



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

“INVERNADERO INTELIGENTE”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

PRESENTAN

EDUARDO BARRERA MARTIN
RAFAEL VÍCTOR HERRERO NIÑO
ALEJANDRO RAÚL MERAZ GARCÍA

ASESORES:

DR. ALFREDO RAMÍREZ GARCÍA
ING. GERARDO SUÁREZ



MÉXICO, D.F. MAYO DE 2014

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN
DEBERA (N) DESARROLLAR**

**INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
C. RAFAEL VICTOR HERRERO NIÑO
C. EDUARDO BARRERA MARTIN
C. ALEJANDRO RAUL MERAZ GARCIA**

“INVERNADERO INTELIGENTE”

PROPUESTA DE UN PROTOTIPO DE INVERNADERO INTELIGENTE PARA EL CULTIVO DE RÁBANO.

- MARCO TEÓRICO
- PARÁMETROS DE CONTROL
- MICROCONTROLADORES Y PROGRAMACIÓN
- FUNCIONAMIENTO

MÉXICO D.F. A 25 DE FEBRERO DE 2015

ASESORES


ING. ALFREDO RAMÍREZ GARCÍA


ING. GERARDO SUAREZ



ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ TRÁNGEL
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA



CONTENIDO

Resumen	1
CAPÍTULO 1	2
1.1 Introducción	2
1.2 Organización del documento	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Planteamiento del problema.....	4
1.5 Justificación.....	5
1.6 Estado del arte.....	6
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 ¿Qué es un invernadero?	7
2.2.1 Tipos de invernadero.....	8
2.2.2 Techos Ecológicos.....	13
2.3 Microclima del cultivo del rábano.....	14
2.3.1 Temperatura.	16
2.3.2 Humedad Relativa.....	17
2.3.3 Suelo.....	17
2.3.4 Riego.....	18
CAPÍTULO 3. PARÁMETROS DE CONTROL	19
3.1. Temperatura.....	19
3.1.1. Sistemas de calefacción.....	21
3.1.2. Resistencia eléctrica de inmersión.....	23
3.1.3. Sensor de temperatura LM35.....	26
3.1.4 Sensor DTH11 (parte 1).....	28
3.2. Ventilación.....	33
3.2.2 Tipos de extractores y ventiladores.....	36



3.3. Humedad relativa y humedad de suelo.....	38
3.3.1. Tipos de suelo para cultivo.....	41
3.3.2. Sistemas de riego.....	45
3.3.3. Sensor de humedad de suelo.....	53
3.3.4. Sensor DTH11 (parte 2).....	55
3.4. Etapa de potencia.....	55
CAPÍTULO 4. MICROCONTROLADORES Y PROGRAMACIÓN.....	58
4.1. Arquitectura.....	58
4.1.1. ARDUINO, MICROCHIP, MSP430.....	58
4.1.2. Elección de Arduino.....	60
4.2 Programación.....	63
4.2.1.- Diagrama de flujo.....	64
4.3 Código fuente.....	65
4.3.1 Código objeto.....	65
4.3.2 Código ejecutable.....	66
CAPÍTULO 5. FUNCIONAMIENTO.....	67
5.1 Estructura.....	67
5.1.1 Materiales que se utilizaron.....	68
5.1.2 Procedimiento de la elaboración de la estructura del invernadero.....	69
5.1.3 Diseño de circuitos eléctricos y electrónicos.....	72
5.2 Resultados.....	76
5.2.1 Etapa de humedad Relativa.....	76
5.2.2 Etapa de humedad de suelo.....	77
5.2.3 Etapa de Temperatura.....	78
5.3 Conclusiones.....	79
Apéndice.....	81
Apéndice 1: Código Fuente Del Invernadero.....	81
Apéndice 2: Índice De Figuras.....	96
Apéndice 3: Índice De Tablas.....	98
Bibliografía.....	99



Resumen

Este proyecto de tesis hace una propuesta de una maqueta de automatización de un invernadero para el cultivo de la hortaliza del rábano haciendo uso de la tecnología ARDUINO y así conocer las bondades de producción que un invernadero inteligente podría brindar a las personas que se interesen en hacer una plantación o cultivo en casa o a mayor escala, ya que el tiempo de dedicación que una persona podría brindar hacia sus plantas disminuiría considerablemente, porque este sistema de control haría el trabajo de monitoreo de los parámetros ambientales (temperatura y humedad) en el momento adecuado y así el cultivo no pierda sus propiedades; además evitar la pérdida del cultivo.

Uno de los principales objetivos de este trabajo es dar una solución práctica a los problemas que presentan los invernaderos semi-automatizados. Específicamente se centró en los problemas que agravan el invernadero de agronomía, como el excesivo consumo de energía eléctrica, la mala lectura de las principales variables así como el desperdicio de agua.



CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos relativamente sencillos. Hoy en día es cada vez mayor la accesibilidad a nuevas tecnologías inteligentes, las cuales podrían ayudar en distintas áreas en el campo laboral.

El presente trabajo de tesis propone la resolución de un problema de la vida real el cual se planteó con el afán de darle una solución eficaz por medio de la automatización para un invernadero. Esta idea fue orientada hacia el sector agropecuario, más directamente al cultivo de plantas en invernaderos. Para ello la automatización es la capacidad de un sistema para llevar a cabo determinadas tareas sin intervención humana, por lo que es posible que diversos sistemas sean tan precisos, rápidos (aumenten la producción) y económicos en donde se implemente este tipo de tecnología pues gracias a esto es como obtenemos todas estas grandes ventajas.

Por otro lado, un invernadero es un espacio con un microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una plantación específica. Partiendo de un estudio técnico de ambientación climática, es necesario obtener en él, la temperatura, la humedad relativa, riego y la ventilación apropiadas para alcanzar alta productividad a bajo costo, en menos tiempo, sin daño ambiental, protegiendo al cultivo de lluvias, plagas y exceso de vientos perjudiciales.

Con la tecnología ARDUINO favorece más aun la implantación de la automatización de variables necesarias para cualquier tipo de hortaliza en un espacio cerrado (invernadero), además de que tiene una amplia gama de sensores compatibles con el microcontrolador de la misma familia reduciendo costos y tiempo a diferencia de otros, que en esta misma tecnología la plataforma de programación es muy amigable con el usuario.



1.2 Organización del documento

Capítulo 1: Se refiere a la introducción al tema de los invernaderos y también se plantean los objetivos a lograr, la justificación del tema y propuesta de solución. Dando unas reseñas históricas del inicio de los invernaderos y su evolución, así como sus características. Además se da una breve explicación del contenido de la tesis.

Capítulo 2: Se describen los diferentes tipos de invernaderos, sus características que tienen así como también las del cultivo del rábano.

Capítulo 3: Se describen las variables y los sistemas que conforman el invernadero para el cual se enfoca el trabajo.

Capítulo 4: Se aborda brevemente los diferentes controladores que se pueden usar en los invernaderos automatizados, así como también el que se utilizó para este proyecto.

Capítulo 5: Se describen los resultados obtenidos en el modelado climático, y las diferentes formas de controlar el clima, temperatura, humedad, y del cómo se implementó en esta tesis.



1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Propuesta de un prototipo de un invernadero inteligente para el cultivo de rábano.

1.3.2 Objetivos específicos.

1. Diseñar a escala de un invernadero para generar un microclima adecuado para la hortaliza (0.21 m²).
2. Configurar y colocar los sensores de temperatura y humedad requeridos para el cultivo del rábano.
3. Implementar una interfaz de usuario en pantalla de cristal líquido (LCD) para el despliegue y modificación de los parámetros del invernadero (temperatura y humedad).

1.4 Planteamiento del problema.

Actualmente existen techos ecológicos cuya función principal es el cultivo de hortalizas para el autoconsumo contribuyendo con el ecosistema y la economía familiar.

La desventaja de un techo ecológico es la falta de atención en los cuidados necesarios de una hortaliza originado principalmente por la falta de personal capacitado para su supervisión, como consecuencia la hortaliza no crece debidamente o simplemente muere arruinando el trabajo previo.

Para resolver esta problemática se propuso la creación de un prototipo de un invernadero inteligente capaz de monitorear y regular los principales parámetros de temperatura y humedad necesarios para el crecimiento de la hortaliza y así deslindar al personal de todo mantenimiento y riesgo que se genere. Integrando una interfaz gráfica para la fácil operación y monitoreo de dichos parámetros.



1.5 Justificación.

Se sabe que la creación de techos ecológicos surgió como una alternativa de cultivo y ahorro en la economía (actualmente se sabe que se cultivan verduras en azoteas de la Delegación Iztapalapa debido a la crisis económica [1]), pero la principal problemática de la desatención del cuidado de un techo ecológico es la falta de personal encargado [2] además del costo que implica capacitar dicho personal.

Hasta el momento, en los invernaderos de grandes dimensiones existen implementaciones automatizadas para resolver el problema del monitoreo de diferentes parámetros (temperatura, humedad, PH y riego), pero para un techo ecológico no se conocen sistemas automatizados ya que los cuidados son atendidos de manera manual.

Es necesario partir del conocimiento que en el país no se maneja en un 100% la automatización de manera completa, por lo que se genera un microclima automatizado para el usuario y da oportunidad de mejorar la producción bajo invernadero, un producto de excelente calidad.

El proyecto (prototipo de un invernadero inteligente) que se planea en esta tesis cubre las necesidades antes mencionadas ya que con las tecnologías actuales se puede obtener un mejor rendimiento en cuestión del mantenimiento y monitoreo de los parámetros de temperatura y humedad a un bajo costo.

La producción de cultivo de rábano bajo invernadero es una de las técnicas modernas que se utilizan en la producción agrícola, por lo que generar un sistema que de la posibilidad al cliente de tener un control óptimo de acuerdo a las necesidades de la hortaliza haciendo de este mismo la automatización de las variables primordiales que se requieren y no haya pérdidas tanto de producción, tiempo y dinero.



1.6 Estado del arte.

Los techos ecológicos tienen desventajas en cuanto a su cuidado, son nuevas formas de cultivar variedades de vegetales, legumbres, y diferentes tipos de plantas, con antecedentes desde hace muchos siglos. Los techos ecológicos se dan también de forma natural en climas fríos de las regiones de Alaska, Canadá, y Estados Unidos. En situaciones de frío almacenan el calor en el interior del techo ecológico, y en climas calientes, mantienen fresco el interior.

La construcción de los techos ecológicos lleva un proceso largo, desde impermeabilizar la superficie y rellenar el espacio de tierra, teniendo su altura indicada para el cultivo de los diversos vegetales. Debido a que el techo ecológico conlleva un cuidado en distintos parámetros como: riego, temperatura, vientos, lluvia y humedad; con la propuesta del prototipo de invernadero de este trabajo de tesis resolveremos el problema de la temperatura y humedad principalmente y con el diseño de la cubierta del prototipo, ayudara a proteger del viento y lluvia.

Hay empresas que se dedican a desarrollar invernaderos más sofisticados como es el caso de los industriales, usan materiales más robustos, caros, y en cantidad grande. Usan tecnología de punta, pero en cierto punto es cara por el desarrollo y construcción de dichos materiales; a su vez utilizan más potencia, traducido a dinero, más gasto en energía eléctrica.

Son empresas que trabajan para áreas muy grandes, y definidas, en ambientes extremos o para alguna empresa de cultivos. De ahí la necesidad de implementar un prototipo a escala, para áreas no muy grandes, y de mínimo consumo de energía con materiales igualmente resistentes con menor cantidad de recursos en su diseño que además ofrezcan el mismo rendimiento que uno industrial, para maximizar su desempeño.

Con los avances tecnológicos que tenemos en la actualidad, este tipo de sistemas de invernadero han evolucionado, materiales más livianos y resistentes, formas aerodinámicas y así aplicarlos en sistemas eficientes de ingeniería.



CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes.

En referencias históricas del uso de plantas de interior, dos cosas son obvias: en primer lugar la introducción de plantas en macetas y en segundo lugar la colocación de estas plantas en el interior. Mientras que las plantas nativas pueden crecer en macetas al aire libre, las plantas exóticas tienen requisitos climáticos especiales y se deben cultivar dentro.

Hacia finales del siglo IV A.C., las macetas eran ya una cosa normal y los jardines de azotea no eran tomados ya como algo fuera de lo común. Los egipcios ya sentían un gran amor por las plantas y las flores. No obstante las pruebas escritas que demuestran la utilización de las plantas de interior data del siglo III A.C. Las plantas estaban en recipientes de arcilla y fueron colocadas en los patios de los palacios con propósitos ornamentales.

Las plantas de interior incluso existieron en Pompeya donde los resultados arqueológicos de las ruinas demuestran que los romanos también han utilizados el cultivo en maceta para uso de interior. Hay prueba que los atrios fueron adornados con numerosas plantas en flor y cestas que colgaban. El emperador Tiberius construyó invernaderos usando *Lapis specularis* (*Piedras de espejo*) que permitió dar una luz tenue en vez del sol directo. El utilizó el calor del sol para calentar el abono que era utilizado para abonar las plantas exóticas que Tiberius había recolectado en sus campañas.

2.2 ¿Qué es un invernadero?

Es un espacio con el microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una plantación en específico.



2.2.1 Tipos de invernadero.

A continuación se mencionan los tipos y características de algunos invernaderos:

El invernadero plano.

Está compuesto de dos partes: una estructura vertical y otra horizontal, bien diferenciadas. Generalmente, se utiliza en zonas con escasas precipitaciones.

La estructura vertical está conformada por soportes rígidos perimetrales de madera o acero galvanizado, usualmente cilíndricos, que tienen una inclinación hacia el exterior de unos 30° con respecto a la vertical; estos soportes están situados en las bandas laterales y en las esquinas, y sujetos en su parte superior; sirven para tensar las cuerdas de alambre de la cubierta. Posee, también, soportes o pies interiores intermedios.

La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente, las que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico. Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2 y 3.5 m; la altura de las bandas oscila entre 2 y 2.7 m.

Los soportes del invernadero se apoyan en bloques tronco piramidal prefabricado, de hormigón, colocado sobre pequeños pozos de cimentación. Este invernadero se ilustra en la Figura 2.1.

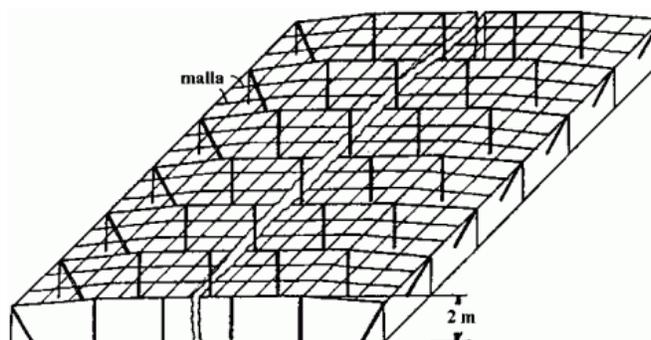


Figura 2.1 Invernadero Plano.



El invernadero en raspa y amagado.

Tiene una estructura similar a la del invernadero plano; pero, varía la forma de la cubierta. En la cumbrera, la altura máxima del invernadero oscila entre 3 y 4.2 m, formando una raspa.

En la parte más baja amagado se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permiten colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2.8 m; la de las bandas, entre 2 y 2.5 m; la separación entre apoyos y los vientos del amagado es de 2 x 4 m. El ángulo de la cubierta oscila entre 6° y 20° este último es el valor óptimo. La orientación recomendada es en dirección este-oeste. Por lo cual se ilustra en la Figura 2.2.

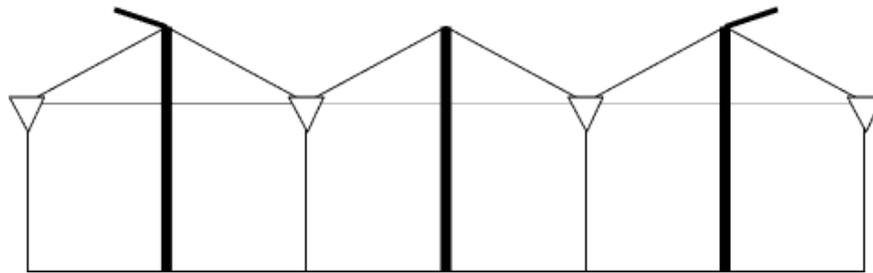


Figura 2.2 Invernadero en Raspa y Amagado.

El invernadero asimétrico.

Difiere del de tipo raspa y amagado, en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur; este aumento tiene por objeto acrecentar la capacidad de captación de la radiación solar; para ello, el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del Sol.

La inclinación de la cubierta es tal que permite que la radiación solar incida perpendicularmente sobre ella al mediodía solar, durante el solsticio de invierno, época en la que el Sol alcanza su punto más bajo como se ilustra en la Figura 2.3. Este ángulo próximo a 60° ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de



la estructura a los fuertes vientos; por ello, suelen implementarse ángulos comprendidos entre los 8° y 11° en la cara sur, y entre los 18° y 30° en la cara norte. La altura máxima de la cumbrera varía entre 3 y 5 m, y su altura mínima de 2.3 a 3 m; la de las bandas oscila entre 2.15 y 3 m; la separación de los apoyos interiores suele ser de 2 x 4 m.

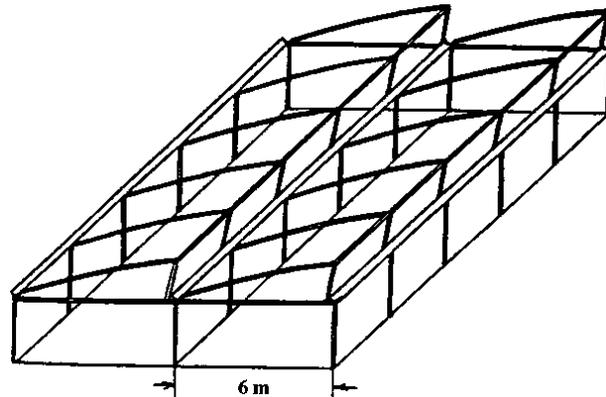


Figura 2.3 Invernadero Asimétrico.

El invernadero de capilla simple.

La techumbre forma uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. El ancho que suele darse a este tipo de invernadero es de 12 a 16 m. La altura en cumbrera está comprendida entre 3.25 y 4 m. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25° , no ofrece inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación se realiza a través de ventanas frontales y laterales; pero, cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas, la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación. Este invernadero se ilustra en la Figura 2.4

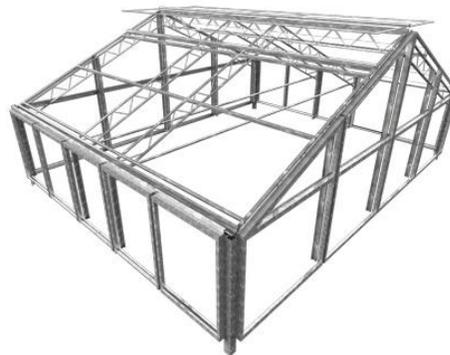


Figura 2.4 Invernadero de Capilla Simple.



El invernadero de doble capilla.

Está formado por dos naves yuxtapuestas, su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital en la cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y, por lo general, cuentan con malla mosquitera.

También posee ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y costosa, respecto del tipo de invernadero de capilla simple a dos aguas como se muestra en la Figura 2.5.

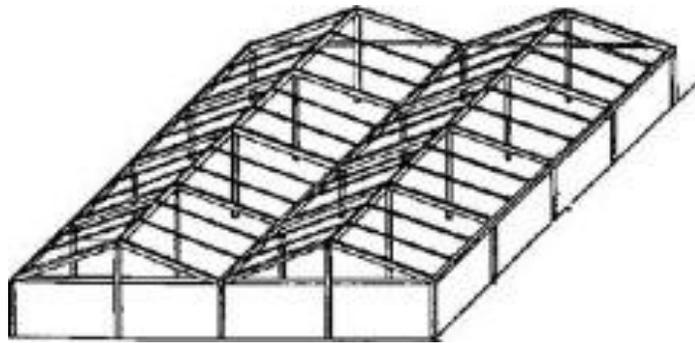


Figura 2.5 Invernadero de Doble Capilla.

El invernadero túnel o semicilíndrico.

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo en razón de su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al constar de estructuras prefabricadas.

Sus soportes son tubos de hierro galvanizado que tienen una separación interior de 5 x 8, ó 3 x 5 m. La altura máxima oscila entre 3.5 y 5 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2.5 a 4 m. El ancho de las naves está comprendido entre 6m y 9m, y se permite el adosamiento de varias naves. La ventilación se reali-



za mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero. En la Figura 2.6 se muestra este tipo de invernadero.

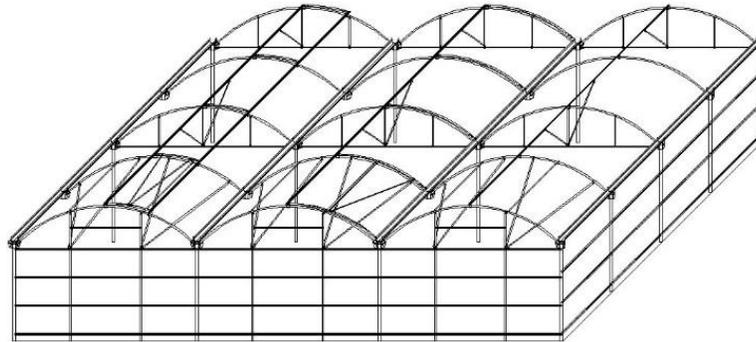


Figura 2.6 Invernadero Túnel o Semicilíndrico.

El invernadero de Cristal.

Se emplea generalmente en el norte de Europa, consta de una estructura metálica prefabricada y de una cubierta de vidrio. El techo está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales.

El ancho de cada módulo es de 3.2 m. Desde los canales hasta la cumbrera hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1.65 m y ancho que varía desde 0.75 m hasta 1.6 m. La separación entre columnas en la dirección paralela a los canales es de 3 m. En sentido transversal, están separadas 3.2 m si hay una línea de columnas debajo de cada canal 6.4 m si se construye algún tipo de viga en celosía. En la Figura 2.7 se muestra este tipo de invernadero.



Figura 2.7 Invernadero de Cristal.



2.2.2 Techos Ecológicos.

Los techos verdes además de influir en el mejoramiento del clima de la ciudad, también optimizan la aislación térmica, el almacenamiento de calor del edificio, y su aislación acústica. Además son considerados, a largo plazo, más económicos que las cubiertas convencionales. (Figura 2.8).



Figura 2.8 Techo Ecológico

2.2.3 ¿Qué es un microclima?

Es un entorno o ámbito reducido que tiene diferentes condiciones ambientales a las encontradas en la misma área. Por ejemplo: un microclima está presente en un invernadero al penetrar los rayos solares en el interior, esto produce una reacción que presenta las condiciones necesarias para la siembra de un cultivo en común como es la temperatura, humedad de suelo y humedad relativa como se muestra en la Figura 2.9.

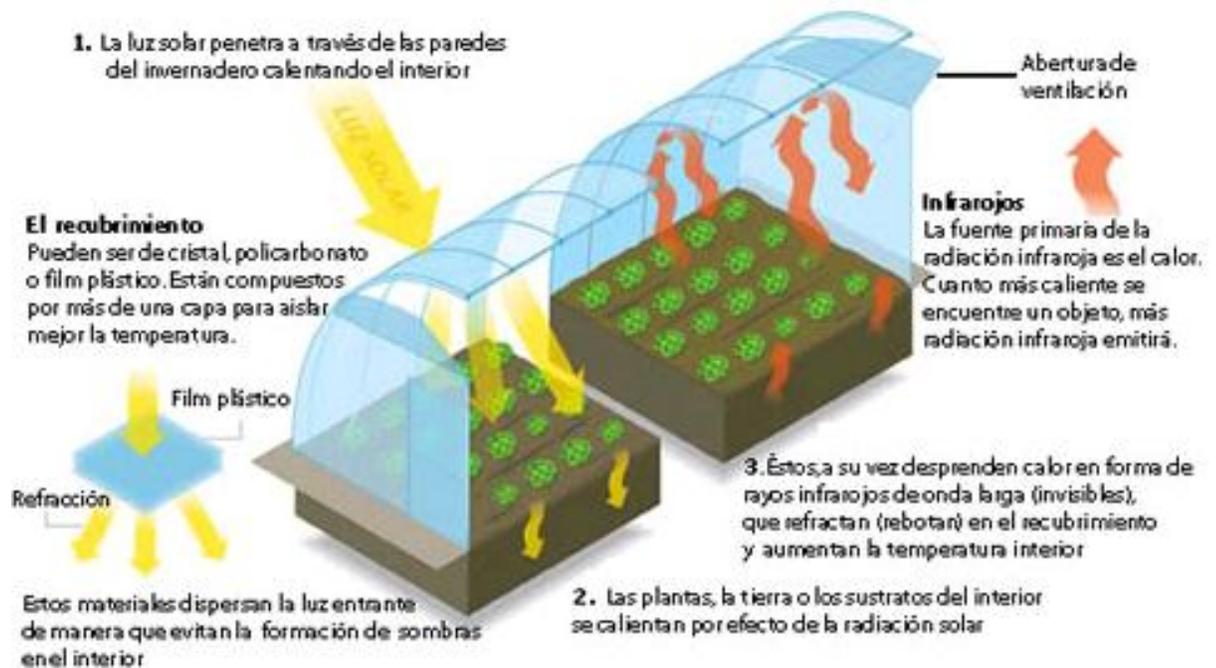


Figura 2.9 Microclima en un Invernadero.

2.3 Microclima del cultivo del rábano.

El rábano y el rabanito pueden ser cultivados en la mayoría de zonas tropicales y subtropicales, desde las zonas bajas hasta las altas durante casi todo el año; el rabanito puede ser cultivado todo el año siempre y cuando las condiciones de temperaturas no sean muy elevadas. Para ellos en la siguiente Tabla 2.1 se describen las características principales del rábano.



Tabla 2.1 Descripción del Rábano.

TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA	
Familia	<i>Cruciferae.</i>
Nombre científico:	<i>Raphanus sativus L.</i>
Planta	Producción específicamente anual o bienal.
Sistema radicular	Tiene una raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja, rosada, blanca, pardo-oscura o manchada de diversos colores.
Tallo	Para este tipo de vegetal es breve antes de la floración, con una roseta de hojas. Posteriormente, cuando florece la planta, se alarga alcanzando una altura de 0,50 a 1 m, de color glauco y algo pubescente.
Hojas	Son de tipo basales, pecioladas, glabras o con unos pocos pelos hirsutos, de lámina lobulada o pinnatipartida, con 1-3 pares de segmentos laterales de borde irregularmente dentado; el segmento terminal es orbicular y más grande que los laterales; hojas caulinas escasas, pequeñas, oblongas, glaucas, algo pubescentes, menos lobuladas y dentadas que las basales.
Flores	Se encuentran dispuestas sobre pedicelos delgados, ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sépalos erguidos; pétalos casi siempre blancos, a veces rosados o amarillentos, con nervios violáceos o púrpura; 6 estambres libres; estilo delgado con un estigma ligeramente lobulado.
Fruto	Es de tipo silícula de 3-10 cm de longitud, esponjoso, indehiscente, con un pico largo. Semillas globosas o casi globosas, rosadas o castaño-claras, con un tinte amarillento; cada fruto contiene de 1 a 10 semillas incluidas en un tejido esponjoso.

Las variedades se clasifican según el tamaño y la forma de la raíz (parte comestible) en:

- Variedades de raíces pequeñas (rabanitos) (*Raphanus sativus L.* var. *radícula*): es muy adecuado para su envasado en conos y en bolsas.

Raíces globulares: Redondo rosado punta blanca (la más difundida), Redondo es-carlata.



Raíces oblongas: Medio largo rosado, Medio largo rosado de punta blanca.(Figura 2.10)



Figura 2.10 Raíces Globulares de Rábano.

- Variedades de raíces grandes (rábanos): Negro, Rosado, Blanco (nabo japonés).Donde se ilustra en la Figura 2.11.



Figura 2.11 Raíces Grandes de rábano

2.3.1 Temperatura.

Las temperaturas favorables para el desarrollo del rábano y el rabanito deberán encontrarse entre los 15 y 18 °C, con mínimas de 4 °C y máximas de 21 °C. Si el cultivo es expuesto a temperaturas por debajo de los 7 °C, durante un periodo prolongado, puede estimularse la emisión prematura del tallo floral.



2.3.2 Humedad Relativa.

La humedad relativa adecuada para el buen desarrollo del rábano y del rabanito se encuentra entre el 60% y 80 %, aunque en determinados momentos puede soportar menos del 60%.

2.3.3 Suelo.

El suelo para la siembra de rábano o rabanito deberá ser suelto, de preferencia arenoso, pero que contenga un alto contenido de materia orgánica y deberá ser capaz de retener abundante humedad necesaria para el rápido desarrollo del cultivo, el pH del suelo deberá encontrarse entre 5.5 y 6.8. Los suelos parejos que permiten la siembra a profundidades uniformes permiten un buen desarrollo del cultivo resultando en una mayor proporción de rábanos y rabanitos con raíz bien formada.

Estos cultivos se siembran generalmente en camas, para lo cual se debe hacer una selección muy cuidadosa del sitio de hechura de las mismas, el suelo, se debe tener buena estructura, buen drenaje, con alto contenido de materia orgánica, de preferencia de textura franca, ubicado cerca de una fuente de agua, de fácil acceso, sin la presencia de nematodos y/o inóculo de enfermedades del suelo.

Las camas de siembra deberán tener una altura que oscile entre los 5 y 10 cm, un ancho entre 1 y 1.2 metros (50 cm si se regará por gravedad) y una separación entre camas de 30 cm. Estas deberán quedar bien niveladas y mullidas para que la germinación de las semillas sea uniforme y no haya anegamiento en algunos lugares de la cama. Como se muestra en la Figura 2.12.



Figura 2.12 Las camas de siembra para el Rábano.



2.3.4 Riego.

Por ser cultivos precoces, necesitan una buena cantidad de agua, distribuida uniformemente y con lapsos de riego bien ajustados. La humedad del suelo deberá encontrarse entre un 60% a 65% de la capacidad de campo durante el ciclo vegetativo. Para que tenga estos niveles de porcentaje de agua en el área del rábano que se está germinando tiene un tipo de regado como se muestra en la Figura 2.13.

La falta de agua ocasiona que la raíz se vuelva más dura y si ésta es acompañada por altas temperaturas se estimula la floración anticipada. Por otro lado, cuando hay oscilaciones extremas de humedad en el suelo, las raíces se agrietan, perdiendo su calidad comercial.



Figura 2.13 Regado del Rábano.



CAPÍTULO 3. PARÁMETROS DE CONTROL.

3.1. Temperatura.

La temperatura es un factor determinante de la actividad metabólica, el crecimiento y el desarrollo del rábano.

El metabolismo está profundamente afectado por los cambios de la temperatura medioambiental, y es complicado conocer la incidencia de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos desde un punto de vista global, dado que intervienen diferentes procesos (división celular, expansión, asimilación de carbono, respiración y distribución de asimilados) y cada uno de ellos tiene un determinado rango óptimo de temperatura, característico de la especie que se considera, de su fase de desarrollo y de las condiciones previas de crecimiento.

Por otra parte, la temperatura de la planta, del aire y del sistema radicular (situado en un medio diferente al aire, generalmente: suelo, sustrato, agua) presentan amplias variaciones debidas a:

- Ciclos diarios (variación regular).
- Ciclos estacionales (variación regular).
- Nubosidad (variación irregular a corto plazo).
- Posición de las hojas en el dosel vegetal (hojas de sol o de sombra).
- Altura del nivel foliar respecto de la superficie del suelo.
- Dimensión foliar.

La temperatura de la raíz de las plantas cultivadas en suelo depende principalmente de las variaciones diarias y estacionales y de la profundidad en la que se sitúa respecto de la superficie del suelo. Las raíces de las plantas cultivadas en sistemas sin suelo disponen de un volumen limitado de sustrato y agua, por lo que presentan menor inercia térmica. En estos sistemas de cultivo que requieren alta frecuencia de riego, debe tenerse en cuenta la incidencia de la temperatura del agua de riego.



En consecuencia, el dosel vegetal y el perfil del suelo pueden considerarse como un complejo mosaico de regímenes térmicos de fluctuación permanente.

Cuando la temperatura desciende por debajo de los 4–7 °C el rábano presenta las siguientes alteraciones:

- Reducción del crecimiento, especialmente de la elongación, de la expansión foliar y en consecuencia de la radiación absorbida por el cultivo.
- Disminución de la tasa de asimilación neta.
- Depresión de la respiración.
- Reducción del transporte y distribución de asimilados.
- Disminución de la absorción de agua y sales minerales debido a: aumento de la viscosidad del agua, aumento de la resistencia del tejido de la planta por la disminución de permeabilidad de la membrana celular, reducción de la absorción y acumulación activa de iones y disminución del crecimiento de la raíz.
- Cambios anatómicos y morfológicos: tendencia a desarrollar hojas más anchas y cortas, reducción de la longitud del peciolo, aumento del grosor de la hoja y disminución del área foliar específica.
- Pérdida de fertilidad.
- Envejecimiento precoz del tejido fotosintético por necrosis celular.

El aporte de calor en el interior del invernadero mediante sistemas de calefacción permite el control de la temperatura durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos, por tanto posibilita programar la producción de fruto.

El objetivo final será el control de la temperatura de forma dinámica, para optimizar el aporte de calor al invernadero, lo que significa maximizar continuamente la diferencia entre la tasa de producción y el consumo energético modificando la temperatura en función del resultado económico.



3.1.1. Sistemas de calefacción.

El diseño de un sistema de calefacción tiene que procurar que el aporte de calor sea además de eficaz, eficiente. El calor se debe de distribuir de manera uniforme. Las mayores pérdidas de calor del invernadero se producen a través de las paredes y techo, las cuales dependen de las propiedades del material de cubierta (coeficiente de transmisión de calor) y de las pérdidas por infiltración estrechamente ligadas al tipo de estructura de invernadero, fijación del material de cubierta y al mantenimiento del mismo (uniones, roturas, degradación del material, etc.).

Existen tres formas en que el calor se puede transferir (convección, conducción y radiación) que a continuación se detalla.

Sistemas De Calefacción De Tipo Convectivo.

Son sistemas en los que el elemento conductor del calor es el aire. Debido a su poca inercia, proporcionan un aumento rápido de la temperatura del aire, enfriándose de igual forma al dejar de actuar. Generan importantes gradientes térmicos y pérdidas de calor al ir localizados, normalmente, sobre el cultivo. Mediante el uso de tubos perforados próximos a las plantas, podemos mejorar la distribución del calor y aumentar la eficiencia del sistema.

El coste de la instalación es inferior al de los sistemas por agua caliente, aunque la vida útil del sistema también es más corta.

Entre los sistemas convectivos los más utilizados son: Aero-termos, generadores de aire caliente de combustión indirecta y generadores de aire caliente de combustión directa.

- Generadores de aire caliente de combustión indirecta: mediante un cambiador de calor, se separan los gases de combustión expulsándolos al exterior, introduciendo únicamente aire caliente al invernadero.

Dado que parte del calor es expulsado con los gases de combustión, el rendimiento de estas máquinas suele estar entre el 80% - 90%.



- Generadores de aire caliente de combustión directa: tanto el aire caliente como los gases de combustión son incorporados al invernadero. El combustible a utilizar debe de contener el menor número posible de elementos tóxicos, siendo el propano y el gas natural los más recomendados.

- Generadores de aire caliente sin combustión (Aero-termos): por medio de una resistencia eléctrica y con la ayuda del ventilador se transfiere el calor esparciéndose uniformemente a todo el invernadero, la ventaja es que no hay necesidad de utilizar ningún combustible para llevar a cabo su funcionamiento evitando una posible contaminación en el interior del invernadero.

Sistemas De Calefacción Por Conducción.

Estos sistemas están diseñados para proporcionar una temperatura adecuada en la zona radicular. Desde un punto de vista físico, uno de los objetivos de la calefacción del suelo es utilizar, indirectamente, la superficie de intercambio con el aire que ofrece el suelo del invernadero, ya que ésta es superior a la de los sistemas de calefacción aéreos. Desde una caldera central se aporta calor al suelo a través de tuberías enterradas, circulando el agua a temperatura inferior a 40°C, siendo la distribución del calor uniforme y proporcionando mayor eficiencia que los sistemas por aire caliente. El elevado coste inicial y la dificultad para realizar labores en el suelo (al ir enterradas las tuberías a menos de 50 cm) han limitado el desarrollo de estos sistemas.

En cultivos fuera de suelo, debido a su baja inercia térmica, la temperatura en la zona radicular se aproxima a la temperatura del aire, pudiendo en periodos fríos limitar el desarrollo de los cultivos. La fácil localización de los cambiadores de calor, bajo los sustratos o sobre los mismos, ha permitido su expansión en estos sistemas de cultivo.

Sistemas De Calefacción Por Radiación.

La transferencia de calor se realiza a través de tuberías aéreas o dispuestas sobre el medio de cultivo, por donde circula agua caliente, pudiendo trabajar a alta



(hasta 90 °C) o baja temperatura (entre 30 °C - 50 °C) en función del material utilizado (metal o plástico). En alta temperatura, la utilización de las tuberías metálicas como raíles, permite la incorporación de carros para prácticas culturales y aplicación de productos fitosanitarios, encaminados hacia una mayor eficiencia en el trabajo.

Estos sistemas modifican la temperatura del aire, al calentarse por convección al contacto con los tubos, y la de los objetos (suelo, planta, cubierta del invernadero, etc.) que se encuentran a su alrededor por intercambio radiactivo. La distribución del calor es más uniforme que en los sistemas por aire, al situarlas tuberías cerca del cultivo y mantener unos gradientes térmicos bajos.

3.1.2. Resistencia eléctrica de inmersión.

Las resistencias eléctricas de inmersión convierten energía eléctrica en calor esto al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor el cual libera calor por encontrar resistencia.

La gran mayoría de ellas son fabricadas con un alambre de una aleación de níquel (80%) y cromo (20%). Esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000° C), es resistivo (condición necesaria para generar calor), es muy resistente a los impactos y es inoxidable.

Resistencias comerciales.

Alambre de níquel-cromo.

Se trata del fino alambre desnudo (sin ningún recubrimiento) como el usado en secadores de cabello o tostadoras de pan.

Resistencias selladas.

Como las usadas en cocinas eléctricas, calentadores de agua, hornos eléctricos o cafeteras. Aquí el alambre de níquel-cromo se cubre con cerámica y después se enchaqueta con cobre cromado o con Incoloy (níquel 45%, cromo 30%, hierro 22%, cobre 3%). La selección de la chaqueta depende del uso, el Incoloy es



más resistente al óxido a temperaturas de 800° C, mientras que las enchaquetadas en cobre son generalmente para calentamiento de líquidos por inmersión.

Lámparas de calor.

Son lámparas diseñadas para generar calor y no luz. Su filamento incandescente se mantiene a baja temperatura y así se evita producir luz dentro del espectro visible.

Resistencias cerámicas.

Son resistencias de coeficiente resistivo térmico positivo. La mayoría de las cerámicas tienen coeficiente resistivo negativo, mientras que los metales lo tienen positivo.

Los metales aumentan un poco su resistencia al aumentar el calor, pero este tipo de cerámicas no tienen una respuesta resistiva lineal al calor. Cuando esta resistencia pasa su umbral de temperatura pierde conductividad. Como resultado, son resistencias y a la vez termostatos, ya que permiten pasar corriente cuando están fríos pero dejan de conducir corriente al calentarse. Estas resistencias están hechas de titanato de bario o titanato de plomo ($BaTiO_3$ o $PbTiO_3$).

Entre los usos de estos materiales están las delgadas capas de película de los vidrios traseros de los automóviles que desempañan la condensación.

En nuestra propuesta se utilizara el sistema de calefacción por radiación, en este caso se emplea el aire para elevar la temperatura del invernadero. La calefacción por aire caliente consiste en hacer pasar el aire a través de una resistencia eléctrica y luego impulsarlo dentro de la atmosfera del invernadero por medio de un ventilador.

Con las consideraciones anteriores utilizamos una secadora como se muestra en la Figura 3.1 con características que se muestran en la Tabla 3.1.



Figura 3.1 Resistencia Comercial (Secadora).

Tabla 3.1 Características generales y técnicas de la resistencia comercial.

Características generales	
Marca	Revlon
Familia de Producto	Secadores de pelo
Modelo	Secador profesional
Longitud cable conexión	300,0 cm
Peso bruto de la unidad de embalaje / caja (kg.)	3,92 kg

Datos técnicos	
Potencia de conexión (W)	2000 W
Tensión (V)	230 V
Frecuencia (Hz)	50 Hz
Certificaciones de homologación	CE, KEMA, ROSTEST
Tipo de clavija	E.Gardy sin conexión tierra
Peso neto (kg)	0,940 kg
Peso bruto (kg)	1,110 kg



3.1.3. Sensor de temperatura LM35.

El LM35 es un sensor de temperatura integrado de precisión, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a temperatura en °C (grados centígrados). El LM35 por lo tanto tiene una ventaja sobre los sensores de temperatura lineal calibrada en grados Kelvin: que el usuario no está obligado a restar una gran tensión constante para obtener grados centígrados. El LM35 no requiere ninguna calibración externa o ajuste para proporcionar una precisión típica de ± 1.4 °C a temperatura ambiente y ± 3.4 °C a lo largo de su rango de temperatura (de -55 a 150 °C). El dispositivo se ajusta y calibra durante el proceso de producción. La baja impedancia de salida, la salida lineal y la calibración precisa inherente, permiten la creación de circuitos de lectura o control especialmente sencillos. El LM35 puede funcionar con alimentación simple o alimentación doble (+ y -). Requiere sólo 60 μ A para alimentarse, y bajo factor de auto-calentamiento, menos de 0,1 °C en aire estático. El LM35 está preparado para trabajar en una gama de temperaturas que abarca desde los- 55 °C bajo cero a 150 °C, mientras que el LM35C está preparado para trabajar entre -40 °C y 110 °C (con mayor precisión).

Tabla 3.2 Características Técnicas del LM35.

Características
Calibrado directamente en grados Celsius (Centígrados)
Factor de escala lineal de +10 mV / °C
0,5°C de precisión a +25 °C
Rango de trabajo: -55 °C a +150 °C
Apropiado para aplicaciones remotas
Bajo coste
Funciona con alimentaciones entre 4V y 30V
Menos de 60 μ A de consumo
Bajo auto-calentamiento (0,08 °C en aire estático)
Baja impedancia de salida, 0,1W para cargas de 1Ma.



Figura 3.2 Esquema de pin-out del LM35.

Aplicaciones típicas.

Existen diferentes tipos de configuración del LM35 de los cuáles cada uno cubre diferentes rangos de temperatura, para nuestro sistema se ocupó el diagrama básico de conexión del sensor LM35 ya que solamente manejaremos temperaturas de 2°C hasta 50°C (Figura 3.3). Para mayor información consultar la bibliografía 13.

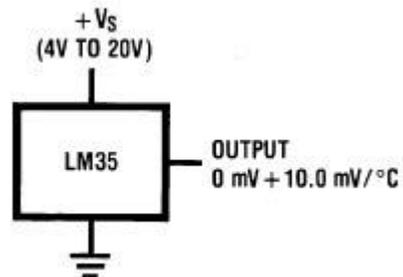


Figura 3.3 Diagrama básico del LM35 (+2 °C a 150 °C).



3.1.4 Sensor DHT11 (parte 1).

El sensor DHT11 es un dispositivo para medir tanto la humedad relativa como la temperatura (Figura 3.4). La desventaja de este sensor es que solo proporciona medidas enteras, es decir sin decimales, ya que la resolución que presenta es de 1% para la humedad relativa y de 1 °C para la temperatura. Pero compensa ya que presenta un valor muy económico para pequeños proyectos y que nos permite obtener medidas tanto para humedad como para temperatura.

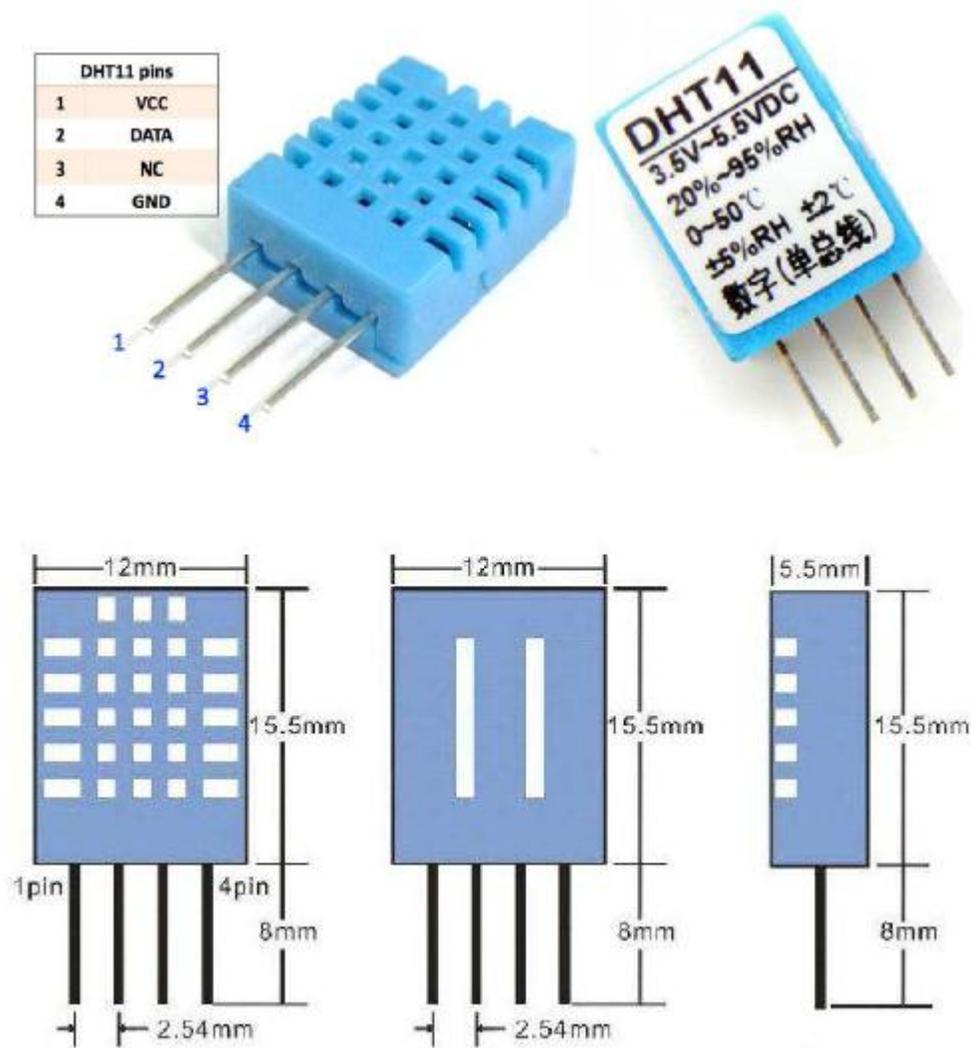


Figura 3.4 Sensor de Humedad DTH11.



El DHT11 incorpora un sensor de humedad y temperatura complejo con una señal digital de salida calibrada. Garantiza una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo.

Para medir la temperatura presenta un sensor tipo NTC que trabaja correctamente entre los siguientes rangos (0°C – aprox. 50°C).

Cada sensor DHT11 está estrictamente calibrado en laboratorio, presentando una extrema precisión en la calibración de la humedad. Los coeficientes de calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son utilizados por el proceso de detección de señal interna del sensor.

La interfaz que presenta de comunicación a través de un único hilo (protocolo 1-wire) hace que la integración de este sensor en nuestros proyectos sea rápida y fácil.

Además presenta un tamaño reducido, así como un bajo consumo y la capacidad de transmitir la señal hasta 20 metros, indica que es una muy buena opción para diversos proyectos de medición.

Características técnicas.

Tabla 3.3 Características técnicas el sensor DTH11.

Modelo	DHT11
Fuente de alimentación	3-3-5.5 DC
Señal de Salida	Señal digital a través de un solo bus
Elemento de detección	Resistor
Rango de Medición	humedad 20-90 RH, Temperatura 0-50 Celsius
Precisión	Humedad +-4%RH (Max +-5% RH)
Periodo de detección	Promedio: 2 seg
Intercambiabilidad	Totalmente Intercambiables
Dimensiones	12*15.5*5.5 mm



Aplicación típica.

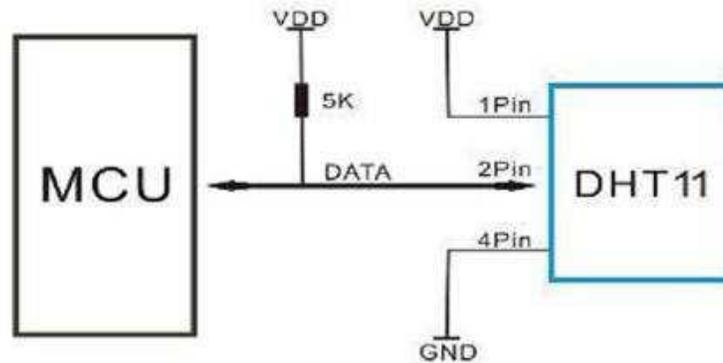


Figura 3.5 Modelo de aplicación Típica.

Características eléctricas.

Tabla 3.4 Soporte de voltaje y corriente del sensor DTH11.

Artículo	Condición	Min	Típico	Max	Unidad
Fuente de alimentación	DC	3	5	5.5	V
Corriente	Medición	0.5		2.5	Ma
	Paro	100	Null	150	uA
	Promedio	0.2	Null	1	mA

Comunicación.

El microcontrolador inicia la comunicación configurando el pin como salida y enviando la señal de "Start". Esta señal consiste en establecer nivel bajo durante 18 ms y nivel alto durante 20 us-40 us(Figura 3.6). A continuación ponemos el pin como entrada y el sensor responderá estableciendo un nivel bajo de 80 us y un nivel alto de 80 us. Una vez realizado esto el sensor enviará 5 bytes (40 bits) de forma continua. El primer bit recibido de cada byte será el más significativo (MSB).

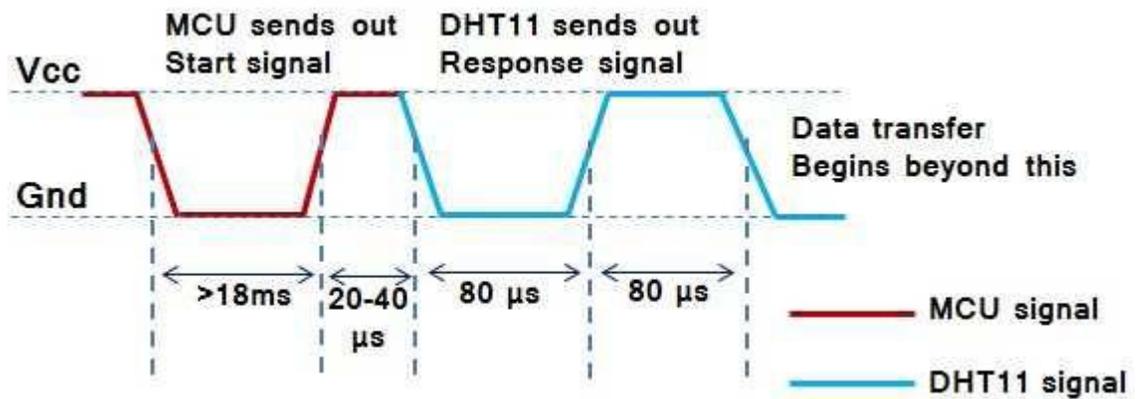


Figura 3.6 Señal de Start y Respuesta de comunicación del DHT11.

Los 5 bytes recibidos son los siguientes:

Byte 0: es la parte entera de la humedad relativa.

Byte 1: es la parte decimal de la humedad relativa.

Byte 2: es la parte entera de la temperatura.

Byte 3: es la parte decimal de la temperatura.

Byte 4: es el checksum.

Como el sensor DHT11 no emplea decimales, podemos ignorar la información de los bytes 2 y 4 (partes decimales de las mediciones) y usar solo los bytes 1 y 3.

El checksum se emplea para confirmar que la información recibida es correcta, y se calcula sumando los 4 bytes (byte 1, byte 2, byte 3 y byte 4) y cogiendo solo los 8 bits menos significativos del resultado.

Cada uno de los bits se envía siguiendo esta estructura: cuando el sensor va a enviar un bit, pone el pin a "0" durante $50\ \mu\text{s}$, y luego lo pone a "1" durante $26\text{-}28\ \mu\text{s}$ para señalar un "0", o durante $70\ \mu\text{s}$ para señalar un "1". Como se muestran en las siguiente Figura 3.7 y la Figura 3.8.

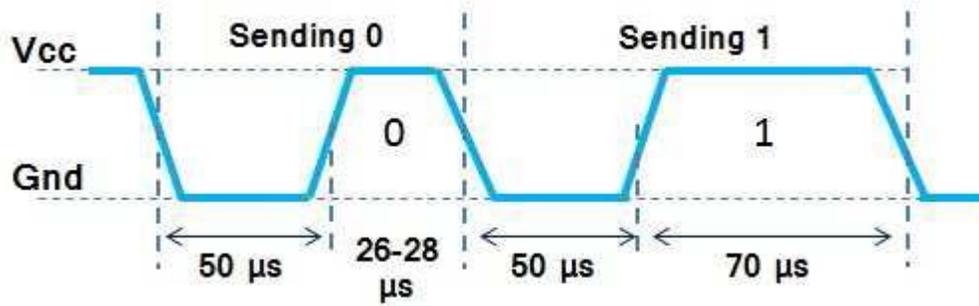


Figura 3.7 Envío de bits 0 y 1.

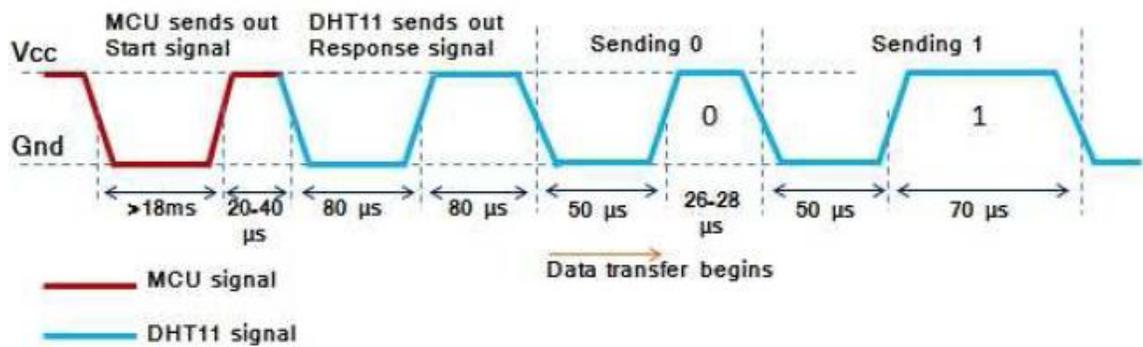


Figura 3.8 Secuencia completa del protocolo 1-wire.

Una vez enviados todos los bits, el sensor pone el pin de datos a “0” durante 50us y luego lo deja a nivel “1”. Este protocolo (1-wire) requiere de la existencia de una resistencia de pull-up para que cuando esté libre se mantenga un nivel alto o “1”. Una vez terminada la transmisión, el sensor pasa al estado de bajo consumo de energía.



3.2. Ventilación.

La ventilación en los invernaderos es un tema crucial de esencial influencia en los resultados del cultivo. El aumento de la temperatura y la humedad causa daños a los cultivos y perjudica su calidad, y en muchos casos dificulta la tarea de los trabajadores, lo cual, indirectamente provoca el descenso de la producción y de la rentabilidad del invernadero.

Las aberturas laterales y cenitales del invernadero ayudan a la ventilación natural, ya que en realidad el aire caliente sale hacia afuera de la estructura a través de dichas aberturas. La baja presión de aire dentro del invernadero, así como el viento exterior, provoca que el aire frío penetre dentro del invernadero.

Las aberturas de ventilación pueden estar controladas de forma manual o por medio de operación automática.

La ventilación natural es eficaz sólo en invernaderos de hasta ciertas longitudes.

3.2.1 Sistemas de ventilación.

La primera solución: Abertura de ventilación en el techo - "la solución natural".

Una de las soluciones existentes en el mercado hoy en día es la solución de la apertura de ventilación en el techo del invernadero, con el fin de evacuar el calor y la humedad acumulados dentro de él. La ventaja de esta solución se basa en que el calor sube hacia arriba, de modo que, en forma natural la abertura cenital permite la salida del aire caliente sin ningún tipo de interferencia.

Ventajas de la ventilación natural:

Costos de instalación y de mantenimiento más bajos.

No depende de la energía eléctrica.

Opción de construir un invernadero con frente de canalón más largo.



Desventajas de la ventilación natural:

Baja o ninguna capacidad de controlar las condiciones climáticas deseadas dentro del invernadero.

Gran dependencia de las condiciones climáticas externas.

Es importante recordar que incluso cuando se elige la solución de ventilación natural, es posible utilizar otra tecnología para aumentar la ventilación, como puede ser: circuladores 24", o bien, una combinación de circuladores con pantalla térmica. La integración de estos sistemas puede agregar mejores resultados, los cuales ciertamente dependerán de las condiciones climáticas externas del invernadero y de la zona de cultivo. Todos los modelos de Azrom están diseñados para el uso de la solución de la ventilación natural.

La segunda solución: Ventilación activa.

En esta solución, el agricultor instala en el invernadero sistemas que tendrán la función de crear las condiciones climáticas ideales, tomando en cuenta el tipo de cultivo, las condiciones climáticas dentro y fuera de la estructura, así como también el tamaño de la estructura.

En base a estos datos, otros sistemas necesarios tales como: ventiladores, circuladores de aire, colchón húmedo y pantallas, deberán ser adaptados al tipo de cultivo, así como otros sistemas apropiados para las necesidades del cultivador y de la producción.

Esta solución le permite al cultivador no sólo suministrar ventilación al invernadero, sino también crear las condiciones óptimas que ayuden a obtener un mayor rendimiento y una producción de mejor calidad.

Ventajas de la ventilación activa:

Total control y monitoreo en las condiciones climáticas deseadas dentro del invernadero.

Mejores resultados anuales de cultivo independientemente de los factores externos.



Desventajas de la ventilación activa:

De costo más alto que la ventilación natural.

Depende del suministro de energía eléctrica.

Reducción de la longitud de los canalones (máximo 36 metros).

Partiendo de que la propiedad del aire caliente pesa menos que el aire frío y por lo tanto tiende a elevarse, por lo cual para nuestro sistema de ventilación, utilizaremos un sistema de ventilación natural apoyado de un extractor. Así se renovará rápidamente el aire del invernadero, eliminando el exceso de humedad que se acumula en la parte superior.

Extractor.

La eficiencia de un extractor de aire depende de la observación de un conjunto de reglas sencillas, pero de capital importancia, cuyo olvido es la causa de rendimientos deficientes y anti-económicos. Así, son puntos importantes, además de la frecuencia con la que se desea renovar el aire del recinto que puede establecerse siguiendo la tabla que enviaremos en otro informe; la posición de la máquina, su accesibilidad, el ruido, los vientos prevalentes y la resistencia de los conductos.

1- El extractor de aire debe situarse lo más lejos posible de la entrada de aire al local para asegurar así una completa circulación del aire fresco aspirado y, por la misma razón, no debe situarse adyacente a las puertas o ventanas que pudieran dejarse abiertas, lo cual permitiría que el aire fuera absorbido directamente al extractor sin circular por el recinto.

2- Debe considerarse la accesibilidad con el fin de permitir la inspección y lubricación de la máquina.

3- Donde sea esencial el funcionamiento silencioso, el extractor debe montarse so-



bre un fundamento sólido. Los tabiques finos o la madera terciada tienden a aumentar el ruido y, por lo tanto, deben evitarse, si fuera posible.

4- La corriente de aire creada por un extractor tiene una velocidad promedio de 25 Km/h y es evidente que no puede vencer vientos naturales de una velocidad, por ejemplo, de 50 Km/h, por consiguiente, hay que evitar colocarlos de modo que den frente a los vientos prevalentes y, en los casos que no haya otro lugar, instalarlos con un codo de 90°.

5- Cuando el extractor descarga en una chimenea en desuso o conducto vertical, debe cuidarse que la sección sea del área adecuada y debe dejarse un cierto margen para las resistencias producidas por las curvas, variaciones de sección, etc., y en caso de que sea un extractor colocado horizontalmente el que sople dentro del conducto vertical, debe instalarse una placa desviadora cuidadosamente calculada para cambiar la dirección de la corriente de aire con un mínimo de pérdidas. Deben eliminarse los codos y los indispensables tendrán un diámetro interior no menor del diámetro del conducto. Los cambios de forma o de sección deben efectuarse paulatinamente con piezas de reducción de un ángulo no mayor de 15°. Cuando los conductos son de sección circular, su diámetro no debe ser menor al de las palas del extractor.

3.2.2 Tipos de extractores y ventiladores.

Un ventilador se usa para crear flujo dentro de un fluido, típicamente un gas como el oxígeno. El ventilador convencional consiste de una serie de aspas rotativas que actúan sobre el aire.

Los usos más típicos de un ventilador incluyen control del clima, enfriamiento de maquinaria, confort personal, extracción de vapores, limpieza (generalmente en combinación con una aspiradora).

Se utiliza para desplazar aire o gas de un lugar a otro, dentro de o entre espacios, para motivos industriales o uso residencial, para ventilación o para aumentar



la circulación de aire en un espacio habitado, básicamente para refrescar. Por esta razón, es un elemento indispensable en climas cálidos.

También de forma secundaria, se utiliza el ventilador para asistir intercambiadores de calor como un disipador o un radiador con la finalidad de aumentar la transferencia de calor entre un sólido y el aire o entre los fluidos que interactúan.

Tipos de ventiladores.

- Industriales: Centrífugos, Helico-centrífugos, Helicoidales de distintas presiones y caudales
- De pared: son fijados en la pared, permitiendo una mayor circulación en lugares pequeños, donde el uso de ventiladores no es soportado debido a la largura del ambiente, o en conjunto con otros ventiladores, proporcionando una mayor circulación de aire.
- De mesa: son ventiladores de baja potencia utilizados especialmente en oficinas o en ambientes donde necesitan poca ventilación.
- De piso: son portátiles y silenciosos, posibilitan que sean colocados en el suelo en cualquier ambiente de una casa, pudiendo ser trasladados a cualquier parte. Podemos encontrarlos en varios modelos y formas.
- De techo: son ventiladores verticales, sus aspas están en posición horizontal, y por lo tanto el aire va hacia abajo. Muy comunes, utilizados en habitaciones donde no hay espacio disponible en las paredes o el suelo, pueden ser muy peligrosos si no están correctamente fijados al techo.

Existen tres tipos de extractores: axiales, centrífugos (o radiales) y mixtos.

Extractores Axiales (extractores en línea):

Estos extractores tienen sus aspas posicionadas alrededor del eje del motor (axis) y son muy eficientes para mover grandes volúmenes de aire. Por desgracia, el diseño que hace esto posible también provoca que sean ineficientes en lo que a presión de aire se refiere. Las restricciones en el flujo de aire tanto de entrada como



de salida (filtros, ducting, etc.) reducirán drásticamente su rendimiento de extracción, por lo que no son recomendables para usar con filtros.

Extractores centrífugos (RVK):

Estos extractores han sido diseñados para generar presión de aire succionando aire por el centro del extractor y forzando su salida a través de una cavidad cónica que empuja el aire hacia el exterior. Esto significa que el extractor centrífugo es mucho mejor que el axial porque está pensado para soportar las pérdidas de carga producidas por un filtro, ducting, reflectores ventilados, etc.

Extractores mixtos (Etaline):

Esta es una combinación muy efectiva de diseño axial y radial. Las aspas del Etaline están situadas de forma similar al axial pero ensambladas en una cavidad cerrada. Además, el Etaline dispone de aspas especiales 3D que garantizan un flujo óptimo en todo el recorrido del aspa y un diseño de última generación que hacen de este modelo de ventilador el más silencioso, compacto y eficiente del mercado.

3.3. Humedad relativa y humedad de suelo.

Se define como humedad relativa la cantidad de vapor de agua en el aire. Las plantas necesitan una cierta cantidad de humedad para poder realizar la transpiración. La transpiración es un proceso realizado por las plantas mediante el cual estas expulsan agua a la atmósfera a través de unas aberturas microscópicas de las hojas llamadas estomas. La transpiración vegetal es el motor necesario para que la planta pueda absorber agua y nutrientes desde el suelo. Además, al evaporar agua, la planta se refresca consiguiendo rebajar su temperatura.



Entre los factores que incrementan la transpiración se encuentran:

- La humedad relativa. El grado de humedad en el aire determina el grado de transpiración. En un ambiente muy seco, las plantas deben incrementar la transpiración por lo que absorben mucha agua del suelo. Los ambientes muy húmedos reducen la transpiración de las plantas.

- El viento o las corrientes de aire: Uno y otro secan el agua de las hojas lo que obliga a las plantas a transpirar con mayor intensidad.

- La temperatura elevada: Una temperatura alta evapora el agua de la superficie de la planta con mayor velocidad y la obliga a una mayor transpiración.

- La mayor cantidad de luz: produce la obertura de las estomas por los cuales la planta expulsa más agua.

Hay ciertas plantas que están especialmente adaptadas a resistir ambientes muy secos al contar mecanismos que disminuyen la transpiración como ocurre con los cactus. Otras plantas, sin embargo, no cuentan con estos mecanismos por lo que necesitan disponer de mucha agua en el suelo para poder transpirar lo suficiente. Si no se riega estas plantas lo suficiente, sufren las consecuencias de una falta de transpiración y se marchitan. Se consideran plantas de una atmósfera seca aquellas que prefieren vivir en una humedad relativa del 35 %

La mayoría de las plantas de interior proceden de zonas cálidas y húmedas. La humedad ambiental en estos lugares es superior al 75 % y, en muchos casos, alcanza el 100 %. Es fácil encontrarnos con promedios superiores al 90 %. Por encima del 75 % se considera que una atmósfera es húmeda. Las plantas de atmósferas secas podrían tener muchos problemas cuando se emplazan en una atmósfera muy húmeda. Los altos niveles de humedad ambiental producen una reducción de la transpiración por lo que una planta no adaptada puede asfixiarse al aumentar demasiado su temperatura. Sin embargo, muchas de las plantas de interior necesitan una humedad ambiental alta para vivir con normalidad.

En el interior de nuestras viviendas el ambiente con el que se encuentran las plantas de interior suele ser demasiado seco, tanto en invierno por la presencia de la calefacción, como en verano ya que el aire acondicionado lo que hace es eliminar la humedad ambiental para que tengamos la sensación corporal de frescura. Por lo



tanto, en la mayoría de las ocasiones nos encontramos con el hecho de que las plantas de interior sufren las consecuencias de un aire demasiado seco.

Humedad del suelo.

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Establecer el índice de humedad del suelo es de vital importancia para las actividades agrícolas. Es importante recordar que:

- Los niveles de humedad del suelo determinan el momento del riego.
- La humedad del suelo se puede estimar por el aspecto del terreno.
- Se debe controlar la humedad al menos en una sección del área del campo que difiera de las demás en cuanto a la textura y aspecto del suelo.

La aplicación de riego en el momento exacto y en la cantidad apropiada es fundamental para obtener un buen rendimiento de los cultivos. El exceso de agua reduce el crecimiento al arrastrar los nitratos a una profundidad superior al alcance de las raíces de los cultivos, y al desplazar el aire contenido en el interior del suelo provoca la escasez de oxígeno en las raíces.

La falta de agua también es perjudicial para los cultivos, por lo que se debe controlar regularmente el nivel de humedad del suelo para determinar cuándo regar y qué cantidad de agua se debe aplicar.

Síntomas de falta o exceso de humedad en las plantas de interior.

Las plantas de interior pueden mostrar los problemas de falta de humedad mediante la caída de las hojas y la aparición de ciertas plagas como los ácaros. Por ejemplo el crotón es una planta que requiere una humedad elevada y tiende a perder las hojas cuando la atmósfera se reseca, por lo que si pulverizamos las hojas con agua especialmente cuando la temperatura en la habitación es elevada y aumenta la transpiración, lograremos que mantenga las hojas en buenas condiciones. El tronco de Brasil es otra planta que necesita un ambiente húmedo. Por eso, a esta planta se le suelen secar las puntas de las hojas cuando está en habitaciones demasiado resacas, especialmente en invierno con la presencia de la calefacción. Al



umentar el riego conseguiremos que la planta pueda transpirar mejor, siempre y cuando mantengamos las hojas bien limpias para que las estomas permanezcan abiertas. Es necesario pues limpiar bien las hojas con un trapo húmedo para que la planta pueda transpirar bien.

En invierno las plantas suelen incluso sufrir de más problemas de humedad que en verano. Durante esta época del año muchas plantas en su lugar natural estarían en época de reposo, sin embargo en nuestras casas, al encender la calefacción les creamos un microclima que les obliga a estar también activas durante este periodo. La calefacción reseca mucho el ambiente y esto se manifiesta en nuestras plantas de interior cuando las hojas se vuelven amarillas o aparecen puntas marrones en las hojas. Igualmente la falta de humedad determina que las flores duren menos.

Un exceso de humedad en las plantas suele manifestarse en forma de podredumbre, puntas marrones en ciertas plantas o manchas en las hojas. Este exceso contribuye a la aparición de enfermedades de carácter fúngico. Por ejemplo, los ficus suelen acusar el exceso de humedad con la aparición de manchas marrones en el borde de las hojas, especialmente las variedades. Si dejamos secar el suelo antes de volver a regar podemos detener esta anomalía. Este tipo de plantas necesitan un riego más escaso en invierno.

3.3.1. Tipos de suelo para cultivo.

Importancia de conocer el tipo de suelo sobre el que vamos a plantar las plantas.

El suelo constituye la base sobre las que se asientan las plantas. Para que una planta pueda prosperar adecuadamente necesita crecer sobre el suelo adecuado. Aunque muchas plantas pueden adaptarse a multitud de suelos, solamente el suelo idóneo proporcionará las características adecuadas para el mejor desarrollo de cada especie.

Científicamente hablando el suelo está formado por una serie de materia orgánica que actúa sobre una capa de materia inerte situada en la superficie de la



tierra. Esta última capa está formada por piedras o minerales, lo que normalmente se conoce como " tierra" y que ha sido el resultado de la degradación física o química de las rocas. La capa vida está constituida por microorganismos, pequeños animales, materia vegetal, etc. Las plantas necesitan extraer del suelo los minerales para alimentarse.

Un buen jardinero o agricultor necesitará conocer las características del suelo antes de iniciar el cultivo de una especie determinada. Existen en el mercado unos equipos adecuados para analizar el tipo de suelo que se trata, su grado de humedad, su textura o su grado de acidez o alcalinidad, es decir el PH. Si una especie determinada no puede adaptarse al suelo concreto el agricultor deberá optar por plantarla en otro lugar más adecuado o cambiar las características del suelo en cuestión.

Una de las características más importantes en la composición del suelo es la textura. La textura de un suelo responde a la proporción de arcilla, limo, arena y materia orgánica que este tenga. La arcilla presenta las partículas más pequeñas con un diámetro no inferior a los 0, 002 mm. Una partícula de limo tiene un diámetro entre 0,002 mm y 0, 005 mm y una partícula de arena tiene un diámetro entre los 0,005 y 2 mm de diámetro. Mientras que las partículas de arcilla o limo solo son visibles al microscopio, las partículas de arena pueden ser vistas a simple vista. Según la mayor o menor proporción de cada una de estas partículas tendremos diferentes tipos de suelos.

Características de los diferentes tipos de suelos.

Existen los siguientes tipos de suelos:

- **Suelos arcillosos:** Están formados fundamentalmente por arcilla. La arcilla está constituida fundamentalmente por silicato de aluminio hidratado. Es un tipo de suelo que, cuando esta húmedo o mojado, resulta pegajoso pero, cuando está seco es muy fino y suave dado que la arcilla está formada por partículas diminutas de menos de 0, 005 milímetros de diámetro. Desde un punto de vista de la textura, tiene consistencia plástica y puede ser modelado. Son suelos que, para la agricultura, se conocen como suelos húmedos y pesados. Son muy impermeables dado que no



dejan pasar el agua o el aire, todo ello propicia que sean suelos donde el agua se estanque con facilidad por lo que en este tipo de suelo se necesita se necesita realizar un sistema de drenaje adecuado porque, después de las lluvias el agua queda retenida en la superficie. Presentan un color marrón oscuro.

Los suelos arcillosos, al secarse, quedan muy compactos y duros y se caracterizan por la aparición de grietas. La ventaja principal es que son suelos que conservan fácilmente la forma que les damos al trabajarlos.

Sabemos que se trata de un suelo arcilloso porque cuando tomamos un pedazo del mismo en las manos, podemos hacer fácilmente una bola. Igualmente, si colocamos un trozo de esta materia entre los dedos pulgar e índice y la trabajamos con ambos dedos, podemos realizar cintas de hasta 5 cm con este tipo de tierra. Podemos decir que nos recuerda a la textura del chicle.

Las plantas medicinales o aromáticas que deben plantarse en este tipo de suelos son aquellas que posean raíces potentes y largas capaces de penetrar en capas más profundas. Algunas plantas adecuadas para este tipo de suelos son la menta, la melisa, la consuelda, la salicaria, el sauce, el nogal, el ginkgo, el brezo, etc.

- **Suelos limosos:** Son los suelos que contienen una proporción muy elevada de limo. Es un tipo de suelo muy compacto, sin llegar a serlo tanto como los arcillosos. Estos suelos resultan producidos por la sedimentación de materiales muy finos arrastrados por las aguas o depositados por el viento. Suelen presentarse junto a los lechos de los ríos y son muy fértiles.

Sabemos que se trata de suelos limosos porque, al igual que los arcillosos, permiten formar bolas aunque estas se rompen con facilidad. A diferencia de los arcillosos no nos permiten formar cintas entre los dedos.

Entre las plantas que podemos plantar en este tipo de suelos se encuentran: el arroz, la lechuga,

- **Suelos arenosos:** El suelo arenoso es el que está formado principalmente por arena. La arena son partículas pequeñas de piedra de carácter silicio con un diámetro entre 0,02 y 2 mm. A diferencia de la arcilla cuando esta húmeda o mojada no se engancha. Los suelos arenosos no retienen el agua que rápidamente se hun-



de a capas más profundas. Son suelos considerados secos en donde hay muy poca humedad. A diferencia de los suelos anterior requieren un riego continuado y un trabajo constante si queremos darle una forma determinada porque la pierden con facilidad. Presentan colores claros.

Sabemos que se trata de este tipo de suelo porque al coger un poco de él entre los dedos, somos incapaces de formar una bola. Este tipo de tierra, por mucho que lo manipulemos, seguirá estando suelto.

Si queremos plantar plantas aromáticas o medicinales en este tipo de suelo, tendremos que optar por plantas acostumbradas a la sequedad. Este tipo de plantas es muy habitual en los países mediterráneos donde encontramos plantas silvestres medicinales o aromáticas que cumplen estos requisitos, por ejemplo: la salvia, el romero, el espliego, la lavanda, el hinojo, la viborera, etc.

- **Suelos margosos:** El suelo margoso es un suelo compuesto de arcilla, limo y arena con abundante cantidad de materia vegetal descompuesta (humus). Se trata de un suelo que presenta un color oscuro poco apelmazado y ligero. Podríamos decir que presenta las características positivas de los tres suelos anteriores: mantiene la suficiente humedad pero, al mismo tiempo, permite la permeabilidad hacia las capas inferiores. Es el tipo de suelo preferido por los jardineros.

Muchas hierbas medicinales y aromáticas reconocidas pueden crecer en este tipo de suelos, por ejemplo: el coriandro, la albahaca, la milenrama, el eneldo, el saúco.

- **Suelos gredosos:** Un suelo gredoso es aquel que procede de la descomposición de las cretas o piedras calizas que contienen mucho carbonato cálcico. Es un tipo de tierra ligero y con un buen drenaje. Presenta un color marrón claro o blanquecino.

Entre las plantas medicinales o aromáticas que prefieren este tipo de suelos se encuentran: el orégano, el enebro, la salvia, el hisopo, el hinojo, etc.

- **Suelos pantanosos:** Se considera que un suelo es pantanoso a aquel que se ha formado en lugares que se encuentran habitualmente inundados. Son suelos



que tienen muy poca riqueza mineral y con una acidez muy elevada. Su color es negro.

Entre las plantas que viven bien en este tipo de suelos se encuentran: la valeriana, el junco, el sauce, la cola de caballo, o la anea o las plantas carnívoras en general.

3.3.2. Sistemas de riego.

Cada sistema de riego es único y está diseñado para cumplir condiciones específicas en cada cultivo, así como un sistema de riego por nebulización resulta ideal para la producción de forraje verde, hongos y germinación de plántulas, resulta muy costoso e inconveniente para el cultivo de lechugas en campo, donde un sencillo sistema de riego por goteo con cintilla resultaría ideal para regar grandes extensiones. Es por lo anterior que resulta importante conocer las características de cada sistema de riego para así seleccionar cual es el más conveniente para nuestro cultivo.

Riego por goteo.



Figura 3.9 Riego por goteo en una hortaliza.



El riego por goteo es muy utilizado en cultivos de hortalizas como jitomate, habanero etc. en general plantas de porte alto, aunque también se puede utilizar para cultivar hierbas aromáticas y flores. Como se mostró en la Figura 3.9.

La técnica de riego por goteo se ayuda de varios sistemas para llegar a su fin: cinta de riego y goteros principalmente.

Cinta de riego.

En el riego por goteo con cinta de riego el agua caerá gota a gota a través de una cinta con goteros a distancias determinadas directamente a cada planta. Como se muestra en la Figura 3.10.



Figura 3.10 Cinta de riego a un lado del cultivo.

Es uno de los sistemas de riego más eficientes, pero como cualquier sistema tiene ventajas y desventajas. Como se muestra en la siguiente Tabla 3.5.



Tabla 3.5 Ventajas y desventajas por el tipo de riego.

Ventajas	Desventajas
Ahorro de agua	La cinta se taponea fácilmente si no se filtra es agua o se usan soluciones poco solubles.
No hay necesidad de nivelar el terreno	La vida útil de la cintilla es poca (1 año aprox.).
Bajo costo	Las distancias entre goteros ya viene marcada y hay que adaptar el cultivo a estas distancias.
	Mientras mayor sea su extensión menos presión de riego se tendrá.

Riego con goteros.

Existen varios tipos de goteros que puedes utilizar para el sistema de riego por goteo:

Goteros Autocompensantes están diseñados (Figura 3.11) para realizar el riego en forma de gota de manera directa el cultivo. Los goteros autocompensantes pueden ser utilizados en terrenos desnivelados y brindar la misma proporción de riego en cada punto; siempre y cuando toda la instalación de riego utilice solamente goteros autocompensantes.



Figura 3.11 Riego con goteros



Los Goteros turbulentos (Figura 3.12) empiezan a gotear según el orden en que estén colocados; lo que no los hace muy precisos. Por lo que se recomienda su uso en cultivos pequeños o donde la superficies son planas o con muy poca inclinación.



Figura 3.12 Goteros turbulentos.

Estos dos tipos de goteros se pueden utilizar también en riego subterráneo; tan solo ocupando para su adecuado funcionamiento microtubín y micro estacas en la Figura 3.13 se muestra como está estructurado.



Figura 3.13 Microtubín.



Gotero ajustable de 0 a 70 L/H.

Cada gotero ajustable de 0-70 LPH(Figura 3.14) permite regular de manera manual, la cantidad de riego que va a liberar, para así cumplir con las necesidades individuales que cada planta conectada al sistema de riego requiera.



Figura 3.14 Gotero ajustable.

Goteros Tipo Bandera.

Los goteros tipo bandera son ideales para realizar el riego con aguas turbias o difíciles de filtrar (Figura 3.15); ya que está diseñado para evitar su obstrucción a diferencias de otros goteros o cintas de riego.

Su diseño permite realizar el riego en forma de grifo de manera directa sobre las plantas o cultivo que se desee regar.



Figura 3.15 Goteros Tipo Bandera.



El riego por goteros, a diferencia del riego con cinta de riego, nos permite adaptar la distancia entre gotero y gotero que vamos a desear y dirigir directamente las gotas de riego al tallo a través del uso de estacas y tubín, distribuir el riego de un gotero en 2 o 4 líneas así como regular con precisión la cantidad de litros por hora que cada línea estará regando.

Así mismo, el tipo de estaca va a determinar la calidad de filtrado que se va a utilizar, por lo que este sistema nos da muchas opciones de trabajo y por eso es ampliamente utilizado en invernaderos. En la Tabla 3.6 se muestran ventajas y desventajas.

Tabla 3.6 Ventajas y desventajas de estos distintos goteros.

Ventajas	Desventajas
Ahorro de agua	Un mayor costo sobre la cinta de riego por goteo
No hay necesidad de nivelar el terreno	Se puede regular la cantidad de litros de agua seleccionando el gotero adecuado o a través de estacas que regulen el flujo
Tiempo de vida mayor a la cinta de riego (hasta 5 años)	Las distancias entre goteros, sea puede adaptar a su cultivo.

Riego por aspersión.

En el riego por aspersión(Figura 3.16), el agua se distribuye en el campo en forma de llovizna artificial a través de equipos especiales de rociado. La eficiencia de riego para este sistema en un promedio de 85%.Se utiliza con preferencia en las zonas de humedad inestable y por lo general para regar cultivos de hortalizas, forrajes y es ampliamente recomendado para el cultivo de árboles frutarles.



Figura 3.16 Riego por aspersión

Una de los aspectos más importantes del riego por aspersión es la calidad de la lluvia creada artificialmente. Se sabe que no todas las lluvias naturales tienen igual importancia para la agricultura. La importancia de las lluvias, se caracteriza por la cantidad de agua que cae en una unidad de tiempo, es decir, la intensidad de la lluvia.

Es por eso que una de las necesidades que satisface el riego por aspersión es la de crear una lluvia con una intensidad de que no sea mayor que la velocidad de filtración del agua en el suelo cultivado. A continuación se presenta las ventajas y desventajas de riego por aspersión (Tabla 3.7)

Tabla 3.7 Ventajas y desventajas de Riego por aspersión

Ventajas	Desventajas
Posibilidad de utilizarlo terreno que no está nivelado.	Inversión alta
Humedece no solo del suelo, sino también de las plantas	Si existe un mucho calor en la zona se evapora rápidamente
Eliminar o reducir al mínimo los canales colectores y de desagüe de la red.)	



Hay que recalcar que entre los aspersores y los nebulizadores existe una diferencia fundamental, la cual está basada en el tamaño de las gotas; donde el riego por nebulización, como su nombre lo dice, las gotas salen y forman una neblina muy fina. En cambio, en el riego por aspersion, son gotas pequeñas pero aun perceptibles que forman una ligera lluvia sobre los cultivos.

Riego por nebulización.

Los Nebulizadores están diseñados para realizar el riego en forma de neblina para evitar el golpe directo de las gotas grandes de agua sobre los cultivos. Como se muestra en la Figura 3.17.



Figura 3.17 Riego por nebulización

Esto es muy benéfico en casos específicos como en la producción intensiva de Forraje Verde Hidropónico donde las semillas al no contar con tierra o sustrato como protección, no se desarrollarían en plenitud si son golpeadas por las gotas de agua durante el riego. Lo mismo sucede en la producción de hongos y en la producción de plántulas (germinación de plantas), donde, debido a la delicadeza de estos cultivos, las gotas grandes del riego podrían dañarlos.

En muchos otros casos, los nebulizadores solamente se utilizan para aumentar la humedad relativa de la instalación, como es el caso especial de los nebulizadores de 4 salidas, los cuales están diseñados específicamente para esta función(Figura 3.18).Para ello en la Tabla 2.8 se muestra las ventajas y desventajas de riego por nebulización.



Figura 3.18 Tipos de Nebulizadores.

Tabla 3.8 Ventajas y desventajas de Riego por nebulización

Ventajas	Desventajas
Ideal para cultivos delicados	Debido a la precisión de su riego, su costo es mayor al de otros sistemas.
Gran facilidad para la automatización.	Si no se maneja con precisión, el cultivo se hace susceptible a hongos.
Se puede cultivar en diferentes niveles o alturas.	No se recomienda para todos los cultivos, solo los extremadamente delicados

3.3.3. Sensor de humedad de suelo.

Los sensores de humedad consisten en dos placas de cobre separadas, en las cuales registran la humedad en el suelo por medio de un pequeño voltaje que



hay de una placa a otra, si esta detecta una resistencia igual a cero indica que el suelo está húmedo, en caso contrario si la resistencia es muy grande indica que el suelo está seco. En la Figura 3.19 se muestra la forma del sensor de suelo.

El sensor de humedad se puede utilizar para detectar la humedad del suelo, cuando hay deficiencia de agua en el suelo el módulo de salida da un nivel alto.

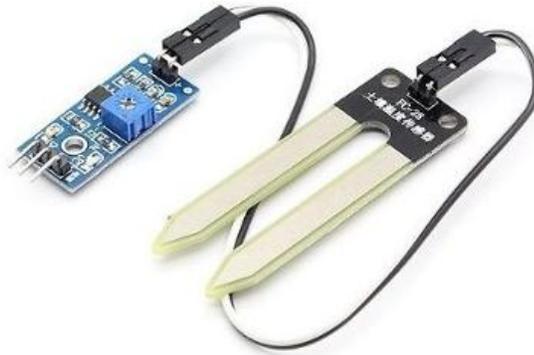


Figura 3.19 Sensor de humedad de suelo.

CARACTERÍSTICAS:

- La sensibilidad se puede ajustar (potenciómetro digital azul).
- Tiene agujero para poder atornillarlo.
- Comparador LM393, para funcionamiento estable.
- Especificaciones de interfaz (3 cables):
 - - VCC 3,3 ~ 5 V
 - - GND
 - - Interfaz de salida digital (0 y 1)
- Longitud de sonda 6X3 cm
- DO: salida digital output interface (0 and 1).
- AO: salida análoga output.



3.3.4. Sensor DTH11 (parte 2).

El DHT11 incorpora un sensor de humedad y temperatura complejo con una señal digital de salida calibrada. Garantiza una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo.

Para medir la humedad cuenta con un sensor tipo resistivo que trabaja correctamente entre los rangos indicados arriba (20% - aprox. 95%).

3.4. Etapa de potencia.

Control de potencia con Relés.

El relé es un dispositivo mecánico capaz de comandar cargas pesadas a partir de una pequeña tensión aplicada a su bobina. Básicamente la bobina contenida en su interior genera un campo magnético que acciona el interruptor mecánico. Ese interruptor es el encargado de manejar la potencia en sí, quedando al circuito electrónico la labor de "mover" la bobina. Permite así aislar mecánicamente la sección de potencia de la de control. Pero para accionar la bobina la corriente y tensión presente en un puerto paralelo no es suficiente. En la siguiente Figura 3.20 se muestra como es la etapa de potencia.

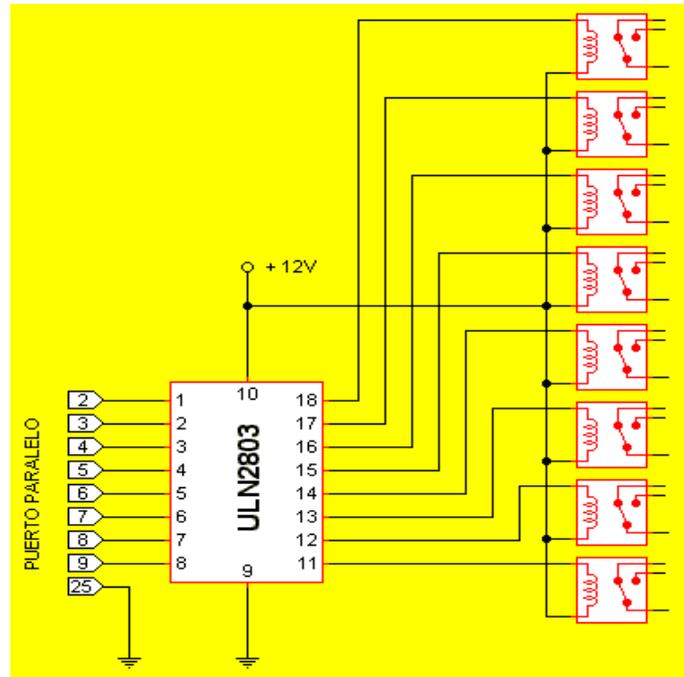


Figura 3.20 Etapa de potencia.

Este circuito es extremadamente simple y permite manejar ocho relés con bobinas de 12V a partir de los pines de un puerto paralelo. Podemos decir que TODOS los componentes de protección y limitación de corriente, además de los transistores de potencia están incluidos dentro del circuito integrado.

Podremos ver en el interior del chip ULN2803 (Figura 3.21) ocho esquemas como el de abajo, uno para cada uno de los canales.

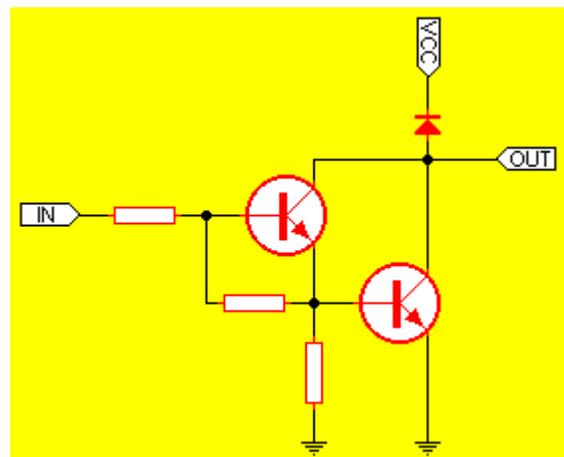


Figura 3.21 Diagrama Interno del chip ULN2803.



Es normal que la cápsula de este circuito integrado esté tibia con respecto a la temperatura ambiente. Se debe, como era de suponerse, a que la corriente requerida por cada relé pasa entre él y, como sabemos, el manejo de corriente genera calor. Para mayor información consultar bibliografía 14.



CAPÍTULO 4. MICROCONTROLADORES Y PROGRAMACIÓN.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Dispone normalmente de los siguientes componentes: Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso). Memoria RAM para Contener los datos. Memoria para el programa, tipo ROM/PROM/EPROM. Líneas de E/S para comunicarse con el exterior. Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.). Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

4.1. Arquitectura.

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de von Neumann, en el momento presente se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control). La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias.

4.1.1. ARDUINO, MICROCHIP, MSP430.

Arduino: Es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de tu ordenador personal. Es una plataforma de desarrollo de computación física de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software para la placa.

Puedes usar Arduino para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de tipos de luces, mo-



tores y otros actuadores físicos. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa que se ejecute en tu ordenador.

Ventajas:

Accesible: Las placas Arduino son más asequibles comparadas con otras plataformas de microcontroladores. La versión más cara de un módulo de Arduino puede ser montada a mano, e incluso ya montada cuesta bastante menos de \$100

Multi-Plataforma: El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. La mayoría de los entornos para microcontroladores están limitados a Windows.

Entorno de programación simple y directo : El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes y lo suficientemente flexible para los usuarios avanzados. Pensando en los profesores, Arduino está basado en el entorno de programación de Processing con lo que el estudiante que aprenda a programar en este entorno se sentirá familiarizado con el entorno de desarrollo Arduino.

Software ampliable y de código abierto: El software Arduino está publicado bajo una licencia libre y preparada para ser ampliado por programadores experimentados. El lenguaje puede ampliarse a través de librerías de C++, y si se está interesado en profundizar en los detalles técnicos, se puede dar el salto a la programación en el lenguaje AVR C en el que está basado. De igual modo se puede añadir directamente código en AVR C en tus programas si así lo deseas.

Hardware ampliable y de Código abierto: Arduino está basado en los microcontroladores:

ATMEGA168, ATMEGA328 y ATMEGA1280. Los planos de los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores de circuitos con experiencia pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo u optimizándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión para placa de desarrollo para entender cómo funciona y ahorrar algo de dinero.



Microchip PIC:

- Amplia gama de componentes para adaptar al microcontrolador, además de adaptarse a cualquier aplicación.
- Herramientas de desarrollos comunes.
- Gran variedad de sistemas y funciones embebidas como: USART, SPI, ADC y DAC, temporizadores y transmisores y receptores.
- Cantidad suficiente de bibliografías.

Msp430:

- Capaz de implementar todo en un chip muy pequeño.
- Costo demasiado bajo. Solo 4 dólares.
- Voltaje de operación de 1.8 -3 V.
- Conjunto de instrucciones reducidas.

4.1.2. Elección de Arduino.

Para este prototipo de invernadero, decidimos utilizar el microcontrolador ARDUINO, por su accesibilidad en precio, y gran variedad de periféricos existentes para él. Dentro los periféricos tenemos los sensores de temperatura y humedad que ya viene con sus respectivos convertidores analógicos-digitales, para nosotros es ventaja, porque nos ahorra tiempo y dinero.

Trabaja con un voltaje de 5 volts, tomamos esto como ventaja porque la mayoría de las implementaciones periféricas externas también trabajan con el mismo voltaje y no es necesario anexar alguna fuente de alimentación externa que proporcione más gasto de tiempo y dinero, siendo el propósito disminuir costos.



Como cualquier controlador se programa, este de forma bastante sencilla es prácticamente directa, no como otro tipo de microcontroladores, que necesitan de hardware extra para su funcionamiento, viene con su placa como pines de salidas, que si no se integra en el microcontrolador se puede hacer por nosotros mismos.

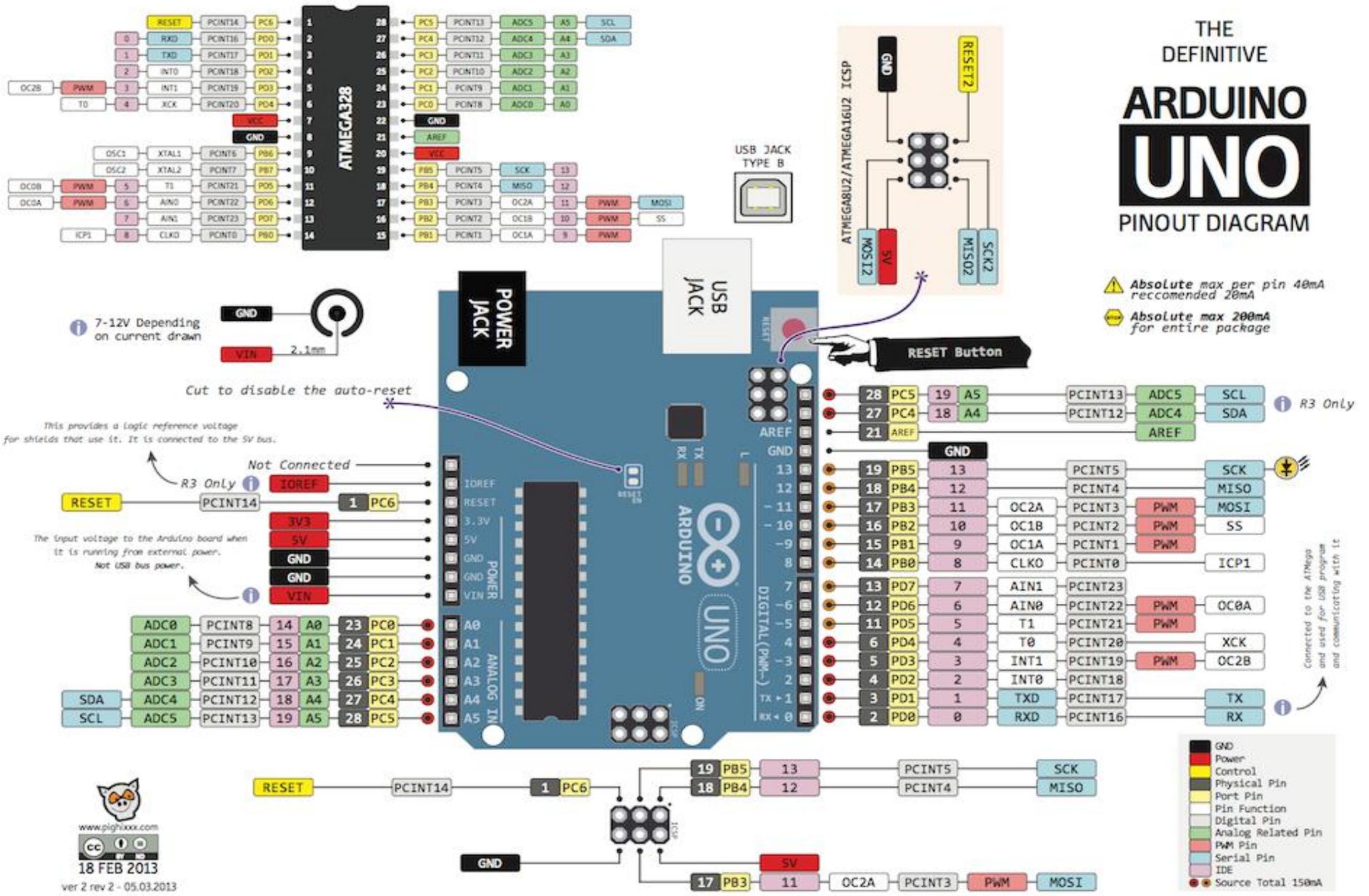


Figura 4.1. Arquitectura del microcontrolador Arduino

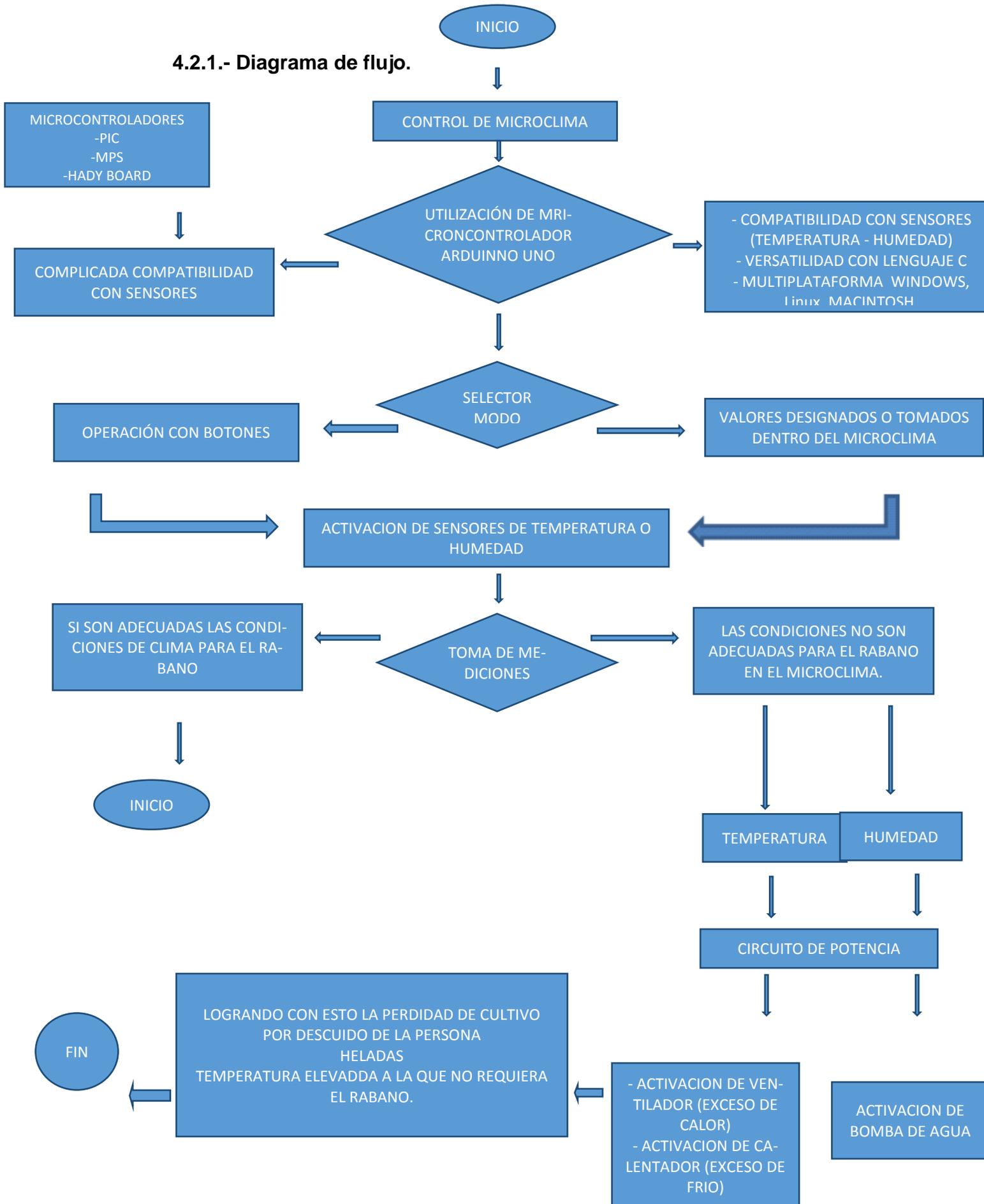


4.2 Programación.

El lenguaje de programación C++ es uno de los lenguajes más empleados en la actualidad. Se puede decir que C++ es un lenguaje híbrido, ya que permite programar tanto en estilo procedimental tal cual se hace en C, como orientación a objetos, como en ambos a la vez. Además, también se puede emplear mediante programación basada en eventos para crear programas que usen interfaz gráfica para el usuario.

El nacimiento de C++ se remonta al año de 1980, cuando Bjarne Stroustrup, de los laboratorios de Bell, desarrolló una extensión de C llamada "C with Classes" que permitía aplicar los conceptos de la programación orientada a objetos con el lenguaje C. Stroustrup se basó en las características de orientación a objetos del lenguaje de programación Simula, aunque también tomó ideas de otros lenguajes importantes.

4.2.1.- Diagrama de flujo.





4.3 Código fuente.

El código fuente es un texto escrito generalmente por una persona que se utiliza como base para generar otro código que posteriormente será interpretado o ejecutado por una computadora. Normalmente se refiere a la programación de software. Un único programador o un equipo de ellos escriben el código fuente en el lenguaje de programación elegido. Posteriormente en un proceso de compilación el código fuente se traduce en código objeto.

A diferencia del código objeto, el código fuente es texto simple, capaz de ser leído por cualquier editor de textos y lo que es más importante, entendible por cualquier programador. En él están escritas las instrucciones que deberá realizar la computadora, según la sintaxis de un lenguaje de programación. Tener el código fuente es vital si se necesita modificar un programa. El término de código fuente también se usa para el código de otros lenguajes, como los de marcado de textos como el HTML, que posteriormente son interpretados por un programa especializado, en este caso el navegador web, para su lectura.

El código fuente estará escrito en un lenguaje de programación determinado, elegido por el programador, como pueden ser: Basic, C, C++, C#, Java, Perl, Python, PHP.

4.3.1 Código objeto.

Es un conjunto de instrucciones y datos escritos en un lenguaje que entiende el ordenador directamente: binario o código máquina. Proviene de la traducción de cierto código fuente, es un fragmento del programa final y es específico de la plataforma de ejecución.



4.3.2 Código ejecutable.

Este tipo de código reúne diferentes códigos u objetos generados por los programadores junto con las “librerías de uso general” (propias del entorno o del lenguaje de programación) componiendo el programa final. Este es el código que ejecutan los usuarios del sistema, y es específico para una plataforma concreta: Windows, Linux, Mac OS, o cierto sistema Hardware. Para este último paso de la programación, se ejecutara en el microcontrolador Arduino, que será el cerebro de nuestro sistema, teniendo como hardware los sensores y la etapa de potencia.



CAPÍTULO 5. FUNCIONAMIENTO.

5.1 Estructura.

La elección de un tipo de invernadero de tipo túnel (Figura 5.1), es decir de su estructura, está en función de una serie de factores o aspectos técnicos:

- Tipo de suelo. Se deben elegir suelos con buen drenaje y de alta calidad aunque con los sistemas modernos de fertiriego es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o sustratos artificiales.
- Topografía. Son preferibles lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur.
- Vientos. Se tomarán en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.
- Exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo.
- Características climáticas de la zona o del área geográfica donde vaya a construirse el invernadero.
- Disponibilidad de mano de obra (factor humano).

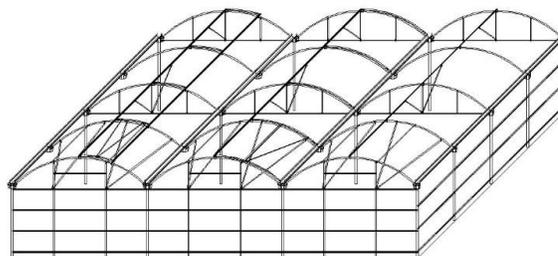


Figura 5.1 Invernadero tipo túnel.

La cubierta de un invernadero es uno de los componentes más importantes a la hora de satisfacer las necesidades de cultivo. En ella factores como transparencia, retención de calor, el rendimiento térmico, flexibilidad, el envejecimiento o la resistencia al fuego son factores decisivos para escoger un buen material.

Debido a los muchos materiales que se pueden utilizar para las cubiertas de los invernaderos se ha puesto lo que es hule cristal que tiene una similitud con los invernaderos de gran escala como se muestra en la Figura 5.2 la cubierta.



Figura 5.2 Cubierta del invernadero.

5.1.1 Materiales que se utilizaron.

Tabla 5.1 Materiales que se utilizaron para el proyecto.

Materiales.	Cantidad.	Precio total. \$
Acrílico.	1 hoja.	500
Pegacril.	500 ml.	30
Madera.	1m.	50
Fleje.	60cm.	40
Hule.	1m.	25
Cable.	15m.	30
Placa fenólica.	2 10*10	50
Arduino uno.	1 pz.	400
Relevador.	4	60
Display 2x16.	1	50
Push button.	5	10
Tierra.	1 bolsa	90
Semilla de rábano.	1 caja	15
Conectores machos.	10	60
Conectores hembras.	10	60
Uln 2803.	1	75
Secadora.	1	150
Ventilador.	1	65
Lm35.	1	150
Dht11.	1	180
Sensor de humedad de suelo.	1	220
	TOTAL	2300



5.1.2 Procedimiento de la elaboración de la estructura del invernadero.

En el armado de tipo invernadero que se eligió es tipo túnel o semicilíndrico por el hecho de que el empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas.

Además que ofrece las ventajas de una estructuras con pocos obstáculos en su estructura, una buena ventilación para la planta o fruta, buena estanqueidad la lluvia y al aire dentro del invernadero que también permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado como también automatizado como se realizó en este proyecto, al interior se tiene un buen reparto de la luminosidad y por último fácil instalación.

Para el armado del invernadero a escala se utilizó como estructura acrílico por su resistencia al soportar al interior la tierra y el crecimiento del rábano por lo cual teniendo las siguientes dimensiones de 60 cm de largo, 35 cm de ancho y 15 cm de altura como se muestra en la siguiente Figura 5.3.

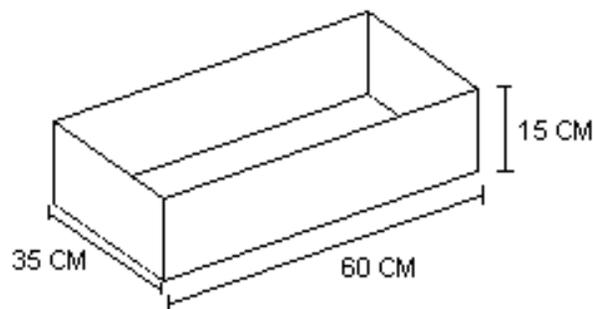


Figura 5.3 Compartimiento de para siembra del rábano.

De este modo en esta estructura rectangular en la base se hicieron 7 orificios para el escurrimiento del agua y esta misma no se acumule en el interior innecesariamente para el rábano y provoque la muerte del vegetal.



En lo que respecta lo del domo semicilíndrico tiene las siguientes dimensiones de 35 cm de diámetro y 17.5 cm de radio como se muestra la siguiente Figura 5.4 en estas caras semicirculares en un lado se colocó la resistencia (secadora) y en otro extremo el ventilador.

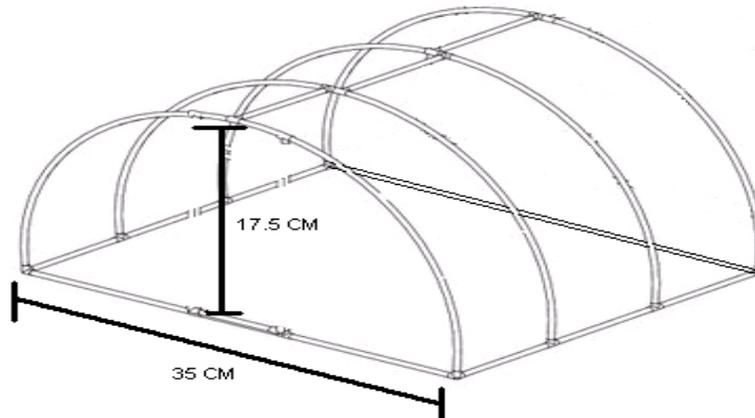


Figura 5.4 Mediciones del domo del Invernadero.

La estructura del domo tiene dos bandas metálicas con una separación de 15 cm para el soporte del hule cristal en lo que corresponde de un extremo de la caja se aseguró con bandas de doble pegamento para que no se pudiera desprenderse en su totalidad y en el otro extremo se colocaron pegacril para su abertura al interior. Figura 5.5.

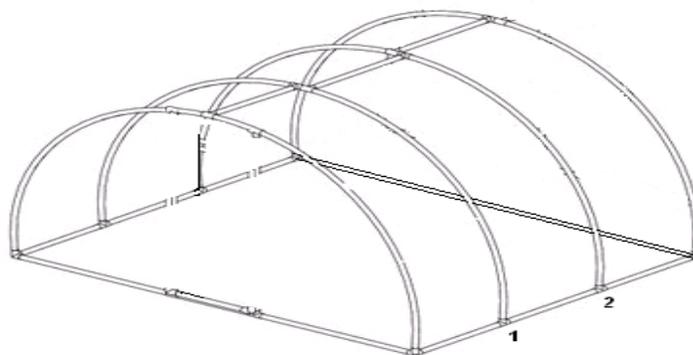


Figura 5.5 1,2 Bandas metálicas para el soporte del hule cristal.



En el diseño de la estructura del compartimiento del recipiente de agua tiene 18 cm de largo, 14 cm de ancho y 10 cm de altura, en la cual está a un lado del invernadero esta estructura esta lo que es la bomba de agua y conlleva al invernadero al interior el riego adecuado por mangueras se repartirá en dos por las camas de tierra como se muestra en la siguiente Figura 5.6.

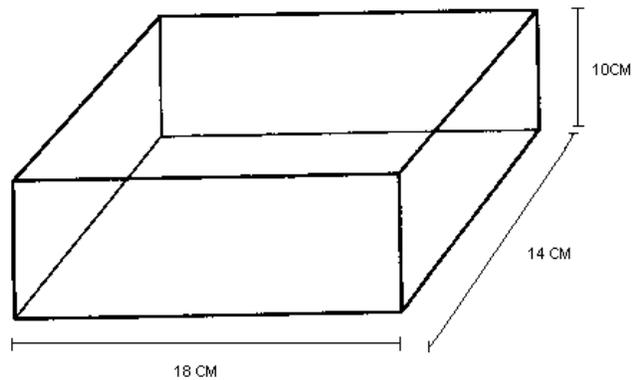


Figura 5.6 Contenedor para la bomba de agua.

Y Por último la sección de control automatizado donde se encontrara el Arduino y donde se controlarán las variables de temperatura, humedad de suelo y humedad relativa, estará en un compartimiento. Cubriéndola de agua o polvo que pueda afectar el sistema o deje de funcionar por completo .Figura 5.7.



Figura 5.7 Compartimiento del circuito.



Así como se muestra a continuación queda la estructura en su totalidad completa y funcionando como se estipula en el este escrito. Figura 5.8.



Figura 5.8 Construcción final del invernadero.

5.1.3 Diseño de circuitos eléctricos y electrónicos.

Diseñamos los circuitos eléctricos y electrónicos para la implementación y funcionamiento de las variables, estos circuitos son:

- Circuito del display, se aprecia en la Figura 5.9 El diseño de las pistas y en la Figura 5.10 se puede apreciar el montaje y distribución de componentes.

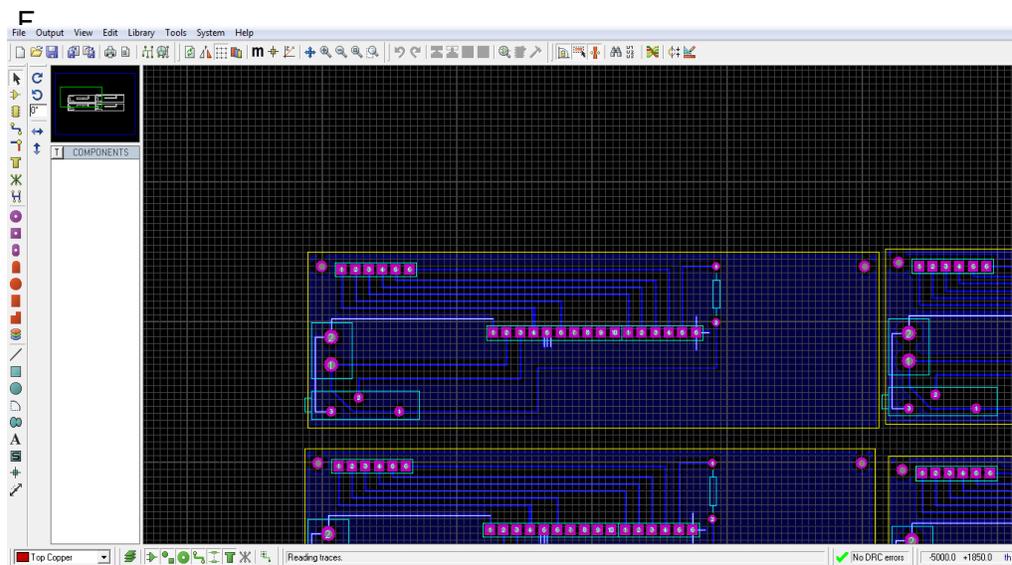


Figura 5.9 Diseño de las pistas en la placa de display.

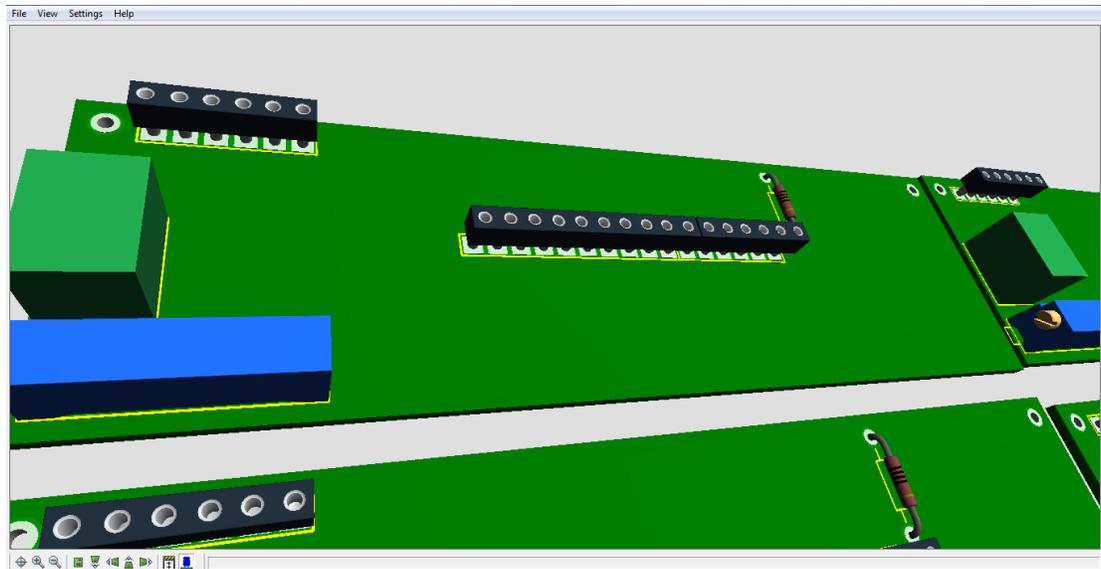


Figura 5.10 Distribución de componentes del display.

- Diseño de la etapa de potencia, se puede apreciar en la Figura 5.11 el diseño de las pistas, en la Figura 5.12 se muestra la distribución de los componentes.

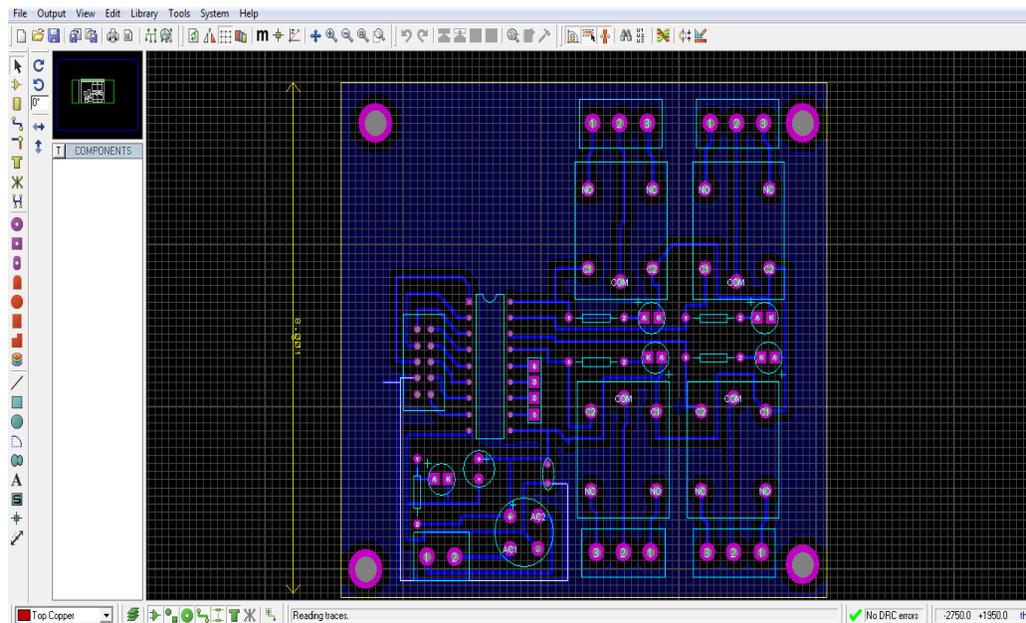


Figura 5.11 Diseño de las pistas de la etapa de potencia.

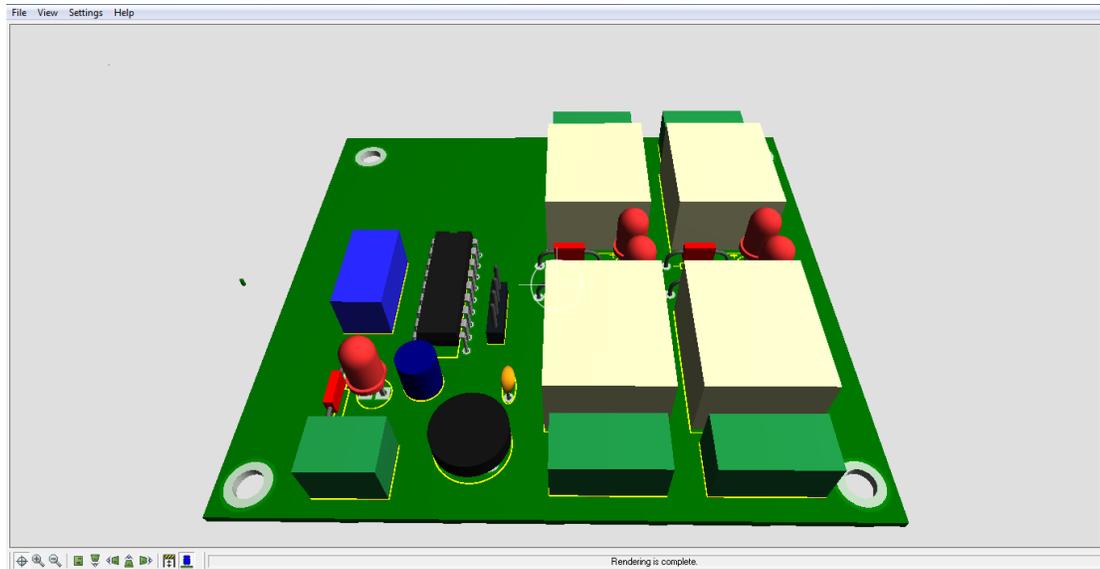


Figura5.12. Distribución de los componentes de la etapa de potencia.

- Diseño de la placa de control, se monta sobre el microprocesador con sus respectivos pines, tiene las salidas de todos los sensores, menú y el display. En la Figura 5.13 se muestra el diseño de las pistas. En la Figura 5.14 se muestra la distribución de los componentes.

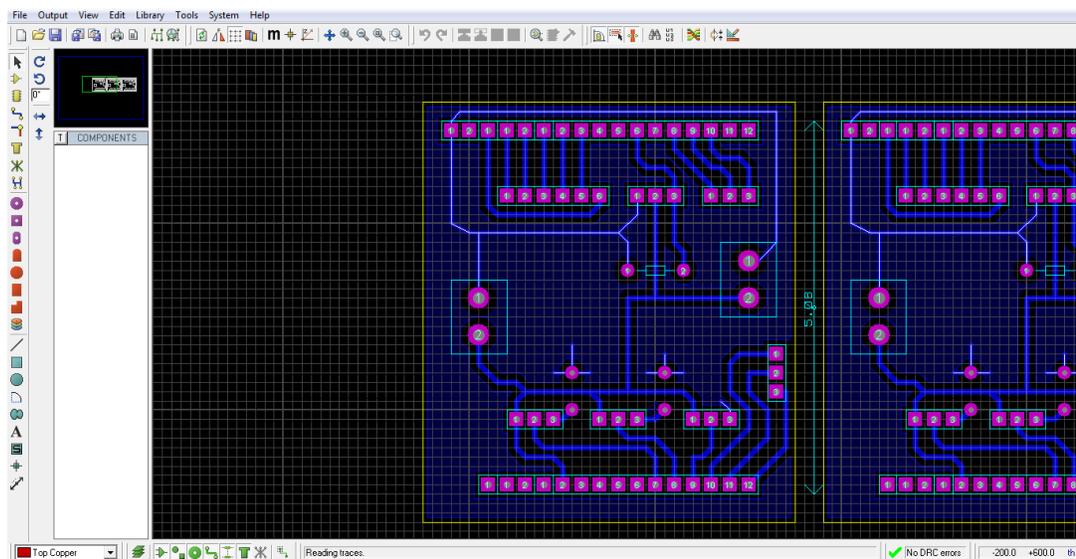


Figura 5.13. Diseño de pistas para la placa de control.

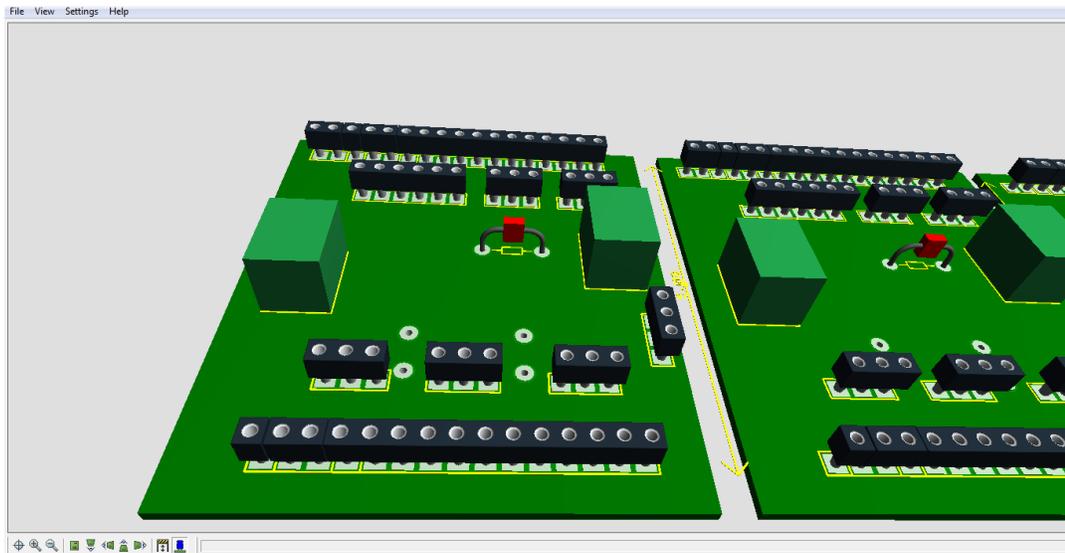


Figura 5.14. Distribución de los componentes.

- Diseño del teclado en la Figura 5.15 se muestra el diseño de las pistas y en la Figura 5.16 se muestra la distribución de los componentes.

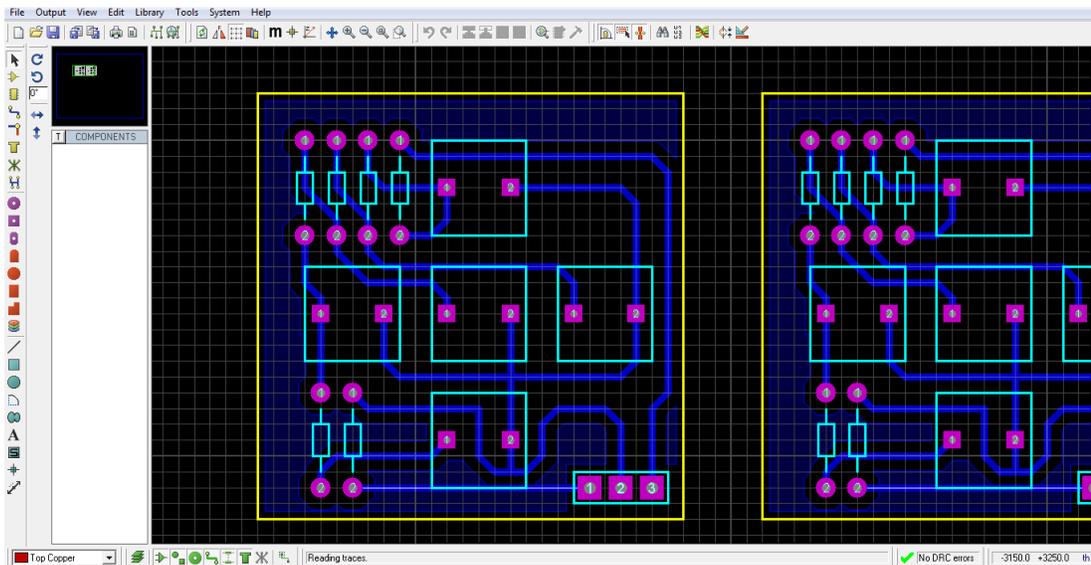


Figura 5.15. Diseño de las pistas del teclado.

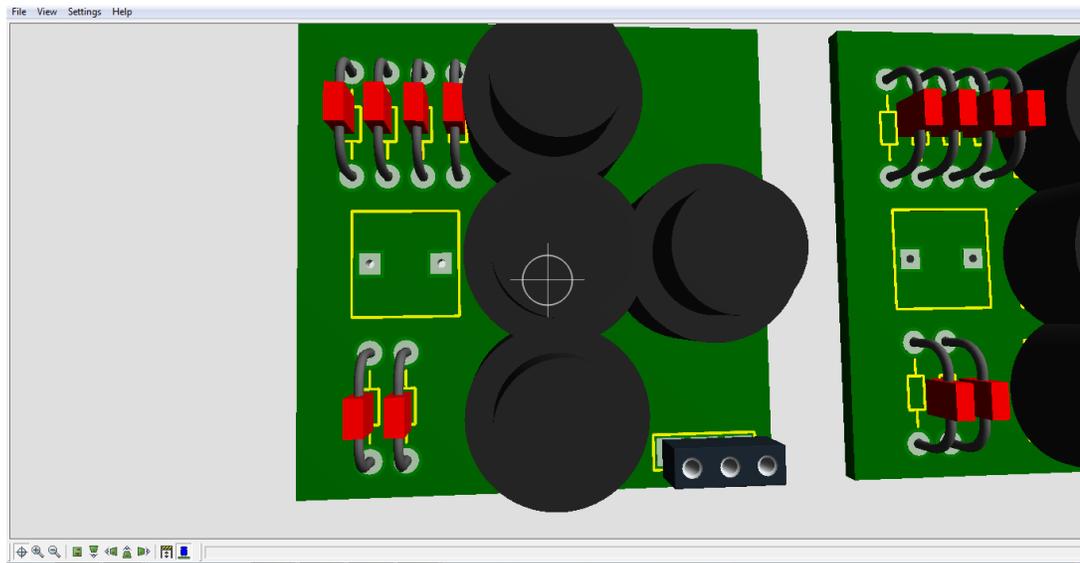


Figura 5.16. Distribución de los componentes.

5.2 Resultados.

5.2.1 Etapa de humedad Relativa.

En la humedad relativa se usó el DHT11 con el objetivo de tener mediciones exactas y claras. El diagrama de la Figura 5.17 nos muestra su conexión.

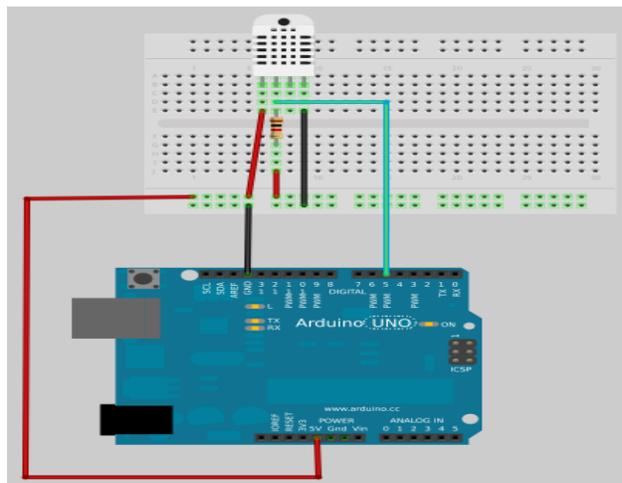


Figura 5.17 Diagrama de conexión del sensor DHT11 con el Arduino.



En los resultados obtenidos en el display no son iguales a los del sistema meteorológico ambiental, por causa de la región que nos encontramos. El valor promedio obtenido en las pruebas es el siguiente que nos muestra la Figura 5.18.

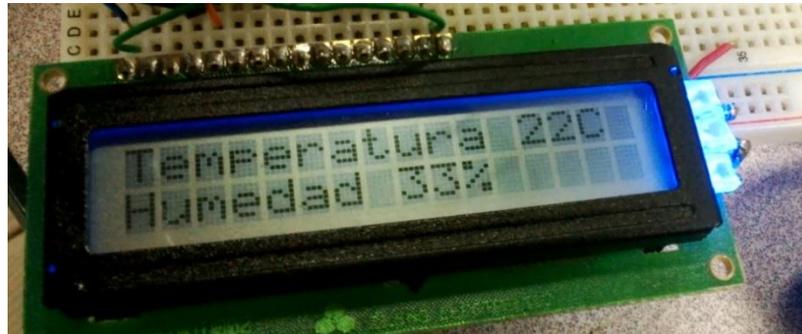


Figura 5.18 Resultado de la humedad en el display.

5.2.2 Etapa de humedad de suelo.

Para el suministro de agua de la instalación es necesaria una bomba sumergible puesto que existe una acequia en el área de cultivo.

Para la elección de la bomba es necesario saber el caudal que ha de suministrar a la entrada de la instalación y la pérdida de carga mínima y máxima que ha de superar para garantizar que los goteros tengan la presión necesaria para su correcto funcionamiento.

Para el riego que proviene la bomba ira enterrada hasta las proximidades del invernadero donde se ubica un contador y una llave de paso. Desde allí la tubería se bifurca en dos, corre a alimentar la instalación de riego como se muestra en la Figura 5.19.

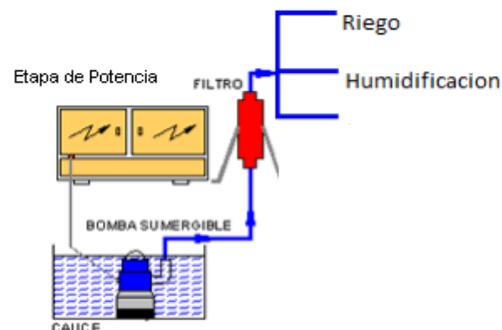


Figura 5.19 Diagrama del sistema de riego.



En la siguiente Figura 5.20 se demuestra cómo es que está entre los rangos que requiere el rábano de húmedo la tierra para que tenga un crecimiento adecuado.



Figura 5.20 Resultado en display si esta húmedo o seco.

5.2.3 Etapa de Temperatura.

Para hacer la medición de la temperatura dentro del microclima, usamos el sensor LM35 que se conecta a uno de los pines de entrada del Arduino, en la siguiente Figura 5.21 no indica su diagrama de conexión para su funcionamiento en la pruebas.

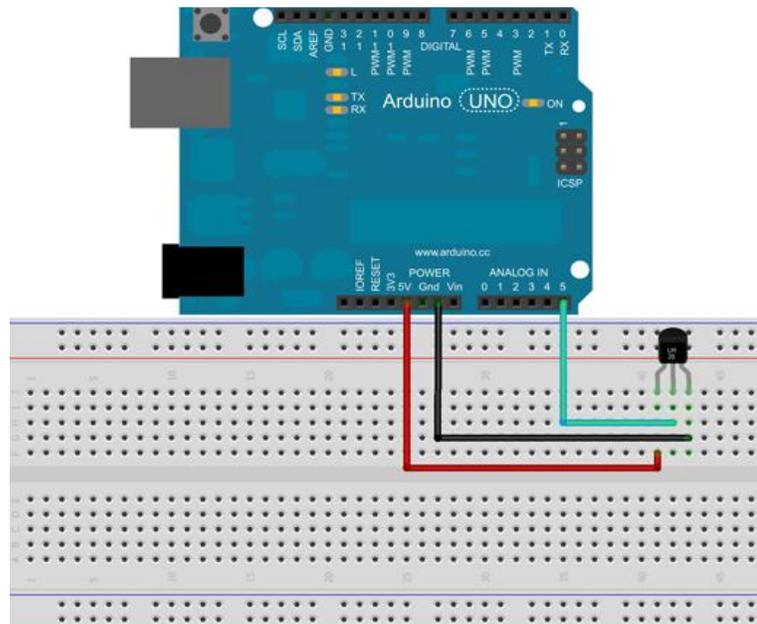


Figura 5.21 Diagrama de conexión del sensor LM35.



Para la realización de las pruebas utilizamos un termómetro de rayo láser que tuvimos la posibilidad de pedir al Instituto, para así corroborar que las mediciones sean lo más exactas posibles, en la Figura 5.22, nos indica la comparación de la medición entre el LM35 y el termómetro de rayo de láser, en el cual podemos concluir que la medición varía por muy poco haciendo que el sensor sea el indicado para el desarrollo y continuidad del proyecto.

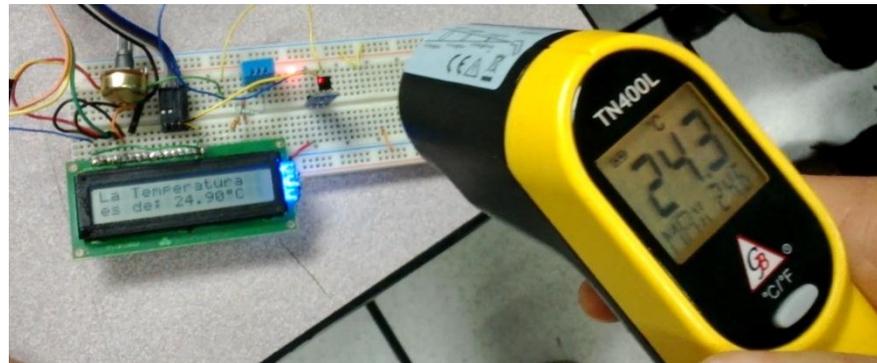


Figura 5.22 Comparación entre el sensor LM35 y el termómetro de rayo láser.

5.3 Conclusiones.

No todos los invernaderos son iguales, y las condiciones regionales deben ser evaluadas de manera que se considere que el objetivo principal de la agricultura que se eligió tipo túnel bajo plásticos es un mayor abastecimiento de alimentos, menos costoso y más seguro.

El mayor conocimiento del efecto de la luz sobre las plantas, está dirigiendo los nuevos desarrollos de materiales hacia una modificación de la radiación incidente en los invernaderos para producir diferentes efectos como por ejemplo: antigoteo, antibotrytis, antiviral, etc. Los efectos pueden involucrar la reducción en el uso de fitosanitarios con el consiguiente beneficio ambiental por eso el uso de la automatización para beneficio de la misma hortaliza.

La agricultura bajo invernadero se está encaminando hacia un mayor control del clima, que implica mejoras en estructuras y en materiales de cubierta, con mejoras de las propiedades mecánicas y de las propiedades ópticas. Sin embargo, no



basta con sólo invertir en un invernadero que cumpla con los requisitos para el manejo de los factores de producción. Lo importante es realizar el control de estos factores, en forma oportuna y aplicando las técnicas adecuadas requeridas para cada cultivo, zona o tipo de instalación partiendo del uso del microcontrolador y hacer posible la automatización. Pero sobretodo con un uso eficiente de los recursos involucrados, tales como mano de obra y otros insumos.

Los nuevos desarrollos se encaminan hacia materiales que mejoran sus propiedades mecánicas y hacia una selectividad de la radiación (cantidad y calidad). La utilización de películas con aditivos que bloquean el pueden ayudar a disminuir las temperaturas máximas en el interior del invernadero sin tener que perder por ello parte de la radiación, que las plantas necesitan para su proceso vital, aprovechando la máxima intensidad de luz a primeras y últimas horas del día, y como resultado incrementando la producción, precocidad y calidad de las cosechas que de manera automatizada se obtiene estos resultados con mayor eficiencia para el cultivo como se implementó en este invernadero.

Por lo que reunimos varios temas los cuales son necesarios e importantes para implementar la programación de nuestro microcontrolador, primero se basó todo en el diagrama de flujo que posteriormente se fue diseñando todo el algoritmo para que cobrara vida el microcontrolador, declarando variables, funciones entre otras. Con el uso del lenguaje C++ es más sencillo hacer el algoritmo que con lenguaje ensamblador, el lenguaje C++ es más rápido y cómodo. Para dar paso el cumplimiento del objetivo planteado y ahora en este mismo proyecto se podría pensar en la implantación a un invernadero de escala mayor que cotidianamente se conoce o en techos ecológicos por los resultados correctos que se dieron para el rábano que se utilizó como hortaliza.



Apéndice.

Apéndice 1: Código Fuente Del Invernadero.

```

// Librerías:
#include "DHT.h"

//#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#define DHTPIN 6 //Analog 1
#define DHTTYPE DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

#define aumH 20 // El aumento
por cada pulsacion.

#define aumT 1 // El aumento por
cada pulsacion.

//Constantes

//int valor_key; //Valor de la tecla
presionada

float Hum; //Valor de la tempera-
tura

float Temp;

float Tier;

int temp = 1;

int Pot_TempBa = 2; //Salida de
potencia

int Pot_Temp = 3;

int Pot_Hum = 4;

char Rango;

char Escala[7] = "null";

//Valores Máximos y mínimos

float MaxT =0;

float MinT =0;

float MaxH =0;

float MinH =0;

// Variables globales:

int TempM
= 0; // Nivel de
temperatura del Menu

int HumM =
0; // Nivel de Humedad del
Menu

float gradosC, gradosF, gradosK;

// Caracteres personalizados para
el LCD

byte arrowDown[8] =
{B00000, B01110, B01110,
B01110, B11111, B01110,
B00100};

byte cursorLCD[8] = {B00000,
B00000, B00110, B01111, B01111,
B00110, B00000};

byte ledOn[8] = {B00000,
B01110, B10001, B10001, B01010,
B01110, B01110};

byte white[8] = {B11111,
B11111, B11111, B11111, B11111,
B11111, B11111};

byte chagrado[8] = {B01110,
B01010, B01110, B00000, B00000,
B00000, B00000};

// Se declaran los pines del LCD

LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 9, 8,
13);

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

lcd.begin(16, 2);

// Se añaden los caracte-
res especiales al objeto LCD:

lcd.createChar(0, cur-
sorLCD);

lcd.createChar(1, ar-
rowDown);

lcd.createChar(2, le-
dOn);

lcd.createChar(3,
white);

lcd.createChar(5, chagrado);

// Se configuran los pines de
los LEDs como salidas y se ponen a
0.

pinMode(Pot_TempBa, OUT-
PUT);

pinMode(Pot_Temp, OUT-
PUT);

pinMode(Pot_Hum, OUTPUT);

//Se inicializa el sensor DHT

dht.begin();

//Se muestra pantalla de
inicio

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("Proyec_Invernadero");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("Comunicaciones");

delay(8000);

lcd.clear();

}

void loop()
{

char resultButton[7] =
"null";

int posCursor=0, opcMenu=-2;

Hum = dht.readHumidity();

if(!strcmp(Escala,"C"))
{

```



```

        gradosC = (5.0 * analogRead(1) * 100.0) / 1024;
        //Esta es la función con la que obtenemos la medida del sensor en °C.
        Temp = gradosC;
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("T=");
        lcd.print(Temp,0);
        lcd.print(Escala);
        lcd.write(byte(5));
    }
    else if(!strcmp(Escala,"F"))
        {gradosC = (5.0 * analogRead(1) * 100.0) / 1024;
        //Esta es la función con la que obtenemos la medida del sensor en °C.
        gradosF = (gradosC * 1.8) + 32; //Multiplicando los °C por 1.8 y luego sumando 32 obtenemos grados Fahrenheit
        Temp = gradosF;
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("T=");
        lcd.print(Temp,0);
        lcd.print(Escala);
        lcd.write(byte(5));
    }
    gradosK = gradosC + 273.15;
    //Temp = gradosC;
    /*lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("T=");
    lcd.print(Temp,0);
    lcd.print(Escala);
    lcd.write(byte(5));*/
    lcd.setCursor(8,0);
    lcd.print("H=");
        lcd.print(Hum,0);
        lcd.print("%");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("H_S=");
        Tier=analogRead(0) ;
        lcd.print(Tier);
        delay(700);
        lcd.clear();
        if (Temp > MaxT)
            {
                digitalWrite(Pot_Temp, HIGH);
                // enciende el LED
            }
        if ((Temp > MinT) and (Temp <= MaxT))
            {
                digitalWrite(Pot_Temp, LOW);
                digitalWrite(Pot_TempBa, LOW);
            }
        if (Temp < MinT)
            {
                digitalWrite(Pot_TempBa, HIGH); // enciende el LED
                digitalWrite(Pot_Temp, LOW);
            }
        if (Tier <=MinH)
            {
                digitalWrite(Pot_Hum, LOW);
            }
        if ((Tier > MinH) and (Tier <= MaxH))
            {
                digitalWrite(Pot_Hum, LOW);
                // enciende el LED
                // Se comprueba si se ha pulsado un botón:
                getButton-
                Push(resultButton, 0, 200);
                // Si se pulsa la tecla, se entra en el menú:
                if(
                !strcmp(resultButton,"menu"))
                    {
                        //LCDmenu();
                        // Menú Principal
                        lcd.clear();
                        lcd.setCursor(2, 0);
                        lcd.print("Temperatura");
                        lcd.setCursor(2, 1);
                        lcd.print("Humedad T.");
                        //lcd.setCursor(15, 1);
                        lcd.print("S");
                        // Mientras no se pulse sobre salir, no se saldrá a la pantalla principal:
                        do{
                            strcpy(resultButton,"null");
                            getButton-
                            Push( resultButton, 0, 200);
                            // Cursor que indica la opción seleccionada:
                            lcd.setCursor(0, pos-
                            Cursor);
                            lcd.write(byte(0));
            }
        }
    }

```



```

// Desplaza el cursor arriba o
abajo:
    if(!strcmp(resultButton,
"arriba"))
        LCDMueveCur-
sor(&posCursor, 1, 'r'); //
Se resta una posición al cursor
    else
if(!strcmp(resultButton,"abajo"))

// Se suma una posición al cursor

        LCDMueveCur-
sor(&posCursor, 1, 's');

    else
if(!strcmp(resultButton,"derecha")
)

        opcMenu = posCursor;

// Al pulsar a la derecha (para
acceder a esa opción) se actualiza
la opción de menú elegida según
donde esta el cursor ahora.

    else
if(!strcmp(resultButton,"salir")) //
Se suma una posición al cursor

        //delay(1000);

        opcMenu = 2;

// Según la opción elegida del
menú, se llama a otro menú o se
cierra el menú actual:

        switch(
opcMenu )
        {

            case 0:

// Se accede al menú para modifi-
car pareámetros de la temperatu-
ra

                /*LCDmenu0();

                opcMenu = -2;

                //strcpy(resultButton,"null");

                break;*/

                break;*/
                {
                    char
resultButton[7];

//strcpy(resultButton,"null");

                    int pos-
Cursor=0, opcMenu=-2;

// Submenu de Temperatura

                    lcd.clear();

                    lcd.setCursor(2, 0);
                    lcd.print("1.Escala");

                    lcd.setCursor(2, 1);
                    lcd.print("2.Rango");

                    posCursor=0,
opcMenu=-2;

                    //lcd.setCursor(15, 1);
                    lcd.print("S");

// Mientras no se pulse sobre
salir, no se saldrá al Menú:

                    do{

                        strcpy(resultButton,"null");

                        getButtonPush( resultButton, 0,
200);

                        // Cursor que indica la opción selec-
cionada:

                        lcd.setCursor(0, posCursor);
                        lcd.write(byte(0));

// Desplaza el cursor arriba o
abajo:

                        if(!strcmp(resultButton,"arriba"))

                            LCDMueveCursor(&posCursor, 1,
's');

                        else
if(!strcmp(resultButton,"derecha")
||
!strcmp(resultButton,"izquierda"))

                            opcMenu = posCursor;

                        else
if(!strcmp(resultButton,"salir"))

                            // Se suma una posición
al cursor

                                opcMenu = 2;

// Según la opción elegida del
submenu, sse cambian los para-
metros de la Temperatura

                                switch( opcMenu )

                                    {

                                        case 0:

// Se accede al menú de Escala,
para determinar cómo se va a
mostrar la temperatura.

                                            /*LCDsubmenu0();

                                            opcMenu = -2;

                                            break;*/

```



```
{
    char resultButton[7];

    int posCursor=0, opcMenu=-2,
    Temp=0;

    // subMenu

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("1.Centigrados ");

    lcd.setCursor(2, 1);
    lcd.print("2.Fahrenheit");

    //lcd.setCursor(15, 1);
    lcd.print("S");

    // Mientras no se pulse sobre salir,
    no se saldrá al Menú:

    do{

        strcpy(resultButton, "null");

        getButtonPush( resultButton, 0,
        200);

        // Cursor que indica la opción
        seleccionada:

        lcd.setCursor(0, posCursor);
        lcd.write(byte(0));

        // Desplaza el cursor arriba o
        abajo:

        if(!strcmp(resultButton,"arriba"))

            LCDMueveCursor(&posCursor, 1,
            'r'); // Se resta una posición al
            cursor

            else

            if(!strcmp(resultButton,"abajo"))
            // Se suma una posición al cursor

            LCDMueveCursor(&posCursor, 1,
            's');

            else

                if(!strcmp(resultButton,"derecha")
                ||
                !strcmp(resultButton,"izquierda"))

                    case 1:

                        // Se muestra temperatura en
                        Fahrenheit.

                        Temp= gradosF;

                        gradosC=0;

                        gradosF=0;

                        strcpy(Escala,"F");

                        opcMenu = -2;

                        break;

                    switch( opcMenu )

                    {

                        case 2:

                            // Salir a la pantalla principal.

                            opcMenu = -1;

                            //lcd.clear();

                            //delay(1000);

                            //Retorno();

                            break;

                        }

                            while(opcMenu != -1);

                            //opcMenu = -2;

                            break;

                            // Al salir del Menu1 se imprime el
                            menú anterior:

                            /*lcd.clear();

                            lcd.setCursor(2, 0);
                            lcd.print("1.Escala");

                            lcd.setCursor(2, 1);
                            lcd.print("2.Rangos");

                            break;

                    case 0:

                        // Se muestra temperatura en
                        Centígrados.

                        //gradosC = (5.0 * analogRead(0) *
                        100.0) / 1024; //Esta es la funcion
                        con la que obtenemos la medida
                        del sensor en ºC

                        Temp = gradosC;

                        gradosC=0;

                        gradosF=0;

                        strcpy(Escala,"C");

                        opcMenu = -2;

                        break;

                    }

                }

            }

        }

    }

}
```



```
//lcd.setCursor(15, 1);
lcd.print("S"); */

//strcpy(resultButton,"null");

}

case1:
// Se accede al menú de Rangos,
para determinar máximos y míni-
mos de la temperatura.

/*LCDsubmenu1();

opcMenu = -2;

break;*/

char resultButton[7];

int posCursor=0, opcMenu=-2;

// submenu

lcd.clear();

lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("1.Max T.");

lcd.setCursor(2, 1);
lcd.print("2.Min T.");

//lcd.setCursor(15, 1);
lcd.print("S");

// Mientras no se pulse sobre
salir, no se saldrá al Menú:

do{

strcpy(resultButton,"null");

getButtonPush( resultButton, 0,
200);

// Cursor que indica la opción
seleccionada:

lcd.setCursor(0, posCursor);
lcd.write(byte(0));

// Desplaza el cursor arriba o
abajo:

if(!strcmp(resultButton,"arriba"))

LCDMueveCur-
sor(&posCursor, 1, 'r');

// Se resta una posición al cursor.

else

if(!strcmp(resultButton,"abajo"))
// Se suma una posición al cursor.

LCDMueveCur-
sor(&posCursor, 1, 's');

else

if(!strcmp(resultButton,"derecha")
||
!strcmp(resultButton,"izquierda"))

opcMenu = posCursor;

else

if(!strcmp(resultButton,"salir"))

// Se suma una posición al cursor

opcMenu = -1;

// Según la opción elegida del
menú, Se modifica rango de la
temperatura.

switch( opcMenu )

{

case 0:

// Se modifica máximo de tempe-
ratura.

if(!strcmp(resultButton,"derecha")
) //derecha se aumenta.

if(MaxT + aumT < 60)

{MaxT += aumT;

lcd.setCursor(10, 0);

lcd.print(MaxT);

}

else

{

MaxT = 60;

lcd.setCursor(10, 0);

lcd.print(MaxT);

}

else if(
!strcmp(resultButton,"izquierda") )

// A la izquierda se disminuye.

if(MaxT - aumT > 0)

{

MaxT -= aumT;

lcd.setCursor(10, 0);

lcd.print(MaxT);

} else

{

MaxT = 0;

lcd.setCursor(10, 0);

lcd.print(MaxT);

}

opcMenu = -2;

break;

case 1:

// Se determinan mínimos de
temperatura
```



```

if(Istrcmp(resultButton,"derecha")
) //Derecha se aumenta. } //strcpy(resultButton,"null");*/

    if(MinT +
aumT < 60)
    opcMenu = -2; }

{MinT += aumT;
    case 2:

    break; // Salir a la pantalla principal.

lcd.setCursor(10, 1);
    case 2
    opcMenu = -1;

lcd.print(MinT); // Salir a la pantalla principal. //lcd.clear();

}else{
    opcMenu = -1; //delay(1000);

MinT = 60; //Retorno();

lcd.setCursor(10, 1); //lcd.clear();

lcd.print(MinT);
    break;

//delay(1000);
};

} //Retorno();

}

    else if(
Istrcmp(resultButton,"izquierda") ) break;
// A la izquierda se disminuye.
    whi-
le(opcMenu != -1);

if(MinT - aumT > 0)
    };
    opcMenu = -2;
    break

    {
    } // Al salir del Menu1 se imprime
    el menú anterior:

MinT -= aumT;
    while(opcMenu != -1);

    lcd.clear();

lcd.setCursor(10, 1);
    //opcMenu = -2;

lcd.print(MinT);
    break;
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("Temperatura");

}
    // Al salir del Menu1 se imprime el
    menú anterior:

    //lcd.setCursor(15, 1);
    lcd.print("S");*/

else
    lcd.clear();

{
    lcd.setCursor(2, 0); //strcpy(resultButton,"null");*/
    lcd.print("Temperatura"); //LCDmenu();

}

MinT = 0;
    lcd.setCursor(2, 1);
    lcd.print("Humedad T.");
    case 1: // Se
    accede al menú para ajustar
    parámetros de Humedad.

lcd.setCursor(10, 1);
    //lcd.setCursor(15, 1);

lcd.print(MinT);
    lcd.print("S");

/*LCDmenu1();opcMen
u = -2;

```




```

    {
        digitalWrite(Pot_Temp,
LOW);
        digitalWrite(Pot_TempBa,
LOW);
    }
    if (Temp < MinT)
    {
        digital-
Write(Pot_TempBa, HIGH); //
enciende el LED
        digitalWrite(Pot_Temp,
LOW);
    }

    if (Tier <=MinH)
    {
        digitalWrite(Pot_Hum,
LOW);
    }
    if ((Tier > MinH) and (Tier <=
MaxH))
    {
        digitalWrite(Pot_Hum,
LOW);
    }
    if (Tier >MaxH)
    {
        digitalWrite(Pot_Hum,
HIGH);
        // enciende el LED
    }
    //char resultButton[7];

    //strcpy(resultButton,"null");
    if(
!strcmp(resultButton,"menu"))
        int posCursor=0,
opcMenu=-2;

        lcd.clear();
        lcd.setCursor(2, 0);
        lcd.print("Temperatura");

        lcd.setCursor(2, 1);
        lcd.print("Humedad T.");
        //lcd.setCursor(15, 1);
        lcd.print("S");
        // Mientras no se pulse sobre salir,
no se saldrá a la pantalla principal:
        do{
            strcpy(resultButton,"nul
l");
            getButton-
Push( resultButton, 0, 200);
            // Cursor que indica la opción
seleccionada:
            lcd.setCursor(0, pos-
Cursor);
            lcd.write(byte(0));
            // Desplaza el cursor arriba o
abajo:
            if(!strcmp(resultButton,
"arriba"))
                LCDMueveCur-
sor(&posCursor, 1, 'r'); //
Se resta una posición al cursor
            else
            if(!strcmp(resultButton,"abajo"))
                // Se suma una posición al cursor
                LCDMueveCur-
sor(&posCursor, 1, 's');
            else
            if(!strcmp(resultButton,"derecha")
)
                // Al pulsar a la derecha
(para acceder a esa opción) se
actualiza la opción de menú elegi-
da según donde está el cursor
ahora.
                else
                if(!strcmp(resultButton,"salir")) //
                Se suma una posición al cursor
                //delay(1000);
                opcMenu = 2;
                // Según la opción elegida del
menú, se llama a otro menú o se
cierra el menú actual:
                switch(
                opcMenu )
                {
                    case 0:
                        // Se accede al menú para modifi-
car parámetros de la temperatura
                        /*LCDmenu0();
                        opcMenu = -2;
                        //strcpy(resultButton,"null");
                        break;*/
                        /* {
                            char
                            resultButton[7];
                        //strcpy(resultButton,"null");
                            int pos-
                            Cursor=0, opcMenu=-2;
                            // Submenú de Temperatura
                            lcd.clear();
                            lcd.setCursor(2, 0);
                            lcd.print("1.Escala");
                            lcd.setCursor(2, 1);
                            lcd.print("2.Rango");
                            posCursor=0,
                            opcMenu=-2;

```



```
//lcd.setCursor(15, 1);  
lcd.print("S");  
  
// Mientras no se pulse sobre  
salir, no se saldrá al Menú:  
  
do{  
  
strcpy(resultButton,"null");  
  
getButtonPush( resultButton, 0,  
200);  
  
//  
Cursor que indica la opcion selec-  
cioanda:  
  
lcd.setCursor(0, posCursor);  
lcd.write(byte(0));  
  
//  
Desplaza el cursor arriba o abajo:  
  
if(!strcmp(resultButton,"arriba"))  
  
LCDMueveCursor(&posCursor, 1,  
'r');// Se resta una posición al  
cursor  
  
else  
if(!strcmp(resultButton,"abajo"))  
// Se suma una posición  
al cursor  
  
LCDMueveCursor(&posCursor, 1,  
's');  
  
else  
if(!strcmp(resultButton,"derecha")  
||  
!strcmp(resultButton,"izquierda"))  
  
opcMenu = posCursor;  
  
else  
if(!strcmp(resultButton,"salir")) //  
Se suma una posición al cursor
```

```
opcMenu = 2;  
  
// Según la opción elegida del  
submenú, se cambian los paráme-  
tros de la Temperatura  
  
switch( opcMenu )  
  
{  
  
case 0:  
  
// Se accede al menú de  
Escala, para determinar cómo se  
va a mostrar la temperatura.  
/*LCDsubmenu0();  
opcMenu = -2;  
break;*/  
  
/* {  
char resultButton[7];  
  
int posCursor=0, opcMenu=-2;  
  
//submenú  
  
lcd.clear();  
  
lcd.setCursor(2, 0);  
lcd.print("1.Centigrados ");  
  
lcd.setCursor(2, 1);  
lcd.print("2.Fahrenheit");  
  
//lcd.setCursor(15, 1);  
lcd.print("S");  
  
// Mientras no se pulse sobre  
salir, no se saldrá al Menú:  
  
do{  
  
strcpy(resultButton,"null");  
  
getButtonPush( resultButton, 0,  
200);  
  
// Cursor que indica la opción  
seleccionada:  
  
lcd.setCursor(0, posCursor);  
lcd.write(byte(0));
```

```
// Desplaza el cursor arriba o  
abajo:  
  
if(!strcmp(resultButton,"arriba"))  
  
LCDMueveCursor(&posCursor, 1,  
'r'); // Se resta una posición al  
cursor  
  
else  
if(!strcmp(resultButton,"abajo"))  
// Se suma una posición  
al cursor  
  
LCDMueveCursor(&posCursor,  
1, 's');  
  
else  
if(!strcmp(resultButton,"derecha")  
||  
!strcmp(resultButton,"izquierda"))  
  
opcMenu = posCursor;  
  
else  
if(!strcmp(resultButton,"salir"))  
  
// Se suma una posición al cursor  
  
opcMenu = 2;  
  
// Según la opción elegida del  
submenú, se ajusta la escala que  
se mostrara la temperatura.  
  
switch( opcMenu )  
  
{  
  
case 0:  
  
// Se muestra temperatura en  
Centígrados  
  
Temp = gradosC;  
  
strcpy(Escala,"C");  
  
opcMenu = -2;
```



```
break; //lcd.setCursor(15, 1); if(!strcmp(resultButton,"arriba"))
lcd.print("S"); */ LCDMueveCur-
sor(&posCursor, 1, 'r'); // Se resta
una posición al cursor

case 1: //strcpy(resultButton,"null"); /* }
// Se muestra tempera- case 1:
tura en Fahrenheit // Se accede al menú de Rangos,
para determinar máximos y míni-
mos de la temperatura.

Temp= gradosF; /*LCDsubmenu1();

strcpy(Escala,"F"); opcMenu = -2;
break;*/ LCDMueveCursor(&posCursor, 1,
's');

opcMenu = -2; /* {
char resultButton[7];

break; int posCursor=0, opcMenu=-2; else
if(!strcmp(resultButton,"derecha")
||
case 2: // submenu !strcmp(resultButton,"izquierda"))

// Salir a la pantalla principal. lcd.clear();

opcMenu = -1; opcMenu = posCursor;

//lcd.clear(); lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("1.Max T.");

delay(1000); lcd.setCursor(2, 1);
lcd.print("2.Min T.");

Retorno();

break; //lcd.setCursor(15, 1);
lcd.print("S");

}; // Mientras no se pulse sobre salir,
no se saldrá al Menú:

} // Según la opción elegida del
menú, Se modifica rango de la
temperatura

while(opcMenu != -1); do{

opcMenu = -2; strcpy(resultButton,"null");

break; getButtonPush( resultButton, 0,
200); // Se modifica máximo de tempe-
ratura.

// Al salir del Menu1 se imprime el if(!strcmp(resultButton,"derecha")
menú anterior: ) //derecha se aumenta

/*lcd.clear(); lcd.setCursor(0, posCursor);
lcd.write(byte(0));

lcd.setCursor(2, 0); lcd.print("1.Escala"); // Desplaza el cursor arriba o
abajo:

lcd.setCursor(2, 1); lcd.print("2.Rangos");

if(MaxT + aumT < 60)
```




```

//opcMenu = -2; break;

// Al salir del Menu1 se imprime el
menú anterior:

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(2, 0);
        lcd.print("Temperatura");

        lcd.setCursor(2, 1);
        lcd.print("Humedad T.");

        //lcd.setCursor(15, 1);
        lcd.print("S");

//strcpy(resultButton,"null");*/

        /*      }

        case 1:

// Se accede al menú para ajustar
parámetros de Humedad.

                /*LCDmenu1();

        opcMenu = -2;

        //strcpy(resultButton,"null");

        break;*/

        de-          /* {

        char

        int
        posCursor=0, opcMenu=-2, i,
        temp1, temp2;

// Menu

                lcd.clear();

        whi-
        le(opcMenu != -1);

        opcMenu = -2;

        break;

// Al salir del Menu1 se imprime el
menú anterior:

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(2, 0);
        lcd.print("Temperatura");

        lcd.setCursor(2, 1);
        lcd.print("Humedad T.");

        //lcd.setCursor(15, 1);
        lcd.print("S");*/

        /*      }

        case 1:

// Se accede al menú para ajustar
parámetros de Humedad.

                /*LCDmenu1();

        opcMenu = -2;

        //strcpy(resultButton,"null");

        break;*/

        de-          /* {

        char

        int
        posCursor=0, opcMenu=-2, i,
        temp1, temp2;

// Menu

                lcd.clear();

        whi-
        le(opcMenu != -1);

        opcMenu = -2;

        break;

// Mientras no se pulse sobre
salir, no se saldrá al Menú: do{

        strcpy(resultButton,"null");

        getButtonPush( resultButton, 0,
        200);

// Cursor que indica la opción
seleccionada:

        lcd.setCursor(0, posCursor);
        lcd.write(byte(0));

// Desplaza el cursor arriba o
abajo:

        if(!strcmp(resultButton,"arriba"))

                LCDMueveCursor(&posCursor,
        1, 'r'); // Se resta una posición
al cursor

                else

        if(!strcmp(resultButton,"abajo"))

// Se suma una posición
al cursor

                LCDMueveCursor(&posCursor, 1,
        's');

        else

        if(!strcmp(resultButton,"derecha")
        ||
        !strcmp(resultButton,"izquierda"))

        opcMenu = posCursor;

                else

        if(!strcmp(resultButton,"salir"))

// Se suma una posición
al cursor

        opcMenu = 2;

// Según la opción elegida del
menú, se determina los rangos de
la humedad

        switch( opcMenu )

        {

```




```
while(opcMenu != -1); //LCDmenu();

delay(500); *// if (data > 10)

Retorno(); // Desplaza el cursor dependiendo
            el botón que se pulse.
            if (data > 690
            && data < 720)
            strcpy(resultButton,"arr
            iba");
            else if (data
            > 520 && data < 560)
            strcpy(resultButton,"ab
            ajo");
            else if (data
            > 410 && data < 470)
            strcpy(resultButton,"me
            nu");
            else if (data
            > 340 && data < 380)
            strcpy(resultButton,"sal
            ir");
            else if (data > 300 &&
            data < 330)
            strcpy(resultButton,"izq
            uierda");
            else if (data
            > 250 && data < 290)
            strcpy(resultButton,"de
            rech");
            de-
            lay(pause);

void LCDMueveCursor(int *pos, int
max, char ope)
{
    if(ope == 's')
        if(*pos <
max) *pos += 1;
        else
            *pos = 0;
        else
            if(*pos > 0)
                *pos -= 1;
            else
                *pos = max;
}

// Se borran los cursores:
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" ");
//lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(" ");
//lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print(" ");
}

// Se comprueba si se ha pulsado
un botón.
void getButtonPush(char
*resultButton, int pin, int pause)
{
    int data = analogRead(5);
```



Apéndice 2: Índice De Figuras.

Fig. 2.1	Invernadero Plano.....	8
Fig. 2.2	Invernadero en Raspa y Amagado.....	9
Fig. 2.3	Invernadero Asimétrico.....	10
Fig. 2.4	Invernadero de Capilla Simple.....	10
Fig. 2.5	Invernadero de Doble Capilla.....	11
Fig. 2.6	Invernadero Túnel o Sem.icilíndrico.....	12
Fig. 2.7	Invernadero de Cristal.....	12
Fig. 2.8	Techo Ecológico.....	13
Fig. 2.9	Microclima en un Invernadero.....	14
Fig. 2.10	Raíces Globulares de Rábano.....	16
Fig. 2.11	Raíces Grandes de Rábano.....	16
Fig. 2.12	Las camas de siembra para el Rábano.....	17
Fig. 2.13	Regado del Rábano.....	18
Fig. 3.1	Resistencia Comercial (Secadora).....	25
Fig. 3.2	Esquema de pin-out del LM35.....	27
Fig. 3.3	Sensor de temperatura básico (+2 °C a 150 °C).....	27
Fig. 3.4	Sensor de Humedad DTH11.....	28
Fig. 3.5	Modelo de aplicación Típica.....	30
Fig. 3.6	Señal de Start y Respuesta de comunicación del DTH11.....	31
Fig. 3.7	Envío de bits 0 y 1.....	32
Fig. 3.8	Secuencia completa del protocolo 1-wire.....	32
Fig. 3.9	Riego por goteo en una hortaliza.....	45
Fig. 3.10	Cinta de riego a un lado del cultivo.....	46
Fig. 3.11	Riego con goteros.....	47
Fig. 3.12	Goteros turbulentos.....	48
Fig. 3.13	Microtubín.....	48
Fig. 3.14	Gotero ajustable.....	49



Fig. 3.15	Goteros Tipo Bandera.....	49
Fig. 3.16	Riego por aspersión.....	51
Fig. 3.17	Riego por nebulización.....	52
Fig. 3.18	Tipos de Nebulizadores.....	53
Fig. 3.19	Sensor de humedad de suelo.....	54
Fig. 3.20	Etapas de potencia.....	56
Fig. 3.21	Diagrama Interno del chip ULN2803.....	56
Fig. 4.1	Arquitectura del microcontrolador Arduino.....	62
Fig. 5.1	Invernadero tipo túnel.....	67
Fig. 5.2	Cubierta del invernadero.....	68
Fig. 5.3	Compartimiento de para siembra del rábano.....	69
Fig. 5.4	Mediciones del domo del Invernadero.....	70
Fig. 5.5	Bandas metálicas para el soporte del hule cristal.....	70
Fig. 5.6	Contenedor para la bomba de agua.....	71
Fig. 5.7	Compartimiento del circuito.....	71
Fig. 5.8	Construcción final del invernadero.....	72
Fig. 5.9	Diseño de las pistas en la placa de display.....	72
Fig. 5.10	Distribución de componentes del display.....	73
Fig. 5.11	Diseño de las pistas de la etapa de potencia.....	73
Fig. 5.12	Distribución de los componentes de la etapa de potencia.....	74
Fig. 5.13	Diseño de pistas para la placa de control.....	74
Fig. 5.14	Distribución de los componentes.....	75
Fig. 5.15	Diseño de las pistas del teclado.....	75
Fig. 5.16	Distribución de los componentes.....	76
Fig. 5.17	Diagrama de conexión del sensor DTH 11.....	76
Fig. 5.18	Resultado de la humedad en el display.....	77
Fig. 5.19	Diagrama del sistema de riego.....	77
Fig. 5.20	Resultado en display si esta húmedo o seco.....	78
Fig. 5.21	Diagrama de conexión del sensor lm35.....	78
Fig. 5.22	Comparación entre el sensor LM35 y el termómetro de rayo láser...79	



Apéndice 3: Índice De Tablas.

Tabla 2.1	Descripción del Rábano.....	15
Tabla 3.1	Características generares y técnicos de la resistencia comercial.....	25
Tabla 3.2	Características Técnicas del LM35.....	26
Tabla 3.3	Características técnicas el sensor DTH11.....	29
Tabla 3.4	Soporte de voltaje y corriente del sensor DTH11.....	30
Tabla 3.5	Ventajas y desventajas por el tipo de riego.....	47
Tabla 3.6	Ventajas y desventajas de estos distintos goteros.....	50
Tabla 3.7	Ventajas y desventajas de Riego por aspersión.....	51
Tabla 3.8	Ventajas y desventajas de Riego por nebulización.....	53
Tabla 5.1	Materiales que se utilizaron para el proyecto.....	68



Bibliografía.

1. REVISTA 2000 AGRO, Sección Hidroponía, Junio 2, 2009. "Por crisis, cultivan verduras en azoteas de Iztapalapa".
2. REVISTA 2000 AGRO, Sección Hidroponía, Agosto 26, 2010. "Fracasa 60% de invernaderos por falta de capacitación UACH".
3. OSCHER, J. J.; SOULE, M. J.; DIJKMAN, M. J.; WEHLBURG, C. 1961. Tropical and Subtropical Agriculture. Vol. 2. The MacMillan Company. New York, USA. 1015 p.
4. BIDWELL, R. G. S. 1987. Fisiología Vegetal. Traducido al español por CANO Y CANO, G. G.; ROJAS GARCIDUEÑAS, M. AGT Editor. D. F., México. 784 p.
5. LAGERWEFF, J. V. 1983. Plomo, mercurio y cadmio como contaminantes ambientales, pp. 89-123. In: Micronutrientes en Agricultura. MORTVEDT, J. J.; GORDIANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (eds.). AGT Editor, S. A. D. F., México.
6. SANDOVAL H., J.; BORYS, M. W. 1984. Distribución de raíces del rabano (*Persea americana* Mill.) en el área de influencia del volcán Parícutín. *Revista Chapingo* 9(45-46): 61-69.
7. <http://gplsi.dlsi.ua.es/~slujan/materiales/cpp-muestra.pdf>
8. <http://axnm.galeon.com/#DEFINICION>
9. <http://www.slideshare.net/jornetmonteverde/introduccion-al-microcontrolador-msp430>
10. Netrino. PWM Pulse Width Modulation. [citado 2014 14 Abril]; Available from: <http://www.netrino.com/Embedded-Systems/How-To/PWM-Pulse-Width-Modulation>.
11. Arduino. Arduino Duemilanove. [citado 2014 30 Marzo]; Available from: <http://www.arduino.cc/es/Main/ArduinoBoardDuemilanove>.
12. Real Academia de la Lengua Española. Visión. [citado 2014 17 Febrero]; Available from: http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=visión.