

PROTOTIPO DE UN INVERNADERO PARA MANEJO DE TEMPERATURA

DIEGO ARMANDO MAHECHA
ALEJANDRO RODRIGUEZ ROBLES

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA
SOACHA, 3 DE DICIEMBRE DE 2011

PROTOTIPO DE UN INVERNADERO PARA MANEJO DE TEMPERATURA

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

TECNOLOGIA EN ELECTRONICA

DIEGO ARMANDO MAHECHA
ALEJANDRO RODRIGUEZ ROBLES

COORDINADOR ACADÉMICO
JOHN FREDY VALCARCEL QUITIAN

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA

SOACHA, 3 DE DICIEMBRE DE 2011

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

SOACHA, 3 DE DICIEMBRE DE 2011

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	7
<i>CAPITULO I</i>	8
1.1 OBJETIVOS	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
1.2 ALCANCE DEL PROYECTO	10
Metodología de investigación	12
1.3 ANTECEDENTES	13
1.3.1 Importaciones y distribuidores nacionales.	13
1.3.2 Soluciones de monitoreo con descarga de datos por lotes.	13
1.3.3 Red cableada con descarga de datos en tiempo real.	14
1.3.4 Redes inalámbricas con descargas en tiempo real.	14
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.5 Justificación	16
<i>CAPITULO II</i>	17
2 MARCO DE REFERENCIAS	18
2.1 MARCO TEORICO	18
2.1.1 Invernadero	18
2.1.1.1 Tipos de invernadero	19
Plano o tipo parral	
Raspa y amagado	

Asimétrico	
Capilla	
Tipo túnel o semicilíndrico	
2.1.1.2 Factores a tener en cuenta en los cultivos de invernadero.	22
2.2 MARCO CONCEPTUAL	24
2.2.1 Requerimientos de la planta de tomate	24
2.2.1.1 Luminosidad o radiación	24
2.2.1.2 Temperatura	25
2.2.1.3 Humedad relativa	25
2.2.1.4 Patologías que afectan el cultivo del tomate	26
Virus del bronceado del tomate	
Virus del mosaico del pepino	
Virus del rizado amarillo del tomate	
Virus del mosaico del tomate	
Virus Y de la patata	
Virus del enanismo ramificado del tomate	
<i>CAPITULO III</i>	29
3. PROTOTIPO	30
3.1 Unidad de proceso	30
3.2 Actuadores	31
3.2.1 extractores	31

3.2.2	Termodinámica	36
3.2.2.1	Primera ley de termodinámica	36
3.2.2.2	Segunda ley de termodinámica	37
3.2.2.3	Tercera ley de termodinámica y ley cero	37
	<i>CAPITULO IV</i>	39
4.	CONCLUSIONES	40
	<i>CAPITULO V</i>	41
5.1	BIBLIOGRAFÍA	42
5.2	ANEXOS	43

INTRODUCCIÓN

En el presente documento data los elementos más relevantes en un control de temperatura en un invernadero de puesto que en Colombia existe un gran grupo de productores de hortalizas y flores que hacen uso de este método de agricultura que se denota de la agricultura convencional, por estar bajo cubierta y no a la intemperie, y pese a que la plasticultura está en el país hace mas de 40 años su implementación no sobrepasa el 20% en producción agrícola, teniendo más movimiento el sector floricultor con un uso de esta de 2 toneladas de película por año.

Además si se tiene en cuenta el cambio ambiental desfavorable que se está teniendo actualmente, se crea la necesidad de mantener los limites de estos factores para ayudar a las plantas a tener un desarrollo normal y una producción abundante, pero esto no es sencillo puesto que el control de estos factores actualmente se importa en su gran mayoría de España el cual lleva este tema muy avanzado a tal punto que no es necesario que el agricultor entre en repetidas ocasiones al invernadero disminuyendo la contaminación con algún agente patógeno para las plantas.

CAPITULO I

*PRESENTACION, OBJETIVOS, PLANTEAMIENTO Y
JUSTIFICACION DEL PROBLEMA*

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un prototipo de control capaz de alterar las condiciones de temperatura en una explotación agrícola bajo invernadero.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Elegir los sensores adecuados para la medición de temperatura y humedad relativa, teniendo en cuenta el uso que se le dará a las mediciones, las condiciones climatológicas de los lugares donde se implementará, y la aplicabilidad futura de la solución.
2. Mediante la utilización de la tarjeta de desarrollo arduino uno realizar la captura de los cambios del ambiente y realizar un proceso el cual mantenga la variable en un punto favorable para el invernadero.
3. Realizar una tarjeta de potencia la cual manipulara los elementos de potencia del sistema para administrar complementos eléctricos tales como resistencias y extractores.
4. Desarrollar la investigación con un cultivo de control el cual estar al aire libre sin influencia del hombre más que para la de irrigación.

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO PROPUESTO

El alcance de este trabajo de grado está de acuerdo con las necesidades de la finca EL RECUERDO de la vereda de las angustias del Municipio de San Antonio del Tequendama, Cundinamarca, con base a los requerimientos identificados y con posibilidad de modificar en la finca productora de tomates.

Aunque el tema de monitoreo de variables meteorológicas es bastante extenso, y el agricultor colombiano puede requerir de soluciones tecnológicas más complejas, este trabajo se ha considerado un punto de partida a nivel tecnológico, metodológico y comercial para comenzar a fabricar soluciones que satisfagan las necesidades del sector agrícola en este ámbito.

En materia de variables físicas a medir, por ejemplo, es claro que para aplicaciones tales como el control de heladas, se hace necesario monitorear el comportamiento de variables tales como temperatura, humedad relativa, radiación solar, dirección y velocidad del viento. No obstante, este trabajo únicamente incorporará la medición y control de dos de las variables físicas de mayor incidencia en el desarrollo de las plantas en cultivos de tomates como son la temperatura y la humedad relativa.

Es de particular interés para la finca EL RECUERDO evaluar la posibilidad de incorporar tecnología inalámbrica para solucionar este tipo de necesidades de control climatológico, considerando que un sistema que opere sin cables tendría gran impacto en el sector agrícola, dados los altos costos de instalación y mantenimiento de cableado de los sistemas de monitoreo y riego que existen en la actualidad.

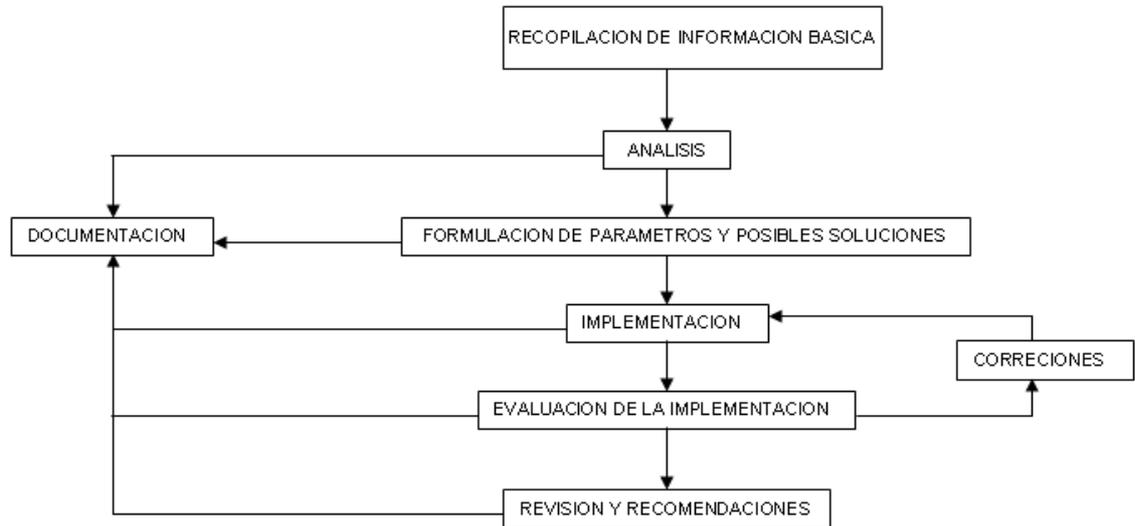
Aunque es claro el propósito de construir e implementar este sistema de control, este trabajo de grado se concentrara en la evaluación del impacto obtenido en la implementación de dicho sistema dada la reciente aprobación y patrocinio por parte de los dueños de la finca EL RECUERDO a este proyecto. No obstante, este trabajo hasta ahora se ha limitado a garantizar la viabilidad técnica del sistema, en el sentido de verificar que los componentes seleccionados operan de acuerdo a lo especificado por los fabricantes y la

teoría aplicable, y que es posible utilizarlos en conjunto para los fines propuestos.

Con base en los resultados obtenidos de este trabajo, la finca analizará la viabilidad de implementar sistemas de medición más completos, así como la fabricación de soluciones en el tema de automatización de invernaderos y control de riego, entre otras.

Para la consecución de los objetivos propuestos, inicialmente ha sido necesario documentar los requerimientos principales sobre monitoreo climatológico en los invernaderos donde se pretende implementar este tipo de solución. Así mismo se ha revisado literatura relacionada con la medición de las variables físicas en cuestión al tiempo de requerimientos y parámetros de cultivo del tomate.

De otra parte, se definieron con exactitud todos los parámetros relacionados con el proceso de medición. De este modo ha sido posible diseñar los diferentes componentes relacionados con la adquisición y almacenamiento de datos que permita efectuar mediciones en campo.



Fuente: Autor

Hernández et al. (2004) consideran cuatro tipos de metodología de la investigación los cuales son:

- A) **Investigación exploratoria.** Es aquella cuyo objetivo consiste en estudiar un tema poco estudiado.
- B) **Investigación descriptiva.** Va en busca de especificar las propiedades, características y rasgos que son considerados relevantes de cualquier fenómeno.
- C) **Investigación correlacional.** Evalúa la relación que existe entre dos o más variables.
- D) **Investigación explicativa.** Establece las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian.

Consideramos que el tipo de investigación que le corresponde a nuestro estudio es de forma Descriptiva.

Finalmente, se efectuó un análisis y evaluación preliminar de la implementación resultante, con miras a efectuar las correcciones y/o recomendaciones a que haya lugar. No obstante, es necesario efectuar otro tipo de pruebas que aseguren la eficiencia del sistema.

1.3 ANTECEDENTES

El tema del monitoreo de variables físicas en cultivo presenta al productor colombiano dificultades en cuanto a que las soluciones que puede implementar no se ajustan a sus posibilidades económicas y/o no satisfacen sus necesidades. Algunos de los factores a considerar con relación a los sistemas actuales de monitoreo son los siguientes:

1.3.1 Importación y distribuidores nacionales.

El agricultor paga elevados costos al adquirir soluciones de distribuidores nacionales, pues casi la totalidad son fabricadas por compañías internacionales y el empresario colombiano termina pagando la importación y las utilidades de la cadena de distribución. El respaldo técnico ofrecido por estos distribuidores no siempre es el más adecuado, pues muchas veces éste tiene que hacer efectivo dicho respaldo directamente con el fabricante. Al adquirir productos directamente del exterior, el cliente puede gozar de precios aceptables, pero tiene mayores dificultades para hacer efectivo el respaldo técnico.

1.3.2. Soluciones de monitoreo con descarga de datos por lotes.

La solución típica que han implementado fincas de la Sabana de Bogotá, según información del departamento comercial de COLTEIN LTDA¹, consiste en utilizar dispositivos de monitoreo con transmisión de datos 'por lotes' como es el caso de los registradores marca HOB0^{®2}, donde los datos registrados por cada dispositivo deben ser descargados a una computadora manualmente, y por cable, por el personal encargado.

Esta alternativa presenta varias desventajas. Por una parte, los dispositivos de mano utilizados para descargar los datos son sometidos a un desgaste considerable y en muchos casos no alcanzan la vida útil esperada. Además, esta solución obliga a dedicar a una o más personas la labor de descarga de datos. Finalmente, la consulta efectiva de la información depende de la frecuencia de la descarga y, como consecuencia, la toma de decisiones no es tan oportuna como debería serlo.

1.3.3. Red cableada con descarga de datos en tiempo real.

¹compañía especializada en el diseño, desarrollo e implementación de soluciones de ingeniería, sistematización y automatización.

² Marca registrada de ONSET COMPUTER CORPORATION

Es posible elegir una solución para obtener datos en tiempo real utilizando módulos cableados a un punto central, lo que hace más compleja y costosa su implementación y su mantenimiento, así como la adición de nuevos módulos o cambio en la distribución geográfica de los nodos.

1.3.4. Redes inalámbricas con descarga de datos en tiempo real.

Es posible obtener en el extranjero una solución para monitorear datos en tiempo real, utilizando módulos con tecnología WiFi, por ejemplo, que tienen como desventaja su alto costo y gran consumo de energía (cada módulo necesita instalaciones eléctricas), o sistemas propietarios (sistemas exclusivos de empresas particulares) con buenas prestaciones, pero con altos costos y problemas de compatibilidad con otros sistemas y con nuevas tecnologías.

1.4. **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El proyecto aumento de la producción de tomates de invernadero usando un prototipo de control de temperatura y humedad ha contado con el apoyo económico de la finca EL RECUERDO, finca integral agropecuaria, la cual

busca integrar tecnología utilizada en otros campos para mejorar la condición de sus cultivos y especies animales, con el fin de evaluar los cambios dados en sus ingresos y egresos.

Los clientes en mención tienen instalado actualmente un sistema de mantenimiento basado en cortinas o persianas. Este sistema no cumple sus necesidades básicamente por las siguientes razones:

- El sistema actual no proporciona cambios en tiempo real. Estos cambios se requieren para manejo de una aplicación de grados-día y para monitorear el estado climatológico de cada uno de los bloques en que se divide la finca. Se requiere, por lo tanto, de personal dedicado a la labor de open-close de las persianas.
- Se puede utilizar un dispositivo de mano para la toma de las medidas y para ello se debe estar dentro del invernadero lo que aumenta la posibilidad de causar daño a las plantas por agentes patológicos en el ambiente.

Dado lo anterior se define el interrogante, ¿Cuáles son los efectos dados en el cultivo de tomate bajo invernadero al implementar un control de temperatura y humedad?

1.5 JUSTIFICACION

Lo que nos motiva a realizar este proyecto se basa en mostrar una mejor manera de cultivar en un invernadero, ayudándonos de temperatura y todos sus factores. Tomando en cuenta las ventajas que se podrían tomar de que, llevándolo a situaciones reales donde el clima y/o el suelo impiden el desarrollo de las plantas, frutas y vegetales que sustentan la dependencia económica de las personas que los cultivan. De esta forma ponemos nuestra propuesta a escala para darles una idea de lo que podría ser en un tamaño real. Queremos hacer de esto una visión más de la utilidad que tiene la temperatura y sus factores, ya que ya existe una empresa con un margen muy similar al que usamos como proyecto de invernadero inteligente, así que nosotros deseamos mostrar de manera que se vea lo que hemos aprendido de sistemas digitales, programación, instrumentación y control (manejo de sensores, temperatura), y como éstos conocimientos son aplicados a la agricultura para favorecerla en sus diferentes procesos.

CAPITULO II
MARCO DE REFERENCIAS, MARCO TEORICO Y
CONCEPTUAL.

2. MARCO DE REFERENCIAS

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1 INVERNADERO

Muchas veces para el cultivo de frutas y hortalizas se utiliza una etapa del año y la región donde estas están habituadas, esto hace que generalmente una vez al año, y en las regiones propicias, tengamos grandes cantidades de frutas y verduras, sobre todo de calidad. Las condiciones climáticas de nuestra zona limitan a la producción de la variedad que vive en la zona, ya que si nuestro cultivo no se encuentra adaptado, seguramente la siembra será un fracaso. Existen varias plantas que, tras varios experimentos y ayudas de diferentes agentes químicos, se han logrado adaptar a zonas que no les eran naturales; sin embargo, la actividad del hombre y especialmente en la agricultura, creció considerablemente en cuanto a producción se refiere.

Una de ellas de uso milenario, es el invernadero. Es verdad los cultivos en invernadero existen desde hace mucho, pero recientemente con las altas tecnologías se han logrado mantener aún más las temperaturas deseadas y la ventilación dentro de los mismos. Los cultivos en invernadero dejan de depender de los factores climáticos externos, aunque es verdad que es necesario que exista la presencia del sol para que estos funcionen, y poder vivir del microclima generado artificialmente. Como se ha dicho antes, la producción tiene lugar gracias a la acción del sol y la retención del calor por parte de la estructura del invernadero. Al invernadero ser una estructura de plástico o de cristal transparente, deja que los rayos del sol se traspasen a esa superficie y, por ser un sistema cerrado, aumenta su temperatura interna no dejando salir la radiación del sol.

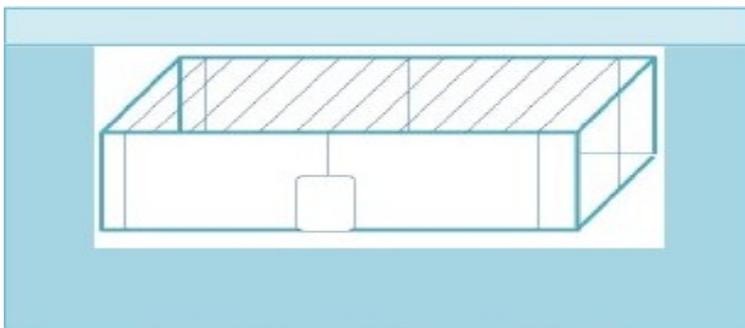
Es así que acompañando los cultivos en invernadero con un buen riego, y la acción de los rayos solares controlada por los factores humanos y el efecto del invernadero, podemos tener cultivos que no sean de la región donde habitamos en cualquier otro lugar. Los cultivos en invernadero suelen ser menos propicios a los ataques de plagas; al ser un ambiente cerrado, el control es mucho más simple, pero aun así los ataques de plaga existen. Generalmente como los invernaderos no son de gran tamaño, el ataque de las plagas puede ser manejado de mejor manera, pero puede existir por el poco tamaño de los invernaderos, la aparición de plantas infectadas de diferentes tipos. Es

probable que algunas de ellas sean más resistentes a una fumigación que otras de diferente especie, por lo cual es necesario controlar los métodos de desinfección en cada tipo de plantación que hemos hecho y no optar por hacer una desinfección masiva, sino controlar y respetar cada una de las especies.

2.1.1.1 TIPOS DE INVERNADEROS

PLANO O TIPOPARRAL

La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes, una estructura vertical y otra horizontal.



Ventajas

Económico, adaptación los terrenos, resistencia al viento, aprovechamiento de agua. –

Desventajas

Poco volumen de aire, rápido envejecimiento, no aconsejable en lugares lluviosos, dificultad en cultivo, fragilidad.

RASPA YAMAGADO

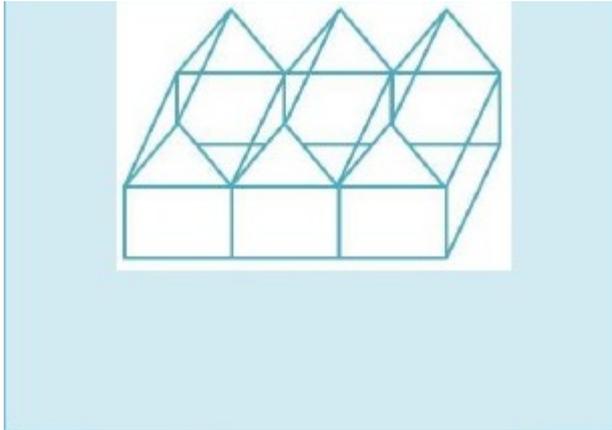
Su estructura es muy similar al tipo parral pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbre, formando lo que se conoce como raspa.

Ventajas

Economía, buen volumen, inercia térmica, poca humedad, ventilación.

Desventajas

Diferencias de luminosidad, no aprovecha las aguas pluviales, se dificulta cambio de plástico



ASIMÉTRICO

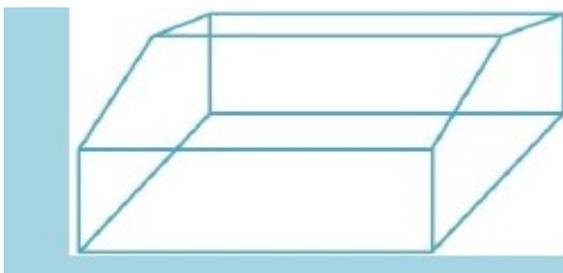
Aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar.

Ventajas:

Aprovechamiento de la luz, económico, buena ventilación, inercia térmica.

Desventajas

No aprovecha el agua, pérdidas de calor, se dificulta el cambio de plástico



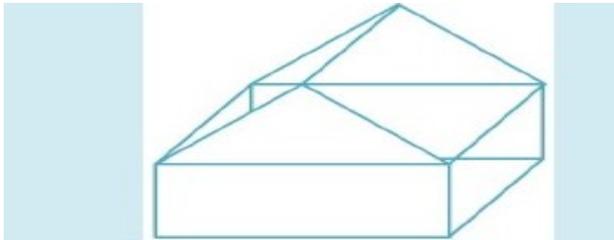
CAPILLA

Tiene la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas.

Ventajas:

Fácil construcción, facilidades para la evacuación del agua

Desventajas A veces se dificulta la ventilación



TIPO TÚNEL O SEMICILÍNDRICO

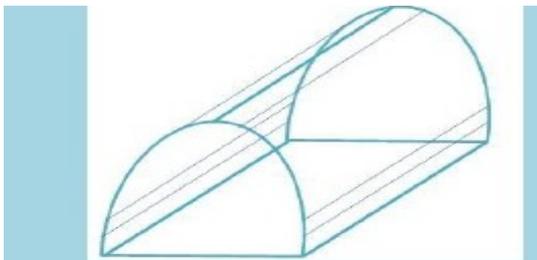
Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica.

Ventajas

Buena ventilación, buen reparto de luminosidad, fácil instalación.

Desventajas

Caro, no aprovecha el agua



2.1.1.2 FACTORES A TENER EN CUENTA EN LOS CULTIVOS DE INVERNADEROS

Los diferentes factores a tener en cuenta, dentro del recinto, para realizar cultivos en invernaderos son los siguientes: factores, luz, temperatura, calefacción, ventilación y humedad; como factor importante para el cultivo, se le sumarán agregados como el riego, cantidad y periodicidad, el abonado, o labrado de la tierra, y el control de las plagas. Uno de los beneficios de los cultivos en invernadero es la posibilidad de obtener dos ciclos productivos en vez de uno como naturalmente obtenemos. Esto para las medidas de producción es algo muy positivo, ya que podemos lograr siempre un cultivo fuera de la época normal de estación y así reducir costos y evitar la importación de productos desde lejanos lugares. Los cultivos en invernadero suelen ser cosechados antes de lo habitual; al tener todas las condiciones a favor y no quedar a merced de factores climáticos externos, y, a su vez, al favorecerse con el calor interno del invernadero, la germinación de estos suele dar sus frutos antes de tiempo.

En las etapas invernales reducimos la exposición a las fuertes heladas y así resguardamos a las plantas de las mismas y evitamos que puedan helarse y dañarse durante el invierno. También mediante el invernadero es posible adaptar y criar plantas muy delicadas a las variaciones climáticas, y es un ambiente propicio para realizar la multiplicación de diferentes especies; debemos tener en cuenta que si queremos realizar cultivos en invernaderos, no solo es necesario preocuparnos por el microclima que generaremos internamente, sino también por la estructura externa de nuestro invernadero, ya que para algunos tipos de regiones existen algunos tipos de invernaderos más adaptados a las mismas. Una de las situaciones más importantes para que nuestro invernadero funcione es la captación de la luz solar, por lo cual hay que evitar las sombras y si es posible buscar la salida y puesta del sol e instalar nuestro invernadero de acuerdo a este recorrido; existen lugares de abundante lluvias por lo cual los invernaderos con capillas o techo a una o dos aguas, pueden ser lo más recomendables para evitar el estancamiento del agua de la lluvia por sobre el techo, y también, con el techo a dos aguas, hacer que el corrimiento del agua por sobre el techo sea mejor. Algunas otras regiones presentan fuertes vientos, por ello no será eficiente la instalación de invernaderos altos, sino más bien alguno plano, o de baja estatura.

Otro factor a tener en cuenta para el cultivo en invernaderos es la tierra que estaremos utilizando, en muchos casos se utiliza el mismo suelo donde está implantado el invernadero y en otras ocasiones se emplean diferentes métodos

de producción. Un ejemplo es el que se realiza con tierra fértil, donde se plantarán las semillas, algunos otros se llevan a cabo por sobre unos maseteros alargados, con tierra fértil que no pertenece al mismo lugar del invernadero, y por último tenemos los métodos en donde se realiza una mezcla de abono, tierra fértil y labrado de la tierra original para realizar la siembra. Sea cual sea nuestra decisión para realizar cultivos en invernaderos, sabremos que nuestras cosechas no quedarán a merced del clima externo y que, con mano de obra capacitada, podremos obtener grandes producciones en pequeños lugares, en especial en áreas donde nunca íbamos a pensar, tal vez, tener ese tipo de especie germinada al exterior, pero ahora si sabemos que es posible dentro del invernadero.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Se define HUMEDAD como la medida del contenido de agua en la atmósfera. La atmósfera contiene siempre algo de agua en forma de vapor. La cantidad

máxima depende de la temperatura; crece al aumentar ésta: a 4,4 °C, 1.000 kg de aire húmedo contienen un máximo de 5 kg de vapor; a 37,8 °C 1.000 kg de aire contienen 18 kg de vapor.

El peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire se conoce como HUMEDAD ABSOLUTA y se expresa en unidades de masa de agua por unidades de masa o de volumen de aire seco.

Frecuentemente se utiliza la medida de gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire.

La HUMEDAD RELATIVA, dada en los informes meteorológicos, es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura.

Si la temperatura atmosférica aumenta y no se producen cambios en el contenido de vapor, la humedad absoluta no varía mientras que la relativa disminuye. Una caída de la temperatura incrementa la humedad relativa produciendo ROCÍO por condensación del vapor de agua sobre las superficies sólidas.

2.2.1 REQUERIMIENTOS DE LA PLANTA DEL TOMATE

2.2.1.1 Luminosidad o Radiación

La luz solar es un pre-requisito para el crecimiento de la planta. El crecimiento es producido por el proceso de fotosíntesis, el cual se da sólo cuando la luz es absorbida por la clorofila (pigmento verde) en las partes verdes de la planta mayormente ubicadas en las hojas.

El tomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperiodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas; aunque requiere buena iluminación. Los días soleados y sin interferencia de nubes, estimulan el crecimiento y desarrollo normal del cultivo.

Por lo que esperaríamos que en nuestro medio, no se tengan muchos problemas de desarrollo de flores y cuaje de frutos por falta de luz. En la práctica se ha observado que los distanciamientos de siembra pueden afectar el desarrollo de las primeras flores por falta de luz, principalmente en aquellas variedades que tienden a producir mucha ramificación o crecimiento de chupones laterales (Ej. Sheriff), lo cual impide que la luz penetre hasta donde se lleva a cabo el desarrollo de los primeros racimos florales, afectando el

cuaje y crecimiento de los frutos. Esta desventaja se puede solucionar haciendo podas de los chupones que crecen por debajo de los primeros racimos florales, o dando más distanciamiento entre plantas.

2.2.1.2 Temperatura

La temperatura del aire es el principal componente del ambiente que influye en el crecimiento vegetativo, desarrollo de racimos florales, el cuaje de frutos, desarrollo de frutos, maduración de los frutos y la calidad de los frutos. Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 - 30° C durante el día y 15 - 18° C durante la noche. Temperaturas de más de 35° C y menos de 10° C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto, aunque puede haber diferencias entre cultivares, ya que las casas productoras de semillas, año con año, mejoran estos aspectos a nivel genético, por lo que hoy en día podemos encontrar variedades que cuajan perfectamente a temperaturas altas.

2.2.1.3 Humedad Relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre 65 - 70 %; dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción; ya que por ejemplo, si tenemos condiciones de baja humedad relativa (- de 45%) la tasa de transpiración de la planta crece, lo que puede acarrear estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis, afectando directamente la polinización especialmente en la fase de fructificación cuando la actividad radicular es menor. Valores extremos de humedad reducen el cuajado de los frutos; valores muy altos, especialmente con baja iluminación, reducen la viabilidad del polen, y puede limitar la evapotranspiración (ET), reducir la absorción de agua y nutrientes y generar déficit de elementos como el calcio, induciendo desórdenes fisiológicos (podredumbre apical del fruto), además esta condición es muy favorable para el desarrollo de enfermedades fungosas. Por otro lado valores muy bajos producen grandes exigencias en la evapotranspiración, lo que puede generar que la planta aumente el consumo de agua y deje de consumir nutrientes, limitando su crecimiento y acumulando sales en el medio, las cuales pueden llegar a ser un problema más, para el buen desarrollo del cultivo.

En este caso particularmente nos interesamos en el control o manipulación de las dos últimas variables ambientales puesto que sobresalen en importación para la producción de dicho material.

2.2.1.4 PATOLOGIAS QUE AFECTAN EL CULTIVO DEL TOMATE



IMAGEN 1.

Virus del bronceado del tomate (*TSWV*)

Produce enanismo y producción nula o escasa; a veces las plantas mueren. Generalmente se producen en hojas bronceadas con puntos y manchas necróticas que a veces afectan a los peciolos y tallos; en frutos aparecen manchas, maduración irregular, deformaciones y necrosis. La transmisión se produce mediante varias especies de trips.



IMAGEN 2.

Virus del mosaico del pepino (*CMV*)

Debido a la gran variabilidad genética, los síntomas producidos por diferentes cepas de virus pueden ser distintos. En tomate, las cepas comunes de CMV producen síntomas de mosaicos foliares en forma de manchas de color verde claro-verde oscuro. La transmisión se realiza por pulgones.



IMAGEN 3.

Virus del rizado amarillo del tomate (*TYLV*)

En plantas pequeñas se produce parada del crecimiento; en planta desarrollada, los folíolos son de tamaño reducido. En los frutos no se observan síntomas, solo una reducción de tamaño.



IMAGEN 4.

Virus del mosaico del tomate

En las hojas de tomate se observa un mosaico verde claro-verde oscuro.

Los frutos aparecen con deformaciones, manchas generalmente amarillas y a veces maduración irregular. La transmisión se realiza por semillas y mecánicamente por contacto de manos, herramientas, etc. No se conocen vectores específicos naturales.



IMAGEN 5.

Virus Y de la patata (PVY)

En tomate se producen suaves mosaicos foliares en forma de manchas de color verde claro-verde oscuro; en ocasiones las plantas presentan manchas necróticas foliares visibles por el haz y por el envés que a veces se extiende a peciolo y tallos. Se transmite por varias especies de pulgones.



IMAGEN 6.

Virus del enanismo ramificado del tomate (TBSV)

En las hojas apicales de tomate se observa un fuerte amarilleo a veces con necrosis que pueden llegar hasta el peciolo y tallo; otras veces las hojas aparecen de un fuerte color morado y en los frutos se observa fuertes necrosis con zonas hundidas, manchas y deformaciones. No se conocen vectores naturales. Se transmite por suelo y agua. (el-tomate)

CAPITULO III
PROTOTIPO PROPUESTO

3. PROTOTIPO

3.1 UNIDAD DE PROCESO

Tomando en cuenta el desarrollo de nuevas tecnologías, y que además sean fáciles de usar y comprender por el usuario final se trabajo con una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware llamada ARDUINO UNO esta tarjeta Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. En la placa Arduino se controlan los procesos con un micro controlador de la casa atmel, el atmega 328 el cual cuenta con 4, 8, o 32 Kb de memoria programable, se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador, si bien tienen la posibilidad de hacerlo y comunicar con diferentes tipos de software (p.ej. Flash, Processing,MaxMSP). (cosas de mecatronica)

El programa utilizado para desarrollar este ttrabajo se puede encontrar en anexo 1.

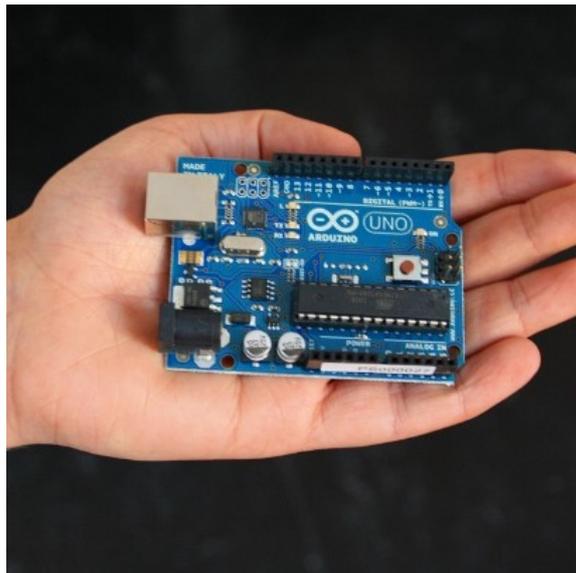


Imagen 1. Placa arduino uno

3.2 ACTUADORES

3.2.1 EXTRACTORES

Aunque los gases son fácilmente compresibles, las velocidades de paso y los cambios de presión habidos a través de los ventiladores son lo bastante pequeños como para no afectar significativamente a la densidad, y típicamente se considera que el flujo es incompresible.

Al igual que las bombas centrífugas, los ventiladores centrífugos también cuentan con un rodete que aspira el gas en la dirección axial y lo impulsa radialmente hacia la salida, por la periferia del rodete, donde es recogido por la voluta y finalmente dirigido hacia la salida de la máquina.

Como las bombas, la energía específica que un ventilador puede transmitir al gas es dependiente de la cantidad de gas circulante por unidad de tiempo, que en general puede oscilar desde 0 hasta un valor máximo.

En el caso de los ventiladores esa energía específica se suele expresar en términos de energía por unidad de volumen de fluido, es decir, en unidades de presión, designándose a dicha energía específica como *presión total del ventilador*.

Por otro lado también la energía consumida por el ventilador y su rendimiento son función del caudal en circulación. La representación gráfica de la presión total, la potencia consumida y el rendimiento en función del caudal constituyen las llamadas curvas características del ventilador, y suelen ser aportadas por los fabricantes en sus catálogos, pues reúnen la información básica para determinar las magnitudes de operación de la máquina en una determinada instalación.

La práctica se llevará a cabo en un banco de ensayos para ventiladores centrífugos construido según normas British Standard. Se trata de una instalación de tipo B, caracterizada por tener la aspiración libre y la impulsión entubada. En la figura 1 se representa un esquema de este banco de ensayos. Básicamente consta de un conducto de 400 mm de diámetro en el que están dispuestos los diferentes instrumentos de medida. En la parte final del conducto se ha colocado una terminación anicónica con expansión escalonada, que permitiría la realización de medidas acústicas en caso necesario. La regulación del caudal se realiza mediante un cono coaxial instalado al final del conducto, que puede desplazarse axialmente imponiendo pues una pérdida de carga variable, a la manera de una válvula de apertura o cierre parcial.

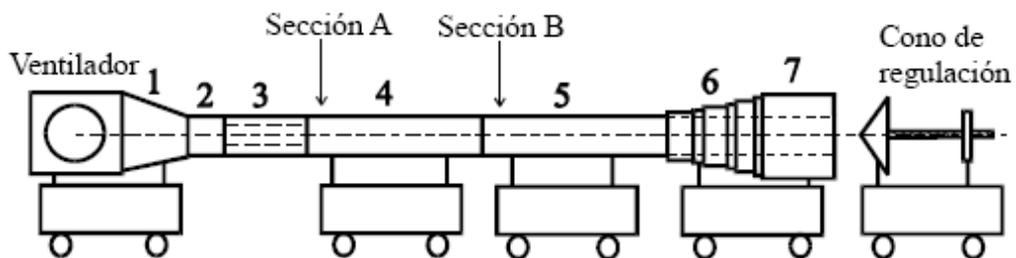


FIGURA 2.

Los tramos que forman el banco de ensayos son:

- * Tramo 1: transición entre la sección rectangular de salida del ventilador y los conductos circulares del banco de ensayos.
- * Tramo 2: conducto intermedio sin ninguna función específica.
- * Tramo 3: enderezador de flujo normalizado, formado por ocho aletas radiales distribuidas equidistantes.
- * Tramos 4 y 5: conductos de medida propiamente dichos. En la sección A se mide la presión estática, y en la sección B se mide el caudal.
- * Tramos 6 y 7: constituyen una terminación anecoica con expansión escalonada (es decir, absorben la energía sonora incidente), terminación que sería necesaria para ensayos acústicos, pero que no son objeto de esta práctica.

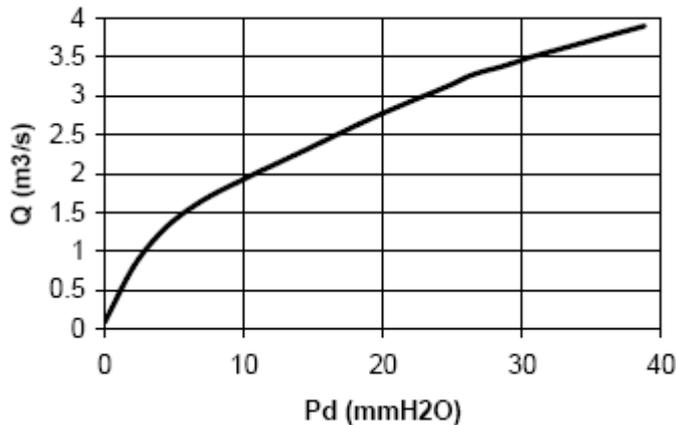
La medida del **caudal** Q se realiza con un tubo de Pitot situado en la sección B de la figura 1, el cual, conectado a un manómetro diferencial inclinado, permite conocer la presión dinámica en el eje del conducto, es decir, la presión equivalente a la energía cinética de la corriente en esa posición. En la figura 2 se representa la relación entre la presión dinámica en el eje del conducto (en mm de columna de agua) y el caudal circulante (en m³/s). Para la obtención de esta figura se ha aplicado el procedimiento detallado de calibración recogido en la norma British Standard.

La **presión total** PT proporcionada por el ventilador equivale a la ganancia de energía mecánica específica a través de la máquina, es decir, se obtiene como diferencia entre la suma de la presiones estática y dinámica a la salida del ventilador y la misma suma a la entrada. Como en este caso la entrada no está entubada, sino que directamente el Ventilador aspira el aire desde el local y por tanto se encuentra inicialmente en reposo y a presión atmosférica, dicha suma de presión estática y dinámica (es decir, la presión total) a la entrada del ventilador es nula. Así pues la presión total del ventilador se obtiene simplemente midiendo las presiones estática y dinámica en el conducto de salida, si bien como la sección de medida de la presión estática (sección A de la figura 1) se encuentra a cierta distancia aguas abajo (por indicación de la norma de ensayo), se ha de contemplar además las pérdidas de carga habidas entre la salida del ventilador y esa sección de medida.

La **presión estática** PS se lee en un manómetro diferencial en U en mm de columna de agua, debiendo realizarse la oportuna conversión a las unidades del SI [Pa].

La **presión dinámica** Pd se calcula como:

Siendo ρ la densidad del aire y v la velocidad media en el conducto, obtenida a partir el caudal y de la sección:



GRAFICA 1.

La **densidad** se calcula a partir de la ecuación de los gases perfectos, midiéndose previamente la presión y temperatura atmosféricas, mediante un barómetro y un termómetro existentes en el laboratorio:

Siendo $R = 287 \text{ J/ (kgK)}$ la constante de los gases correspondiente al aire. Para la estimación de las **pérdidas de carga** entre la salida del ventilador y la posición de medida de presión se admitirá una dependencia proporcional respecto a la energía cinética del flujo promedio, mediante la expresión:

Donde ξ es un coeficiente adimensional de pérdidas de carga, que es función del número de Reynolds y que según la norma British Standard mencionada se obtiene a partir de la correlación empírica:

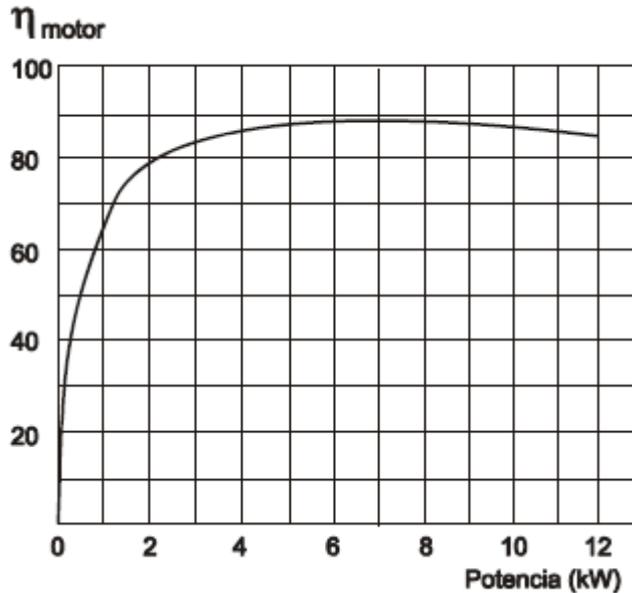
El **número de Reynolds** puede calcularse mediante la siguiente expresión, donde ν es la viscosidad cinemática del aire, la cual se puede estimar en $1.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$:

La **presión total** se obtendrá entonces, reuniendo toda la información anterior:

La medida de la **potencia** se realizará mediante un vatímetro conectado a la toma de corriente, que mide el consumo realizado por el motor eléctrico. Para calcular la potencia consumida por el ventilador debe tenerse en cuenta el rendimiento del motor,

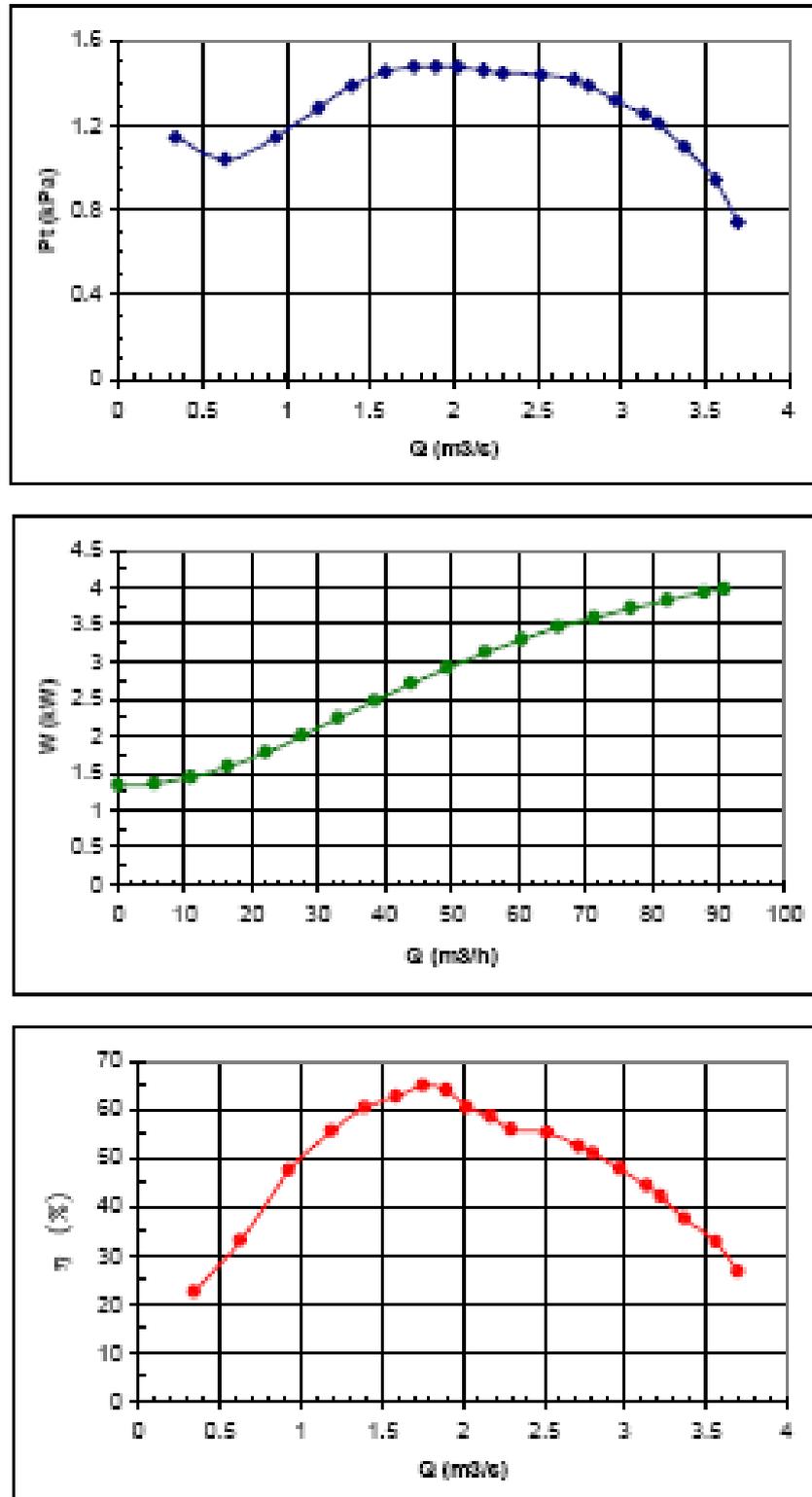
que es dependiente de la carga según la curva del diagrama de la figura 3. La potencia consumida por el ventilador se calcula pues multiplicando la potencia eléctrica leída en el vatímetro por el rendimiento del motor:

El cálculo del **rendimiento** del ventilador puede realizarse a partir los resultados anteriores mediante la siguiente expresión:



GRAFICA 2.

Los valores de caudal y presión total correspondientes al punto de máximo rendimiento, QO y PTO , junto a la densidad ρ y a la velocidad de rotación ω , definen el parámetro adimensional conocido como velocidad específica NS según la ecuación (10), en la que todas las variables van referidas a unidades del sistema internacional. La velocidad específica es el principal parámetro empleado en la práctica para determinar las formas geométricas óptimas de cada máquina.



GRAFICA 3.

3.2.2 Termodinámica

La termodinámica puede definirse como el tema de la Física que estudia los procesos en los que se transfiere energía como calor y como trabajo.

Sabemos que se efectúa trabajo cuando la energía se transfiere de un cuerpo a otro por medios mecánicos. El calor es una transferencia de energía de un cuerpo a un segundo cuerpo que está a menor temperatura. O sea, el calor es muy semejante al trabajo.

El calor se define como una transferencia de energía debida a una diferencia de temperatura, mientras que el trabajo es una transferencia de energía que no se debe a una diferencia de temperatura.

Al hablar de termodinámica, con frecuencia se usa el término "sistema". Por sistema se entiende un objeto o conjunto de objetos que deseamos considerar. El resto, lo demás en el Universo, que no pertenece al sistema, se conoce como su "ambiente".

Se consideran varios tipos de sistemas. En un sistema cerrado no entra ni sale masa, contrariamente a los sistemas abiertos donde sí puede entrar o salir masa. Un sistema cerrado es aislado si no pasa energía en cualquiera de sus formas por sus fronteras. Previo a profundizar en este tema de la termodinámica, es imprescindible establecer una clara distinción entre tres conceptos básicos: temperatura, calor y energía interna. Como ejemplo ilustrativo, es conveniente recurrir a la teoría cinética de los gases, en que éstos sabemos están constituidos por numerosísimas moléculas en permanente choque entre sí.

La temperatura es una medida de la energía cinética media de las moléculas individuales. El calor es una transferencia de energía, como energía térmica, de un objeto a otro debida a una diferencia de temperatura.

La energía interna (o térmica) es la energía total de todas las moléculas del objeto, o sea incluye energía cinética de traslación, rotación y vibración de las moléculas, energía potencial en moléculas y energía potencial entre moléculas. Para mayor claridad, imaginemos dos barras calientes de un mismo material de igual masa y temperatura. Entre las dos tienen el doble de la energía interna respecto de una sola barra. Notemos que el flujo de calor entre dos objetos depende de sus temperaturas y no de cuánta energía térmica o interna tiene cada uno. El flujo de calor es siempre desde el objeto a mayor temperatura hacia el objeto a menor temperatura.

3.2.2.1 Primera Ley de la Termodinámica

Esta ley se expresa como:

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W$$

Cambio en la energía interna en el sistema = Calor agregado (Q) - Trabajo efectuado por el sistema (W). (htt)

Notar que el signo menos en el lado derecho de la ecuación se debe justamente a que W se define como el trabajo efectuado por el sistema.

Para entender esta ley, es útil imaginar un gas encerrado en un cilindro, una de cuyas tapas es un émbolo móvil y que mediante un mechero podemos agregarle calor. El cambio en la energía interna del gas estará dado por la diferencia entre el calor agregado y el trabajo que el gas hace al levantar el émbolo contra la presión atmosférica.

3.2.2.2 Segunda Ley de la Termodinámica

La primera ley nos dice que la energía se conserva. Sin embargo, podemos imaginar muchos procesos en que se conserve la energía, pero que realmente no ocurren en la naturaleza. Si se acerca un objeto caliente a uno frío, el calor pasa del caliente al frío y nunca al revés. Si pensamos que puede ser al revés, se seguiría conservando la energía y se cumpliría la primera ley.

En la naturaleza hay procesos que suceden, pero cuyos procesos inversos no. Para explicar esta falta de reversibilidad se formuló la segunda ley de la termodinámica, que tiene dos enunciados equivalentes:

Enunciado de Kelvin - Planck : Es imposible construir una máquina térmica que, operando en un ciclo, no produzca otro efecto que la absorción de energía desde un depósito y la realización de una cantidad igual de trabajo.

Enunciado de Clausius: Es imposible construir una máquina cíclica cuyo único efecto sea la transferencia continua de energía de un objeto a otro de mayor temperatura sin la entrada de energía por trabajo.

3.2.2.3 Tercera Ley de la Termodinámica y Ley Cero de la Termodinámica

Además de la primera y segunda leyes de la termodinámica, existen la ley cero y la tercera ley de la termodinámica.

Ley Cero de la Termodinámica (de Equilibrio):

"Si dos objetos A y B están por separado en equilibrio térmico con un tercer objeto C, entonces los objetos A y B están en equilibrio térmico entre sí".

Como consecuencia de esta ley se puede afirmar que dos objetos en equilibrio térmico entre sí están a la misma temperatura y que si tienen temperaturas diferentes, no se encuentran en equilibrio térmico entre sí.

Tercera Ley de la Termodinámica.

La tercera ley tiene varios enunciados equivalentes:

"No se puede llegar al cero absoluto mediante una serie finita de procesos"
Es el calor que entra desde el "mundo exterior" lo que impide que en los experimentos se alcancen temperaturas más bajas. (universidad de concepcion)

El cero absoluto es la temperatura teórica más baja posible y se caracteriza por la total ausencia de calor. Es la temperatura a la cual cesa el movimiento de las partículas. El

cero absoluto (0 K) corresponde aproximadamente a la temperatura de $-273,16^{\circ}\text{C}$. Nunca se ha alcanzado tal temperatura y la termodinámica asegura que es inalcanzable.

"La entropía de cualquier sustancia pura en equilibrio termodinámico tiende a cero a medida que la temperatura tiende a cero".

"La primera y la segunda ley de la termodinámica se pueden aplicar hasta el límite del cero absoluto, siempre y cuando en este límite las variaciones de entropía sean nulas para todo proceso reversible".

3.3 SENSORES

Un sensor es un dispositivo que convierte una variable física que se desea medir en una señal eléctrica que contiene la información correspondiente a la variable que se detecta. Para ello el sensor suele ir acoplado a un circuito que convierte la señal de éste a valores adecuados para que dicha señal se pueda capturar. Como etapa intermedia se debe realizar la calibración o ajuste de la medida del sensor, para así controlar la sensibilidad con que va poder detectar la señal que mandara al circuito. Finalmente, se procede a la etapa de adquisición, para su procesamiento, registro o presentación. Los sensores cuentan con ciertas características que hay que tomar en cuenta:

3.3.1 Resolución: Es la mínima variación, dentro del rango de medida, que es apreciada por el sensor como un cambio de su salida.

3.3.2 Precisión: Es la tolerancia de la medida, con lo que define los límites del error, garantizando que la medida se encontrará con toda seguridad en el rango definido

3.3.3 Repetitividad: Es el grado de precisión en la repetición de una medida que se realiza de forma consecutiva y bajo las mismas condiciones, incluida la dirección de variación del estímulo de entrada.

3.3.4 Sensibilidad:

Indica la variación que experimenta la medición con la variación de la variable medida, o sea, es la razón de cambio de la salida ante los cambios en la entrada, y por tanto es mejor cuanto mayor sea en nuestro caso el LM35 presenta la medición de temperatura

3.3.5 Exactitud: Diferencia entre la salida real y el valor teórico de dicha salida

3.3.6 Rango: Rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por un sensor, con una tolerancia de error aceptable.

3.3.7 Deriva: Variación de la salida esperada del sensor debido a cambios de temperatura (en especial lo que va a manejar nuestro proyecto), humedad (no), envejecimiento, etc. Además, todo dispositivo presenta unas condiciones ambientales de operación, fuera de las cuales no se garantiza su funcionamiento, y que en el caso

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

4. CONCLUSIONES

El productor afirma que duplico la producción del vegetal bajo un ambiente controlado, situación que favorece para el pago de los créditos solicitados para la implementación del sistema.

Manifiesta que en la primera cosecha se logro obtener el valor total de la inversión y que las demás cosechas serian la ganancia del mismo.

Se encuentra satisfecho con el sistema, al afirmar que mejora la situación económica y calidad del producto.

Se disminuye las pérdidas de productos por contagio de algún virus que afecte la producción.

Disminuye el consumo de agua, con o cual se invierte en la generación de empleo puesto que el sistema no elimina empleos sino que por el contrario, por la cantidad de producción fomenta la incorporación de personal a la explotación agrícola.

Al disminuir el contagio de virus igualmente se disminuye el uso de fungicidas de síntesis química, con lo cual mejora la calidad del producto y beneficia al consumidor directo.

CAPITULO V
BIBLIOGRAFIA, ANEXOS

5. BIBLIOGRAFIA

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LOS INVERNADEROS DE PLÁSTICO.
Martínez García, Pedro Florián *Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias*,
1978. ISBN: 845002885X

CULTIVO DEL ROSAL EN INVERNADERO López Melida, Julio *Mundi-Prensa*,
1981 ISBN: 8471141019

INVERNADEROS : DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CLIMATIZACIÓN Matallana
González, Antonio *Mundi-Prensa*, 1995 ISBN: 8471144980

INVERNADEROS COMERCIALES : CONSTRUCCION Y CALEFACCIÓN
Toovey, F.W *Acribia*, 1981 ISBN: 8420000213

<http://www.cosasdemecatronica.com>

<http://www.manualagropecuario.com>

<http://www.el-tomate.net/virosis.html>

<http://www2.udec.cl>

<http://www.sc.ehu.es>

<http://jfinternational.com>

//declarar variables

```
float tempC;
int tempPin = A0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //activa comunicacion serial
  pinMode(8,OUTPUT);
}
void loop()
{tempC = analogRead(tempPin);      //conversor analogo
tempC = (5.000 * tempC *100.000)/1024.000; //valor de la conversion lo
volvemos temperatura
Serial.print("TEMPERATURA "); //se envia dato al computador
Serial.print(tempC);
Serial.println (" C");
if (25>(tempC)||((tempC)>=50)
{ digitalWrite(8,HIGH);
  delay(1000);
}
else
{
  digitalWrite(8,LOW);
  delay(1000); //retardo de proceso
}
}
```