua para cultivos del invernadero N°2 del campus Salache ,” Universidad Técnica de Cotopaxi , Latacunga , 2021.
- [15] J. Guerrero, F. Estrada, and M. Medina, “SGreenH-IoT: Plataforma IoT para agricultura de precisión ,” *Sistemas, Cibernética e Informática* , vol. 14, no. 2, pp. 53–58, 2017.
- [16] W. Necpas and J. Quispe, “DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO IOT PARA EL INVERNADERO DE LA ASOCIACIÓN DE MUJERES PRODUCTORAS AGROECOLÓGICAS DE CANGAHUA,” Universidad Politécnica Salesiana , Quito , 2021.
- [17] N. Iglesias, M. González, and A. Santagni, “Invernaderos: Pautas básicas para la construcción en el norte de la Patagonia ,” *INTA*, 2014.
- [18] V. Moreira, “Alternativas constructivas para las edificaciones de viveros o invernaderos de hortalizas,” Universidad Técnica de Babahoyo , Babahoyo, 2021.
- [19] N. Carvajal, ““IMPLEMENTACIÓN DE TRES INVERNADEROS PARA LA PROPAGACIÓN DE VEINTE ESPECIES ORNAMENTALES – EN EL VIVERO MUNICIPAL DE EL ALTO,” Universidad Mayor de San Andrés , La Paz, 2021.
- [20] S. Marrero, R. Suarez, E. Nata, J. Silva, J. Álvarez, and G. Ramírez, “Automatización y control de un invernadero ,” *Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas* , vol. 4, no. 1, pp. 12–23, 2020.
- [21] J. Guanotasing, “DETERMINACIÓN DEL INCREMENTO DE INVERNADEROS Y EL CAMBIO EN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN QUE SE HA GENERADO DURANTE LOS AÑOS 2015 - 2020 MEDIANTE ANÁLISIS DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES DEL CANTÓN LATACUNGA. COTOPAXI, ECUADOR – 2021,” Universidad Técnica de Cotopaxi , Latacunga, 2021.
- [22] Horticultivos, “La elección del invernadero depende del cultivo ,” *Horticultivos* , Jun. 2020.
- [23] Cámara de comercio de Bogotá, “Automatización de procesos ”.
- [24] Gobierno Autónomo Descentralizado municipal del cantón Bolívar, *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial* . Bolívar , 2020.
- [25] I. Rubalcava, “Diseño y adaptación de un invernadero para la producción de hongos comestibles,” Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, 2021.
- [26] J. Carmona, “Mejora en la producción y calidad de lechuga mediante la optimización de condiciones de cultivo en sistemas hidropónicos bajo invernadero ,” Univeridad de Murcia , Murcia, 2022.
- [27] Innovación Agrícola en un clic, “Que es el riego .”

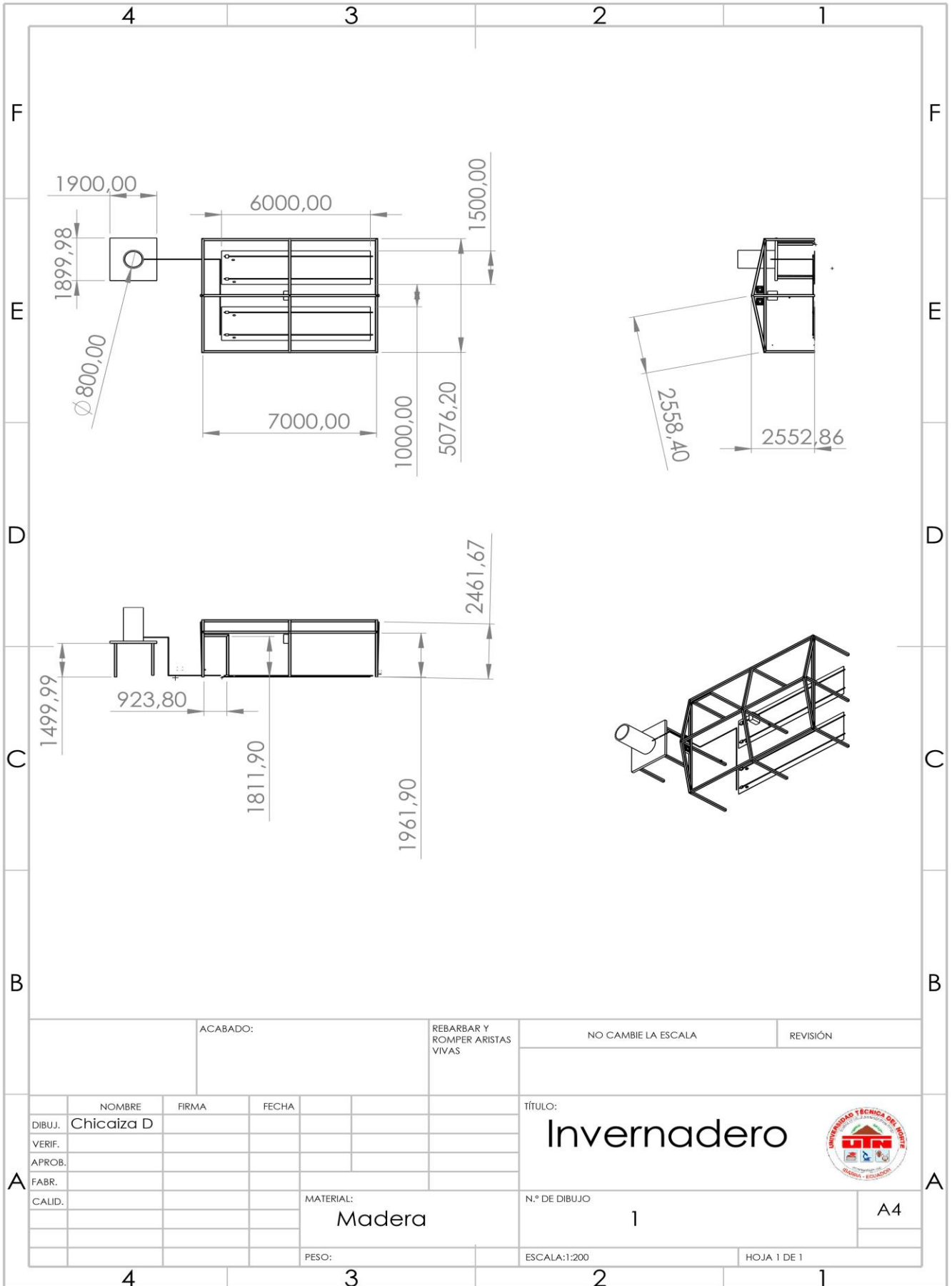
- [28] L. Chicaiza, “SIMULACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, TEMPERATURA Y HUMEDAD DENTRO DE UN INVERNADERO DE 4500 METROS CUADRADOS EN LA COMUNIDAD DE SAN MIGUEL DE PAQUIESTANCIA,” Universidad Politécnica Salesiana , Quito , 2022.
- [29] J. Bayonas, “Mejora en la producción y calidad de lechuga mediante la optimización de las condiciones de cultivo en sistemas hidropónicos bajo invernadero ,” Universidad de Murcia , Murcia , 2022.
- [30] U. Antonio Nariño, “DISEÑO DE PRACTICAS VIRTUALES DE AUTOMATIZACIÓN BASADO EN LA CONECTIVIDAD ENTRE FACTORY I/O Y CODESYS ANDRÉS MAURICIO REYES PORRAS ANDRÉS FELIPE NIETO MORALES.”
- [31] J. Amaguaña, “Diseño e implementación de sistemas de control de lazo cerrado utilizando MatLab/Simulink ,” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2021.
- [32] Sinchigalo Alex, “SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS PARA INVERNADEROS: SISTEMA EMBEBIDO,” Universidad Técnica del Norte , Ibarra, 2022.
- [33] J. Colcha, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DIFUSO DE LA HUMEDAD RELATIVA EN UN INVERNADERO DE TOMATE,” Universidad Técnica del Norte , Ibarra, 2016.
- [34] C. Gordillo, “RED DE SENSORES INALÁMBRICOS BAJO PROTOCOLO LORA Y GESTIÓN DE PROCESOS PARA LA ANALÍTICA DE DATOS MEDIANTE META SISTEMA OPERATIVO PARA MONITOREO AMBIENTAL EN INVERNADEROS,” Universidad Técnica del Norte , Ibarra, 2021.
- [35] W. Andrade, “PROTOTIPO DE UNA RED SENSORIAL INALÁMBRICA (WSN) PARA LA MEDICIÓN DEL NIVEL DE CO₂ EN LA CIUDAD DE AMBATO,” Universidad Técnica de Ambato , Ambato , 2015.
- [36] H. Guerrero, “EFECTO DE DOSIS DE CREOLINA EN EL CONTROL DE INSECTOS PLAGAS EN EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* .L) EN MANGLARALTO, PROVINCIA DE SANTA ELENA ,” Universida Estatal Península de Santa Elena , La Libertad , 2018.
- [37] E. Basantes, *Manejo de Cultivos Andinos del Ecuador* . Quito, 2015.
- [38] S. Hurtado and L. Lopez, “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN EN ANDROID PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO DE TOMATE MEDIANTE HERRAMIENTAS OPEN SOURCE PARA LA FINCA SAN PEDRO,” Universidad de Guayaquil , Guayaquil, 2021.
- [39] C. Rojas, “PRODUCCIÓN DE ARVEJA VERDE ‘QUANTUM’ (*Pisum sativum* L.) CON APLICACIONES DE HUMUS DE LOMBRIZ, GUANO DE ISLAS Y BIOL EN CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE TIABAYA -

AREQUIPA,” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2017.

- [40] L. Gavilanez, “Medidor de CO₂ y Temperatura para invernadero UTN,” Universidad Técnica del Norte , Ibarra , 2020.
- [41] J. Soledispa, “Análisis de niveles muy altos de CO₂ en las aulas de clases mediante el sensor MQ-135,” Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2020.
- [42] A. Sohan, K. Neeraj, H. Sri, T. Shivan, D. Markus, and P. Saket, “Calibración de laboratorio y evaluación del rendimiento de sensores de humedad del suelo resistivos y capacitivos de bajo costo,” *Sensors*, vol. 20, no. 2, Jan. 2020.
- [43] F. Fernández and J. Ramos, “Prototipo de Sistema en Tiempo Real de Bebederos de Ganado Vacuno para Controlar Nivel de Agua en la Quinta Fernández,” Universidad Nacional Pedro Luis Gallo, Lambayeque, 2022.

ANEXOS

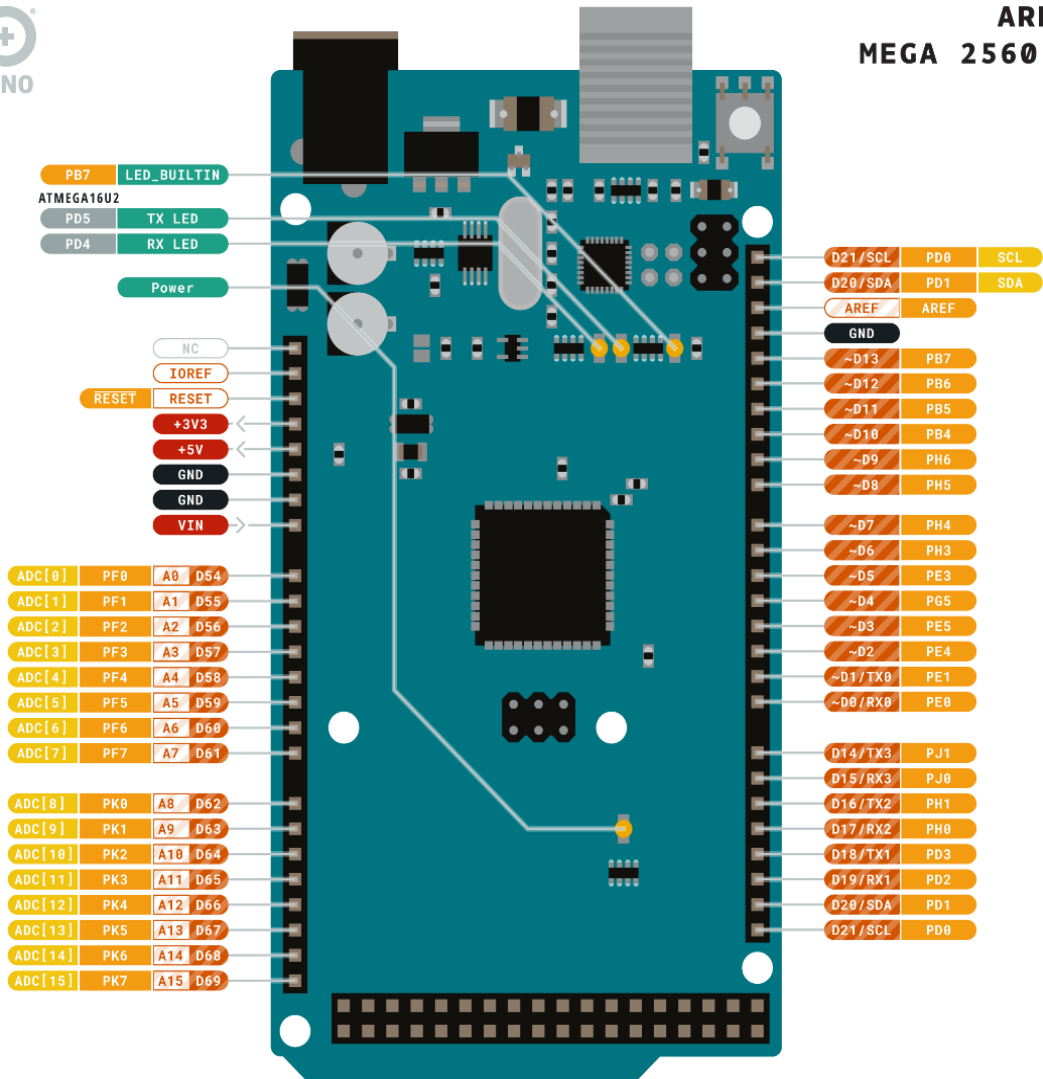
Anexo 1 plano invernadero



Anexo 2 módulo arduino MEGA



ARDUINO MEGA 2560 REV3



Ground	Internal Pin	Digital Pin	Microcontroller's Port
Power	SWD Pin	Analog Pin	
LED	Other Pin	Default	

ARDUINO.CC



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

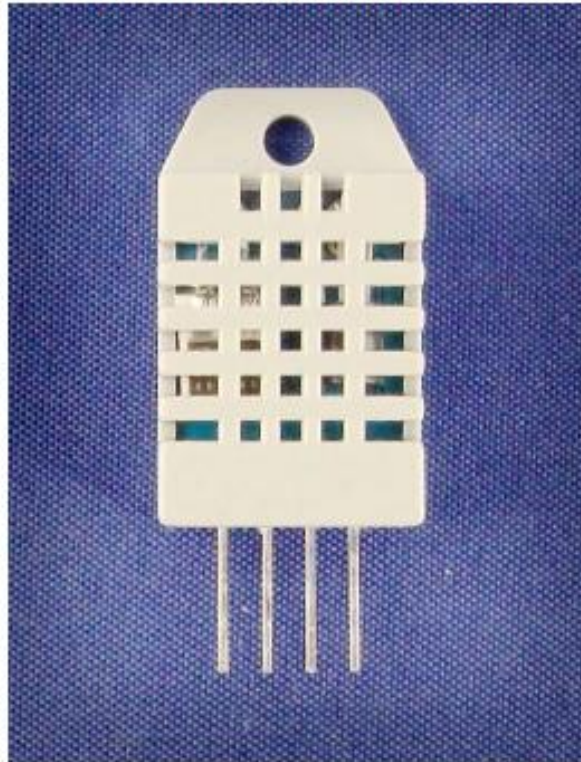
Anexo 3 sensor DHT22

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in manufacturing humidity & temperature sensors

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

DHT22 (DHT22 also named as AM2302)



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in inventing humidity & temperature sensors

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal * Outstanding long-term stability * Extra components not needed
- * Long transmission distance * Low power consumption * 4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

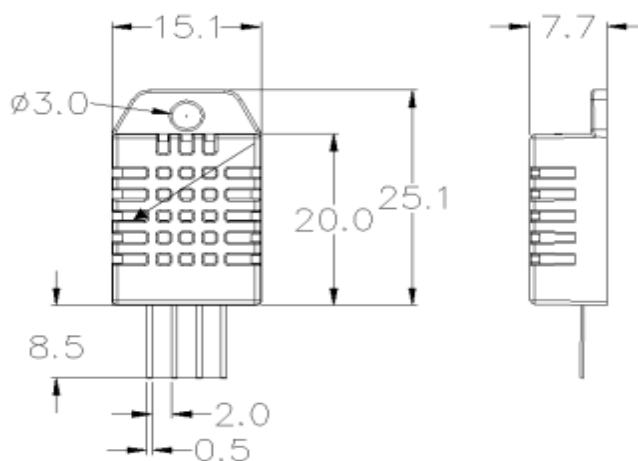
Model	DHT22	
Power supply	3.3-6V DC	
Output signal	digital signal via single-bus	
Sensing element	Polymer capacitor	
Operating range	humidity 0-100%RH;	temperature -40-80Celsius
Accuracy	humidity $\pm 2\%$ RH(Max $\pm 5\%$ RH); temperature ± 0.5 Celsius	
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity $\pm 1\%$ RH;	temperature ± 0.2 Celsius
Humidity hysteresis	$\pm 0.3\%$ RH	
Long-term Stability	$\pm 0.5\%$ RH/year	
Sensing period	Average: 2s	
Interchangeability	fully interchangeable	
Dimensions	small size 14*18*5.5mm;	big size 22*28*5mm

4. Dimensions: (unit---mm)

1) Small size dimensions: (unit---mm)

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in inventing humidity & temperature sensors



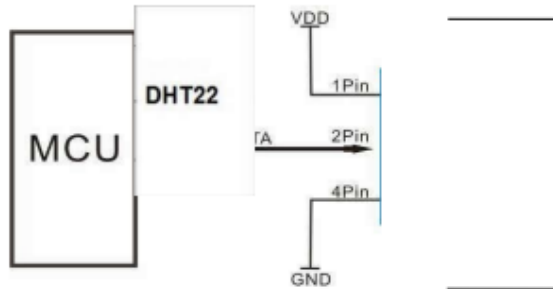
Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD---power supply
2	DATA---signal
3	NULL
4	GND

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in measuring humidity & temperature sensors

5. Electrical connection diagram:



3Pin---NC, AM2302 is another name for DHT22

6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and DHT22, it costs 5mS for single time communication.

Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.

DHT22 send out higher data bit firstly!

DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum
If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

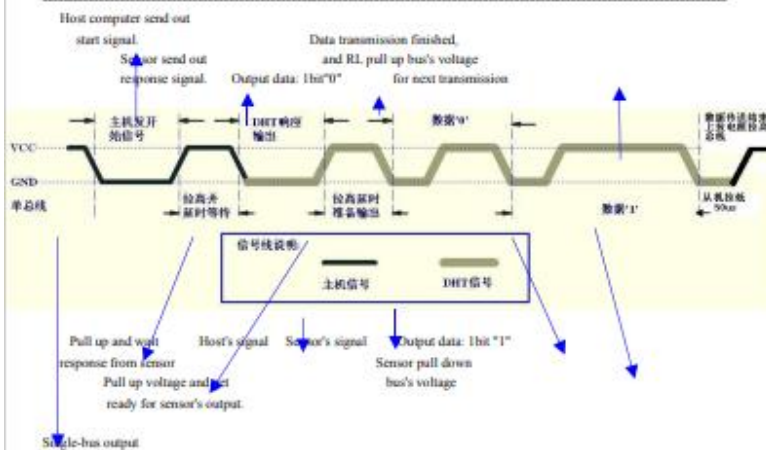
When MCU send start signal, DHT22 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishes sending the start signal, DHT22 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in measuring humidity & temperature sensors

and temperature information to MCU. Without start signal from MCU, DHT22 will not give response signal to MCU. One start signal for one time's response data that reflect the relative humidity and temperature information from DHT22. DHT22 will change to low-power-consumption-mode when data collecting finish if it don't receive start signal from MCU again.

1) Check bellow picture for overall communication process:



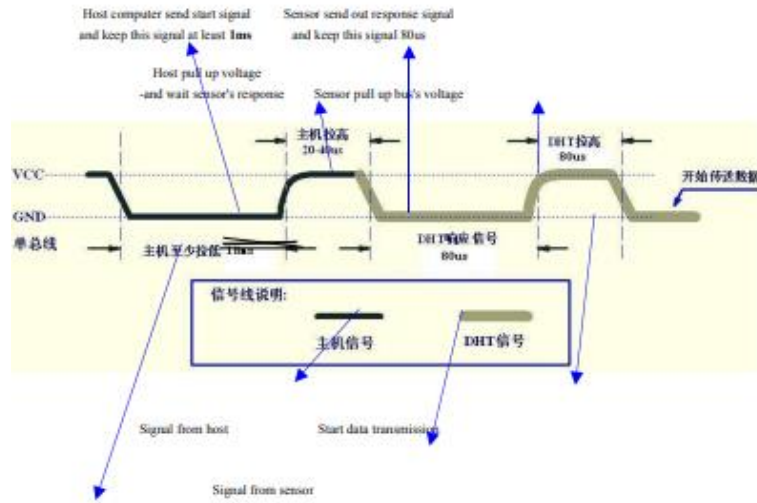
2) Step 1: MCU send out start signal to DHT22

Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and DHT22 begin, program of MCU will transform data-bus's voltage level from high to low level and this process must beyond at least 1ms to ensure DHT22 could detect MCU's signal, then MCU will wait 20-40us for DHT22's response.

Check bellow picture for step 1:

Aosong Electronics Co.,Ltd

View specialist in measuring humidity & temperature sensors



Single-bus signal

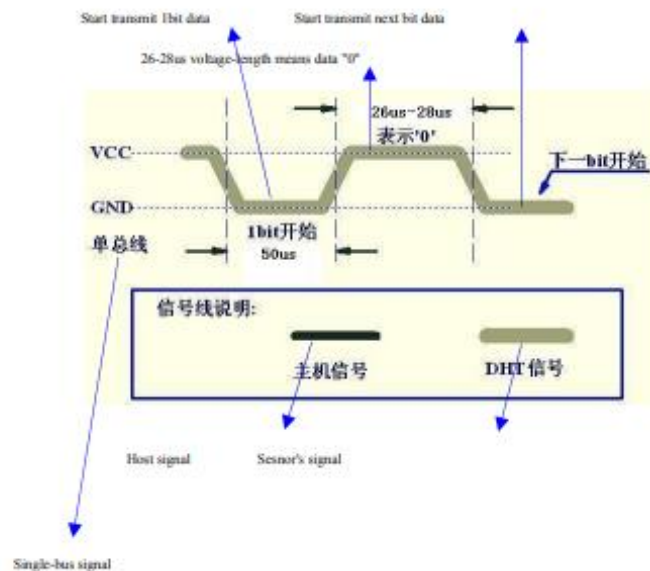
Step 2: DHT22 send response signal to MCU

When DHT22 detect the start signal, DHT22 will send out low-voltage-level signal and this signal last 80µs as response signal, then program of DHT22 transform data-bus's voltage level from low to high level and last 80µs for DHT22's preparation to send data.

Check bellow picture for step 2:

Aosong Electronics Co.,Ltd

View specialist in measuring humidity & temperature sensors



Single-bus signal

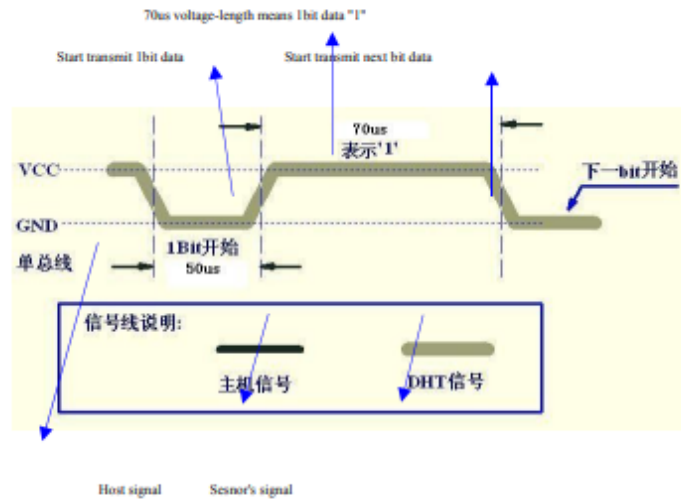
Step 3: DHT22 send data to MCU

When DHT22 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50µs, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0".

Check bellow picture for step 3:

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Single-bus signal

If signal from DHT22 is always high-voltage-level, it means DHT22 is not working properly, please check the electrical connection status.

7. Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	6	V
Current supply	Measuring	1		1.5	mA
	Stand-by	40	Null	50	uA
Collecting period	Second		2		Second

*Collecting period should be : >2 second.

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

8. Attentions of application:

(1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT22 sensor can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere DHT22's sensitive-elements and debase DHT22's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

DHT22 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase DHT22's performance.

(6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

* Welding temperature should be bellow 260Celsius.

* Avoid using the sensor under dew condition.

* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of DHT22 may cause personal injury.

TECHNICAL DATA

MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

Wide detecting scope
Stable and long life

Fast response and High sensitivity
Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃,NO_x, alcohol, Benzene, smoke,CO₂,etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _{in}	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33 Ω ± 5%	Room Tem
F _{in}	Heating consumption	less than 800mw	

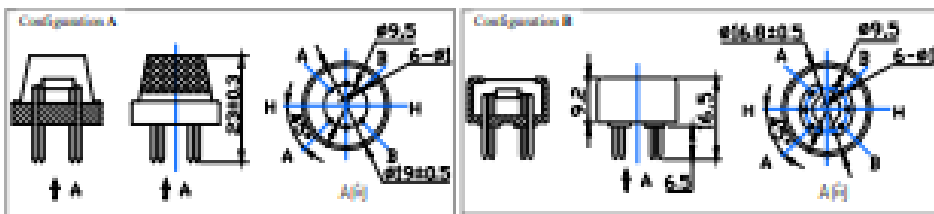
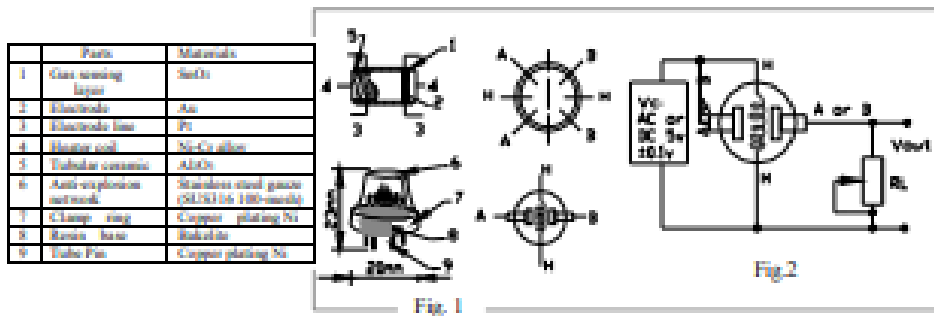
B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10°C-45°C	
T _{as}	Storage Tem	-20°C-70°C	
R _h	Relative humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30K Ω-200K Ω (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope: 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
n (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20°C ± 2°C Humidity: 65% ± 5%	V _c : 5V ± 0.1 V _h : 5V ± 0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of

sensitive components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2
E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

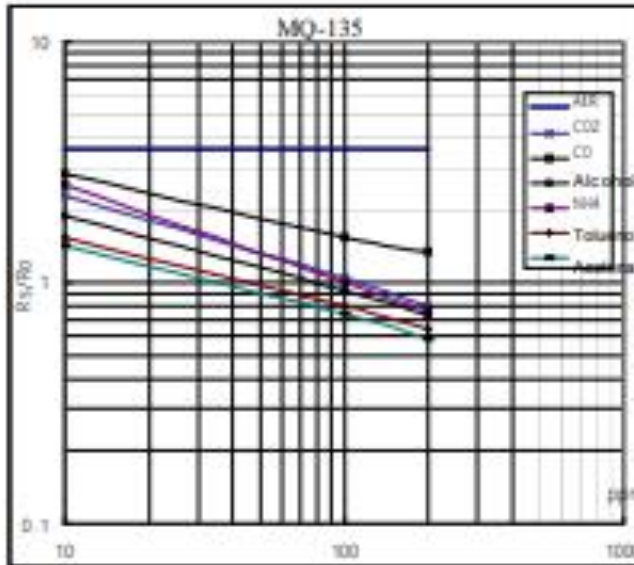


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases. in their: Temp: 20°C . Humidity: 65% . O₂ concentration 21% RL=20k Ω R₀: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air. R_s: sensor resistance at various concentrations of gases.

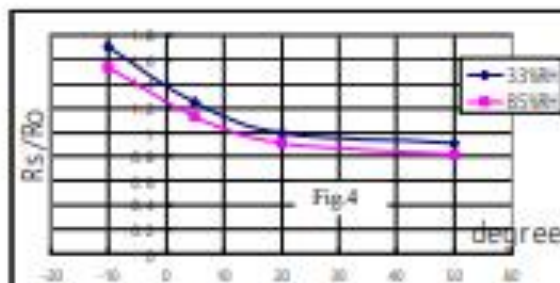


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity. R₀: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree. R_s: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidity.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance(R_L) about 20 K Ω (10K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



Notification

1 Following conditions must be prohibited

1.1 Exposed to organic silicon steam

Organic silicon steam cause sensors invalid, sensors must be avoid exposing to silicon bond, fixture, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment

1.2 High Corrosive gas

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H_2S , SO_x , Cl_2 , HCl etc), it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution

The sensors performance will be changed badly if sensors be sprayed polluted by alkali metals salt especially brine, or be exposed to halogen such as fluorin.

1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when splattered or dipped in water.

1.5 Freezing

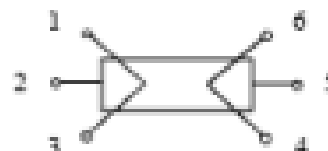
Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensor would lose sensitivity.

1.6 Applied voltage higher

Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, otherwise it cause down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

1.7 Voltage on wrong pins

For 6 pins sensor, if apply voltage on 1. 3 pins or 4. 6 pins, it will make lead broken, and without signal when apply on 2. 4 pins



2 Following conditions must be avoided

2.1 Water Condensation

Indoor conditions, slight water condensation will effect sensors performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensor' sensitivity will be decreased.

2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if long time placed in high gas concentration, it will affect sensors characteristic.

2.3 Long time storage

The sensors resistance produce reversible drift if it's stored for long time without electrify, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensors with long time storage but no electrify, they need long aging time for stibility before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment

No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc, it will effect the sensors performance badly.

2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensors down-lead response then repture. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

2.6 Concussion

If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

2.7 Usage

For sensor, handmade welding is optimal way. If use wave crest welding should meet the following conditions:

2.7.1 Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine

2.7.2 Speed: 1-2 Meter/ Minute

2.7.3 Warm-up temperature: $100 \pm 20^\circ C$

2.7.4 Welding temperature: $250 \pm 10^\circ C$

2.7.5 1 time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will be reduced.

Anexo 5 construcción de camas

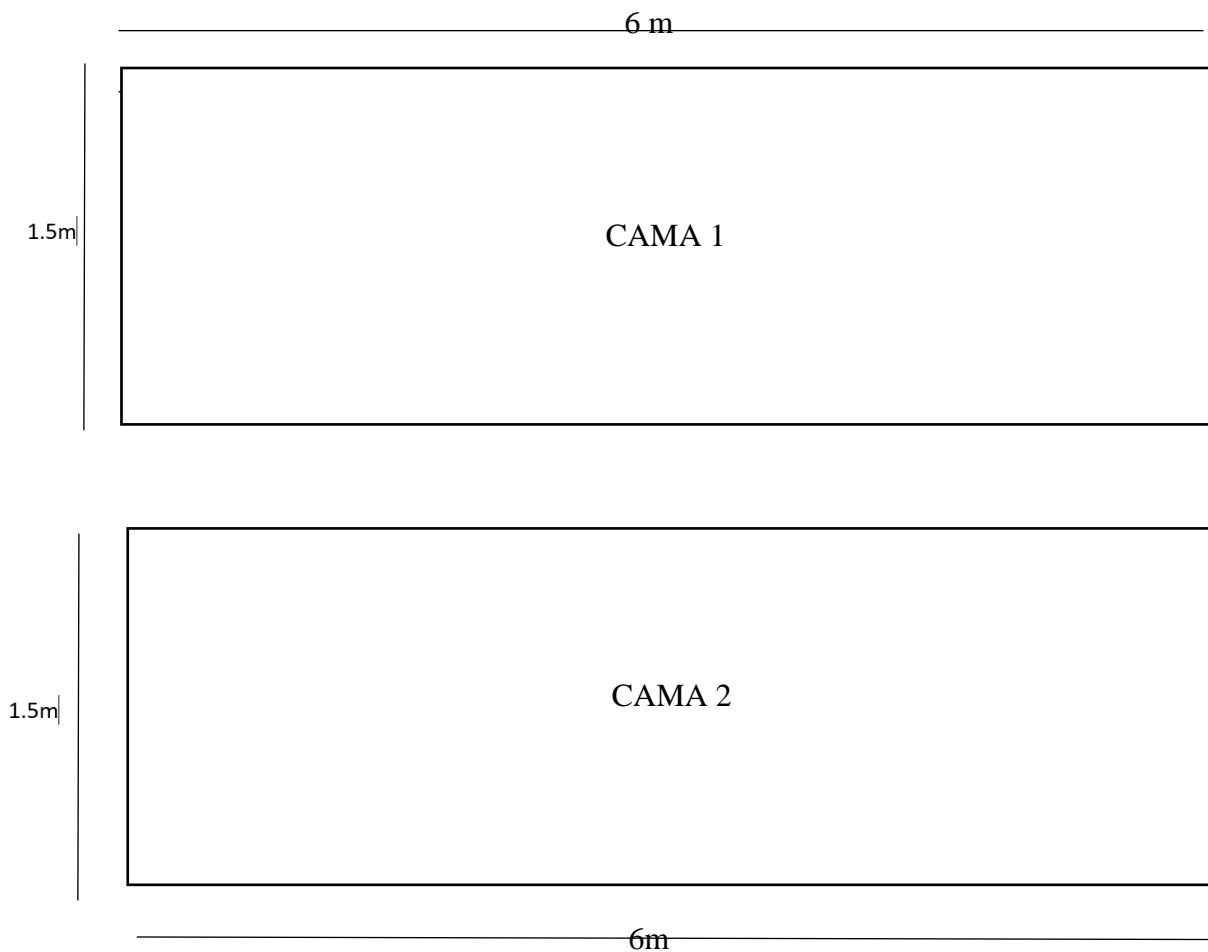
Preparación de camas de cultivo

— realizar el trazado de las parcelas con un cordel y fijar estacas en las cuatro esquinas del rectángulo. Es recomendable que sean de 1 metro de ancho por 10 metros de largo. De esta manera, se puede sembrar y cuidar los cultivos sin maltratarlos o aplastarlos con la carretilla.

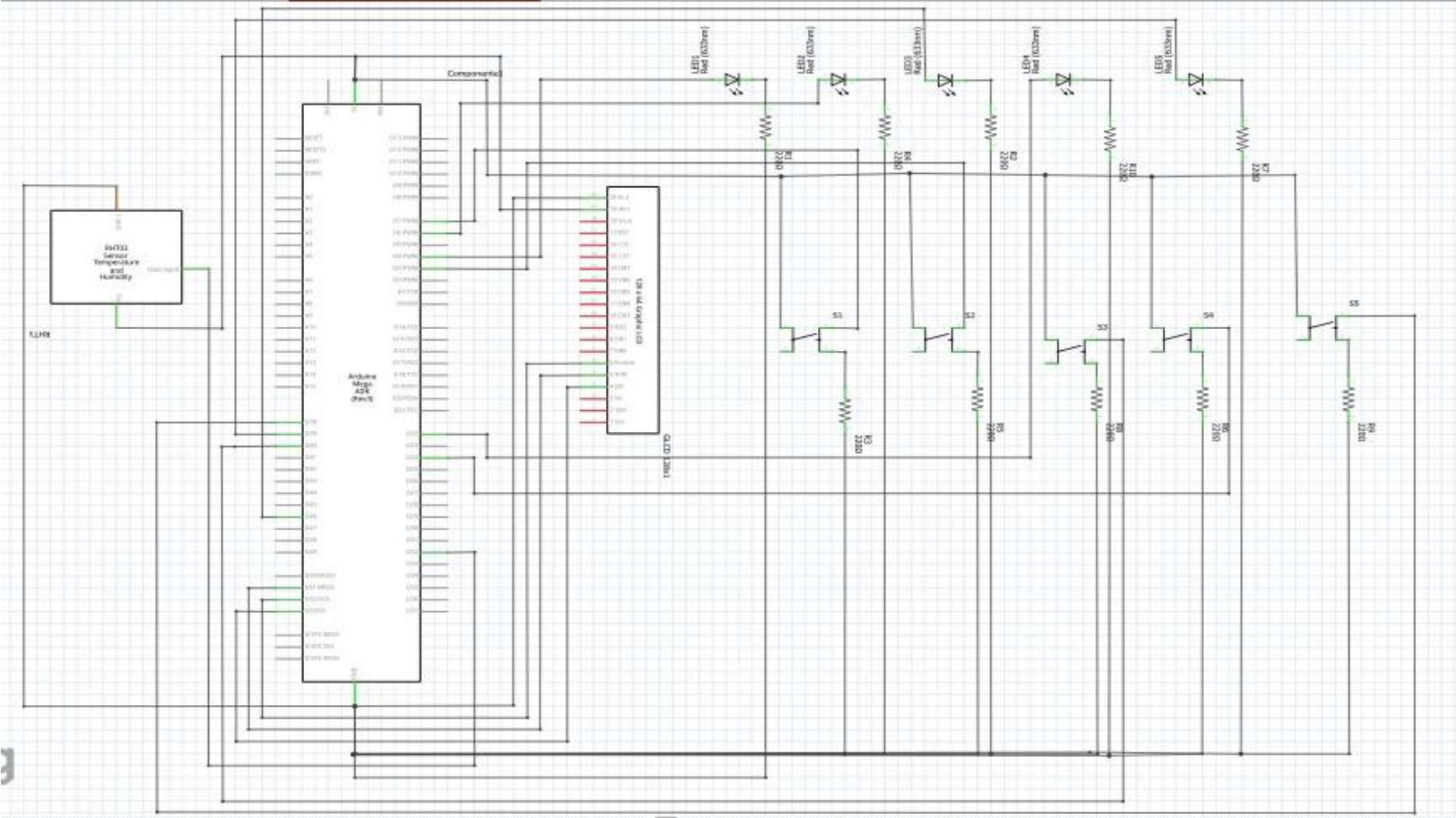
— Deje espacio entre estas parcelas para el sendero. Se recomienda 60 cm o más para pasar el tránsito cómodo de la carretilla y los alumnos con comodidad.

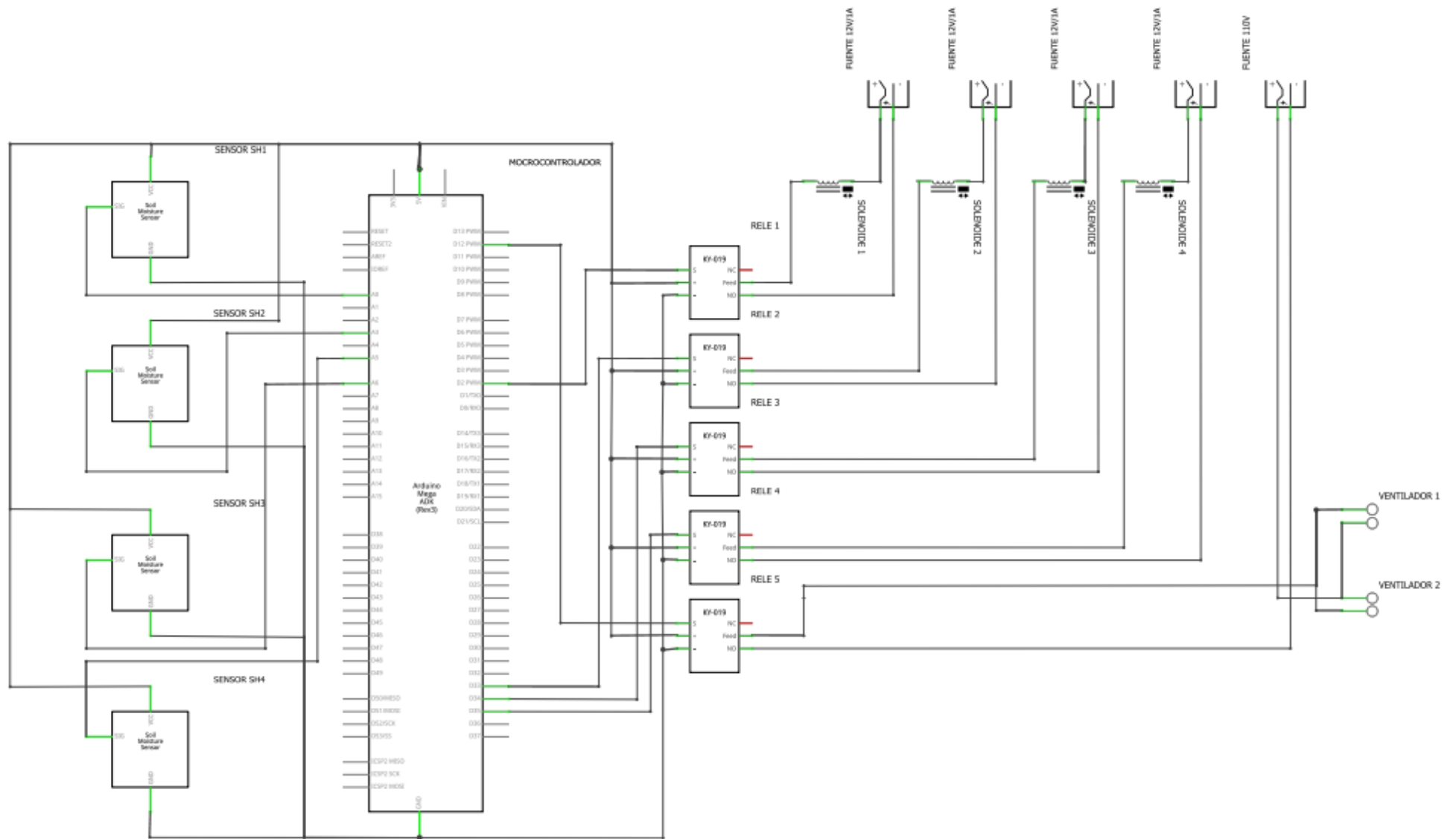
— Adecúe las medidas de las parcelas de cultivo al terreno que tenga disponible. La flexibilidad es la clave.

— En cada parcela de 10 m² aplique 30 kilogramos de estiércol de 45 días al suelo (más o menos el contenido de una carretilla) y/o humus u otros fertilizantes. Nunca agregue estiércol fresco.



Anexo 6: Planos eléctricos

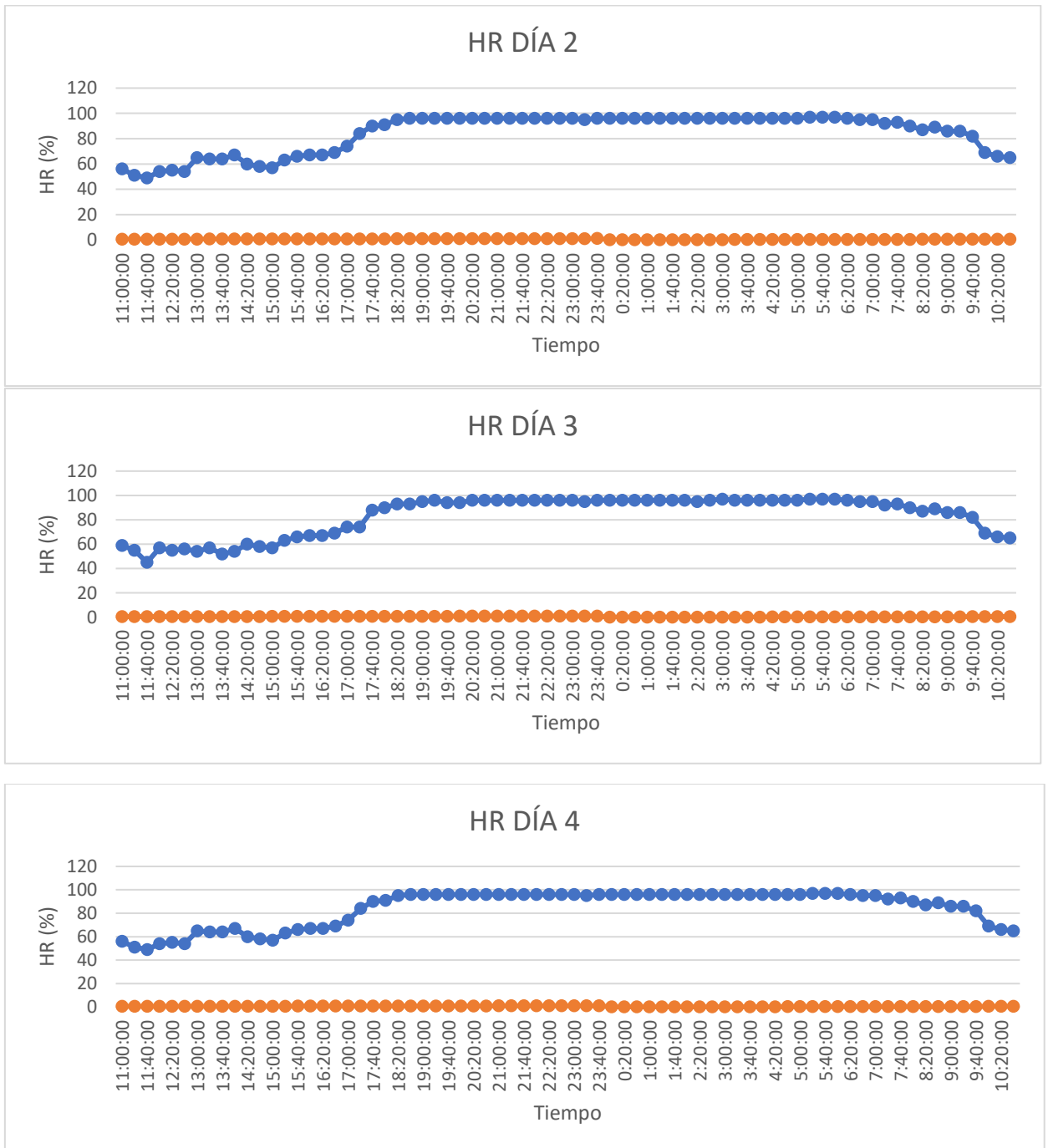




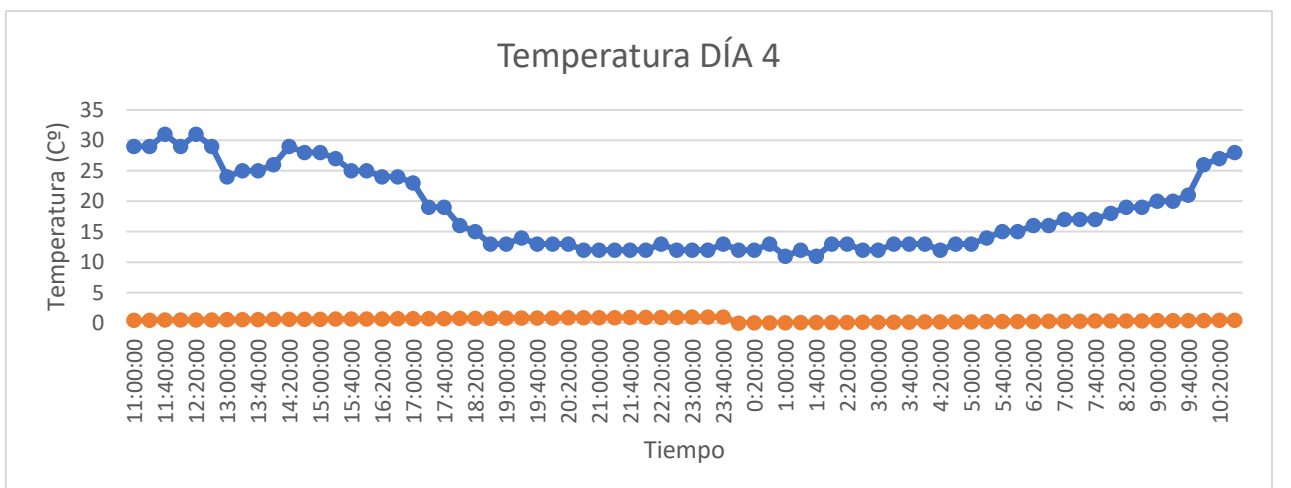
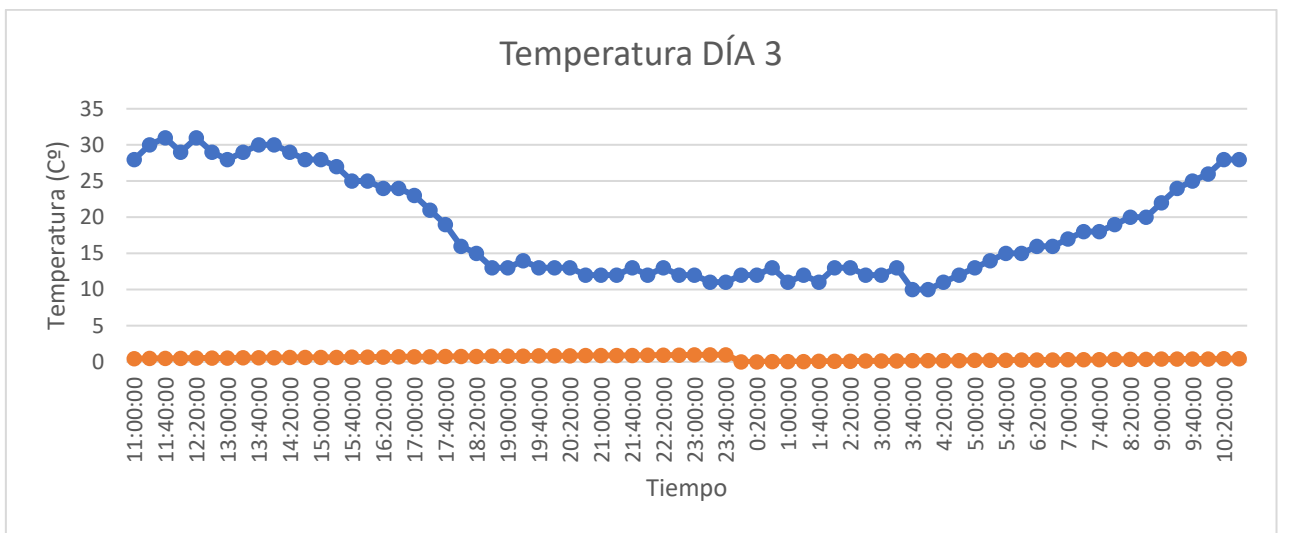
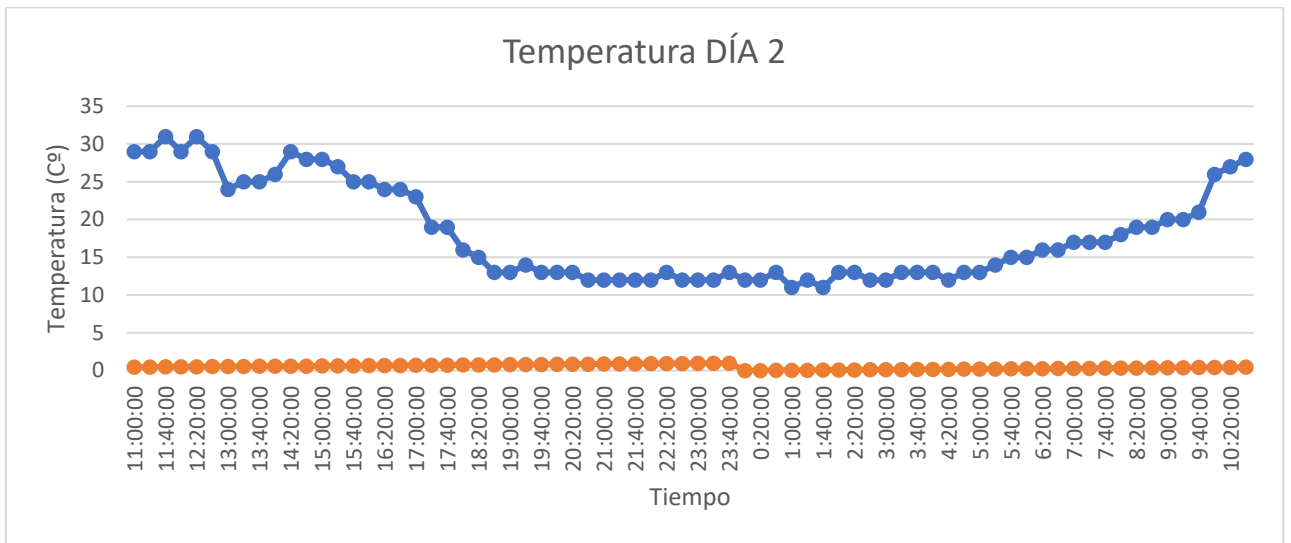
Anexo 7. Tabla de densidad y viscosidad

Sustancia	Densidad en kg/m ³	Densidad en g/cm ³
Agua	1000	1
Aceite	920	0,92
Gasolina	680	0,68
Plomo	11300	11,3
Acero	7800	7,8
Mercurio	13600	13,6
Madera	900	0,9
Aire	1,3	0,0013
Butano	2,6	0,0026
Dióxido de carbono	1,8	0,0018

Anexo 8: Gráficas HR

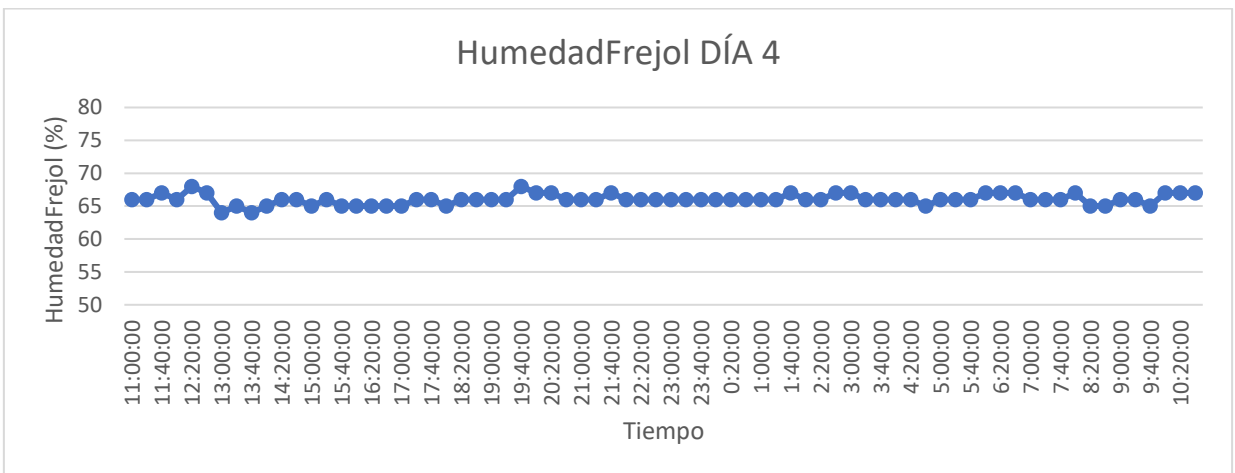
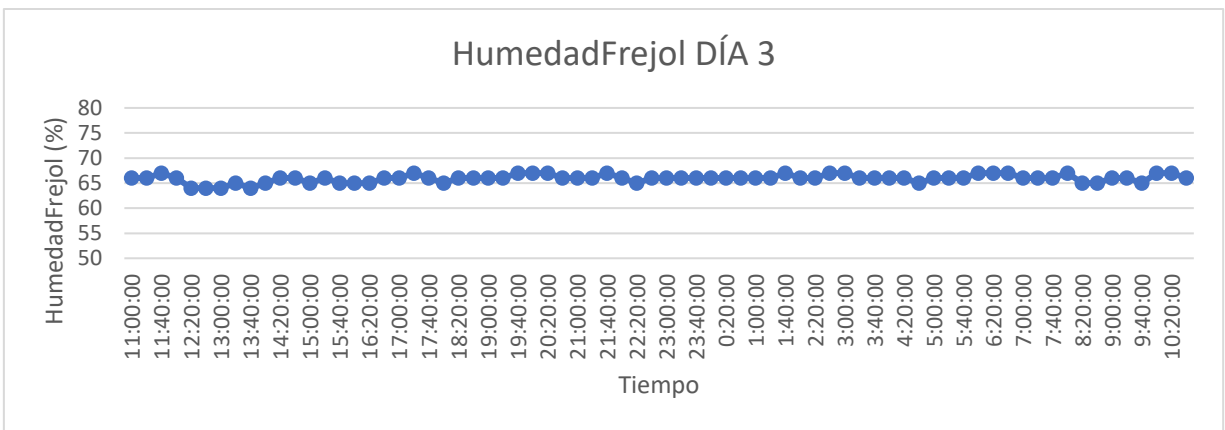
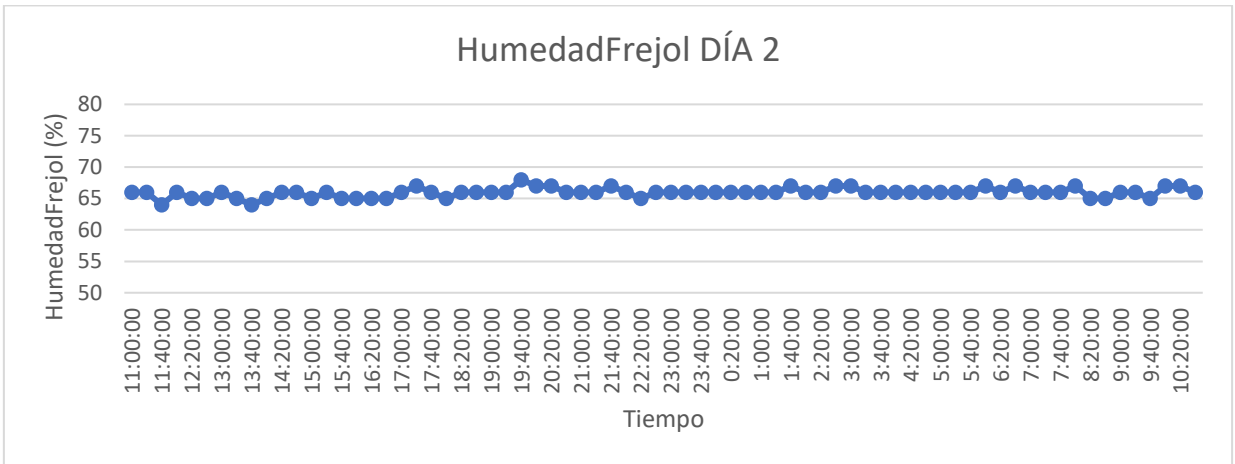


Anexo 9: Gráficas de temperatura

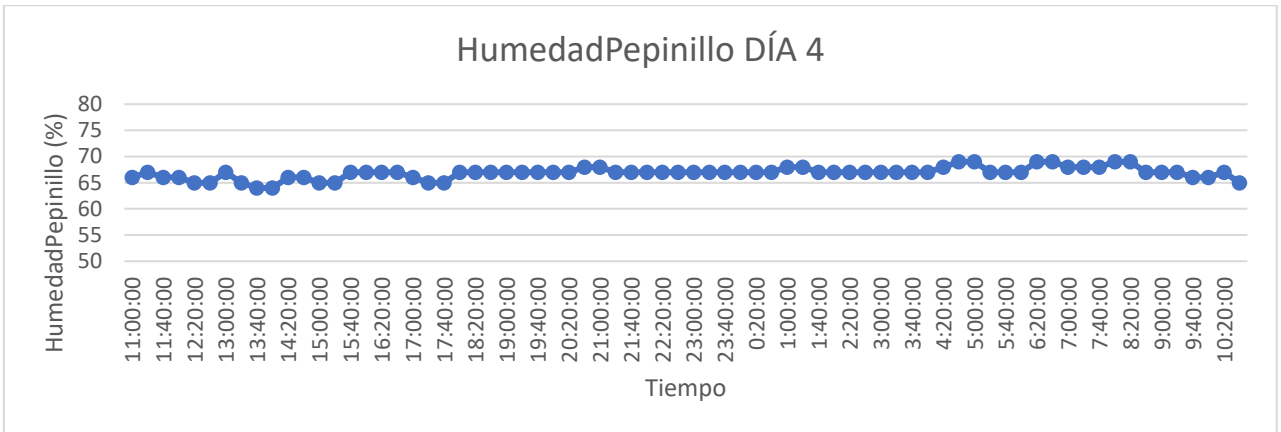
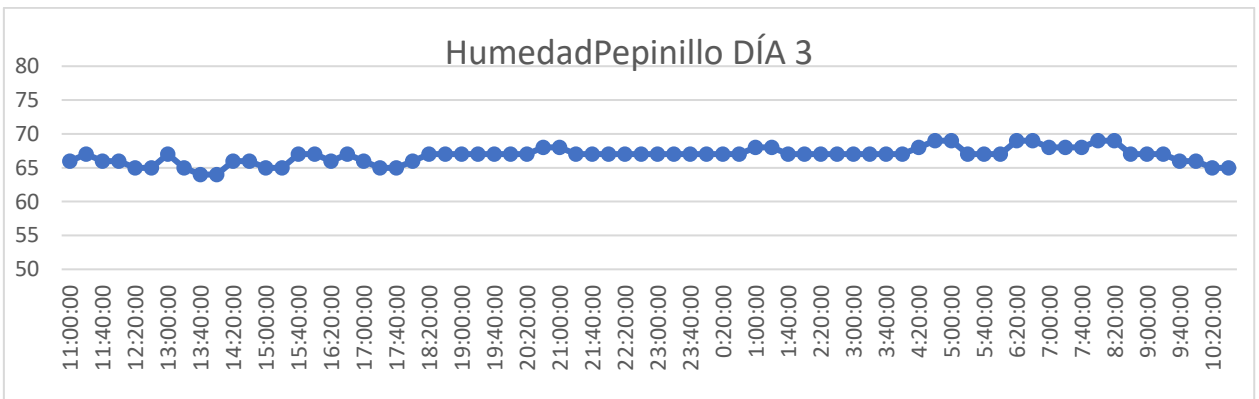
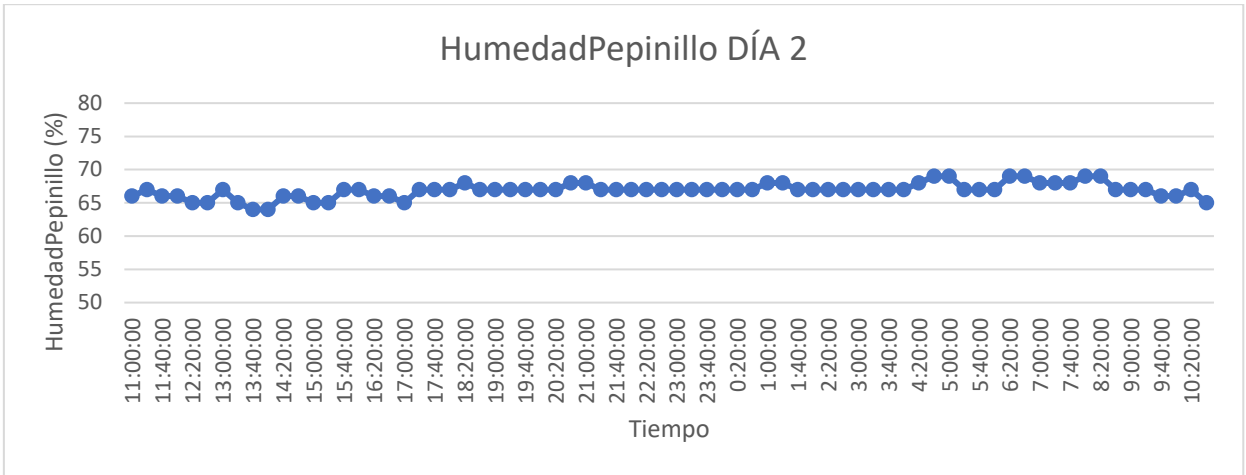


Anexo 10: Humedad de suelo cultivos 3 (Frejol), 4 (pepinillo)

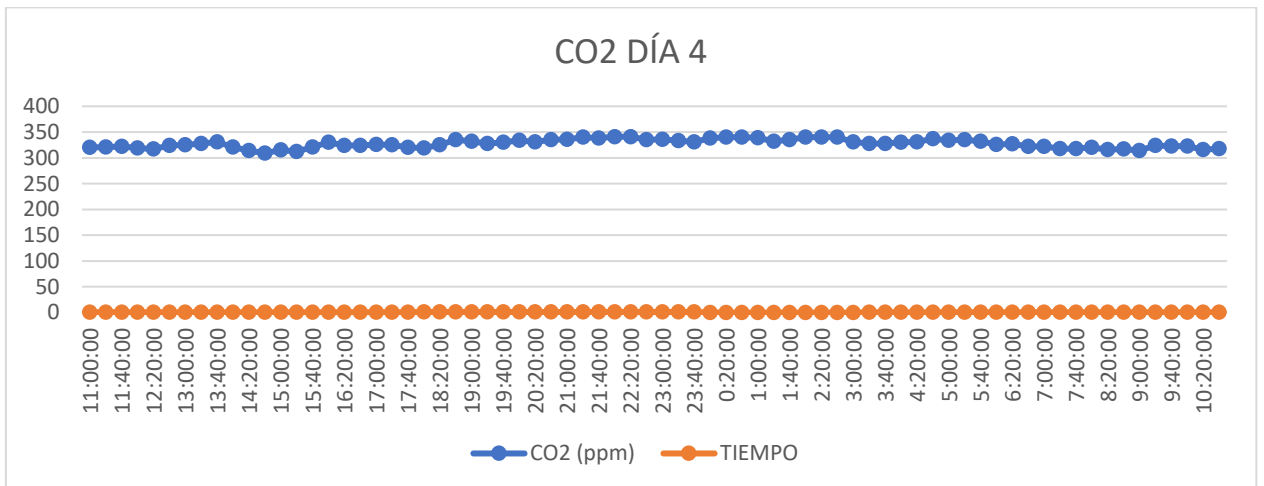
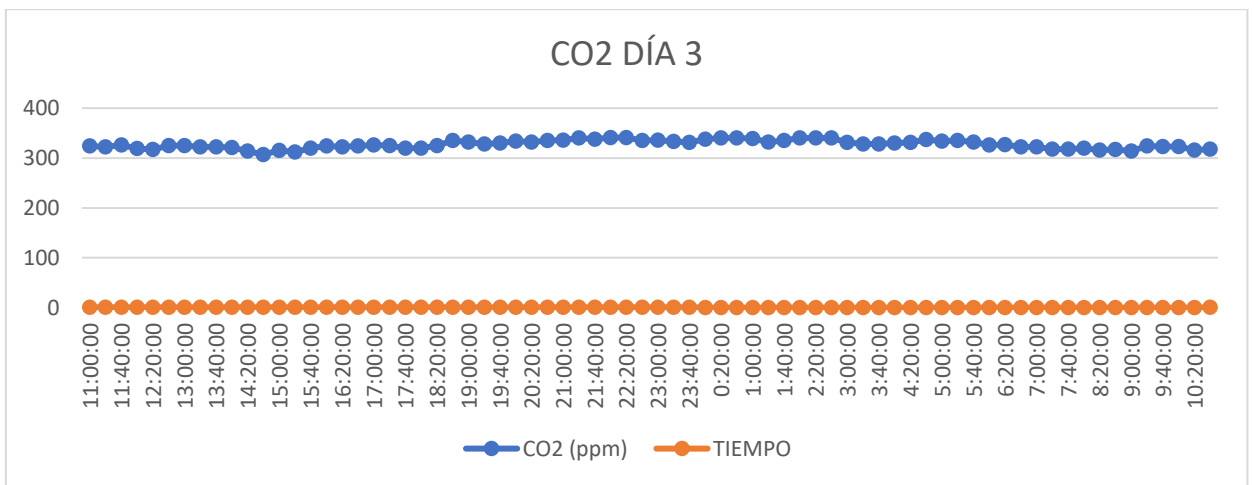
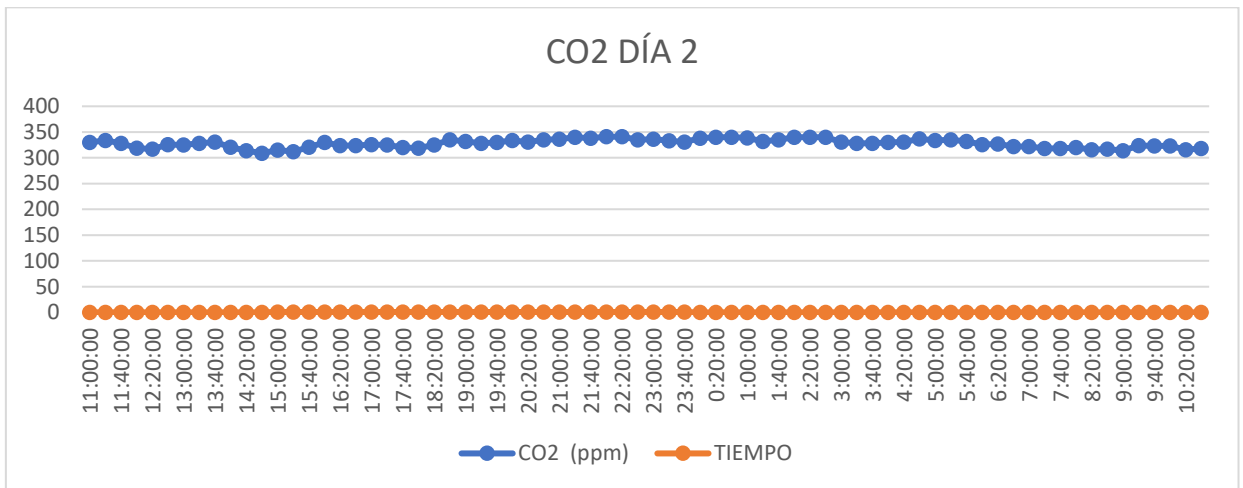
Frejol



Pepinillo



Anexo 11: Gráficas de CO₂, Tabla de datos



MEDICIONES DIA 1													
VENTILACION	RIEGO				SELECCIÓN	humedadA (%)	humedadT (%)	humedadF (%)	humedadP (%)	temperatura (C°)	HR (%)	CO2 (ppm)	HORA
	valvula1	valvula2	valvula3	valvula4									
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	69	67	66	70	29	56	390	11:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	69	69	66	70	29	51	385	11:20
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	68	71	67	69	31	49	384	11:40
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	68	72	66	69	29	54	387	12:00
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	69	71	67	68	31	55	380	12:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	70	70	67	69	29	54	372	12:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	69	70	65	67	24	65	352	13:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	67	69	65	65	25	64	335	13:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	67	70	64	64	25	64	331	13:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	66	70	65	64	26	67	312	14:00
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	66	66	29	60	315	14:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	71	66	66	28	58	321	14:40
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	60	70	65	65	28	57	325	15:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	70	66	65	27	63	320	15:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	63	68	65	66	25	66	327	15:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	69	65	66	25	67	321	16:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	69	65	65	24	67	316	16:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	63	69	65	65	24	69	319	16:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	63	68	65	66	23	74	304	17:00
APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	62	68	65	67	19	84	310	17:20
APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	69	66	67	19	90	307	17:40
APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	62	70	66	67	16	91	315	18:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	71	66	67	15	95	323	18:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	14	94	330	18:40

APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	325	19:00
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	67	14	96	327	19:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	68	67	13	96	319	19:40
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	13	96	318	20:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	13	96	326	20:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	335	20:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	340	21:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	337	21:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	12	96	331	21:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	66	67	12	96	336	22:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	71	65	67	13	96	336	22:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	345	22:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	350	23:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	95	350	23:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	348	23:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	340	0:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	341	0:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	67	71	66	67	13	96	336	0:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	11	96	336	1:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	329	1:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	11	96	335	1:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	339	2:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	342	2:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	12	96	341	2:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	12	96	341	3:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	339	3:20
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	67	13	96	345	3:40

APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	66	71	66	67	13	96	344	4:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	66	68	12	96	344	4:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	72	66	69	13	96	334	4:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	69	13	96	333	5:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	14	97	326	5:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	15	97	328	5:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	15	97	330	6:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	66	69	16	96	326	6:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	71	66	69	16	95	327	6:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	63	71	65	67	17	95	321	7:00
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	17	92	320	7:20
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	17	93	322	7:40
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	67	68	18	90	325	8:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	71	65	67	19	87	330	8:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	71	65	67	19	89	330	8:40
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	71	66	67	20	86	326	9:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	70	66	67	20	86	328	9:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	70	65	66	21	82	321	9:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	69	67	66	26	69	321	10:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	70	67	67	27	66	325	10:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	62	69	66	65	28	65	327	10:40
MEDICIONES DIA 2													
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	69	66	66	29	56	330	11:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	69	66	67	29	51	334	11:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	62	71	64	66	31	49	328	11:40

ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	71	66	66	29	54	319	12:00
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	65	72	65	65	31	55	317	12:20
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	65	72	65	65	29	54	326	12:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	67	24	65	325	13:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	70	65	65	25	64	328	13:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	69	64	64	25	64	331	13:40
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	65	69	65	64	26	67	321	14:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	70	66	66	29	60	314	14:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	70	66	66	28	58	309	14:40
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	61	70	65	65	28	57	315	15:00
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	62	69	66	65	27	63	312	15:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	63	68	65	67	25	66	321	15:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	68	65	67	25	67	330	16:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	68	65	66	24	67	324	16:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	63	68	65	66	24	69	324	16:40
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	72	66	65	23	74	326	17:00
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	71	67	67	19	84	325	17:20
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	72	66	67	19	90	320	17:40
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	61	73	65	67	16	91	319	18:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	66	68	15	95	325	18:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	335	18:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	332	19:00
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	67	14	96	328	19:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	68	67	13	96	330	19:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	13	96	334	20:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	13	96	331	20:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	335	20:40

APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	336	21:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	340	21:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	12	96	338	21:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	341	22:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	71	65	67	13	96	341	22:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	335	22:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	336	23:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	95	333	23:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	331	23:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	338	0:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	340	0:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	67	71	66	67	13	96	340	0:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	11	96	339	1:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	332	1:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	11	96	335	1:40
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	67	13	96	340	2:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	340	2:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	12	96	340	2:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	12	96	331	3:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	328	3:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	328	3:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	66	71	66	67	13	96	330	4:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	66	68	12	96	331	4:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	72	66	69	13	96	337	4:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	69	13	96	334	5:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	14	97	335	5:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	15	97	332	5:40

APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	15	97	326	6:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	66	69	16	96	327	6:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	71	67	69	16	95	322	6:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	71	66	68	17	95	322	7:00
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	17	92	318	7:20
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	17	93	318	7:40
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	67	69	18	90	320	8:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	71	65	69	19	87	316	8:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	71	65	67	19	89	317	8:40
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	72	66	67	20	86	314	9:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	70	66	67	20	86	324	9:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	70	65	66	21	82	323	9:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	69	67	66	26	69	323	10:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	70	67	67	27	66	316	10:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	69	66	65	28	65	318	10:40
MEDICIONES DIA 3													
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	69	66	66	28	59	324	11:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	69	66	67	30	55	322	11:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	71	67	66	31	45	326	11:40
ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	71	66	66	29	57	319	12:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	70	64	65	31	55	317	12:20
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	71	64	65	29	56	325	12:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	70	64	67	28	54	325	13:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	65	70	65	65	29	57	322	13:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	69	64	64	30	52	322	13:40
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	70	65	64	30	54	321	14:00

ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	66	66	29	60	314	14:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	71	66	66	28	58	307	14:40
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	60	70	65	65	28	57	315	15:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	69	66	65	27	63	312	15:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	63	69	65	67	25	66	320	15:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	69	65	67	25	67	324	16:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	70	65	66	24	67	322	16:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	69	66	67	24	69	324	16:40
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	71	66	66	23	74	326	17:00
ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	62	71	67	65	21	74	325	17:20
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	62	72	66	65	19	88	320	17:40
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	61	72	65	66	16	90	320	18:00
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	71	66	67	15	93	325	18:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	66	67	13	93	335	18:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	95	332	19:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	14	96	328	19:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	13	94	330	19:40
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	67	67	13	94	334	20:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	13	96	332	20:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	335	20:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	336	21:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	340	21:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	13	96	338	21:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	66	67	12	96	341	22:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	71	65	67	13	96	341	22:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	335	22:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	336	23:00

APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	11	95	333	23:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	11	96	331	23:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	338	0:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	340	0:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	340	0:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	67	71	66	68	11	96	339	1:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	332	1:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	11	96	335	1:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	340	2:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	95	340	2:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	12	96	340	2:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	12	97	331	3:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	328	3:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	10	96	328	3:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	10	96	330	4:00
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	66	70	66	68	11	96	331	4:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	72	65	69	12	96	337	4:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	69	13	96	334	5:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	14	97	335	5:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	15	97	332	5:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	15	97	326	6:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	69	16	96	327	6:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	67	69	16	95	322	6:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	17	95	322	7:00
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	18	92	318	7:20
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	18	93	318	7:40
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	67	69	19	90	320	8:00

ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	71	65	69	20	87	316	8:20
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	71	65	67	20	89	317	8:40
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	72	66	67	22	86	314	9:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	70	66	67	24	86	324	9:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	70	65	66	25	82	323	9:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	69	67	66	26	69	323	10:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	70	67	65	28	66	316	10:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	69	66	65	28	65	318	10:40
MEDICIONES DIA 4													
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	69	66	66	29	56	320	11:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	69	66	67	29	51	321	11:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	73	67	66	31	49	322	11:40
ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	73	66	66	29	54	319	12:00
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	71	68	65	31	55	317	12:20
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	72	67	65	29	54	324	12:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	70	64	67	24	65	325	13:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	70	65	65	25	64	328	13:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	64	69	64	64	25	64	331	13:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	66	69	65	64	26	67	321	14:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	70	66	66	29	60	314	14:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	62	70	66	66	28	58	309	14:40
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	TODOS	60	70	65	65	28	57	315	15:00
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	60	69	66	65	27	63	312	15:20
ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	62	68	65	67	25	66	321	15:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	63	68	65	67	25	67	330	16:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	68	65	67	24	67	324	16:20

ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	63	68	65	67	24	69	324	16:40
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	72	65	66	23	74	326	17:00
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	60	71	66	65	19	84	325	17:20
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	61	72	66	65	19	90	320	17:40
APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	62	73	65	67	16	91	319	18:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	66	67	15	95	325	18:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	335	18:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	332	19:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	14	96	328	19:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	68	67	13	96	330	19:40
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	67	67	13	96	334	20:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	13	96	331	20:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	335	20:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	336	21:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	340	21:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	12	96	338	21:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	66	67	12	96	341	22:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	341	22:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	335	22:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	336	23:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	95	333	23:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	331	23:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	338	0:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	12	96	340	0:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	67	71	66	67	13	96	340	0:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	11	96	339	1:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	68	12	96	332	1:20

APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	11	96	335	1:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	340	2:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	340	2:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	67	67	12	96	340	2:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	12	96	331	3:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	328	3:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	13	96	328	3:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	66	71	66	67	13	96	330	4:00
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	12	96	331	4:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	65	72	65	69	13	96	337	4:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	69	13	96	334	5:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	14	97	335	5:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	71	66	67	15	97	332	5:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	72	67	67	15	97	326	6:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	64	71	67	69	16	96	327	6:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	71	67	69	16	95	322	6:40
APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	71	66	68	17	95	322	7:00
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	17	92	318	7:20
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	66	68	17	93	318	7:40
APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	70	67	69	18	90	320	8:00
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	71	65	69	19	87	316	8:20
APAGADA	APAGADA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	71	65	67	19	89	317	8:40
ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	72	66	67	20	86	314	9:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	70	66	67	20	86	324	9:20
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	ENCENDIDA	APAGADA	TODOS	64	70	65	66	21	82	323	9:40
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	65	69	67	66	26	69	323	10:00
ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	APAGADA	TODOS	63	70	67	67	27	66	316	10:20

ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	APAGADA	ENCENDIDA	TODOS	63	69	67	65	28	65	318	10:40
-----------	---------	-----------	---------	-----------	-------	----	----	----	----	----	----	-----	-------