

(UNAPEC)



Decanato de Ingeniería e Informática

*“Automatización de invernaderos en la zona de Constanza utilizando
Microcontroladores”*

Trabajo de Grado Para Optar por el Título de:

Ingeniero Electrónico en Comunicaciones

Sustentantes:

Carlos Omar Ravelo Álvarez 2008-0171
Rafael M. Castro Contreras 2007-2021
Leandro A. Polanco Ramos 2007-1305

Asesor:

Ing. Carlos A. Guzmán H.

Santo Domingo, D. N.

Agosto, 2012

Agradecimientos

A DIOS, por acompañarme en toda mi carrera.

A MIS PADRES, Eusebio Ravelo y María Catalina Álvarez, por su apoyo incondicional en todo lo largo de mis estudios, por ellos estoy hoy en el final de mi carrera.

A MIS COMPAÑEROS DE CARRERA, que me han acompañado en un largo trayecto lleno de experiencias que nos han unido de tal forma que hemos logrado metas juntos, sin ustedes no lo hubiera logrado.

A MIS AMIGOS INSEPARABLES, Que siempre han estado ahí para darme aliento y ánimo en los momentos más difíciles, todos han sido un gran apoyo para mí, especialmente mi novia Luisa Santana que me ha acompañado en todo este tiempo de dedicación a la carrera.

A MIS HERMANOS, Roció y David por su apoyo, y comprensión y todos los momentos de dificultades que hemos compartido.

A MI ASESOR, Ing. Carlos A. Guzmán H por su entrega para con mi grupo de trabajo, siempre ha sido un educador numero 1.

Carlos Omar Ravelo Álvarez

Agradecimientos

A DIOS, por la vida, por darme la dicha de nacer en una familia amorosa, responsable y trabajadora. Que me permitió siempre ir por el camino correcto durante toda mi carrera.

A MIS PADRES, Mariano R. Castro Alcántara y Yolanda Contreras Vásquez, por su sustento incondicional desde el inicio de mi escolaridad y durante todo el trayecto de mis estudios, por sus incontables aportes y porque nunca estuvieron tranquilos hasta no verme finalizar mis asignaciones gracias a ellos pude finalizar con gran satisfacción mi carrera.

A MIS HERMANAS, Miriam Castro y Mariam Castro por su comprensión siempre que necesite de su colaboración para usar la computadora o necesitaba espacio para estudiar.

A MI ABUELA, Sodia Vina Alcántara por facilitarme su vehículo que a lo largo de la carrera fue mi gran soporte para transportarme en los muchos viajes a la universidad.

A MI MADRINA, Maritza Lafontaine por su gran sostén siempre que necesitaba para recogerme al final de la jornada universitaria.

A MIS COMPAÑEROS, que gracias a ellos el trayecto de la carrera no fue tan solitario y difícil como se veía, siempre llenando de experiencias nuevas cada día y que sin ellos no lo hubiese logrado como lo esperaba.

A MIS TIAS, porque siempre tuvieron la fe de que podía lograr este reto y seguir adelante.

A MI ASESOR, Ing. Carlos A. Guzmán H por su gran dedicación con nosotros en todo momento, siempre pendiente de que no nos falte nada para seguir el camino correcto y poniendo además su esfuerzo extra sin dudarlo nunca.

Rafael M. Castro Contreras

Agradecimientos

PRIMERAMENTE A DIOS, quien me ha dado la fuerza para seguir adelante y perseverar hasta llegar al final de esta etapa de mi vida.

A MI MADRE, Luz María, quien ha dedicado su vida a impulsarme a lograr mis metas y a formar un gran profesional, apoyándome en todo momento y asegurándose que siempre tenga todo lo necesario para estudiar y aprender cosas nuevas.

A MI PADRE, Luis Polanco, quien dedico su tiempo de vida a su familia, siempre trabajando para sustentar mis estudios, apoyándome e incentivando, no solo a tener grandes metas, sino a lograr cumplirlas.

A MIS HERMANOS, Liana y Luis Polanco, los mejores que podía haber deseado, quienes me han apoyado incondicionalmente, y me han brindado su compañía y comprensión en todo momento.

A MI NOVIA, Luz Mariel, por su apoyo y disposición, por comprender y valorar en todo momento el tiempo requerido para el desarrollo de este proyecto.

A MIS TIOS, pues siempre han estado atentos y preocupados por mis estudios.

A MIS AMIGOS, porque me han ayudado y ofrecido su apoyo y su tiempo cuando lo he necesitado, en especial a mí hermano Josuel Jiménez por sus aportes al proyecto.

A MIS PROFESORES, Porfirio Sánchez, Emín Rivera, Luis Pérez Méndez y demás, que han colaborado con mi formación, porque gracias a su esfuerzo,

deseo de enseñanza y dedicación he “aprendido a aprender” de la mejor manera posible.

A MI ASESOR, Carlos Guzmán, pues sin su ayuda, consejo y sacrificio, no habría sido posible desarrollar este proyecto de esta manera.

Leandro A. Polanco Ramos

Tabla de Contenidos

Introducción	9
Capítulo 1: Conceptos Básicos	
1.1 Conceptos generales de invernaderos.	10
1.1.1 Ventajas e inconvenientes del empleo de invernaderos	11
1.1.2 Clasificación de los Invernaderos según la conformación estructural	11
1.1.2.1 Invernadero plano o tipo Parral	12
1.1.2.2 Invernadero en Raspa y amagado	14
1.1.2.3 Invernadero asimétrico o Inacral	15
1.1.2.4 Invernadero de Capilla	16
1.1.2.5 Invernadero de doble capilla	17
1.1.2.6 Invernadero Túnel o Semicilíndrico	18
1.1.2.7 Invernaderos de Cristal o tipo Venlo	19
1.1.3 Materiales empleados en las estructuras	20
1.1.4 Control de factores ambientales del invernadero	21
1.1.4.1 Control de temperatura	21
1.1.4.2 Control de Humedad	23
1.1.4.3 Control de iluminación	24
1.1.4.4 Control de fertirrigación	24

1.2 Generalidades de Automatización y Control con micro-controladores.	25
1.2.1 Descripción de un Micro-controlador	25
1.2.2 Aplicaciones en la automatización	26
1.3 Monitoreo en los invernaderos	28
1.3.1 Sensores de Temperatura	28
1.3.1.1 Resistencias Metálicas	28
1.3.1.2 Termistores	29
1.3.1.3 Termopares	30
1.3.2 Sensores de Humedad	31
1.3.2.1 Higrómetro de cabello	31
1.3.2.2 Psicrómetro	31
1.3.2.3 Sensores capacitivos	32
1.3.2.4 Higrómetro de punto de rocío	32
1.3.3 Sensores de radiación	33
1.3.3.1 Piranómetro	33
1.3.3.2 Sensor Quantum	34
1.3.4 Sensores de velocidad y dirección del viento	35
1.3.4.1 Anemómetro de Cazoletas	35
1.3.4.2 Anemómetro de hilo caliente	35
1.3.4.3 Veletas	36

1.3.5 Sensores de concentración de CO2	36
1.3.6 Sensores de lluvia	37
1.3.6.1 Pluviómetro	37
1.3.6.2 Sensores de detección de lluvia	37
Capitulo 2: Diseño del sistema de Monitoreo y control para los Invernaderos en Constanza	
2.1 Sistema de monitoreo	38
2.1.1 Monitoreo de temperatura y humedad	40
2.1.2 Monitoreo de luz	42
2.2 Sistema de Control	43
2.2.1 Control de Temperatura y humedad	43
3.0 Puesta a Prueba	51
Conclusiones	56
Recomendaciones	57
Referencias Bibliográficas	58
Anexos	60

Introducción

Los invernaderos de la región de Constanza en la Republica Dominicana producen una gran variedad de frutos al año, dentro de estos pepinos, tomates, ajíes morrón e inclusive algunos tipos de flores, como las orquídeas. Cada uno de estos frutos posee unas características climáticas necesarias específicas para su mejor desarrollo.

El método utilizado actualmente en Constanza para el control de factores climáticos como la temperatura, la humedad, iluminación, oxigenación, entre otros, no permite mantener el balance necesario para la perfecta maduración de los frutos sembrados, por lo tanto existe una necesidad de hacer eficiente el monitoreo y el control de estos para mejorar la calidad del fruto a obtener.

Enfocado con el propósito, este sistema de automatización proporcionara las herramientas necesarias que demandan los procesos de control en los invernadero de hoy en día, utilizando la poderosa herramienta conocida como microcontrolador.

En este trabajo de investigación se pretende contribuir con cambiar la forma en que se manejan los invernaderos en la zona de Constanza en la Republica Dominicana Incrementando la calidad y productividad de los invernaderos de Constanza mediante el Diseño de un sistema de monitoreo y control automático de diferentes parámetros que influyen en el proceso de cultivo, en los invernaderos de la región de Constanza

1. Capítulo 1: Conceptos básicos

1.1 Conceptos generales de invernaderos

Un invernadero (o invernáculo) es un lugar cerrado, estático y accesible a pie, que se destina a la producción de cultivos, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico, que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas.

Aprovecha el efecto de la radiación producida por el sol que, al atravesar un vidrio u otro material traslúcido, calienta los objetos que hay adentro; estos, a su vez, emiten radiación infrarroja, con una longitud de onda mayor que la solar, por lo cual no pueden atravesar los vidrios a su regreso quedando atrapados y produciendo el calentamiento. Las emisiones del sol hacia la tierra son en onda corta mientras que de la tierra al exterior son en onda larga. La radiación visible puede traspasar el vidrio mientras que una parte de la infrarroja no lo puede hacer.

El cristal o plástico usado para un invernadero trabaja como medio selectivo de la transmisión para diversas frecuencias espectrales, y su efecto es atrapar energía dentro del invernadero, que calienta el ambiente interior. También sirve para evitar la pérdida de calor por convección. Esto puede ser demostrada abriendo una ventana pequeña cerca de la azotea de un invernadero: la temperatura cae considerablemente. Este principio es la base del sistema de enfriamiento automático auto ventilación.

1.1.1 Ventajas e inconvenientes del empleo de invernaderos:

Ventajas:

- Precocidad en los frutos.
- Aumento de la calidad y del rendimiento.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejora del control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

Inconvenientes:

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

1.1.2 Clasificación de los Invernaderos según la conformación estructural:

- Planos o tipo parral.
- Tipo raspa y amagado.
- Asimétricos.
- Capilla (a dos aguas, a un agua).
- Doble capilla.

- Tipo túnel o semicilíndrico.
- De cristal o tipo Venlo.

1.1.2.1 INVERNADERO PLANO O TIPO PARRAL

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal:

La estructura vertical está constituida por soportes rígidos que se pueden diferenciar según sean perimetrales (soportes de cerco situados en las bandas y los esquineros) o interiores (pies derechos). Los pies derechos intermedios suelen estar separados unos 2 m en sentido longitudinal y 4m en dirección transversal, aunque también se presentan separaciones de 2x2 y 3x4.

Los soportes perimetrales tienen una inclinación hacia el exterior de aproximadamente 30° con respecto a la vertical y junto con los vientos que sujetan su extremo superior sirven para tensar las cordadas de alambre de la cubierta.

Estos apoyos generalmente tienen una separación de 2 m aunque en algunos casos se utilizan distancias de 1,5 m, tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado.

La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente de forma simultánea a la construcción

del invernadero y que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico. Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2,15 y 3,5 m y la altura de las bandas oscila entre 2 y 2,7 m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncopiramidales prefabricados de hormigón colocados sobre pequeños pozos de cimentación.

Las principales ventajas de los invernaderos planos son:

- Su economía de construcción.
- Su gran adaptabilidad a la geometría del terreno.
- Mayor resistencia al viento.
- Aprovecha el agua de lluvia en periodos secos.
- Presenta una gran uniformidad luminosa.

Las desventajas que presenta son:

- Poco volumen de aire.
- Mala ventilación.
- La instalación de ventanas cenitales es bastante difícil.
- Demasiada especialización en su construcción y conservación.
- Rápido envejecimiento de la instalación.
- Poco o nada aconsejable en los lugares lluviosos.
- Peligro de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia que se forman en la lámina de plástico.
- Peligro de destrucción del plástico y de la instalación por su vulnerabilidad al viento.

- Dificil mecanización y dificultad en las labores de cultivo por el excesivo número de postes, alambre de los vientos, piedras de anclaje, etc.
- Poco estanco al goteo del agua de lluvia y al aire ya que es preciso hacer orificios en el plástico para la unión de las dos mallas con alambre, lo que favorece la proliferación de enfermedades fúngicas.

1.1.2.2 INVERNADERO EN RASPA Y AMAGADO.

Su estructura es muy similar al tipo parral pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbre, que oscila entre 3 y 4,2 m, formando lo que se conoce como raspa. En la parte más baja, conocida como amagado, se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permite 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 2x4 y el ángulo de la cubierta oscila entre 6 y 20°, siendo este último el valor óptimo. La orientación recomendada es en dirección este-oeste.

Ventajas de los invernaderos tipo raspa y amagado:

- Su economía.
- Tiene mayor volumen unitario y por tanto una mayor inercia térmica que aumenta la temperatura nocturna con respecto a los invernaderos planos.

- Presenta buena estanqueidad a la lluvia y al aire, lo que disminuye la humedad interior en periodos de lluvia.
- Presenta una mayor superficie libre de obstáculos.
- Permite la instalación de ventilación cenital situada a sotavento, junto a la arista de la cumbrera.

Inconvenientes:

- Diferencias de luminosidad entre la vertiente sur y la norte del invernadero.
- No aprovecha las aguas pluviales.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Al tener mayor superficie desarrollada se aumentan las pérdidas de calor a través de la cubierta.

1.1.2.3 INVERNADERO ASIMÉTRICO O INACRAL

Difiere de los tipo raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol.

La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo.

Este ángulo deberá ser próximo a 60° pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado

ángulo comprendidos entre los 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 altura de las bandas oscila entre 2,15 y 3 m. La separación de los apoyos interiores suele ser de 2x4 m.

Ventajas de los invernaderos asimétricos:

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Su economía.
- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Es estanco a la lluvia y al aire.
- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

Inconvenientes de los invernaderos asimétricos:

- No aprovecha el agua de lluvia.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Tiene más pérdidas de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con el tipo plano.

1.1.2.4 INVERNADERO DE CAPILLA

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:

- Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
- La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
- Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.
- Permite la unión de varias naves en batería.

La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16 metros. La altura en cumbrera está comprendida entre 3,25 y 4 metros. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25° no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia.

La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

1.1.2.5 INVERNADERO DE DOBLE CAPILLA

Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además también poseen 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 cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

1.1.2.6 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 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. Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5x8 o 3x5 m. La altura máxima de este tipo de invernaderos oscila entre 3,5 y 5 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2,5 a 4 m.

Ventajas de los invernaderos tipo túnel:

- Estructuras con pocos obstáculos en su estructura.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.

Inconvenientes:

- Elevado coste.
- No aprovecha el agua de lluvia.

1.1.2.7 INVERNADEROS DE CRISTAL O TIPO VENLO

Este tipo de invernadero, también llamado Venlo, es de estructura metálica prefabricada con cubierta de vidrio y se emplean generalmente en el Norte de Europa. El techo de este invernadero industrial está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. La anchura 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 anchura que varía desde 0,75 m hasta 1,6 m.

La separación entre columnas en la dirección paralela a los canales es de 3m. En sentido transversal están separadas 3,2 m si hay una línea de columnas debajo de cada canal, o 6,4 m si se construye algún tipo de viga en celosía.

Ventajas:

- Buena estanqueidad lo que facilita una mejor climatización de los invernaderos.

Inconvenientes:

- La abundancia de elementos estructurales implica una menor transmisión de luz.
- Su elevado coste.
- Naves muy pequeñas debido a la complejidad de su estructura.

1.1.3 MATERIALES EMPLEADOS EN LAS ESTRUCTURAS

La estructura es el armazón del invernadero, constituida por pies derechos, vigas, cabios, correas, etc., que soportan la cubierta, el viento, la lluvia, la nieve, los aparatos que se instalan, sobrecargas de entutorado de plantas, de instalaciones de riego y atomización de agua, etc. Deben limitarse a un mínimo el sombreado y la libertad de movimiento interno.

Las estructuras de los invernaderos deben reunir las condiciones siguientes:

- Deben ser ligeras y resistentes.
- De material económico y de fácil conservación.
- Susceptibles de poder ser ampliadas.
- Que ocupen poca superficie.
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

La estructura del invernadero es uno de los elementos constructivos que mejor se debe estudiar, desde el punto de vista de la solidez y de la economía, a la hora de definirse por un determinado tipo de invernadero. Los materiales más utilizados en la construcción de las estructuras de los invernaderos son madera, hierro, aluminio, alambre galvanizado y hormigón armado.

Es difícil encontrar un tipo de estructura que utilice solamente una clase de material ya que lo común es emplear distintos materiales. En las estructuras de los invernaderos que se construyen en la actualidad se combinan los materiales siguientes: madera y alambre; madera, hierro y alambre; hierro y madera; hierro, alambre y madera; hormigón y madera; hormigón y hierro; hormigón, hierro, alambre y madera.

1.1.4 CONTROL DE FACTORES AMBIENTALES

Los diversos factores ambientales que intervienen en el desarrollo, tanto de la planta como de los frutos de la misma, deben ser controlados de manera artificial, empleando diversas técnicas, para de esta manera asegurar que los mismos favorezcan la producción.

Dentro de los factores a manejar se encuentran: la temperatura, humedad, iluminación y fertirrigación, según el factor a modificar el control de los mismos se realiza utilizando las siguientes herramientas:

1.1.4.1 Control de Temperatura

El control preciso de la temperatura interna del invernadero y de las raíces de las plantas es muy importante para lograr mantener la producción a su máxima capacidad.

Con la función de mantener la temperatura dentro de los parámetros necesarios para una producción óptima del fruto se utiliza los siguientes mecanismos:

Compuerta superior: Esta compuerta se encuentra en los laterales de cada cúpula, la misma utiliza el principio de que los vapores calientes tienden a ascender, mientras que los fríos tienden a descender, la misma no puede ni debe permanecer abierta por mucho tiempo ya que el clima interno del invernadero se perdería.

Pantalla: La pantalla se encuentra ubicada en toda la parte superior del invernadero, la misma está hecha de un material que permite el paso parcial de la luz, razón por la cual absorbe una gran parte de la energía calorífica procedente del sol. La pantalla se despliega de manera horizontal, cubriendo en su totalidad el invernadero.

El diseño normal de un invernadero involucra muchas pantallas que se despliegan al mismo tiempo para poder manejar la dimensión de dicha estructura.

Extractores: Estos usualmente se encuentran ubicados en la parte superior del invernadero, en algunos diseños, y se utiliza como un sistema de ventilación mecánico, de esta manera se extrae aire caliente del invernadero y se introduce aire fresco, de esta manera se obtiene un control más preciso que con la ventilación natural que se logra al abrir las pantallas laterales.

Tubería subterránea de calefacción: en épocas frías, aunque la temperatura interna del invernadero se mantenga bajo control, una manera más eficiente de regular la temperatura, logrando una mayor producción por parte de las plantas, es empleando este tipo de tuberías, ubicadas en los canales de siembra, de esta manera se puede asegurar que la temperatura del suelo externo no se traspase a las plantas.

Pantallas laterales: Estas pantallas se encuentran a lo largo del invernadero, las mismas usualmente poseen un mecanismo de control manual, pero el mismo

ofrece posibilidades de motorización. El propósito de ascender estas pantallas es nivelar la temperatura interna con la externa, además de permitir el paso de oxígeno al invernadero

Estas pantallas no son de uso frecuente en tiempos de producción, solo en épocas en las cuales no se encuentra en funcionamiento.

1.1.4.2 Control de Humedad

Para el manejo de los parámetros de Humedad relativa se utilizaran las siguientes herramientas:

Sistema de enfriamiento por vaporización: Esta técnica, tal como lo indica su nombre, utiliza vapores de agua y su facilidad de dispersión para incrementar los niveles de humedad relativa interna del invernadero, en caso de ser necesario.

El encendido del sistema de vaporización puede ser automatizado tanto de forma directa, empleando una conexión al dispositivo, como de forma indirecta, manejando la energía a suministrar al mismo.

Pantallas laterales: En caso que la humedad ascienda sobre los niveles deseados para lograr un mejor y mayor producción, en invernaderos del tipo tropicalizados, se utilizan estas pantallas, al accionar la apertura de las mismas la humedad del

ambiente externo se nivela con la interna, por la naturaleza del clima de la zona se logra un descenso considerable.

1.1.4.3 Control de Iluminación

El tema de la iluminación de los invernaderos es sumamente importante, ya que la misma afecta de manera directa el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que la misma es influyente en el proceso de fotosíntesis de las mismas. Para el manejo de los parámetros de Iluminación usualmente se recomienda la siguiente herramienta:

Lámpara de Sodio: Las lámparas de sodio son utilizadas para este tipo de aplicación debido a su similitud en cuanto a la longitud de onda con la luz necesaria para la fotosíntesis. De esta manera, en tiempos de poca luz del día se suministra la luz artificial necesaria para compensar la falta de la misma, optimizando el proceso de crecimiento y producción de frutos de las plantas.

1.1.4.4 Control de Fertirrigación

La fertirrigación es la utilización de métodos de irrigación para la aplicación de los debidos fertilizantes a las plantas. En este tipo de riego las proporciones entre fertilizantes y agua son controladas, y varían dependiendo de la etapa o fase en la cual se encuentren las plantas y la producción.

Entre los fertilizantes y componentes utilizados para el proceso de fertirrigación se encuentran: nitratos y sulfatos de calcio y de potasio, micromix, el cual se compone de fertilizantes granulados para aplicación al suelo en tres composiciones con alto contenido de nutrientes secundarios y micronutrientes, entre otros componentes que conforman la mezcla del fertilizante final.

1.2 Generalidades de Automatización y Control con microcontroladores.

1.2.1 Descripción de un microcontrolador

Un micro-controlador es un dispositivo fabricado en base a principios de los semiconductores, el mismo se compone de diversas capas internas cuya relación entre ellas es la responsable del comportamiento final del dispositivo.

La invención de los micro-controladores impulso grandemente las áreas de automatización y robótica, ya que de manera sencilla se puede realizar una programación de una línea de producción, manejando sensores, correas de transportación, entre otros, y reduciendo el costo en que incurre una modificación a la línea, ya que los mismos entran en la clasificación de electrónica programable.

Una de las características que poseen algunos micro controladores es la posibilidad de manejar tanto señales análogas como digitales, empleando esta propiedad se puede utilizar sensores de parámetros ambientales cuya información de salida se emite mediante un voltaje de salida entre 0 y 5 voltios DC, incluyendo sensores de presión, temperatura, humedad, luminosidad, entre otros.

Dentro de su estructura el micro-controlador se compone de comportamientos capacitivos, inductivos y resistivos, los mismos son programables de manera externa, utilizando lenguajes de programación como assembler, c, c#, entre otros.

Existen algunos métodos de programación y manejo de micro controladores que son alternativos a la idea de manejar el micro como un circuito integrado en si, incluyendo fácil acceso a las entradas y salidas del dispositivo, facilitando en cierta forma la interconexión y diseño del board, algunos reconocidos en esta área son el Arduino y el Pingüino.

El Arduino y el Pingüino son herramientas de hardware libre, el primero se encuentra basado en un tipo de micro-controlador llamado ATMEL, mientras que el segundo es una variación de este pero basado en un IC de la línea PIC, este es uno de los más reconocidos por sus bajos costos y buen rendimiento. Ambos tipos le permiten al usuario un rápido acceso a las entradas y salidas de un circuito integrado.

En la actualidad, tanto el Arduino como el Pingüino cuentan con una amplia selección de dispositivos especialmente diseñados, de manera que exista una perfecta compatibilidad entre en modulo de control, sea uno o el otro, y el dispositivo.

1.2.2 Aplicaciones en la automatización

En la actualidad en las industrias la mayor parte de los procedimientos de ensamblado, pintura, soldadura, revisión inicial, rellenado, horneado, entre muchos otros, que eran líneas de producción que utilizaban miles de empleados

han sido reducidos a la utilización de maquinaria y micro-controladores que les manejen tanto de manera directa como indirecta, es decir, a través de dispositivos cuya composición puede ser basada en micro-controladores, como los reconocidos Computadores Lógicos Programables (PLC).

Dentro de los campos de aplicación de los microcontroladores podemos mencionar:

- Fabricación de vehículos
- Fabricación de circuitos en PCB
 - Fabricación, relleno y sellado de botellas de agua
- Dispensadores de café, galletas y refrescos
- Semáforos inteligentes
- Instrumentación
- Equipos auditivos
- Equipos de reproducción de música
- Equipos de seguridad
- Control remoto
- Microondas
- Instrumentos Musicales
- Localizadores
- Bolsas de aire, computadoras y ABS en vehículos
- Entre muchas otras aplicaciones

Como se puede notar, las aplicaciones de los microcontroladores abarcan un rango muy amplio, por lo que se puede decir que los mismos son considerados

dispositivos sumamente versátiles cuyo límite de aplicaciones se encuentra en la imaginación.

1.3 Monitoreo en los invernaderos

El control climático en invernaderos es posible gracias al uso de sensores capaces de medir diferentes variables climáticas: temperatura, humedad, radiación solar, velocidad y dirección del viento, concentración de CO₂, precipitaciones, etc. Un sensor es un dispositivo que produce una señal utilizable en función del valor de una magnitud física, propiedad o condición específica que se desea medir. Cada medida debe ser registrada y manejada por el personal de la explotación a través de un controlador u ordenador, de forma que el propio usuario pueda verificar y modificar las consignas según las condiciones climáticas requeridas en cada momento.

1.3.1 Sensores de temperatura

1.3.1.1 Resistencias metálicas

La resistencia eléctrica de un conductor metálico aumenta con la temperatura, por lo que es posible realizar sensores metálicos de temperatura siempre que se puedan relacionar fácilmente las respectivas variaciones. Las resistencias metálicas más comunes son las de platino (sensores Pt100), con un valor de 100 ohmios a 0°C y 138,5 ohmios a los 100°C.

El cambio de resistencia se mide con un circuito eléctrico que consiste en un elemento sensitivo, una fuente de tensión auxiliar y un instrumento de medida. Su rango de medida suele ser de -40 a 60 °C, con una precisión de 0,1°C. Una ventaja de las sondas Pt100 a cuatro hilos es que la distancia entre sensor y sistema de adquisición de datos no influye en la medida. Esto es una ventaja en invernaderos, ya que el sensor puede estar a 20 ó 30 m de distancia respecto al cuadro de medida.



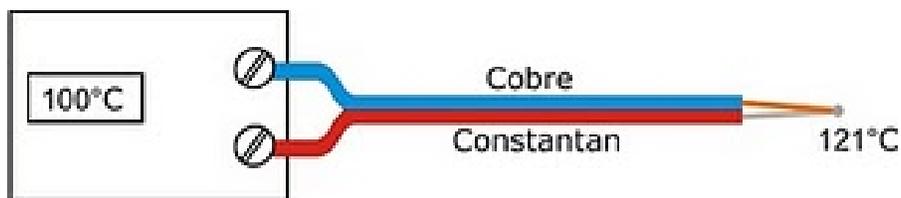
1.3.1.2 Termistores

Algunos materiales semiconductores modifican su resistencia eléctrica en función de la temperatura. Existen dos tipos: termistores de resistencia negativa (NTC), en los que la resistencia eléctrica decrece al aumentar la temperatura, y los de resistencia positiva (PTC), en los que la resistencia eléctrica crece al aumentar la temperatura.



1.3.1.3 Termopares

Un termopar suministra una señal de tensión eléctrica que depende directamente de la temperatura; a diferencia de las termo-resistencias, no necesitan una fuente de alimentación externa para su funcionamiento. Se basan en el efecto Seebeck: cuando dos conductores metálicos de materiales distintos se unen en un punto, aparece una fuerza electromotriz si la temperatura en ese punto de unión es diferente a la temperatura medida en los extremos libres de ambos metales. Los termopares responden más rápido a los cambios de temperatura respecto a las termorresistencias, pero la precisión en la medida es inferior. En el rango habitual de temperaturas en invernaderos es conveniente emplear termopares tipo T (Cu-CuNi) para mejorar la precisión en la medida. En las siguientes imágenes podemos observar la representación de la composición de un sensor termopar tipo J y la forma industrializada del mismo.



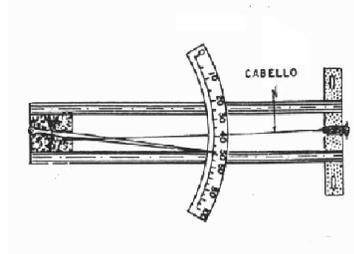
1.3.2 Sensores de humedad

1.3.2.1 Higrómetro de cabello

Son higrómetros convencionales que se basan en la propiedad de algunos materiales de presentar diferente elasticidad con la humedad. Este material se une a un muelle en tensión que modifica la posición del cursor de un potenciómetro.

Midiendo la resistencia entre el cursor y un extremo del potenciómetro se conocerá la HR del ambiente.

Sin embargo, su uso en invernaderos no es adecuado por sus limitaciones en el rango de medida.



1.3.2.2 Psicrómetro

Se basa en la medida de las temperaturas de un termómetro seco y un termómetro húmedo. El primero determina la temperatura del ambiente y el segundo marca una temperatura diferente a la anterior, ya que va en función de la cantidad de agua evaporada y, por tanto, de la presión relativa del vapor de agua en la atmósfera. Unas tablas de conversión de diferencia de temperaturas en la presión relativa del vapor de agua, en forma de tanto por ciento de humedad, permiten llevar a cabo la medida de la HR del ambiente. La desventaja es que hay que mantener permanentemente húmeda la mecha del segundo termómetro.

1.3.2.3 Sensores capacitivos

Formados por dos electrodos entre los que se encuentra un polímero higroscópico sintético (dieléctrico). Este material puede absorber el agua en el aire, de manera que la capacidad del sensor varía linealmente con la HR. Al aumentar la humedad del aire también lo hace la capacidad del sensor capacitivo. Su principal inconveniente es que a humedades altas (100% HR) el dieléctrico se satura y tarda en volver a medir correctamente si no se encuentra bien ventilado. Actualmente son los más recomendados por sus grandes ventajas, fundamentalmente porque se pueden conectar fácilmente a equipos de control automático.

1.3.2.4 Higrómetro óptico de punto de rocío

Considerado el método más preciso de medición del punto de rocío, y además conocido como sensor de espejo enfriado. Contiene un pequeño espejo metálico cuya superficie es enfriada hasta que el agua de la muestra de gas condense. El espejo es iluminado por una fuente de luz y su reflexión es detectada por un fototransistor. Cuando la condensación se produce, la luz reflejada sufre una dispersión, disminuyendo la intensidad captada por el detector. Un sistema de control se encarga de mantener la temperatura del espejo para mantener una delgada capa de condensación; una termo-resistencia embebida en el espejo mide su temperatura y la temperatura del punto de rocío. La precisión en la medida es muy alta, pero su desventaja es su elevado coste y la necesidad de precisión en la medición

1.3.3 Sensores de radiación.

1.3.3.1 Piranómetro

Se usa para medir la radiación solar global en unidades de energía (W/m^2). Un sensor de este tipo suele medir en un campo entre 0 y $1500 \text{ W}/\text{m}^2$, y en el rango espectral entre 300 y 2800nm . Algunos están basados en un detector fotovoltaico cubierto por una protección de aluminio anodizada.

El sensor puede ser una termopila, de manera que la radiación es absorbida y convertida en calor. Ese flujo de calor es inducido por una diferencia de temperatura a lo largo de la termopila. Las termopilas producen un voltaje de salida cuando la temperatura de sus uniones activas es superior a la de los contactos de referencia, siendo su configuración la de termopares conectados en serie.

Las termopilas utilizadas para detección de flujo radiante tienen sus contactos de referencia en contacto térmico con bloques metálicos termostatizados de gran inercia térmica, mientras que las uniones sensibles se instalan muy aisladas de la zona de referencia y bien expuestas a la radiación.

Cuando se conoce la temperatura de referencia se puede determinar el flujo radiante mediante la diferencia térmica entre las uniones activa y fría. La radiación solar calienta la zona oscura, a la que están conectadas las uniones sensibles, y la termopila produce un voltaje en función de esta temperatura, que es a su vez, función de la radiación incidente. El piranómetro es el sensor adecuado para medir

energía incidente para la evaluación energética de un sistema, por ejemplo en invernaderos o en paneles solares.

1.3.3.2 Sensor quantum.

Mide la radiación PAR (radiación fotosintéticamente activa: 400-700 nm). Ésta se puede medir como unidades de energía (W/m^2) o como densidad del flujo de fotones fotosintéticos, cuyas unidades son quanta (fotones) por unidad de tiempo y de superficie. La unidad más habitual es el micromol de quanta por seg. y m^2 ($mmol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$). Al mol también se le llama Einstein (E). $1 mmol \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} = 1 mE \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} = 6.02 \times 10^{17} \text{ fotones} \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} = 6.02 \times 10^{17} \text{ quanta} \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ Formado por un detector fotovoltaico (fotodiodo) cubierto de protección de aluminio anodizada.

Se usan filtros de cristal de colores para limitar la radiación que detecta en el rango correspondiente a la radiación PAR. Existe una relación entre n° de moléculas que cambian foto-químicamente y n° de fotones absorbidos dentro de determinado rango de energía fotónica. Los fotodiodos se basan en materiales semiconductores. Su resistencia varía en función de la luz incidente, de forma que la corriente aumenta según aumente el flujo luminoso.

Toda radiación incidente absorbida produce pares electrón - hueco que se acumulan en diferentes zonas, produciendo una diferencia de potencial entre ellas (voltios). El sensor quantum o de radiación PAR no es habitual en invernaderos comerciales, pero sí en invernaderos de investigación, ya que mide específicamente la radiación aprovechada para la fotosíntesis de las plantas.

1.3.4 Sensores de velocidad y dirección del viento

1.3.4.1 Anemómetros de cazoletas

Las cazoletas semiesféricas unidas a un eje giran impulsadas por las corrientes de aire, de forma que la velocidad del viento se convierte en el giro de dicho eje. Para convertirlo en señal eléctrica se suele usar como eje de giro el eje de una dinamo tacométrica o alternador. Al girar por la acción del viento, la dinamo genera una tensión (voltios) proporcional a la velocidad del viento.

El sensor necesita un valor mínimo de velocidad del viento para funcionar, normalmente entre 0,5 y 1 m/s. Este tipo de anemómetros son muy utilizados y recomendables para medir la velocidad del viento en el exterior del invernadero, generalmente con un rango entre 1,5 y 50 m/s.

1.3.4.2 Anemómetros de hilo caliente

Pueden utilizarse para medir la velocidad del viento en el interior del invernadero, ya que permiten medir velocidades pequeñas ($< 0,5$ m/s). Generalmente su uso está limitado a la investigación en relación con estudios sobre ventilación. Se basan en evaluar el enfriamiento que se produce en una resistencia introducida en el torrente de un fluido.

Si se hace pasar por ella todo el flujo del fluido (aire), ésta se enfriará proporcionalmente a la velocidad de ese fluido.

1.3.4.3 Veletas.

Para determinar la dirección del viento en el exterior. Formadas por un brazo que gira sobre un eje vertical al que se incorpora un deflector. Cuando existe una corriente de aire, el viento ejerce una presión sobre el deflector que hace que el brazo gire y el extremo señale la dirección de donde procede el viento. Igual que en los anemómetros de cazoletas, la variación de la posición del brazo o eje se convierte en una magnitud eléctrica. Un método muy empleado es el potenciómetro. El eje vertical sobre el que gira el brazo de la veleta se conecta a un potenciómetro de precisión, de forma que la señal de salida de este potenciómetro es proporcional al ángulo que la veleta forma con el norte.

1.3.5 Sensores de concentración de CO₂

Los más utilizados son los analizadores de gases en el infrarrojo (IRGA). Se basan en el poder de absorción de la radiación infrarroja del CO₂. El método más extendido consiste en introducir en una cámara de medida la muestra de CO₂ a analizar utilizando un circuito con electroválvulas y bombas inyectoras. Un emisor (generalmente de tungsteno) introduce radiación infrarroja en la cámara.

El CO₂ la absorbe y se produce un cambio de presión en la cámara de medida. Un micrófono (sensor acústico) detecta esta variación. A mayor cantidad de CO₂, mayor diferencia de presión. En el otro lado de la cámara hay dos detectores de luz cubiertos por dos filtros de diferentes propiedades. Uno de ellos sólo deja

pasar la luz en la longitud de onda, donde se conoce que el CO₂ es capaz de absorber luz. El pequeño cambio de intensidad de luz causado por la concentración de CO₂ se mide mediante un detector y se convierte en la medida correspondiente de concentración de CO₂ gracias a un microprocesador incorporado.

El segundo sirve de referencia para comprobar que no se han producido errores en la medida. El elemento sensor es el más caro del conjunto, por lo que con frecuencia se pone un solo sensor que mide en varios puntos del invernadero, muestreando sucesivamente en cada punto.

1.3.6 Sensores de lluvia

1.3.6.1 Pluviómetro.

Medidor de precipitación líquida que transforma la cantidad de lluvia en pulsos eléctricos, correspondiendo generalmente cada pulso a 0,1 ó 0,2 mm (según tipo de pluviómetro) de precipitación. Se pueden encontrar de diferentes volúmenes.

1.3.6.2 Sensores de detección de lluvia

No miden la cantidad de agua como los pluviómetros, sino que detectan la presencia o no de lluvia. Las gotas de lluvia serán las responsables de cerrar el circuito electrónico (en general, una placa impresa de cobre) que lleva el sensor para dar la señal correspondiente. Su principal aplicación para invernaderos

consiste en poder conectar o desconectar un dispositivo (por ejemplo el motorreductor para abrir o cerrar las ventanas) en función de la presencia o no de lluvia. También se puede utilizar para detectar la presencia de condensación.

Capítulo 2: Diseño del sistema de Monitoreo y control para los Invernaderos en Constanza

Los invernaderos de la región de Constanza producen una gran variedad de frutos al año, dentro de estos pepinos, tomates, ajíes Morrón e inclusive algunos tipos de flores, como las orquídeas. Cada uno de estos frutos posee unas características climáticas necesarias específicas para su mejor desarrollo.

El método utilizado actualmente para el control de factores climáticos como la temperatura, la humedad, iluminación, oxigenación, entre otros, no permite mantener el balance necesario para la perfecta maduración de los frutos sembrados, por lo tanto existe una necesidad de hacer más eficiente el monitoreo y el control de estos para mejorar la calidad del fruto a obtener.

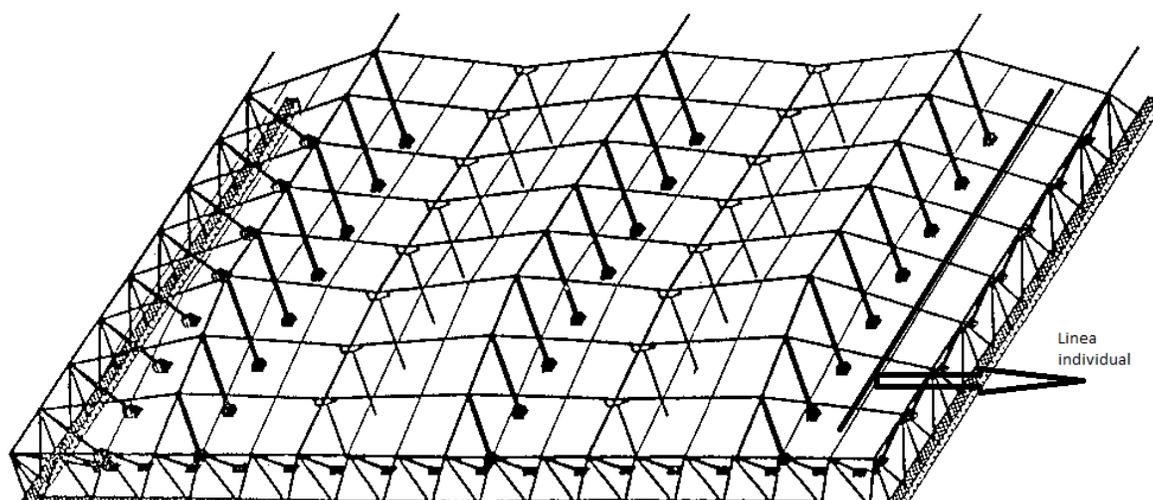
En este proyecto se plantea el desarrollo de un sistema de monitoreo y control para invernaderos capaz de controlar dichos factores.

2.1 Sistema de monitoreo

El sistema de monitoreo que se ha propuesto se basa en un conjunto de sensores que estarán dispersos en toda el área del invernadero que hemos

tomado de modelo, para así tomar datos de las variables climáticas que se deben tener en cuenta para mantener un ambiente seguro para las plantaciones dentro del invernadero.

Para motivos de diseño de los sistemas se dispondrá a seccionar el invernadero según la cantidad de líneas de cultivo, por lo cual nuestro sistema será aplicado para el monitoreo a una sola línea cultivo, el cual monitoreará el comportamiento climático de el área escogida para ser regulada por el sistema de control.



En cada línea individual se va a sensor la temperatura, la luminosidad, la humedad, y la conductividad con el fin de poder regular los parámetros del área de cultivo y así controlar las aperturas de las cúpulas (para sacar calor y humedad) y las pantallas del techo (para regular la incidencia de luz sobre el cultivo) y del área lateral del invernadero (para regular la temperatura interior).

2.1.1 Monitoreo de Temperatura y humedad

En estos días existe disponibilidad de dispositivos que poseen sensores en conjunto tales como temperatura y humedad con acondicionamiento de la señal que entregaría a un sistema digital para su control. También, la calibración y la interfaz de comunicación todos construidos en su interior. El uso de tales sensores inteligentes simplifica en gran medida el diseño y reduce el coste del proyecto.

Para medir la temperatura y la humedad relativa en nuestro proyecto se utilizara el sensor DHT11 que usa un protocolo de 1 cable (1-wire) propio, el cual vamos a utilizar conectado con un microcontrolador capaz de leer estos datos.

Este sensor incluye un sensor de la humedad tipo resistivo y un componente de medición de temperatura de tipo NTC.

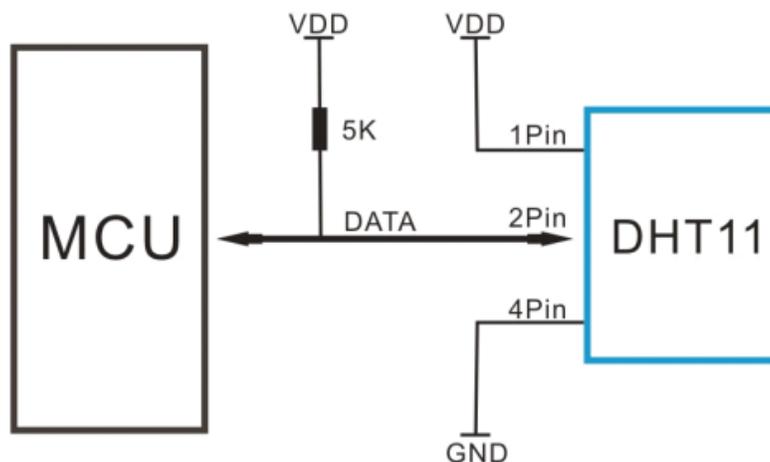
Especificaciones Técnicas:

Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	±5 % RH	±2°C	1	4 Pin Single Row

Especificaciones detalladas:

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repeatability			± 1%RH	
Accuracy	25°C		± 4%RH	
	0-50°C			± 5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			± 1%RH	
Long-Term Stability	Typical		± 1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			± 1°C	
Accuracy		± 1°C		± 2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

Aplicación Típica:



El DHT11 se alimenta con una tensión entre 3 y 5 voltios.

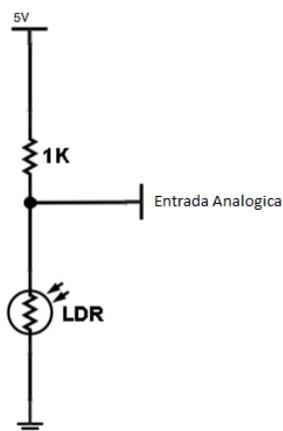
En el Proceso de comunicación y sincronización con el microcontrolador el sensor usa un formato de datos Single-bus que es una comunicación serial (Single-Wire Two-Way)

2.1.2 Monitoreo de Luz

Para el monitoreo de luz en nuestro proyecto se utilizara un **LDR** (Light Dependent Resistor o resistencia dependiente de la luz) para sentir la incidencia de luz a través de una resistencia que varia su valor dependiendo de la luz recibida, aprovecharemos dicha variación para tomar decisiones a través del programa del microcontrolador.

En esta parte del proyecto se persigue controlar la apertura y el cierre de las pantallas superiores en el invernadero, esto lo vamos a lograr colocando la LDR como divisor de tensión conectada a una entrada analógica del microcontrolador.

Diagrama



2.2 Sistema de control

El control de nuestro sistema esta centralizado en abrir y cerrar las cúpulas individuales de cada línea de cultivo, abrir y cerrar las pantallas individuales en cada cúpula para manejar la cantidad de luz del sol que entra, así como la pantalla lateral en ambos lados del invernadero permitiéndonos la regulación de la temperatura interior mediante el ajuste de la misma.

También el sistema nos permitirá controlar el flujo de los químicos necesarios para la fertilización según el calendario correspondiente basado en el crecimiento de la planta en el cultivo. Con esto se garantiza que el agua que se le suministraría al cultivo tenga los nutrientes necesarios y el nivel de agua adecuados para permitirle el crecimiento optimo y eficaz en la plantación.

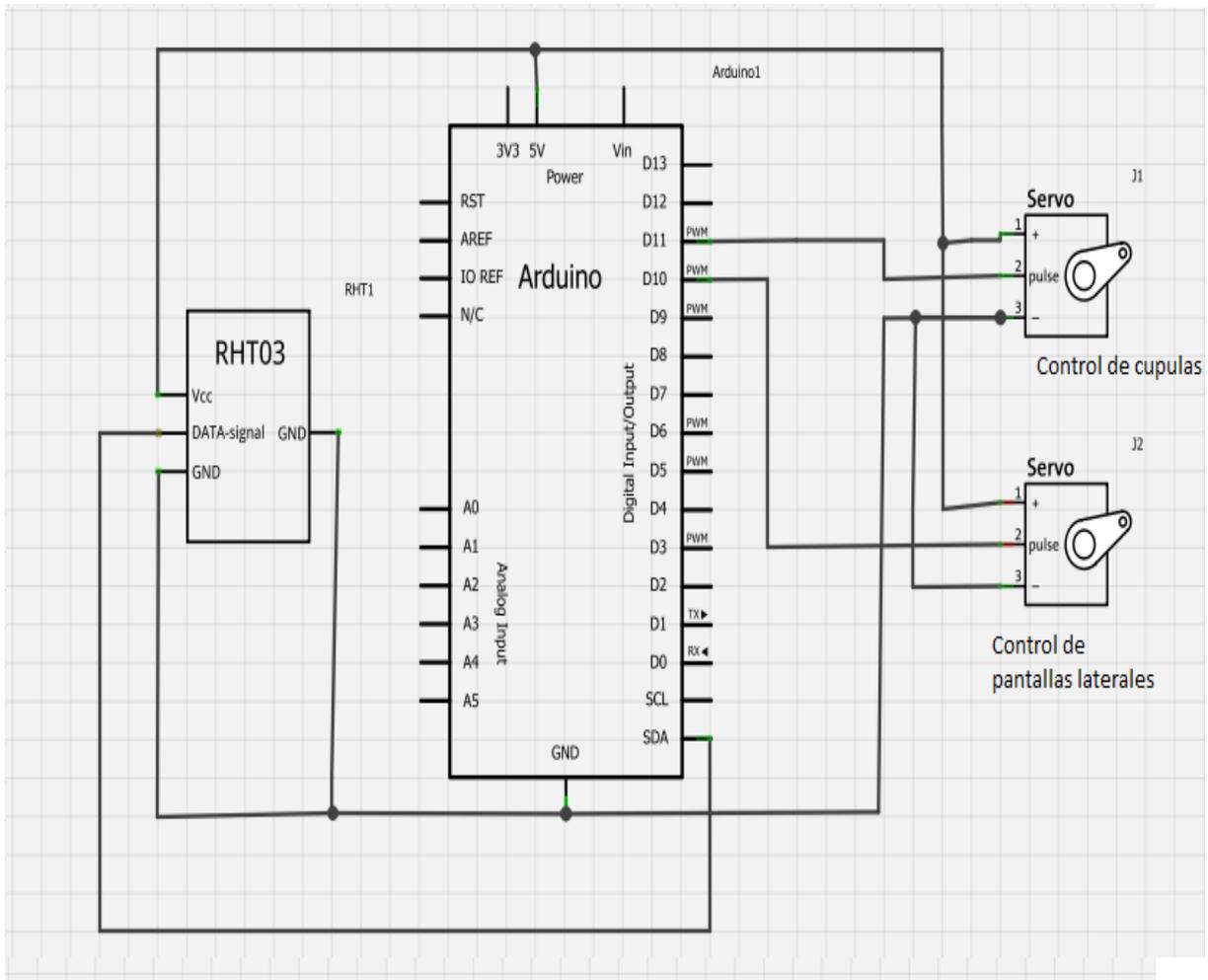
2.2.1 Control De Temperatura y Humedad

El control de humedad en nuestro sistema lo haremos mediante la ventilación del invernadero, abriendo y cerrando las cúpulas independientes para cada línea de cultivo movidas por un motor reductor controlado mediante una programación en el microcontrolador. La humedad también puede ser controlada cambiando la temperatura del interior del invernadero.

El control de temperatura en nuestro sistema lo haremos mediante el movimiento de las pantallas laterales en el invernadero las cuales ventilan hacia la parte superior el aire caliente el cual sale a través de las cúpulas. Estas pantallas serán

movidas por un motor reductor controlado por una programación en el microcontrolador.

Diagrama:



Programa:

```
//  
// FILE: dht11_test1.pde  
// PURPOSE: DHT11 library test sketch for Arduino  
//  
  
//Celsius to Fahrenheit conversion  
double Fahrenheit(double celsius)  
{  
    return 1.8 * celsius + 32;  
}  
  
//Celsius to Kelvin conversion  
double Kelvin(double celsius)  
{  
    return celsius + 273.15;  
}  
  
// dewPoint function NOAA  
// reference: http://wahiduddin.net/calc/density\_algorithms.htm  
double dewPoint(double celsius, double humidity)  
{  
    double A0= 373.15/(273.15 + celsius);  
    double SUM = -7.90298 * (A0-1);  
    SUM += 5.02808 * log10(A0);  
    SUM += -1.3816e-7 * (pow(10, (11.344*(1-1/A0))))-1) ;  
    SUM += 8.1328e-3 * (pow(10, (-3.49149*(A0-1))))-1) ;  
    SUM += log10(1013.246);  
    double VP = pow(10, SUM-3) * humidity;  
    double T = log(VP/0.61078); // temp var  
    return (241.88 * T) / (17.558-T);  
}  
  
// delta max = 0.6544 wrt dewPoint()  
// 5x faster than dewPoint()  
// reference: http://en.wikipedia.org/wiki/Dew\_point  
double dewPointFast(double celsius, double humidity)  
{  
    double a = 17.271;  
    double b = 237.7;  
    double temp = (a * celsius) / (b + celsius) + log(humidity/100);  
    double Td = (b * temp) / (a - temp);  
    return Td;  
}
```

```

#include <dht11.h>
dht11 DHT11;
#define DHT11PIN 2
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("DHT11 TEST PROGRAM ");
  Serial.print("LIBRARY VERSION: ");
  Serial.println(DHT11LIB_VERSION);
  Serial.println();
}
void loop()
{
  Serial.println("\n");
  int chk = DHT11.read(DHT11PIN);
  Serial.print("Read sensor: ");
  switch (chk)
  {
    case DHTLIB_OK:
      Serial.println("OK");
      break;
    case DHTLIB_ERROR_CHECKSUM:
      Serial.println("Checksum error");
      break;
    case DHTLIB_ERROR_TIMEOUT:
      Serial.println("Time out error");
      break;
    default:
      Serial.println("Unknown error");
      break;
  }
  Serial.print("Humidity (%): ");
  Serial.println((float)DHT11.humidity, 2);
  Serial.print("Temperature (oC): ");
  Serial.println((float)DHT11.temperature, 2);
  Serial.print("Temperature (oF): ");
  Serial.println(Fahrenheit(DHT11.temperature), 2);
  Serial.print("Temperature (K): ");
  Serial.println(Kelvin(DHT11.temperature), 2);
  Serial.print("Dew Point (oC): ");
  Serial.println(dewPoint(DHT11.temperature, DHT11.humidity));
  Serial.print("Dew PointFast (oC): ");
  Serial.println(dewPointFast(DHT11.temperature, DHT11.humidity));

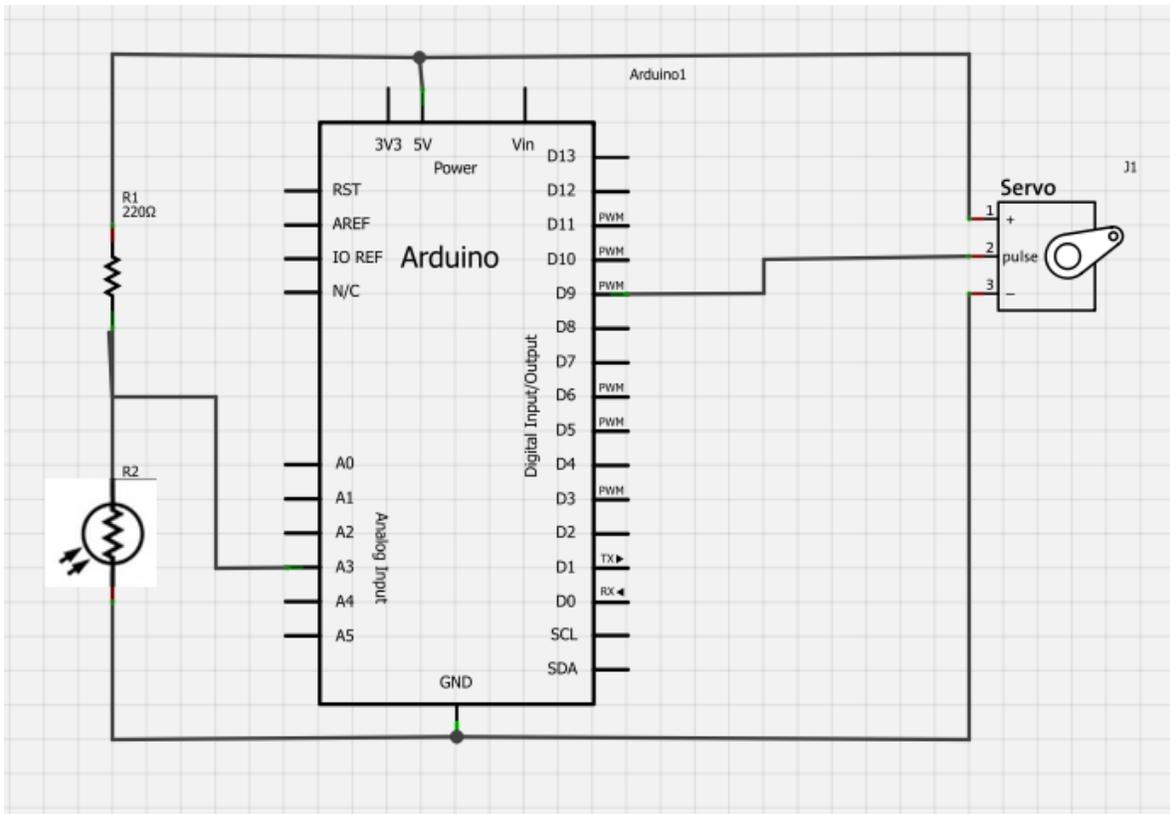
  delay(2000);
}
// END OF FILE

```

Control de la incidencia solar:

El control de la radiación solar se logra mediante el ajuste de las pantallas superiores tomando en cuenta los datos recolectados por el sistema de monitoreo de incidencia de luz sobre el cultivo, permitiéndonos la debida regulación de los niveles de radiación solar sobre la plantación.

Diagrama:



Programa:

```
#include <Servo.h>

//creamos una etiqueta de control de servo

Servo servoPantalla;

//Aquí almacenamos los datos recogidos del LDR:

int valorLDR = 0;

//Decimos que pines vamos a utilizar para LED

//Y que pin para la LDR

int pinLDR = 0;

void setup()
{
  //Establecemos como salida los pines para LED
  servoPantalla.attach(3);
  //Le decimos que vamos a usar una referencia externa

  analogReference(EXTERNAL);
}

void loop()
{

  //Guardamos el valor leído en una variable

  valorLDR = analogRead(pinLDR);

  //Y comenzamos las comparaciones:

  if(valorLDR >= 512)
  {
    servoPantalla.write(179);
  }
  else
  {
    servoPantalla.write(0);
  }
}
```

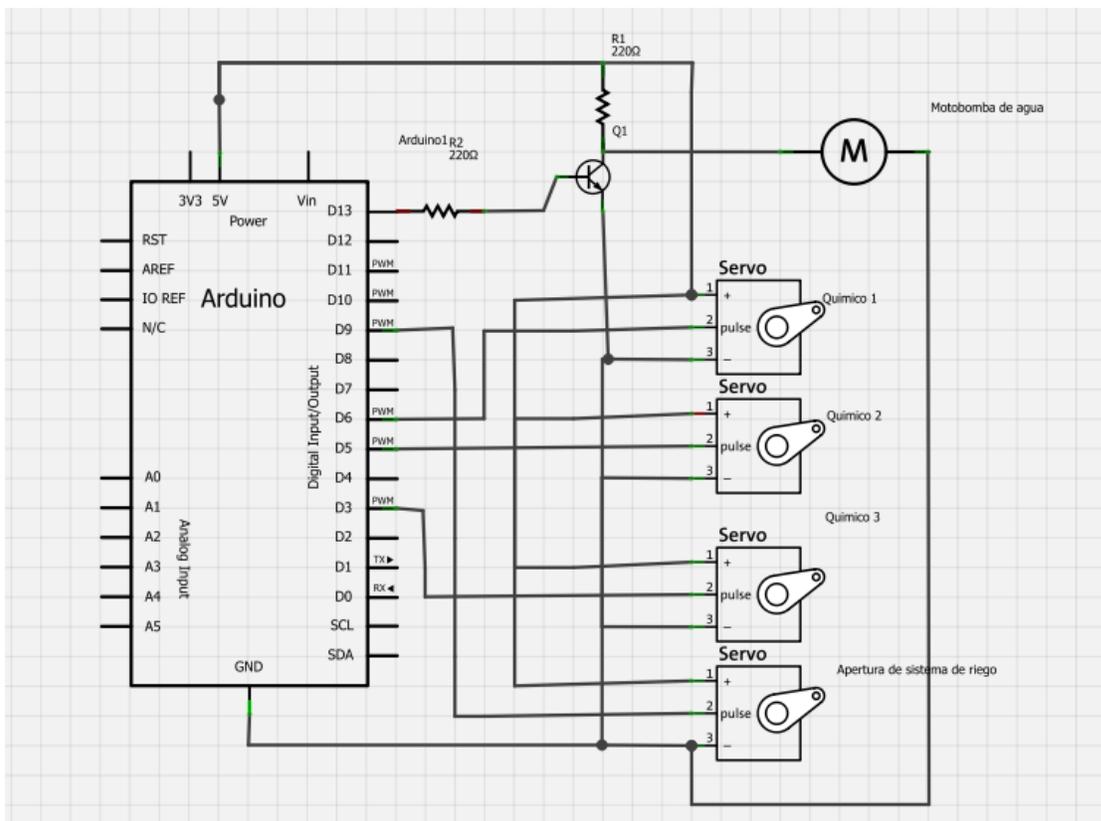
Control de irrigación:

El sistema de irrigación consta de depósitos con fertilizantes los cuales son debidamente dosificados según el calendario de crecimiento del cultivo, para los cuales el sistema dispone de una serie de válvulas cuyo ajuste se hará mediante la implementación de servomotores, ajustando la apertura correspondiente en función de la mezcla necesaria según el programa de irrigación de la plantación.

El sistema del control de irrigación está compuesto de 3 válvulas colocadas en la salida de cada tanques de fertilizantes acoplados mediante la línea principal de suministro de agua al sistema de irrigación. Estas válvulas serán ajustadas mediante el mecanismo de servomotores que nos garantiza poder calibrar la dosificación correspondiente por cada uno de los tanques de fertilización.

También dispone de un sistema del control de suministro de agua por medio de una motobomba, garantizando que la línea de suministro principal tenga la presión correspondiente para su debido mezclado con las líneas de los campos de fertilización.

Programa y diseño.



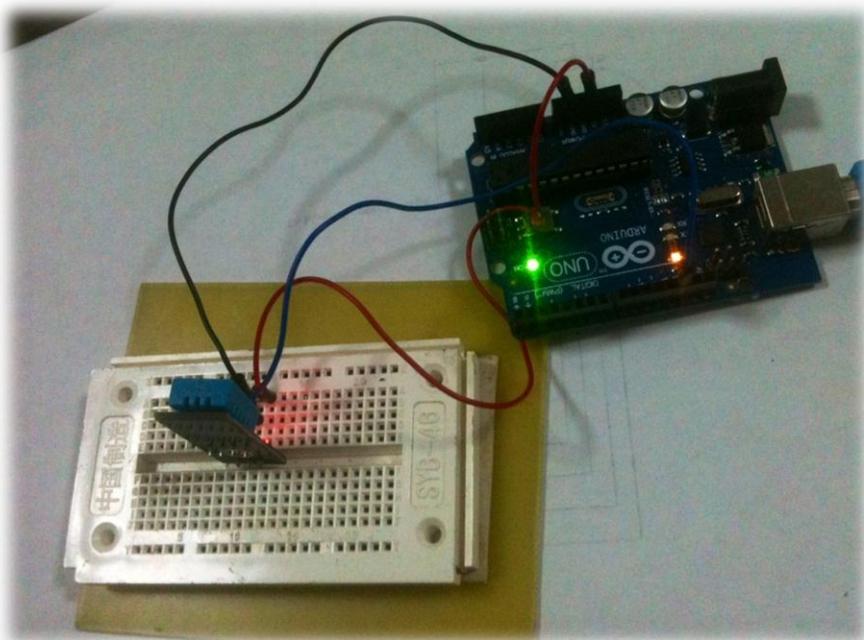
Capitulo 3 Puesta Prueba

Para la prueba de nuestro circuito elegiremos la temperatura y los datos necesarios para la producción de ajíes morrones. En base a estos ajustaremos la programación de la tarjeta de control de manera que la misma se encargue de manejar la cúpula y las pantallas según sea necesario.

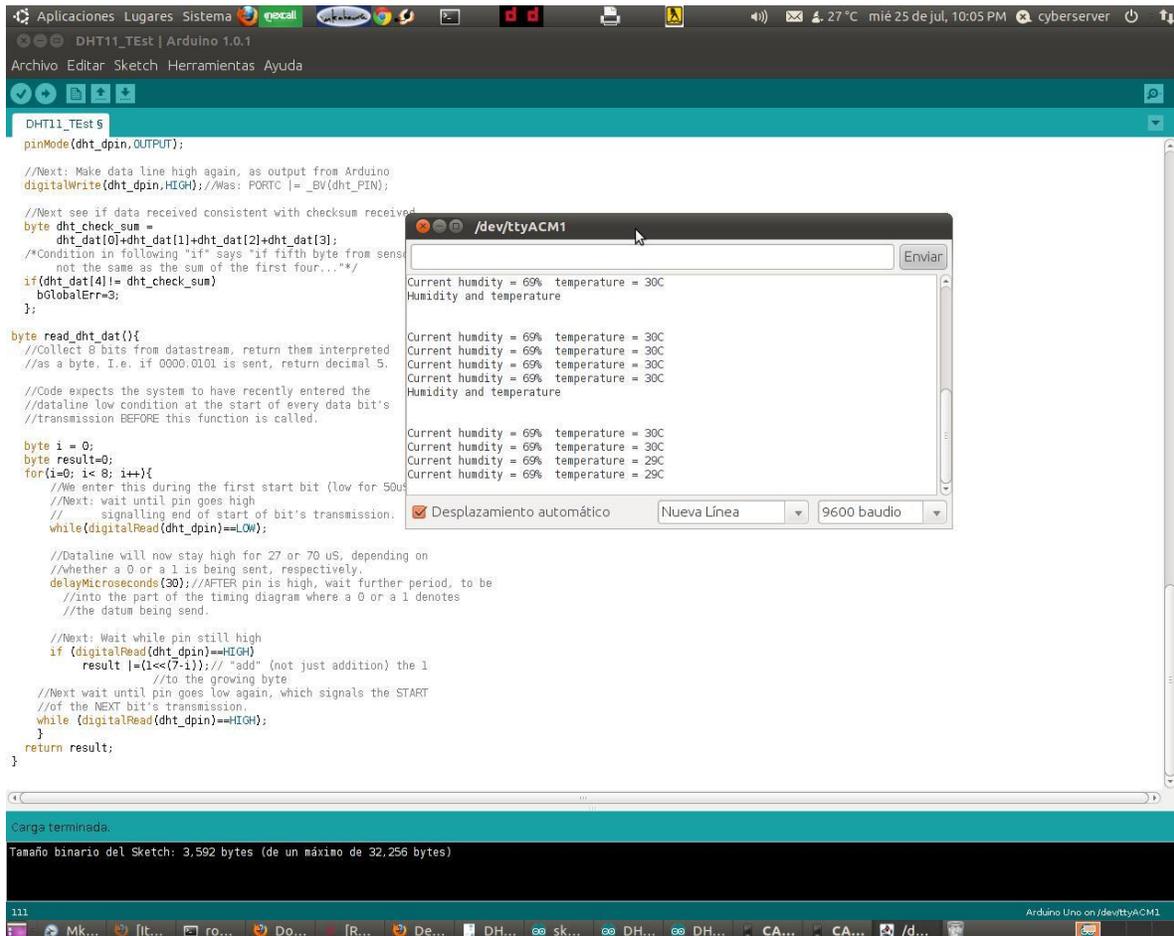
Los parámetros que hemos establecido para nuestros sensores de temperatura y de humedad son:

En la etapa de crecimiento el rango de temperatura será entre 14° y 35° mientras que el margen de humedad relativa debe mantenerse en el rango de 50% a 70%.

Para la prueba del funcionamiento de nuestro sensor realizamos el siguiente montaje, en una tarjeta de proyectos (Bread Board), haciendo una conexión directa a las salidas/entradas del Arduino, el cual se alimentó de la salida USB de un computador.



En la siguiente imagen podemos observar los datos obtenidos en la etapa de prueba del sensor de temperatura y humedad. Como podemos observar los datos son obtenidos con éxito. El experimento fue realizado utilizando un blower como fuente de calor.



The image shows the Arduino IDE interface with a sketch named 'DHT11_Test' and a serial monitor window titled '/dev/ttyACM1'. The sketch code is as follows:

```
pinMode(dht_dpín,OUTPUT);

//Next: Make data line high again, as output from Arduino
digitalWrite(dht_dpín,HIGH);//Was: PORTC |= _BV(dht_PIN);

//Next see if data received consistent with checksum received
byte dht_check_sum =
  dht_dat[0]+dht_dat[1]+dht_dat[2]+dht_dat[3];
/*Condition in following "if" says "if fifth byte from sensor
not the same as the sum of the first four...*/
if(dht_dat[4]!= dht_check_sum)
  bGlobalErr=3;
};

byte read_dht_dat(){
//Collect 8 bits from datastream, return them interpreted
//as a byte, i.e. if 0000.0101 is sent, return decimal 5.
//Code expects the system to have recently entered the
//dataline low condition at the start of every data bit's
//transmission BEFORE this function is called.

byte i = 0;
byte result=0;
for(i=0; i< 8; i++){
//We enter this during the first start bit (low for 50us
//Next: wait until pin goes high
// signalling end of start of bit's transmission.
while(digitalRead(dht_dpín)==LOW);

//Dataline will now stay high for 27 or 70 uS, depending on
//whether a 0 or a 1 is being sent, respectively.
delayMicroseconds(30);//AFTER pin is high, wait further period, to be
//into the part of the timing diagram where a 0 or a 1 denotes
//the datum being send.

//Next: Wait while pin still high
if (digitalRead(dht_dpín)==HIGH)
  result |= (1<<(7-i)); // "add" (not just addition) the 1
//to the growing byte

//Next wait until pin goes low again, which signals the START
//of the NEXT bit's transmission.
while (digitalRead(dht_dpín)==HIGH);
}
return result;
}
```

The serial monitor displays the following output:

```
Current humidity = 69% temperature = 30C
Humidity and temperature

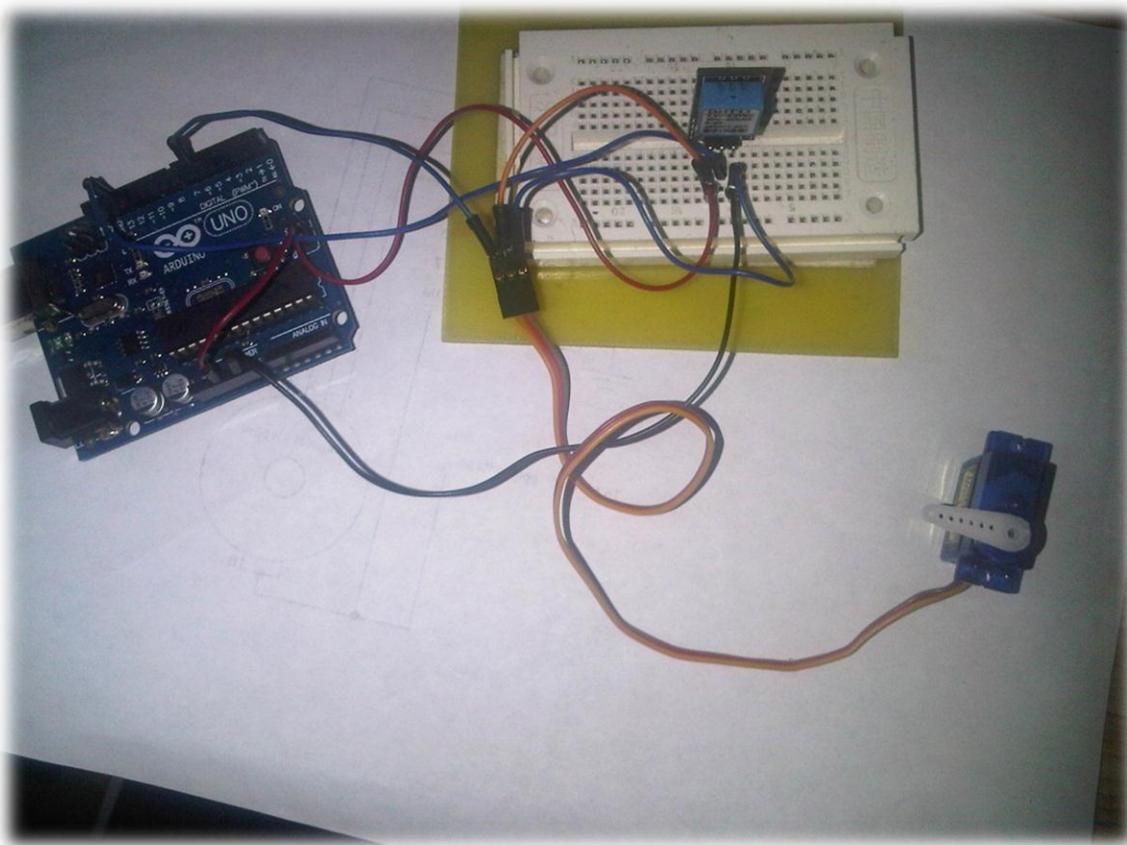
Current humidity = 69% temperature = 30C
Humidity and temperature

Current humidity = 69% temperature = 30C
Current humidity = 69% temperature = 30C
Current humidity = 69% temperature = 29C
Current humidity = 69% temperature = 29C
```

At the bottom of the IDE, a status bar indicates 'Carga terminada.' and 'Tamaño binario del Sketch: 3,592 bytes (de un máximo de 32,256 bytes)'. The bottom status bar also shows '111' and 'Arduino Uno on /dev/ttyACM1'.

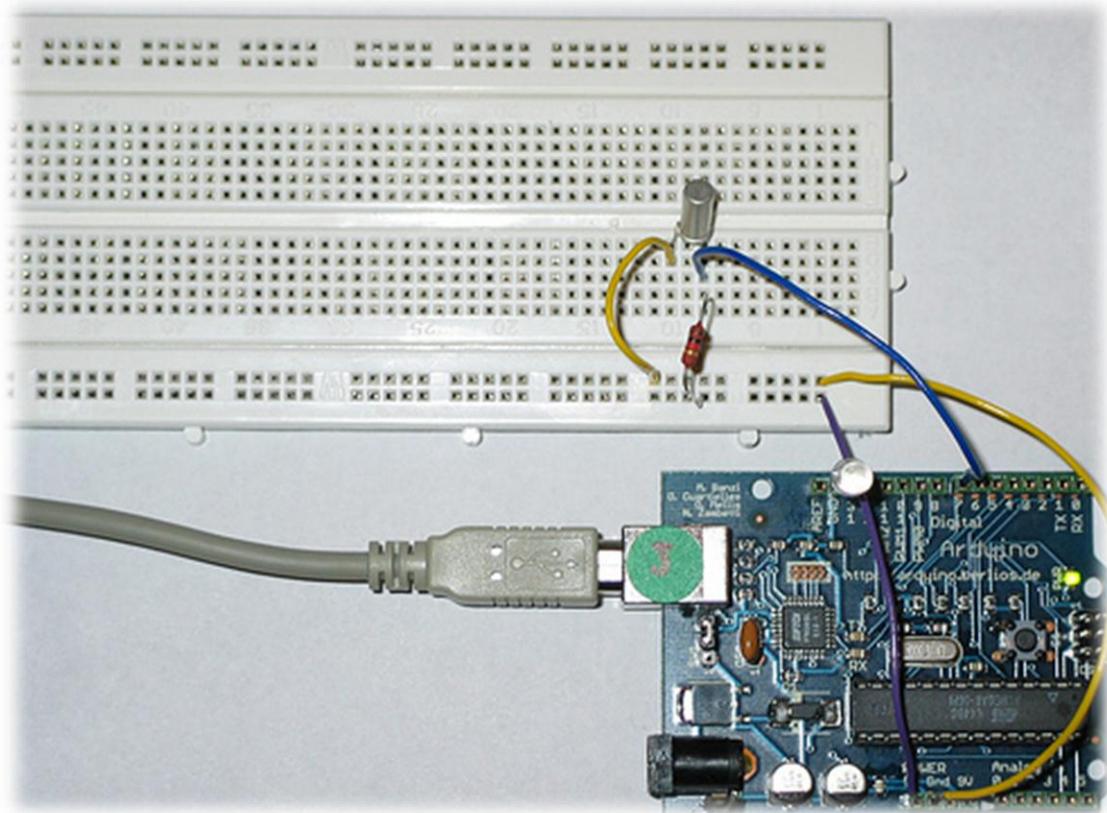
Para el manejo de cada una de las pantallas y de las cúpulas del invernadero utilizaremos un servomotor, el cual será manejado mediante señales de un modulador de ancho pulsos (PWM), el mismo se encargara de controlar la posición necesaria de cada uno de estos, de manera que, dependiente de los factores medio ambientales, sean desplazados de posición, abriendo o cerrando el elemento a controlar.

Para la prueba del funcionamiento de nuestro servomotor se realizo el siguiente montaje, haciendo una conexión directa a los puertos de salida del arduino, previamente programado para la función deseada.



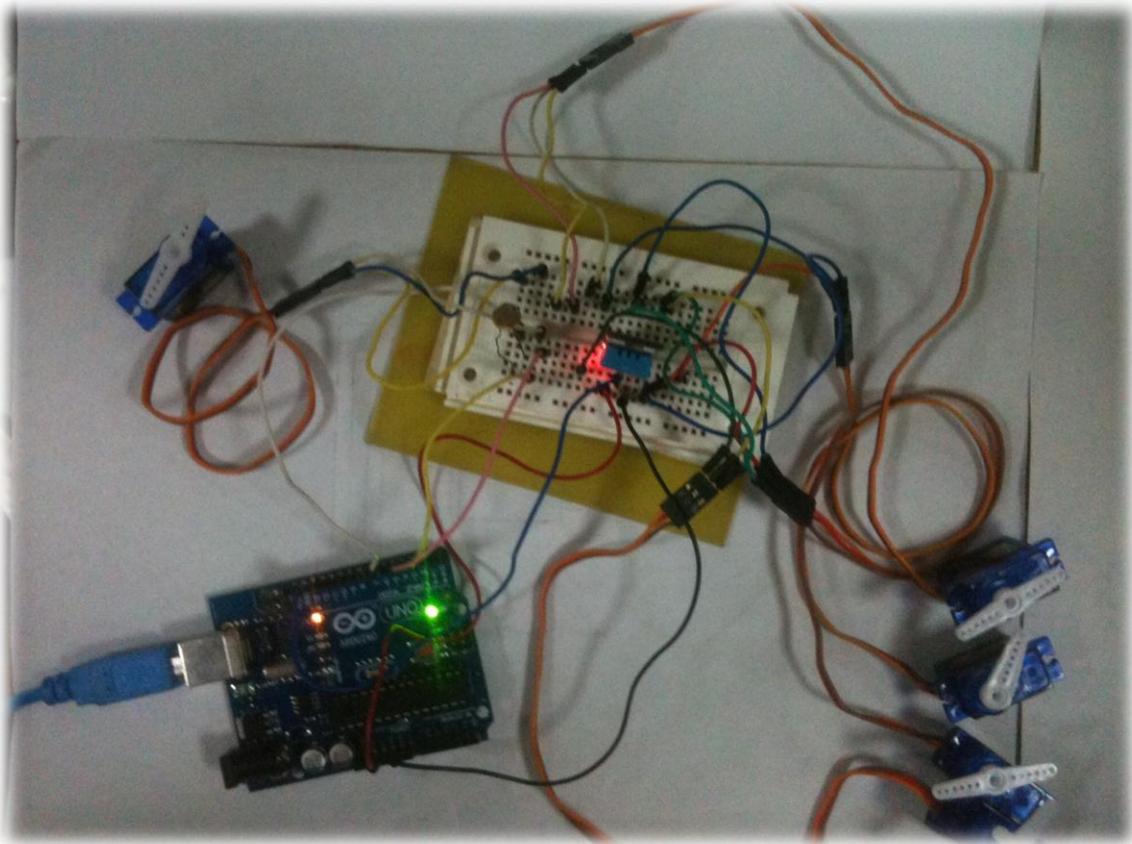
Otro de los parámetros importantes para el buen desarrollo de los frutos en los invernaderos es la luz solar, la misma debe ser regulada, ya que el exceso de esta puede “quemar” los frutos. Para esta finalidad emplearemos un circuito sencillo con una LDR, la función del arduino será movilizar la pantalla al momento de sensar exceso de luz solar, cubriendo parcialmente la zona plantada.

Para la prueba del funcionamiento y acoplamiento entre el sensor LDR y el arduino se realizó el siguiente montaje de circuito:



La fertirrigación amerita unos ciertos ajustes, los cuales varían según el nivel de desarrollo de los frutos. Con esta finalidad el sistema posee cuatro válvulas tipo ventury. Para realizar la automatización de esta parte del proceso utilizamos 4 servomotores, los cuales variaran según la temporada establecida de los frutos.

Para la prueba del funcionamiento de este sistema se realizo el montaje del siguiente circuito:



Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones.

Pautándonos en nuestras investigaciones de campo realizadas para los invernaderos de la zona de Constanza y siguiendo debidamente las demostraciones de lugar hemos llegado a la conclusión que nuestro sistema de automatización y control de los invernaderos cumple satisfactoriamente con las exigencias de los parámetros de las cosechas, tanto el hardware como el software cumplen a cabalidad con las condiciones para automatizar todas las entradas dadas por nuestro sistema así como el control de las salida, mediante la programación del microcontrolador utilizado en los invernaderos, el cual nos permite aplicar los diseños a varios campos de la zona.

Los diseños son bien prácticos y duraderos, no necesitan de mucha configuración por el usuario solo una pequeña alineación inicial para comenzar su uso y sobre todo tiene una tecnología única en la zona. Cabe mencionar que debido a su bajo costo nuestro diseño satisface las necesidades de nuestros invernaderos sin elevar la producción de los cultivos. Además tiene un gran rendimiento y gracias a su diseño flexible se puede incorporar nuevas mejoras para aplicarse en diversas zonas.

Recomendaciones.

De acuerdo a nuestras investigaciones y adquisición de datos al momento de realizar nuestro diseño, tenemos algunas recomendaciones para el mejor manejo y cuidado de los diseños del invernadero las cuales son:

- Mantener una alimentación de energía eléctrica constante en los circuitos. Los cambios bruscos de energía podrías sobrecalentar los componentes.
- Dar el debido mantenimiento a los circuitos cada vez que se termine un cultivo para asegurarnos de empezar con la mayor eficiencia el control de la próxima cosecha.

Referencias Bibliográficas

http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh179/44_49.pdf

http://www.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistadyp/archivo/edicion_5/Articulos/5ta%20Edicion/articulo_invernadero.pdf

http://www.hackinlab.org/pinguino/index_pinguino.html

<http://www.navarraagraria.com/n144/arpimin.pdf>

<http://arduino.cc/playground/Main/DHT11Lib>

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=941253>

http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos.htm

ANEXOS

Anexo A:

Anteproyecto

UNIVERSIDAD APEC

(UNAPEC)



Decanato de Ingeniería e Informática

Anteproyecto de Trabajo de Grado

Para Optar por el Título de Ingeniero Electrónico en Comunicaciones

“Automatización de invernaderos en

la zona de Constanza utilizando Micro-controladores”

Sustentantes:

Carlos Omar Ravelo Álvarez 2008-0171

Rafael M. Castro Contreras 2007-2021

Leandro A. Polanco Ramos 2007-1305

Santo Domingo, D. N.

Marzo, 2012

1.0 Planteamiento Del Problema	3
1.1 Definición Conceptual Del Problema.....	3
1.2 Descomposición de los Elementos conceptuales que definen el problema.....	3
1.3 Delimitación del Tiempo y el Espacio con explicaciones de razones que lo justifican ...	4
1.4.0 Cuestionamientos	6
1.4.1 Preguntas relativas al concepto que determinan los objetivos generales del trabajo.....	6
2. JUSTIFICACION DEL TRABAJO DE GRADO	6
2.1 Importancia del tema dentro del entorno real del cual se realiza el estudio	6
2.2 Datos Cuantitativos Numerales, con sus Fuentes de información	7

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	9
3.1 Objetivo General	9
3.2 Objetivos Específicos.....	9
4. METODOLOGIA OPERATIVA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO.....	10
5. TECNICAS A UTILIZAR PARA EL DESARROLLO METODOLOGICO DEL TRABAJO DE GRADO.....	10
6. ESQUEMA DEL POSIBLE INDICE TEMATICO DEL TRABAJO DE GRADO	11
7. FUENTES DE DOCUMENTACION	12

1.0 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA QUE TRATARA EL TRABAJO DE GRADO

Los invernaderos de la región de Constanza producen una gran variedad de frutos al año, dentro de estos pepinos, tomates, ajíes morrón e inclusive algunos tipos de flores, como las orquídeas. Cada uno de estos frutos posee unas características climáticas necesarias específicas para su mejor desarrollo.

El método utilizado actualmente para el control de factores climáticos como la temperatura, la humedad, iluminación, oxigenación, entre otros, no permite mantener el balance necesario para la perfecta maduración de los frutos sembrados, por lo tanto existe una necesidad de eficientizar el monitoreo y el control de estos para mejorar la calidad del fruto a obtener.

1.1 DESCOMPOSICION DE LOS ELEMENTOS CONCEPTUALES QUE DEFINEN EL PROBLEMA

Efecto Invernadero: es el fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar.

Invernadero: es un lugar cerrado, estático y de fácil acceso, que se destina a la producción de cultivos, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico, que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas.

Micro-controlador: este dispositivo servirá para leer los datos recolectados por los sensores y, en base a esta información recolectada, tomar decisiones y empleando el modulo de potencia activara los actuadores. Este elemento será el cerebro de todas las operaciones a realizar para el manejo de los factores climáticos.

Sensor de humedad: es el dispositivo electrónico que se utilizara para analizar las variaciones de humedad dentro del invernadero.

Sensor de Temperatura: es el dispositivo electrónico que se utilizara para analizar las variaciones de Temperatura dentro del invernadero.

Sensor de Dióxido de Carbono: es el dispositivo electrónico que se utilizara para analizar las variaciones de dióxido de carbono dentro del invernadero.

1.2 Delimitación en el tiempo y el espacio con explicación de razones que lo justifican.

Debido al gran crecimiento de la inversión del Gobierno Dominicano en materias de agricultura, específicamente en el desarrollo de invernaderos en la parte norte del país, ubicamos la investigación en el pueblo de Constanza en La Republica Dominicana.

Se ha tomado el período Mayo-Agosto de 2012, puesto que es el tiempo que la escuela de ingeniería ha permitido la realización de este estudio.

1.3 PREGUNTAS RELATIVAS AL CONCEPTO QUE DETERMINARAN EL OBJETIVO GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

¿Cómo mejorar la producción y la gestión de los invernaderos de Constanza mediante automatización?

¿Cuáles son los factores que se pretende controlar en un invernadero automatizado?

¿Cuáles son las tecnologías más adecuadas para hacer la automatización de un invernadero de Constanza?

¿Cuáles inversiones se necesitarían para automatizar un invernadero?

¿Cuáles ventajas y desventajas presenta automatizar los invernaderos?

2.0 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

2.1 IMPORTANCIA DEL TEMA DENTRO DEL ENTORNO REAL EN EL CUAL SE REALIZARA EL ESTUDIO.

En el periodo 2009-2011, los invernaderos de la región de Constanza han crecido enormemente en el cultivo de una gran variedad de frutos cada año logrando hoy en día una base sólida para las exportaciones de esta ciudad. Además crea grandes posibilidades de empleo y capacitación para los residentes de la zona. Sin embargo, la ciudad se ve afectada por ciertos desafíos climatológicos que impide obtener el balance necesario para la maduración de los frutos.

“En el 2004 la superficie de invernaderos era de 269 mil metros cuadrados, y el 2011 cerró con una extensión de 5 mil 411 millones de metros, contribuyendo a un incremento sostenido de la producción de vegetales y otros rubros bajo ambiente protegido”, según un artículo publicado en el periódico digital “Ensegundos.net” el 23 de enero de 2012 por José Peguero. Este notable crecimiento en el sector ha motivado el desarrollo de la propuesta mostrada en este trabajo.

Es de vital importancia para el país que Constanza pueda mantener sus cultivos, de manera que se acondicionen mejor sus invernaderos, para que pueden proporcionar un nivel climático apto para la perfecta maduración de los frutos. Gracias a esto podremos tener un flujo constante en las exportaciones sin depender del clima.

2.2 DATOS CUANTITATIVOS NUMERALES, CON SUS FUENTES DE INFORMACION, QUE JUSTIFICAN EL ESTUDIO DEL TEMA Y SUS ELEMENTOS

Según un artículo publicado en el periódico digital “ensegundos.net” por José Peguero (23 enero, 2012) República Dominicana dispondrá este año de 6.6 millones de metros cuadrados para instalar invernaderos en los que se producirán vegetales bajo ambiente protegido, también se afirma que existe la capacidad para triplicar esa cantidad en el país.

El mismo artículo nos dice que en el 2004 la superficie de invernaderos era de 269 mil metros cuadrados, y el 2011 cerró con una extensión de 5 mil 411 millones de metros, contribuyendo a un incremento sostenido de la producción de vegetales y otros rubros bajo ambiente protegido. Esto presenta una gran oportunidad para que los nuevos proyectos de este tipo instalados en el país posean niveles de tecnología avanzados para asegurar la viabilidad de estas inversiones.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Incrementar la calidad y productividad de los invernaderos de Constanza mediante el Diseño de un sistema de monitoreo y control automático de diferentes parámetros que influyen en el proceso de cultivo, en los invernaderos de la región de Constanza.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer cuantos y cuales equipos serán necesarios para el monitoreo de los factores climáticos necesarios.
- Crear un sistema de monitoreo de los factores climáticos que influyen directamente en el ambiente controlado del invernadero.
- Desarrollar un sistema de Automatización del control de los factores climáticos del invernadero.
- Garantizar el equilibrio necesario para el buen desarrollo de los frutos y las flores a producir.

4.0 METODOLOGIA OPERATIVA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO

El desarrollo de este trabajo se basa en la metodología analítica, esto debido a la naturaleza del mismo, basado en estudios de situaciones presentes en la actualidad y que han sido evaluadas de manera práctica,.. A lo largo de este se busca analizar los diversos factores, en este caso del tipo ambiental, influyentes en la situación problema y, a partir de los datos obtenidos del mismo, desarrollar una solución aplicable a los invernaderos, específicamente de la zona de Constanza, pero representando una posible solución en otras zonas del país.

El método analítico: Es un tipo de método de investigación que se basa en la separación el todo, para someter sus partes a un análisis independiente,

distinguiendo los elementos cualitativos y cuantitativos de un fenómeno. El procedimiento más adecuado para la realización de este es por el método de descartes, dividiendo en cuantas partes se pueda y convenga para tratarlas mejor.

Mediante los datos obtenidos luego de aplicado el método analítico se podrá estudiar los resultados actuales y, compararlo con una situación ideal y, basado en estos, se procede con la etapa de búsqueda del desarrollo de un sistema que represente una solución o un mejor panorama para la misma.

5.0 TECNICAS A UTILIZAR EN EL DESARROLLO METODOLOGICO DEL TRABAJO

Entrevistas:

Se realizarán entrevistas directas a los profesionales experimentados en el área que puedan aportar informaciones relevantes para la implementación y creación del proyecto.

Mediciones:

Se harán mediciones a las producciones actuales de la zona para identificar los niveles de calidad que amerita la producción para analizar los puntos débiles las tecnologías usadas actualmente en el área.

Simulaciones:

Las simulaciones permitirán ver el funcionamiento de la Solución propuesta, al mismo tiempo que simular el diseño actual y a través de los resultados comparar uno con otro y determinar cuál diseño es el más óptimo.

Observación:

Mediante la observación se lograra identificar las técnicas actualmente utilizadas para mantener el equilibrio en los sistemas invernaderos de la zona de Constanza, y de esta manera poder lograr un diseño que sea viable y lógico para los mismos.

6.0 ESQUEMA DEL CONTENIDO CON EL POSIBLE INDICE TEMATICO

Dedicatorias

Agradecimientos

Índice

Introducción

CAPÍTULO 1: CONCEPTOS BASICOS

1.4 Conceptos generales de invernaderos.

1.4.1 Tipos de Invernaderos

1.4.1.1.1 Invernaderos tropicalizados y no tropicalizados

1.5 Generalidades de Automatización y Control con microcontroladores.

1.5.1 Micro controladores

1.5.1.1 Aplicación

1.5.1.2 Ventajas

1.5.1.3 Configuraciones

1.5.1.4 Programación

CAPITULO 2: Monitoreo

2.1.1 Luz de emergencia (sensores de luz)

2.1.2 Termómetro lineal de bajo costo

2.1.3 Detector de humedad en plantas y flores

2.1.4 Detector de dióxido de carbono

2.1.5

Luz, humedad, PH, conductividad

CAPITULO 3: Control

3.1 Control de Temperatura

3.1.1 Auto-ventilación

3.2 control de irrigación

Sistema de regío, nivel de pH, dosificación,

CAPITULO 4: Diseño y desarrollo del sistema.

4.1 Desarrollo del programa del Micro-controlador

4.2 Diseño del circuito de control

4.3 Diseño de la interfaz con el usuario

4.4 Diseño de la interfaz con los actuadores

CONCLUSION

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

APENDICES

7.0 FUENTES DE DOCUMENTACION

<http://www.euita.upv.es/>

<http://www.rufepa.com/>

Anexo B:

Especificaciones Arduino

Hardware

Hay múltiples versiones de la p-Share Alike 2.5. La mayoría usan el ATmega168 de Atmel, mientras que las placas más antiguas usan el ATmega8.

Nota: Los diseños de referencia para Arduino se distribuyen bajo licencia Creative Commons Attribution-share Alike 2.5.

Placas de Entrada/Salida

Diecimil: Esta es la placa Arduino más popular. Se conecta al ordenador con un cable estándar USB y contiene lo que necesitas para programar y usar la placa. Puede ser ampliada con variedad de dispositivos: placas hijas con características específicas.

Nano: Una placa compacta diseñada para uso como tabla de pruebas, el Nano se conecta al ordenador usando un cable USB Mini-B.

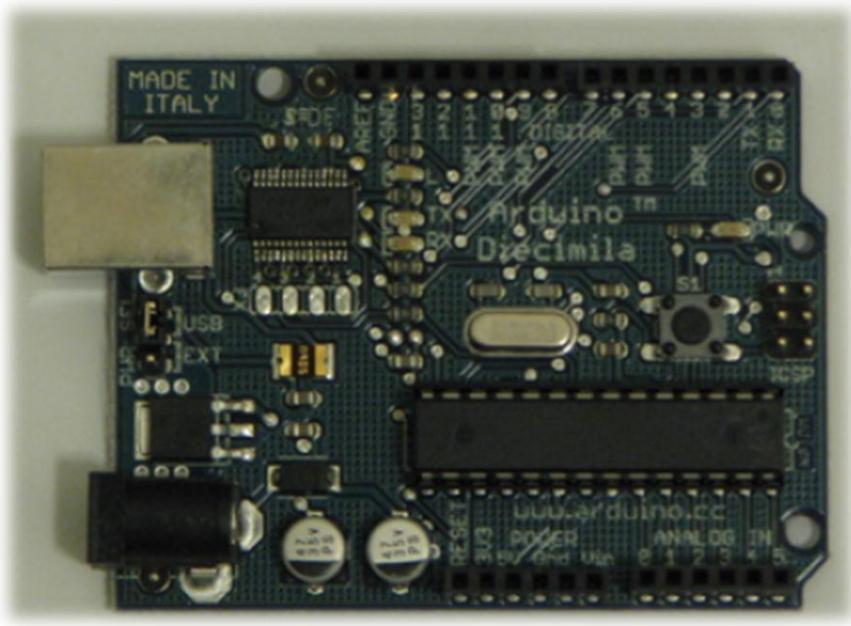
Bluetooth: El Arduino BT contiene un módulo bluetooth que permite comunicación y programación sin cables. Es compatible con los dispositivos Arduino.

Serial: Es una placa básica que usa RS232 como interfaz con el ordenador para programación y comunicación. Esta placa es fácil de ensamblar incluso como ejercicio de aprendizaje.

Serial Single sided: esta placa esta diseñada para ser grabada y ensamblada a mano. Es ligeramente mas grande que la Diecimila, pero aun compatible con los dispositivos.

Vision General

El arduino es una placa microcontroladora basada en el ETmega168. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usados como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un oscilador de cuarzo a 16 Mhz, una conexión USB, un conector para alimentación, una cabecera ICSD, y un botón de reset. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB o enchufarlo con un adaptador AC/DC y estará listo para comenzar.



A modo de resumen sobre la parte técnica del Arduino tenemos:

Característica	Descripción
Microcontrolador	ATmega168
Voltaje de operación	5 V
Tensión de entrada (recomendada)	7 - 12 V
Tensión de entrada (límite)	6 - 20 V
Pines digitales de E/S	14 (de los cuales 6 proveen salidas PWM)
Pines de entrada analógicos	6
Corriente DC por pin E/S	40 mA
Corriente DC para pin 3.3 V	50 mA
Memoria Flash	16 KB (de los cuales 2 KB usados para bootloader)
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
Frecuencia de reloj	16 MHz

Cada uno de los 14 pines digitales del Diecimila puede ser usado como entrada o salida, usando funciones `pinMode()`, `digitalWrite()` y `digitalRead()`². Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia interna `_pull-up_` (desconectada por defecto) de 20-50 KOhms. Además, algunos pines tienen funciones especiales:

- Serial: 0 (Rx) y 1 (Tx). Usados para recibir (Rx) y transmitir (Tx) datos TTL en serie. Estos pines están conectados a los pines correspondientes del chip FTDI USB-a-TTL Serie.
- Interruptores externos: 2 y 3. Estos pines pueden ser configurados para disparar un interruptor en un valor bajo, un margen creciente o decreciente, o un cambio de valor. Mirar la función `attachInterrupt()`.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10 y 11. Proporcionan salida PWM de 8 bits con la función `analogWrite()`
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estos pines soportan comunicación SPI, la cual, aunque proporcionada por el hardware subyacente, no está actualmente incluida en el lenguaje Arduino.
- LED: 13. Hay un LED empotrado conectado al pin digital 13. Cuando el pin está a valor HIGH, el LED está encendido, cuando el pin está a LOW, está apagado.
- I²C: 4 (SDA) y 5 (SCL). Soportan comunicación I²C (TWI) usando la librería `Wire`. Hay otro par de pines en la placa:
- AREF. Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Usado con `analogReference()`.
- Reset. Pone esta línea a LOW para resetear el microcontrolador. Típicamente usada para añadir un botón de reset a dispositivos que bloquean a la placa principal.

Anexo C

Sensor de Humedad y temperatura DHT11

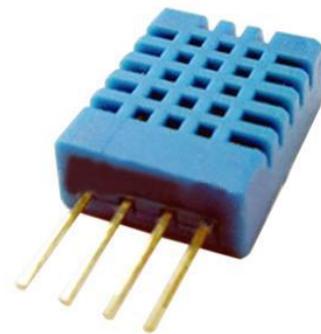
Introducción

Este dispositivo posee tanto sensor de temperatura como de humedad, ambos enlazados a una salida de señal digital calibrada. Utilizando la técnica exclusiva de adquisición de la señal digital y la tecnología de medición de temperatura y de humedad este asegura una alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo. Este sensor incluye un componente de medición de humedad relativa del tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC, los mismos se conectan a un microcontrolador de 8-bit, ofreciendo una excelente calidad, rápida respuesta, habilidad a prueba de interferencia y a precio asequible.

Cada dispositivo DHT11 está estrictamente calibrado en los laboratorios, haciéndole extremadamente preciso en la calibración de humedad. Los coeficientes de calibración se almacenan en programas en la memoria OTP, la cual es utilizada por proceso interno de detección de señales del microcontrolador.

La interface de comunicación serial a través de un solo cable hace la integración de este dispositivo rápida y fácil. Es de tamaño pequeño, bajo consumo y su potencia interna de transmisión es de hasta 20 metros, haciéndolo la mejor opción para varias aplicaciones. El

componente electrónico se encuentra en un empaque de 4 pines en línea. Es conveniente para conectar y empaques especiales pueden ser provistos de acuerdo a los requerimientos del usuario.



Especificaciones Técnicas:

Dispositivo	Rango de Medicion	Precision en Humedad	Precision en Temperatura	Resolucion	Empaque
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	± 5 %RH	± 2 °C	1	4 Pines en Linea

Parametros	Condiciones	Minimas	Típicas	Maximas
Humedad				
Resolucion		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
En repeticiones			± 1%RH	
Precision	25 °C		± 4%RH	
	0-50 °C			± 5%RH
Intercambiabilidad	Absolutamente intercambiable			
Rango de Medicion	0 °C	30%RH		90%RH
	25 °C	20%RH		90%RH
	50 °C	20%RH		80%RH
Tiempo de Respuesta (segs.)	1/e(63%)25 °C, 1m/s Aire	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			± 1%RH	
Estabilidad a Largo Plazo	Típica		± 1%RH/Año	
Temperatura				
Resolucion		1 °C	1 °C	1 °C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
En repeticiones			± 1 °C	
Precision		± 1 °C		± 2 °C
Rango de Medicion		0 °C		50 °C
Tiempo de Respuesta	1/e(63%)	6 S		30 S