



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE
TEMPERATURA DE UN INVERNADERO PARA EL CULTIVO
DE FRIJOL”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL**

**QUE PRESENTA
JULIA ISABEL MEJIA VALERO**

DIRECTOR:

Dr. CARLOS JUÁREZ TOLEDO

TIANGUISTENCO, MÉX.

OCTUBRE 2014

AGRADECIMIENTOS

Por medio de estas líneas agradezco y dedico este logro a mis padres: Julia Valero Carta y Pedro Mejía Ramírez quienes han sido los que a lo largo de mi formación me motivaron y apoyaron para llegar a donde estoy, que a pesar de las circunstancias siempre han estado a mi lado.

Agradezco a mis hermanos: Cris y Carlitos por ser mi ejemplo a seguir, me han mostrado que lo que uno quiere puede ser posible.

Así mismo quiero agradecer a Juan Luis Guzmán quien me apoyo y oriento en la realización de este trabajo.

Finalmente agradezco a mis profesores: Irma Martínez y Carlos Toledo que me guiaron durante la realización de esta tesis, quienes me dedicaron su tiempo y me compartieron sus conocimientos.

RESUMEN

Este trabajo estudia los elementos principales que intervienen en la producción del frijol centrándose principalmente en la temperatura. Se demostró que la variación de temperatura es crucial para un buen desarrollo de la leguminosa.

Por medio de una tarjeta de adquisición de datos se monitoreo la temperatura, llevando un registro preciso de la temperatura contra el crecimiento de la leguminosa. De esta manera se obtuvo un registro de datos que nos ayudan a comprender como se desarrollan los cultivos de frijoles con respecto a las variaciones de temperatura.

Si bien el proyecto se manejó como un sistema de lazo abierto se podría mediante una pequeña modificación tener la retroalimentación y poder no solo monitorear si no controlar la temperatura. Un control de temperatura como lazo cerrado usando las bases del presente trabajo es muy simple pero, el control de temperatura podría elevar considerablemente los costos de producción.

Al final del proyecto se plantean propuestas futuras en las cuales si el cultivo lo justifica económicamente se podría por medio de la implementación de actuadores mantener la temperatura, luminosidad, humedad relativa y humedad superficial en los rangos deseados.

ÍNDICE

Capítulo I: Introducción.

1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.3 Objetivos	5
1.4 Metodología	6
1.5 Antecedentes	9
1.6 Estructura de la Tesis	13
Bibliografía	14

Capítulo 2: Características de los invernaderos para monitorear temperatura.

2.1 Introducción	16
2.2 Características físicas de invernaderos	17
2.2.1 Selección del terreno	17
2.2.2 Preparación del suelo	18
2.2.3 Siembra	21
2.3 Características del Frijol	22
2.3.1 Selección de semillas	23
2.3.2 Etapas de desarrollo del cultivo	24
2.3.2.1 Etapa VO: Germinación	25
2.3.2.2 Etapa V1: Emergencia	25

2.3.2.3 Etapa V2: Aparición de Hojas Primarias	25
2.3.2.4 Etapa V3: Primera Hoja Trifoliada	26
2.3.2.5 Etapa V4: Tercera Hoja Trifoliada	26
2.3.2.6 Etapa R5: Prefloración	27
2.3.2.7 Etapa R6: Floración	27
2.3.2.8 Etapa R7: Formación de las vainas	27
2.3.2.9 Etapa R8: Llenado de las vainas	28
2.3.2.10 Etapa R9: Maduración	28
2.4 Manejo del Cultivo	29
2.4.1 Manejo de Malezas	32
2.4.2 Control Mecánico	33
2.4.3 Control Químico	33
2.4.4 Manejo de Insectos Plagas	33
2.4.5 Cosechas	35
2.5 Elementos para la Producción de Frijol en un Invernadero	36
Bibliografía	38

Capítulo 3: Diseño de Sensor de Temperatura.

3.1 Introducción	39
3.2 Elementos que Intervienen en el Sistema de Temperatura	42
Bibliografía	49

Capítulo 4: Implementación y Resultados.

4.1 Introducción	50
4.2 Características del Prototipo	50
4.2.1 Seguimiento de la implementación del sistema	51
4.3 Descripción de Pruebas	58
4.4 Conclusiones	61

Capítulo 5: Conclusiones y Trabajos Futuros. 62

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Evolución del proceso de producción de vino.	2
Figura 2.	Principales Estados Productores de Frijol.	4
Figura 3.	Sistema de Control Automático para Invernaderos.	5
Figura 4.	Diagrama de la Metodología.	6
Figura 5.	Diseño Esquemático de la Tarjeta Arduino Uno.	7
Figura 6.	Diagrama del Proceso de Preparación del Suelo.	19
Figura 7.	Siembra y Fertilización de Frijol.	22
Figura 8.	Etapas de Desarrollo del Frijol.	24
Figura 9.	Esquema del Crecimiento de la Planta del Frijol.	29
Figura 10.	Tipos de Fertilizantes.	29
Figura 11.	Deshierbe.	33
Figura 12.	Proceso de Cosecha	35
Figura 13.	Esquema del Funcionamiento del Sistema de Monitoreo de Temperatura.	41
Figura 14.	Decodificador de Binario a BCD.	46
Figura 15.	Compuerta NOT.	46
Figura 16.	Display de 7 Segmentos	47
Figura 17.	Componentes Básicos de un Sistema de Control.	48
Figura 18.	Invernadero a Escala.	51
Figura 19.	Implementación de Sistema en Invernadero a Escala.	51
Figura 20.	Sistema de Medición de Temperatura.	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación de los Invernaderos.	10
Tabla 2.	Clasificación del Frijol.	23
Tabla 3.	Principales Plagas en Cultivos de Frijol.	34
Tabla 4.	Temperaturas en las Distintas Fases de Desarrollo.	37
Tabla 5.	Etapas de Germinación del Frijol.	53
Tabla 6.	Etapas de Crecimiento del Cultivo.	55

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Variación de temperatura etapa V1.	59
Gráfica 2.	Variación de temperatura etapa V2	59
Gráfica 3.	Variación de temperatura etapa V3	60
Gráfica 4.	Variación de temperatura etapa V4	60
Gráfica 5.	Desarrollo del cultivo	61

ACRÓNIMOS

TMAC:	Tasa Media Anual de Crecimiento.
SIAP:	Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera.
SAGARPA:	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
USB:	Universal Serial Bus, Bus Universal en Serie.
GND:	GROUND, Tierra.
PWM:	Pulse Width Modulator, Modulador de Ancho de Pulso.
PWR:	Power, Encendido.
TX/RX:	Transmisión/Recepción.
ICSP :	In Circuit Serial Programmer, Programador Serial en el Circuito.
CO2:	Dióxido de carbono
°C:	Grados Celsius
ha:	Hectárea
pH:	Unidad de medida de acidez o alcalinidad de una disolución.
Kg:	Unidad de medida de masa
g :	Unidad de medida de masa
cm:	Unidad de medida de distancia
FAA:	Federación Agraria Argentina
UNSE :	Universidad Nacional de Santiago del Estero
CIAT:	International Center for Tropical Agriculture, Centro Internacional para la Agricultura Tropical
BCD:	Decimal codificado en binario
LED:	Diodo emisor de Luz
Transmitancia:	Magnitud que expresa la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en unidad de tiempo.
Arduino Programming Language:	Lenguaje de Programación Arduino.
Arduino Development Environment:	Ambiente de Desarrollo Arduino.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.

1.1 INTRODUCCIÓN

Desde que se tiene conocimiento de la existencia del hombre, este ha desarrollado diversas técnicas y métodos empíricos o científicos que le permiten tener un mejor estilo de vida, siempre buscando un objetivo, adaptarlo a su medio y a su vez tener control de su funcionamiento [1].

Los primeros seres humanos desarrollaron viviendas, lanzas para cazar, herramientas de cosecha y recolección, entre otras cosas utilizadas para la supervivencia. Este fue el principio del desarrollo de diversas herramientas y métodos que han sido los impulsores del desarrollo de la tecnología.

El ser humano comenzó a diseñar y construir objetos, lo que le permitió satisfacer las necesidades individuales y de la comunidad, la cual inicialmente se llevaba a cabo de manera artesanal y en consecuencia carecían de calidad en el producto. Ante el crecimiento de la población, la demanda de los insumos fue aumentando lo que dio paso a la Revolución Industrial, la cual se basaba en la producción en serie con ayuda de máquinas y herramientas avanzadas. Estas a su vez proveían productos de mayor calidad y mejores especificaciones técnicas.

En los últimos 10 años en la industria se ha implementado sistemas automáticos con el propósito de sustituir al hombre en tareas que son repetitivas, muy precisas, peligrosas y que requieren un gran esfuerzo físico estos, por ejemplo: robots, líneas de ensamble, sensores, bandas transportadoras, procesos de producción, entre otros. Como por ejemplo tenemos en la figura 1 un proceso evolutivo de elaboración de vino de la época medieval a recientes tiempos.

Los resultados de la implementación de sistemas de automatización se han visto reflejados en el aumento en la calidad del producto, satisfacción del cliente, además permite cubrir la demanda en el mercado, reducción de costos y tiempos de producción. Lo antes mencionado ha fomentado que las empresas se vuelvan más competitivas y tengan que innovar sus procesos y su equipo.

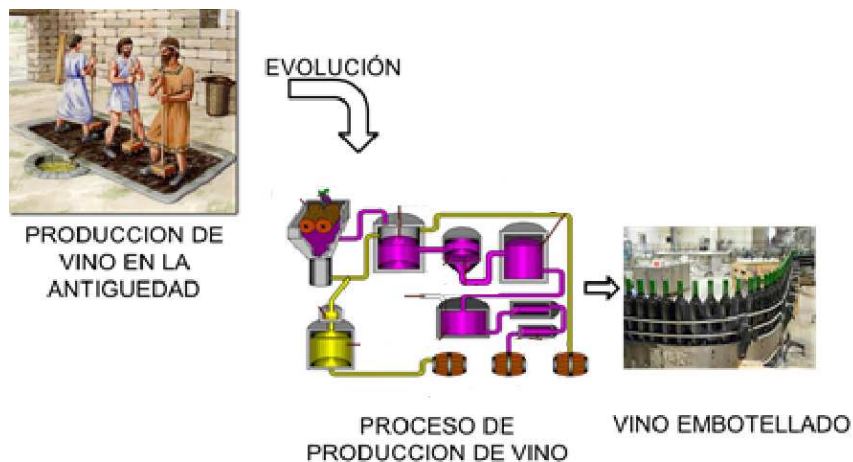


Figura 1. Evolución del proceso de producción de vino [2].

Cabe mencionar que la automatización no solamente se limita a la industria, sino que es utilizada en otros sectores como; el alimentario, salud, educación, los cuales también han crecido gracias a los avances en la tecnología y en los sistemas de automatización pertenecientes a cada ramo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años el sector de la agricultura se ha visto abandonado no sólo por el gobierno sino por los mismos agricultores, debido a que no hay suficiente apoyo económico, la explotación demográfica ocasiona que cada vez haya menos tierra que cultivar, provocando que la gente se dedique a otro tipo de actividades económicas.

La producción mundial de frijol mostró una TMAC (Tasa Media Anual de Crecimiento) de 2.1%, que significó un cambio de 16.1 millones de toneladas en 1998 a 20.4 millones en 2008, volumen que indica una demanda mundial mucho menor que la de otros granos.

El 72% del volumen mundial de producción de frijol se concentró en 10 países; la India y Brasil ocuparon los dos primeros lugares con 17% y 16% respectivamente, Myanmar tuvo el 3° lugar con 10% de la producción, China el 4° con el 9% y con el 6% de cada país se encontraron Estados Unidos y México, colocándose así en 5° y 6° lugar.

En cuanto a superficie cosechada de frijol se refiere, La superficie destinada a este cultivo mostró grandes fluctuaciones en México, disminuyéndose 30% en México.

En México existen cerca de 70 variedades de frijol que se distribuyen en siete grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. Por la preferencia del consumidor el frijol se clasifica en muy preferente: azufrado, mayocoba, negro jamapa, peruano, flor de mayo y junio; preferentes son las variedades garbancillo, manzano, negro san luis, negro querétaro y pinto. Y por último los no preferentes que son alubia blanca, bayo blanco, negro zacatecas, ojo de cabra y bayo berrendo.

Por su gran importancia económica y social, el frijol es un producto estratégico dentro del desarrollo rural de México, ya que ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada nacional y representa además la segunda actividad agrícola más importante en el país por el número de productores dedicados al cultivo. Es así, que como generador de empleo es relevante dentro de la economía del sector rural. Los 10 principales estados productores son: Zacatecas, Sinaloa, Chihuahua, Durango, Nayarit, Chiapas, Guanajuato, San Luis Potosí, Puebla e Hidalgo [3].

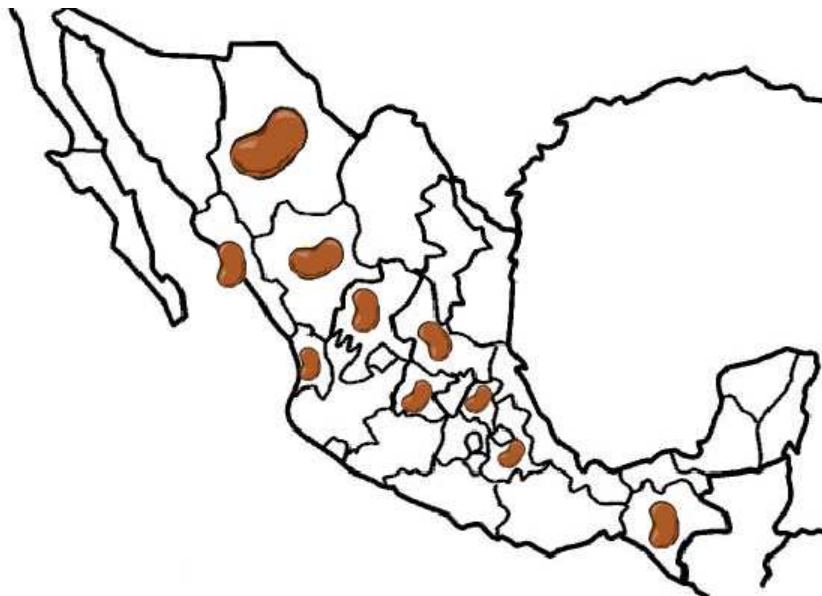


Figura 2. Principales estados productores de frijol (Servicio de información agroalimentaria y pesquera SIAP-SAGARPA) [3].

En la producción de todo cultivo se requiere de diversos factores como; luz solar, rangos de temperatura, porcentaje de humedad, fertilizantes, entre otros. Es por ello que en los invernaderos se deben adecuar a estas condiciones y a cada tipo de cultivo.

Hoy en día todas estas condiciones además de ser aleatorias son obtenidas de manera manual por lo cual puede que no se esté controlando correctamente y ese sea el motivo por el cual no se esté obteniendo el producto deseado, exista demasiada merma y no sea redituable.

La solución para controlar las condiciones que requiere un invernadero sería la automatización, que es la implementación de sensores, cámaras, actuadores con la finalidad de monitorear y facilitar el trabajo manual e incrementar la productividad del cultivo.

La figura 3, muestra un invernadero automatizado, en el que se utilizan diversos sensores y actuadores.

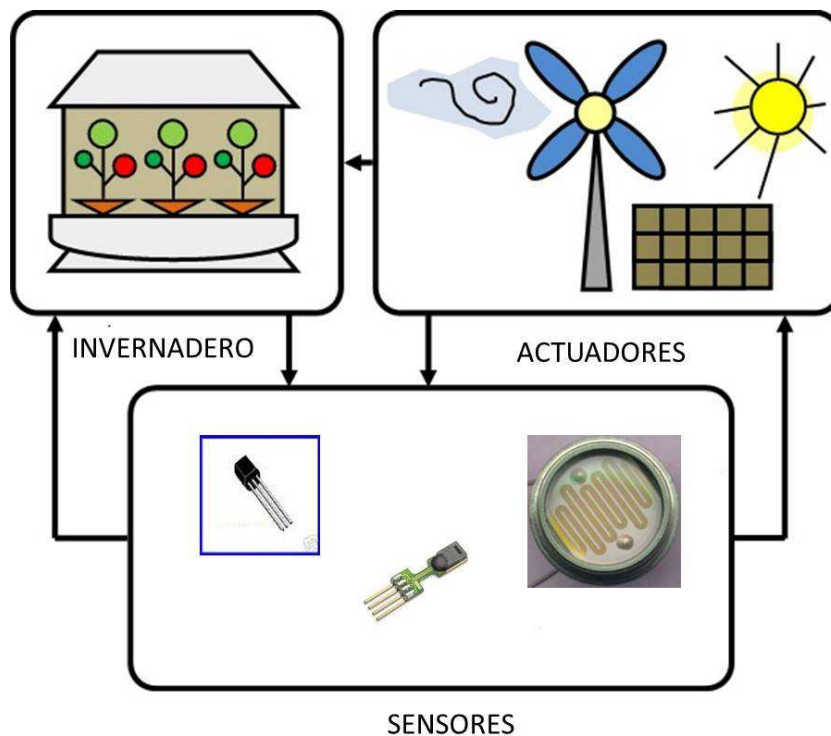


Figura 3. Sistema de control automático para invernadero [4].

1.3 OBJETIVOS

La finalidad de esta tesis es implementar un sistema de seguimiento o visualización del valor de la temperatura promedio dentro del invernadero, de manera que los valores de esta sean mantenidas en el rango correcto dependiendo del cultivo de frijol, de manera que contribuya a la automatización a fin, que el cultivo crezca de manera más homogénea y alcance los estándares de calidad.

Otros objetivos que persigue la tesis son:

- Implementar sensores de temperatura con el propósito de detectar la variación de esta en el interior de un invernadero.
- Construir un modelo a escala de un invernadero.
- Diseño y construcción de un circuito electrónico para la detección de la temperatura.
- Experimentación y adquisición de datos.

1.4 METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo se enfoca principalmente en el modelado de un sistema de monitoreo de temperatura en un invernadero, utilizando como interfaz una tarjeta, la cual permitirá la adquisición de los datos de mediciones de temperatura, la cual mediante sensores procesara y enviara señales de control a los actuadores.

La forma de llevar a cabo este proceso será de la siguiente forma:

1. Consulta de la literatura y documentación bibliográfica: Para conocer el estado del arte en sistemas de automatización para invernaderos y además para conocer como se lleva a cabo la instrumentación de este tipo de sensores.
2. Diseño de un sistema de medición de temperatura usando los conceptos de electrónica y programación de una tarjeta arduino comercial.
3. Experimentación del funcionamiento del monitoreo del sistema de medición de temperatura, basándose en patrones de temperatura requeridos para la evolución del cultivo dentro del invernadero.
4. Por último la obtención de resultados y conclusiones para encontrar mejoras y dar soluciones a los invernaderos actuales.

La metodología empleada se ilustra en la figura 4.

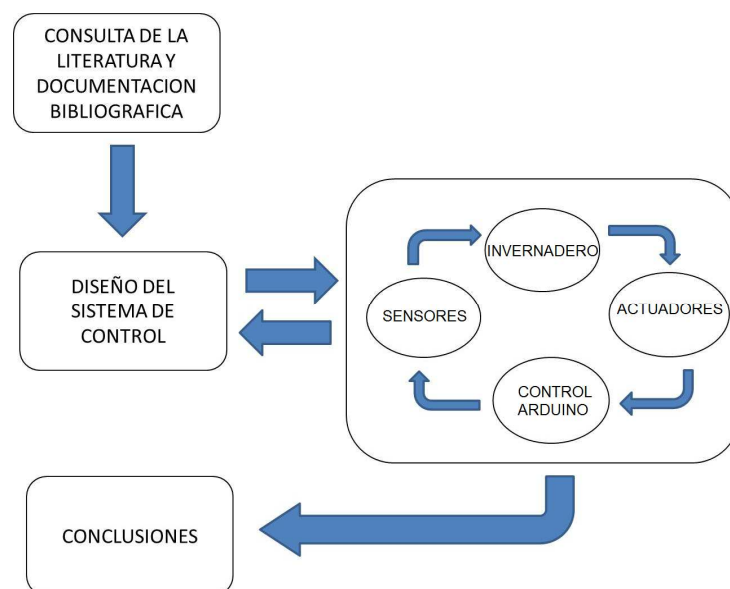


Figura 4. Diagrama de la metodología [5].

Para obtener medición de la temperatura se puede realizar mediante la programación de una tarjeta arduino uno, por lo cual empezaremos definiendo la tarjeta arduino.

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos. arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos.

El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring1) y el Arduino Development Environment (basado en Processing2). Los proyectos de arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo con Flash, Processing, MaxMSP, etc.).

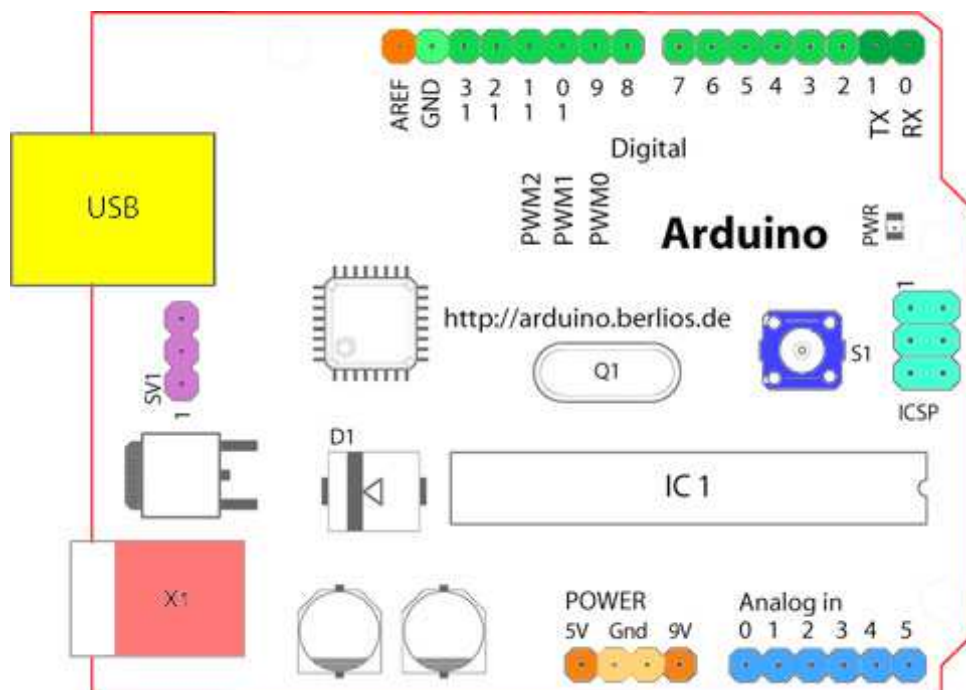


Figura 5. Diseño esquemático de la tarjeta arduino uno [6].

Esquema de la tarjeta arduino tipo uno se ilustra en la figura 5 y los aspectos más sobresalientes son:

- Terminal de referencia analógica (naranja)
 - Tierra digital (verde claro)
 - Terminales digitales 2-13 (verde)
 - Terminales digitales 0-1/ E/S serie - TX/RX (verde oscuro) - Estos pines no se pueden utilizar como e/s digitales (`digitalRead()` y `digitalWrite()`) si estás utilizando comunicación serie (por ejemplo `Serial.begin()`).
 - Botón de reinicio - S1 (azul oscuro)
 - Programador serie en circuito "In-circuit Serial Programmer" o "ICSP" (azul celeste)
 - Terminales de entrada analógica 0-5 (azul claro)
 - Terminales de alimentación y tierra (alimentación: naranja, tierras: naranja claro)
 - Entrada de alimentación externa (9-12VDC) - X1 (rosa)
 - Selector de alimentación externa o por USB (coloca un jumper en los dos pines más cercanos de la alimentación que quieras) - SV1 (púrpura). En las versiones nuevas de arduino la selección de alimentación es automática por lo que puede que no tengas este selector.
 - USB (utilizado para subir programas a la placa y para comunicaciones serie entre la placa y el ordenador; puede utilizarse como alimentación de la placa) (amarillo)
- [6].

1.5 ANTECEDENTES

Los invernaderos son estructuras metálicas cubiertas con plástico especial que permite recrear las condiciones necesarias para el cultivo. Hoy en día los invernaderos tienen un auge importante debido a que se obtienen mejores resultados en comparación con los cultivos expuestos al aire libre.

Los invernaderos surgen a partir de la necesidad de tener cultivos en temporadas donde las condiciones y el clima no es el adecuado debido a lluvias, granizos, bajas temperaturas, sequías, inclusive para proteger los cultivos de las plagas o los excesos de viento que pudieran perjudicar al cultivo. Los invernaderos nos permiten obtener mayores beneficios como son: alcanzar alta productividad a bajo costo, en menos tiempo, sin daño ambiental [7].

La función principal de un invernadero es la de recrear las condiciones más apropiadas para dar vida y generar la reproducción de plantas de cualquier propósito, ya sean comestibles (como frutales y verduras), con fines medicinales, o de ornato. Para lograr lo anterior, se necesitan simular condiciones fisicoquímicas óptimas de temperatura, bióxido de carbono y humedad (entre otras) para el adecuado cuidado y crecimiento que requieren dichas plantas [5].

En la actualidad en México los invernaderos no son aprovechados al máximo, los invernaderos mexicanos dependen principalmente de la ventilación natural como mecanismos de control atmosférico, aunque son insuficientes para mitigar los efectos negativos de la temperatura y la humedad ambiental generadas en su interior, en un intervalo fuera de los valores óptimos para el desarrollo de los cultivos. Hay grandes fluctuaciones día/noche de los valores de la temperatura y la humedad relativa [8].

Tabla 1
Clasificación de los invernaderos [12].

TIPO DE INVERNADERO	DEFINICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Invernadero-túnel	Se trata de invernaderos que tienen una anchura y altura variable, encontrándose en el mercado modelos importados con diversas dimensiones.	•Alta resistencia a los vientos •Fácil instalación •Alta transmitancia de la luz solar. •Apto tanto para materiales de cobertura flexibles como rígidos.	•Relativamente pequeño volumen de aire retenido (escasa inercia térmica) pudiendo ocurrir el fenómeno de inversión térmica. •Solamente recomendado en cultivos de bajo a mediano porte (lechuga, flores, frutilla, etc.).
Invernadero capilla (a dos aguas)	Se trata de una de las estructuras más antiguas, empleadas en el forzado de cultivos, muy Empleados en nuestro país, fundamentalmente en la zona de La Plata.	•Construcción de mediana a baja complejidad. •Utilización de materiales con bajo costo, según la zona (postes y maderos de eucaliptus, pinos, etc.). •Apto tanto para materiales de cobertura flexibles como rígidos.	•Mayor número de elementos que disminuyen la transmitancia (mayor sombreo). •Elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivos. •Problemas de ventilación con invernaderos en baterías. •A igual altura cenital, tiene menor volumen encerrado que por ejemplos invernaderos curvos.
Invernaderos en dientes de sierra	La necesidad de evacuar el agua de precipitación, determinó una inclinación en las zonas de recogida desde la mitad hacia ambos extremos.	•Construcción de mediana complejidad. •Excelente ventilación (lo que no plantea las limitantes del tipo capilla, en cuanto a la conformación de baterías). •Empleo de materiales de bajo costo (según zonas).	•Sombreo mucho mayor que capilla (debido a mayor número de elementos estructurales de sostén). •Menor volumen de aire encerrado (para igual altura de cenit) que el tipo capilla.
Invernaderos tipo capilla modificado	La modificación (respecto al capilla) consiste en el ensamble a diferentes altura de cada cabio, lo que permite generar un espacio para una ventana cenital (lucarna).	•Construcción de mediana complejidad. •Excelente ventilación (al igual que el diente de sierra), siendo muy adecuados para la conformación de baterías. (según zonas). •Empleo de materiales de bajo costo	•A igual altura cenital, tiene menor volumen encerrado que por ejemplos invernaderos curvos. •Sombreo mayor que capilla (debido a mayor número de elementos estructurales de sostén) pero menor que diente de sierra. •Elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivos.

Tabla 1 (continuación...)
Clasificación de los invernaderos [12].

TIPO DE INVERNADERO	DEFINICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Invernaderos con techumbre curva	Este tipo de invernaderos, tienen su origen en los invernaderos-túneles. Por lo común, son de tipo metálicos (caños de 2" a 2,5" de diámetro ó bien perfiles triangulares con hierro redondo trefilado de 8-10 mm de diámetro) o bien con techumbres metálicas y postes de madera.	• Junto con los invernaderos tipo túnel, el de más alta transmitancia a la luz solar. • Buen volumen interior de aire (alta inercia térmica). • Buen comportamiento (resistencia) a los vientos. • Construcción de mediana a baja complejidad (debido a la disponibilidad de los elementos prefabricados).	• Tienen la misma limitante que los tipo capilla, cuando deben acoplarse en batería. • La limitante plantea la necesidad de no superar los 25-30 m debido a las dificultades para ventilación.
Invernadero tipo Holandés.	Son invernaderos de vidrio, los paneles descansan sobre los canales de recogida del agua Pluvial. La anchura de cada módulo es de 3,2 m y la separación entre postes en el sentido longitudinal es de 3 m.	• El mejor comportamiento térmico (debido al tipo de material empleado: vidrio, y actualmente materiales rígidos). • Alto grado de control de las condiciones ambientales.	• Alto costo. • La transmitancia se ve afectada, no por el material de cobertura, sino por el importante número de elementos de sostén (debido al peso del material de cubierta). • Al tratarse de un material rígido, con duración de varios años, resulta afectado su transmisibilidad por polvo, algas, etc.

Algunas de las razones por las cuales no se obtienen mejores resultados y beneficios de los invernaderos mexicanos son los siguientes:

- No cuentan con el apoyo para la implementación de los invernaderos
- No reciben la capacitación para mantener el funcionamiento del invernadero
- No tienen los recursos necesarios, entre otros.

En la actualidad los invernaderos son orientados de acuerdo a la dirección y velocidad del viento, sin embargo, esta opción no es del todo viable, ya que pueden ocurrir incidentes como el siguiente; para el San Valentín del año 2002, el ataque de la

plaga del “Mildeo Velloso” ocasionó grandes pérdidas entre los floricultores de la Sabana [9].

Hoy en día los invernaderos están en su apogeo y la tecnología es el motivo por el cual ha avanzado considerablemente en los últimos 20 años, la implementación de controles automatizados permite obtener una mayor calidad y mejores rendimientos.

El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por cuatro factores ambientales o climáticos:

- temperatura
- humedad relativa
- luz solar
- cantidad de dióxido de carbono (CO₂).

Para una mayor conjunción de los factores que permiten que las plantas puedan realizar sus funciones es necesario que estas estén dentro de unos límites mínimos y máximos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte.

La temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20° C” [10].

Los cultivos que se producen con temperaturas medias anuales entre 15 y 24 °C, se cultivan hortalizas para fresco e industria tales como: tomate, maíz dulce, batata, melón, sandía, lechuga, cebolla, zanahoria entre otras [11].

Debido a lo antes mencionado es de suma importancia tener un control climático activo del invernadero: en donde se esté controlando la temperatura, la humedad, la luminosidad. Esto permitirá tener un mejoramiento en los procesos y en la producción, lo que permitirá lograr que sea más rentable y lo más importante es que el país podrá estar en un nivel más competitivo en el mercado.

Este sistema de monitoreo que se propone está basado en la programación de la tarjeta arduino, la cual proporcionara la información acerca de si las condiciones del invernadero son las adecuadas para el cultivo que se tiene. En base a la adquisición de datos uno podría realizar correcciones de ser necesarias para que la temperatura que se desee se obtenga.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Los requerimientos necesarios para llevar a cabo esta investigación se centra en la siguiente propuesta:

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.

Breve introducción del tema.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERNADEROS PARA MONITOREAR TEMPERATURA.

En este capítulo se hace una revisión de las variables que involucra el desarrollo óptimo de la producción de frijol.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE SENSOR DE TEMPERATURA.

En esta sección se propone un proceso metodológico para la implementación de un sistema de sensor de temperatura.

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS.

En este apartado se presenta la aplicación del sistema propuesto aplicado a un modelo físico de invernadero.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Por último, en esta división se mencionan las principales conclusiones del trabajo realizado y se mencionan posibles trabajos futuros referentes a este tema.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. García, "El Control Automático en la Industria", Colección Ciencia y Técnica / Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, vol. 48, pp. 17-26, ISBN 8484274055, 2005.
- [2] J. Gutiérrez, "La Revolución Industrial, causas, desarrollo y consecuencias", Campus Internacional de Seguridad y Defensa, 2011.
- [3] M. Caballero, "Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional", Informe SAGARPA, 2009.
- [4] E. Alzate, "Medición de Temperatura: Sensores Termoelectrónicos", Scientia Et Technica, vol. XIII, núm. 34, mayo, 2007, pp. 1-6, Universidad Tecnológica de Pereira Colombia.
- [5] M.A. García, "El Estado del Arte de la Tecnología de Robots Aplicada a Invernaderos", Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 11, núm. 3, Universidad de Colima, pp. 53-61, 2007.
- [6] R. Enríquez, "Guía de Usuario de Arduino", I.T.I. Sistemas, Universidad de Colombia, 2009.
- [7] V. Casanova, " Modelación de Dióxido de Carbono (CO₂) En Invernaderos Ventilados Naturalmente", Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, 2008.
- [8] I. López, A. Rojano, W. Ojeda, R. Salazar, "Modelos ARX para predecir la temperatura del aire de un invernadero: una metodología", Agrociencia, vol. 41, núm. 2, Colegio de Postgraduados, México, pp. 181-192, 2007.
- [9] J. Acuña, "Reseña de control climático en invernaderos", Ingeniería e Investigación, vol. 29, núm. 3, Universidad Nacional de Colombia, pp. 149-150, 2009.
- [10] R. Dennis, "La tecnología de invernaderos en el Valle del Yaqui, Una alternativa para el desarrollo regional", Octavo Congreso Nacional y Cuarto congreso Internacional de la Red de Investigación y Docencia sobre Innovación Tecnológica, Sinaloa, México, 2007.

- [11] "Generalidades. Importancia. Zonas hortícolas de Argentina. Clasificación",
Cátedra de Horticultura-FAA-UNSE, 2003.
- [12] C. Bouzo, "Tipos de Invernaderos".

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS DE INVERNADEROS PARA MONITOREAR TEMPERATURA.

2.1 INTRODUCCIÓN

La clasificación de los invernaderos dependen del nivel tecnológico que presentan en cuanto a equipo necesario para su operación y funcionamiento. Tiene que ver con el diseño agronómico de estructuras de acuerdo a los cultivos, las condiciones ambientales y el nivel social y económico de los productores [13].

El frijol es una leguminosa que requiere de diversas condiciones y cuidados con el objetivo de que este producto presente las características deseadas. La producción de esta leguminosa se lleva acabo al aire libre y este llega hacer un factor que constantemente está cambiando y es el motivo por el cual no se logran los objetivos de la producción, por lo cual se pretende hacer una comparación de los beneficios que tiene la producción a la intemperie y en un invernadero.

Tomando como referencia al Estado de San Luis Potosí debido a que es uno de los mayores productores de esta leguminosa en el país. Este en promedio siembra anualmente 828,524 ha, de las cuales 83% es de temporada y 17% es de riego [14].

Ambas formas de cultivo se llevan a cabo al aire libre, por lo cual dependen de ciertas variables las cuales se deben de tomar en cuenta, aunque cabe mencionar que no todas se pueden controlar. Las variables son las siguientes: [15]

1. Selección del terreno
2. Preparación del Suelo
3. Siembra

4. Variedades
5. Selección de semillas
6. Etapas de desarrollo del cultivo
7. Manejo del cultivo
8. Manejo de malezas
9. Manejo de insectos plagas
10. Cosechas

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE INVERNADEROS

La planeación y construcción de un invernadero requiere de diversos estudios tanto geográficos, como geológico, entre los más importantes se enlistan a continuación:

2.2.1 Selección del terreno

Aunque admite una amplia gama de suelos, los más indicados son los suelos ligeros, de textura silíceo-limosa, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. En suelos fuertemente arcillosos y demasiado salinos vegeta deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos, de forma que un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo, quedando la planta de color pajizo y achaparrada. En suelos calizos las plantas se vuelven cloróticas y achaparradas, así como un embastecimiento de los frutos (judías con hebra).

Los valores de la unidad de medida de acidez (pH) óptimos oscilan entre 6 y 7.5; aunque en suelo enarenado se desarrolla bien con valores de hasta 8.5.

Es una de las especies hortícolas más sensibles a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, sufriendo importantes mermas en la cosecha. No obstante, el cultivo en enarenado y la aplicación del riego localizado, pueden reducir bastante este problema, aunque con ciertas limitaciones.

La pendiente del terreno es un aspecto muy importante que se debe tener en cuenta, los suelos planos provocan pérdidas por encharcamiento (pudriciones) y pendientes mayores de un 30 % los rendimientos serán bajos debido al lavado de los nutrientes por escorrentía causada por el agua de lluvia, además en estos tipos de suelo con alta pendiente las labores de campo se dificultan.

La ubicación del terreno se debe considerar respecto a la orientación predominante de los vientos, en terrenos que estén desprotegidos se pueden hacer cortinas rompe vientos que proteja y disminuya la velocidad de los mismos, estos vientos por su duración y velocidad causan requemas al cultivo al provocar deshidratación de las partes aéreas de las plantas y las afecta por la difusión de plagas y enfermedades.

Es necesario realizar una inspección al terreno para determinar la presencia de babosas, si se encontrara un alto número de individuos en la parcela y sus alrededores se deben realizar actividades de control para bajar poblaciones antes de la siembra.

2.2.2 Preparación del suelo

Muchos de los problemas de erosión y degradación del suelo en las tierras agrícolas, son atribuidos a prácticas de labranza deficientes, especialmente en la preparación del terreno para la siembra.

Por lo que una buena preparación del suelo provee las condiciones adecuadas para que las semillas del cultivo presenten una buena germinación, se desarrolle con un excelente vigor y obtengamos una excelente producción.

Las labores que generalmente han venido realizando los productores con buenos resultados son:

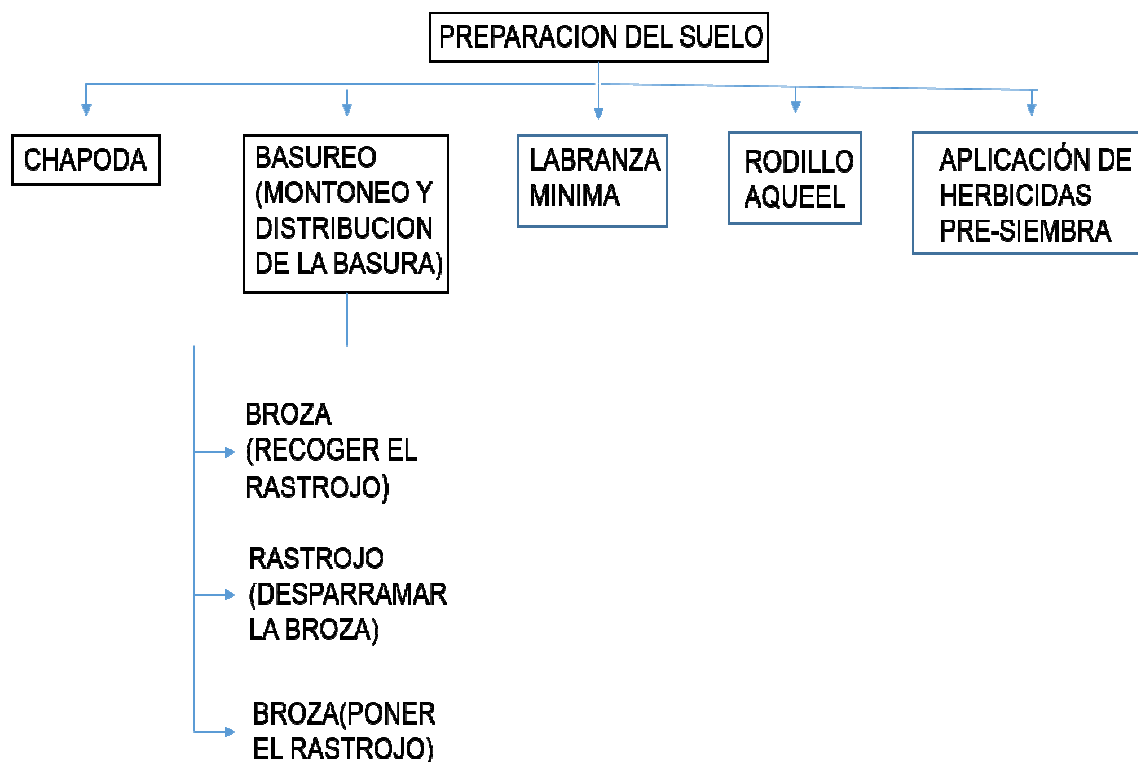


Figura 6. Diagrama del proceso de preparación del Suelo [15].

Donde:

- **Chapoda:** Esta labor consiste en la limpia del terreno de toda la maleza que exista en el campo, utilizando machete, los productores la realizan en marzo o a inicios del mes de abril para exponer el suelo a una máxima radiación solar con el objetivo de desinfectar el suelo de plagas, enfermedades y semillas de malezas. En este momento se realiza el control de sombra (desramado) de los árboles dentro de la parcela o a orilla de las mismas.
- **Basureo:** Consiste en el manejo del rastrojo que quedo en el terreno producto de la chapoda. Los productores la realizan de tres maneras:
 1. Recogen el rastrojo (broza) en montones en toda la parcela y luego le pegan fuego, esta labor generalmente la realizan cuando hay mucho rastrojo y cuando observan presencia de

plagas como babosas, rosquillas, gusanos cuerudos entre otros.

2. Otra forma es desparramar la broza (rastrojo) en toda la parcela para que esta se descomponga y se incorpore al suelo mejorando su estructura y el contenido de materia orgánica, la cual conservan la humedad y evitan daños de enfermedades por salpique.
3. Poner el rastrojo (broza) amontonado en hileras sobre las obras de conservación de suelo, las cuales sirven como trampas para el control de babosas.

➤ **Labranza:** El uso del arado o realizar unos pases del mismo permite romper la parte compacta del suelo y darle mayor aireación para un mejor desarrollo de las raíces, algunos productores la labranza de sus terrenos, con tractores o con bueyes, sin embargo, arar en estos suelos con altas pendientes no es recomendable por la alta pérdida de suelo por lluvias intensas; Se recomienda a estos productores evitar meter animales a pastorearse en las áreas de siembra ya que compactan el suelo con sus pisoteos y con esto evitamos realizar continuos arados en la misma área; arar la parcela solo cuando lo amerite y en lugares con pendientes inferiores al 5%.

La mayoría de los productores de la zona siembran al espeque, es decir labranza mínima, que consiste en la roturación del suelo solo donde se depositara la semilla, los residuos no se queman; sino que se dejan cubriendo la superficie con la cual se forma una capa de materia en descomposición llamada mulch.

Se recomienda realizar muestreo de suelo (consiste en hacer hoyos de 15 a 20 centímetros.) dentro de la parcela como en áreas circundantes para la determinación de plagas del suelo como gusano alambre, cuerudo entre otras, así

como la inspección sobre la presencia de posturas (huevos) de babosas en las muestras de suelo obtenidas.

- **Rodillo Aqueel:** su fin es formar pequeños hoyos sobre la superficie del terreno de manera uniforme para la captación del agua de lluvia, con una herramienta que forma huellas en el suelo sin causar compactación durante su uso. Con esto se logra una buena distribución de la humedad en el suelo.
- **Aplicación de herbicidas pre-siembra:** Se recomienda realizar una aplicación de herbicida seis días antes de la siembra, o que se observe un estado de desarrollo de las malezas de un máximo de 15 centímetros de altura. Esto nos permite establecer el cultivo en un área limpia de malezas que compitan en los primeros 10 días de desarrollo de las plántulas del cultivo. Es importante que el productor que realiza la aplicación use equipo de protección.

2.2.3 Siembra

La siembra se inicia cuando se establecen las lluvias; lo cual generalmente ocurre a fines de junio; en caso de que el temporal se retrase hasta julio, la siembra se puede prolongar hasta el 25 de ese mes, ya que si se hace después se expone a las heladas tempranas.

Se hacen surcos a una distancia de 76 u 80 centímetros, la semilla se deposita a una profundidad de 5 centímetros, con una separación entre ellas de 10 a 12 centímetros. Se debe entender que se trata siempre de semilla limpia y de alta calidad, con un poder mínimo de germinación del 85%. Se usan de 40 a 45 kilogramo (kg) por hectárea de semilla [13].

La figura 7 muestra la forma tradicional de siembra.



Figura 7. Siembra y fertilización de frijol [15].

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL FRIJOL

Las variedades del frijol se pueden clasificar de acuerdo a diversos criterios. Por su consumo como grano seco, como grano y vaina verde; desde el punto de vista agronómico se utilizan características como la duración del periodo vegetativo y se habla de variedades precoces o tardías.

El tamaño se determina por el peso de 100 granos y los materiales se clasifican en tres grupos de la siguiente manera: pequeños (hasta 25 g/100 semillas), medianos (entre 25 y 40 g/100 semillas) y grandes (desde 40 g/100 semillas) [16].

En México existen cerca de 70 variedades de frijol que se distribuyen en siete grupo, los cuales están en representados en la tabla 2.

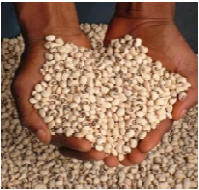
CLASIFICACION DEL FRIJOL		
TIPO		
NEGROS		
AMARILLOS		
BLANCOS		
MORADOS		
BAYOS		
PINTOS		
MOTEADOS		

Tabla 2: Clasificación del frijol [17].

Por la preferencia del consumidor el frijol se clasifica en muy preferente: Azufrado, mayocoba, negro jamapa, peruano, flor de mayo y junio; preferentes son las variedades garbancillo, manzano, negro san luis, negro querétaro y pinto. Y por último los no preferentes que son alubia blanca, bayo blanco, negro zacatecas, ojo de cabra y bayo Berrendo. En la zona norte de México se consume las variedades azufradas, que se cultivan principalmente en Sinaloa mientras que una gran parte de frijol negro se cultiva en Nayarit y Zacatecas, con una demanda mayormente concentrada en las zonas centro y sur del país [17].

2.3.1 Selección de semillas

En primer lugar se debe seleccionar de acuerdo a la preferencia de consumo y a las exigencias del mercado. Es recomendable realizar la selección del grano que se va a utilizar para semilla buscando una uniformidad en el tamaño, color, apariencia física eliminando todo aquel grano manchado, deforme, oxidado, quebrado y de otras variedades, además de residuos de basura y malezas presentes [18].

Características de una buena semilla: La semilla debe tener buena forma, calidad y color uniforme sin efecto de daños por plagas y enfermedades. Trabajos

de investigación indican que con el solo hecho de usar semilla de buena calidad se incrementan en un 30 % los rendimientos. Por ello es necesario atender los siguientes aspectos:

- **Oferta de semilla:** El productor debe tener en claro que hay diferentes categorías de semilla, estas son en orden ascendente, Básica, Registrada y Certificada.
- **Donde obtener semilla:** En la actualidad existen una gran cantidad de empresas que producen y distribuyen semillas, el productor debe velar porque su semilla de siembra sea suministrada por una empresa seria y responsable.
- **Quien la produce:** La producción de semilla de frijol es realizada por productores privados, por cooperativas o por asociaciones de productores, los productores de la zona tienen experiencias de varios años en la producción de semilla de frijol [15].

2.3.2 Etapas de desarrollo del cultivo



Figura 8. Etapas de desarrollo del frijol [19].

2.3.2.1 Etapa VO: Germinación

El proceso de germinación empieza cuando la semilla que se ha sembrado absorbe agua y se hincha. Por lo tanto, cuando se siembra en suelo seco, el día correspondiente al primer riego es el que se debe considerar como día de siembra.

Una vez la semilla dispone de condiciones para germinar (agua), emerge de ella en primer lugar la radícula, la cual se alarga para convertirse en raíz primaria; sobre ella, cerca secundarias y terciarias. Posteriormente se alarga el hipocótilo (termino botánico usado para referirse a una parte de la planta que germina de una semilla) y los primeros cotiledones (son las hojas primordiales que se encuentran en el germen de la semilla) se pueden observar en la superficie del suelo.

2.3.2.2 Etapa V1: Emergencia

Se inicia cuando los cotiledones del 50% de las plántulas del cultivo aparecen al nivel del suelo.

Después de la emergencia. El hipocótilo se endereza y crece hasta alcanzar su tamaño máximo; las hojas primarias, ya formadas en el embrión de la semilla, crecen y se despliegan. Los distintos órganos de la parte aérea se vuelven verdes; en ciertas variedades aparece una pigmentación rosada o morada, especialmente en el hipocótilo.

2.3.2.3 Etapa V2: Aparición de Hojas Primarias

Esta etapa se inicia cuando están desplegadas las hojas primarias del 50% de las plantas del cultivo. Las hojas primarias son simples (unifoliadas) y opuestas (ambas colocadas en el mismo nudo, el segundo del tallo principal); cuando están completamente desplegadas, se colocan generalmente en posición horizontal. Al

comienzo de esta etapa, la yema terminal del tallo principal se puede distinguir entre las dos hojas primarias.

2.3.2.4 Etapa V3: Primera Hoja Trifoliada

Esta etapa se inicia al desplegarse a la primera hoja trifoliada en el 50% de las plantas del cultivo.

En la etapa V3, tanto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada con el pecíolo de esta última son todavía cortos; al comienzo de ella, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias. También se pueden observar en esta etapa la segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido todavía; los cotiledones se han secado completamente, y por lo regular se han caído.

Al final se empieza a formar la primera rama, generalmente a partir de la yema de la primera hoja trifoliada.

2.3.2.5 Etapa V4: Tercera Hoja Trifoliada

Cuando el 50% de las plantas del cultivo ha desplegado su tercera hoja trifoliada, la etapa V4 se considera iniciada; en ese momento, dicha hoja se encuentra todavía debajo de la segunda (hoja) trifoliada.

En la axila de cada hoja (incluso de las primarias y de los cotiledones) se encuentra una triada de yemas que pueden originar estructuras vegetativas y/o reproductivas; generalmente, las yemas de los nudos que están por debajo de la tercera hoja trifoliada se desarrollan como ramas. El tipo de ramificación- principalmente el número y la longitud de las ramas depende de factores como el genotipo y las condiciones de cultivo, entre otros. La primera rama que se desarrolla forma su primer nudo con su hoja trifoliada desplegada cuando el tallo principal tiene en promedio tres o cuatro hojas trifoliadas ya desplegadas.

Puesto que la Etapa V4 es la más larga de la fase vegetativa, conviene dividirla en subetapas para poder determinar con mayor exactitud el momento de una observación.

2.3.2.6 Etapa R5: Prefloración

La etapa R5, con la cual comienza la fase reproductiva, se inicia cuando en el 50% de las plantas aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos según sea el hábito de crecimiento.

Los primeros racimos florales aparecen en la axila de una de las hojas trifoliadas inferiores del tallo principal o de las ramas de la planta. En las variedades determinadas los primeros botones florales aparecen generalmente en el nudo superior del tallo principal; la aparición del primer botón floral depende de factores como el genotipo, la temperatura, el crecimiento indeterminado. Fotoperiodo, y otros.

Al finalizar la prefloración, los pedúnculos de los racimos se alargan y la corola aparece entre las bractéolas, adquiriendo la pigmentación característica de la variedad.

2.3.2.7 Etapa R6: Floración

Cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas del cultivo, se ha iniciado la etapa R6. La primera flor abierta corresponde al primer botón formado; por lo tanto, la floración empieza en el último nudo (nudo apical) del tallo principal y continua en forma descendente, mientras que en otra variedad empieza en la parte baja de la planta y continua en forma ascendente.

2.3.2.8 Etapa R7: Formación de las vainas

Después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y la vaina empieza a crecer. Cuando aparece la primera vaina en el 50% de las plantas del cultivo se

considera iniciada la Etapa R7; en ese momento, la corola puede estar desprendida o puede colgar aun del extremo inferior de las vainas.

La Etapa R7 termina cuando las vainas han alcanzado su máxima longitud, y solo entonces comienza definitivamente el crecimiento de los granos (en la Etapa R8).

2.3.2.9 Etapa R8: Llenado de las vainas

La etapa R8 empieza cuando en el 50% de las plantas del cultivo la primera vaina cesa. En la etapa R8 se observa también el inicio de alargarse y empieza a llenarse debido al crecimiento de las semillas; esto se puede comprobar mirando las vainas por el lado de las saturas.

Al final de la etapa, las semillas comienzan a pigmentarse, comenzando alrededor del hilum (cicatriz presente en superficies de cualquier tipo de semilla, resultante de la separación del fruto dentro del cual se encontraba); luego la pigmentación se extiende a toda la testa; en algunos genotipos las valvas de las vainas también empiezan a pigmentarse. El comienzo de la pigmentación es variable tanto para las semillas como para las valvas; en las semillas ocurre generalmente en la etapa R8, según sea la variedad, y en las valvas se presenta después de iniciada la pigmentación de las semillas.

2.3.2.10 Etapa R9: Maduración

Se inicia cuando la primera vaina de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado; las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen.

Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de agua baja hasta llegar a un 15%; las semillas toman entonces su color final y la planta está lista para la cosecha [19].

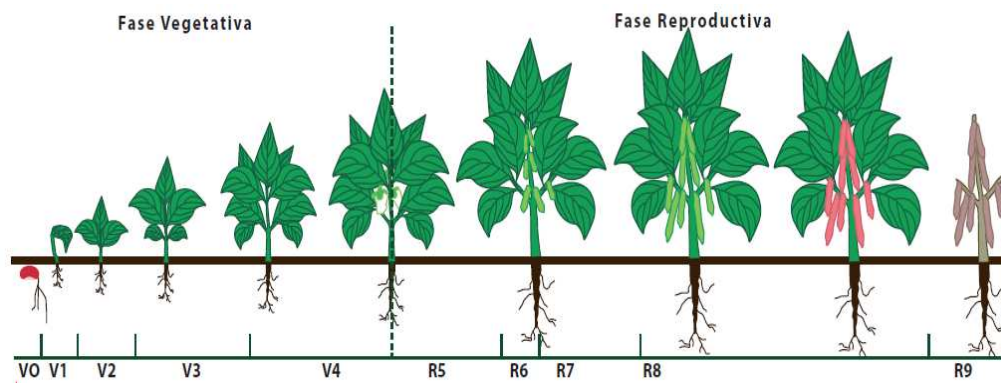


Figura 9. Esquema del crecimiento de la planta del frijol [15].

2.4 MANEJO DEL CULTIVO

La fertilización en el cultivo de frijol, es una práctica necesaria, para incrementar su rendimiento. El abastecimiento nutrimental vía fertilización al suelo durante el periodo de crecimiento y desarrollo del cultivo es un factor determinante en la definición del rendimiento potencial.

Hay diversos tipos de fertilizantes como son: fertilizantes minerales y fertilizantes orgánicos (Ver figura 10) [20].

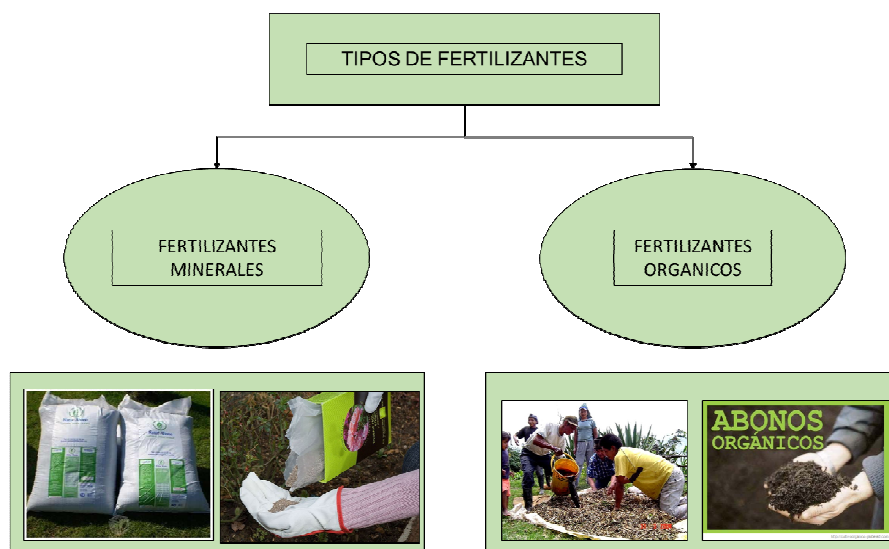


Figura 10. Tipos de fertilizantes [20].

Los fertilizantes minerales son aquellos constituidos por compuestos inorgánicos.

La fertilización mineral pretende lograr un aumento de la productividad del sistema agrícola suministrando a las planta, alguno de los elementos esenciales que necesitan mediante productos químicos de síntesis.

Fertilización orgánica en su sentido más amplio, un abono orgánico es un residuo animal y/o vegetal más o menos transformado, que posee una cierta riqueza en materia orgánica y que usualmente también contiene elementos esenciales para las plantas.

La utilización correcta de los abonos orgánicos está sujeta a muchas más consideraciones que la de los fertilizantes minerales, dada su complejidad constitutiva. En primer lugar debe tenerse en cuenta que su materia orgánica podrá alterar el complejo de cambio y la estructura del suelo, así como las propiedades que se derivan de esta última.

Otro aspecto a considerar es que su composición es muy irregular. El factor que más influye en ella es el origen del material. Asimismo su contenido en agua es muy cambiante, variando incluso dentro de un mismo material según la época del año. Todo ello conduce a que las cantidades de materia orgánica y de nutrientes incorporados al suelo con una misma masa de abono sean bastante inconstantes. Y por tanto, desde la perspectiva de una buena política de abonado sería conveniente someter estos productos a un análisis de composición antes de utilizarlos. Ahora bien, dado que en general esta práctica no suele ser viable o no existe la costumbre de realizarla, no queda otra solución que basar el cálculo del abonado en tablas de composición media de abonos con un origen y unas características similares a las del material a emplear.

El cultivo de frijol requiere una aplicación de macronutrientes tales como nitrógeno, fósforo y potasio.

En cuanto al nitrógeno, normalmente tiene un mayor efecto en el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo que cualquier otro nutriente. Pero

está claro que su uso excesivo puede ser un derroche económico y dar lugar a problemas. Por tanto, a la hora de realizar la fertilización nitrogenada hay que tener cuenta tres aspectos fundamentales:

- Los requerimientos de nitrógeno por el cultivo.
- La cantidad de nitrógeno que el suelo puede suministrar al cultivo.
- Los costes de los fertilizantes y el valor esperado de la cosecha.

El nitrógeno disponible en el suelo es la cantidad de nitrógeno (kg/ha de N) en el suelo que se encuentra disponible para la asimilación por el cultivo desde el establecimiento hasta el final de la fase de crecimiento, teniendo en cuenta las pérdidas que se pueden dar.

En lo que respecta al fósforo y potasio, el cultivo, en este caso el frijol, también los necesita.

El fósforo tiene un papel importante en muchos procesos fisiológicos, principalmente durante la germinación y desarrollo de la plántula, desarrollo radicular, fecundación e inicio de la fructificación.

Pero hay que tener particular cuidado para evitar llegar a niveles elevados de fósforo en el suelo, que son innecesarios. Esto supone un coste importante y aumenta la pérdida de fósforo de los suelos, lo que puede causar la contaminación de las aguas superficiales.

En cuanto al potasio, su mayor importancia está en el papel que juega como regulador fisiológico en varios procesos: permeabilidad de las membranas celulares, equilibrio ácido-básico intracelular, formación y acúmulo de sustancias de reserva, regulador del estatus hídrico de los cultivos.

El frijol es reconocido como particularmente sensible al exceso de boro y cloruro sódico. En un contenido superior a los 15,5 kg de bórax por hectárea, se producen, experimentalmente, lesiones sobre la plantación.

2.4.1 Manejo de malezas

Uno de los principales problemas que limitan la producción regional de frijol es el manejo inadecuado de la maleza, ya que además de disminuir el rendimiento de frijol, aumenta la dificultad de la cosecha. Las plantas de esta leguminosa compiten pobremente con la maleza, especialmente en etapas iniciales de su crecimiento. Las malezas que emergen al mismo tiempo, o poco después, con los cultivos representan un gran problema porque ellas interfieren más en el crecimiento y desarrollo del cultivo que las malezas que emergen tardíamente.

Se debe desarrollar e implementar un programa de manejo de malezas previo a la plantación, el cual está compuesto por cuatro fases, las cuales son las siguientes:

- Conocimiento de la maleza(identificación y ciclo de vida)
- Conocimiento de las opciones disponibles sobre manejo de malezas
- Preparación del sitio de siembra (eliminar malezas perennes de hoja ancha y coquillos antes de plantación)
- Implementación de una combinación de métodos efectivos para prevenir y controlar malezas.

El frijol debe mantenerse libre de malas hierbas, por lo menos durante los primeros 40 días después de la siembra para evitar bajas en el rendimiento. Esto se logra con un cultivo mecánico a los 20 días de nacido el frijol, seguido de una limpia manual para eliminar las hierbas que crecen en las hileras de las plantas. Cuando se dificulta este control mecánico – manual en temporada de lluvias, es necesario el control químico selectivo (Herbicidas específicos para frijol; para un control de 90 a 95 % de maleza [14].

2.4.2 Control Mecánico

El machete es la herramienta más utilizada para este tipo de control de malezas, en este caso se debe evitar el menor daño posible al cultivo, por tanto esta labor requiere de mano de obra especializada (Ver figura 12).



Figura 11. Deshierbe [15].

2.4.3 Control Químico

Para el control de malezas gramíneas y hoja ancha, los productores hacen una aplicación en donde combinan Fusilade + Flex o Galan + Herbalax, es importante tener en cuenta la época de crecimiento del cultivo, lo recomendado es cuando la planta tenga entre 5 y 10 cm. de altura, no deben hacerse aplicaciones de productos químicos una vez iniciada la floración [15].

2.4.4 Manejo de insectos y plagas

El manejo de insectos plagas se inicia con el control cultural, desde la selección del terreno y la limpieza del mismo en donde se eliminan las plantas hospederas de insectos, para evitar que estos alcancen poblaciones capaces de hacer daño al cultivo.

Las plagas son responsables en alto grado de mermas en el rendimiento y el manejo que se les dé es determinante para lograr una buena producción. Es frecuente encontrar dos tipos de daño: el directo, ocasionado por insectos masticadores, y el indirecto, causado por insectos chupadores, que transmiten principalmente enfermedades de tipo viral.

El éxito en el manejo de las plagas está en función de la oportunidad y secuencia en que se utilicen las diferentes medidas de control. Un buen inicio de un programa de manejo integrado de plagas es ajustarse a las fechas de siembra sugeridas y mantener libre de malezas al cultivo, bordos y canales, para eliminar de enfermedades, igualmente importante es monitorear las principales plagas del cultivo, con el objeto de determinar el momento de realizar las acciones de control.

El uso de insecticidas debe integrarse a estas medidas, respetando la época de aplicación, dosis, días a cosecha y registro del uso del producto en el cultivo. Las principales plagas que afectan al cultivo en América se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Principales plagas en cultivos de frijol [15].

Plaga	Daños
Gusano picador de tallos (<i>Elasmopalpus lignosellus</i>)	Las orugas atacan las plantas tiernas, hasta la tercera semana después de la siembra. La larva penetra al tallo y barrena hacia arriba ocasionando la muerte de la planta.
Gusanos de tierra (<i>Feltia experta</i> y <i>Prodenia sp.</i>)	Se observan plantas tumbadas en las primeros etapas de desarrollo por causa de cortaduras producidas por las larvas a nivel de estudio.
Mosca minadora (<i>Liriomyza sp.</i>)	Muestra líneas serpenteadas y lagunares en las hojas de color blanco, que puede producir caída de hojas, si el ataque es fuerte.
Arañita roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	Al succionar la savia de las hojas, estas se tornan blanquecinas en la cara superior. El envés aparece plateado y muy sucio (deyecciones).
Gusanos perforadores de brotes y vainas (<i>Epinotia aporema</i> y <i>Laspeyresia leguminus</i>)	Brotes barrenados, atrofiados, secos o muertos. Flores y tallos perforados, desde el ápice y con galerías internas. Vainas perforadas y con larvas comiendo en su interior.
Lorito o cigarrita verde (<i>Empoasca kraemeri</i>)	El insecto en estado de ninfa y adulto causa daño al alimentarse del tejido del floema, aunque es posible que también intervenga una toxina. El daño se manifiesta en forma de encrespamiento y clorosis foliar, crecimiento raquítico, gran disminución del rendimiento o pérdida completa del cultivo. El ataque es más severo en épocas secas y cálidas y la situación se agrava cuando la humedad del suelo es insuficiente (CIAT, 1980)

2.4.5 Cosechas

Tratándose de cosecha manual, ésta debe realizarse cuando las hojas tengan un color amarillo limón y las primeras vainas estén casi secas. El arranque de las plantas se debe realizar por la mañana para evitar el desgrane de las vainas secas. Actualmente existen varios implementos sencillos que facilitan la labor de cosecha del frijol. Estos consisten en discos o cuchillas que al avanzar bajo el suelo arrancan las plantas, lo cual facilita la recolección en forma manual. Las plantas cortadas se acumulan en un lugar apropiado para la trilla. Se espera que las vainas sequen lo suficiente para proceder a la separación del grano. Por otra parte, el uso de cosechadoras o trilladoras combinadas es muy común en las grandes áreas frijoleras del país, especialmente en las zonas de riego. Después de la cosecha, la semilla debe guardarse en un lugar limpio y seco para esperar el tiempo de comercialización (Ver Figura 12) [21].



Figura 12. Proceso de cosecha [21].

De acuerdo a la investigación antes mencionada se puede deducir que la producción de frijol al aire libre se ve influenciada por diversas variables que no pueden ser controladas, están variando constantemente. Sin embargo si la producción de esta leguminosa se llevara a cabo en un invernadero, los resultados serían favorables ya que en un invernadero se recrean las condiciones que nuestro producto necesita.

Por lo que a continuación se describen de la misma manera cada uno de los factores que se deben considerar ahora para la producción de frijol en un invernadero.

2.5 ELEMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN UN INVERNADERO

Los elementos indispensables para el cultivo de frijol son los siguientes:

1. Preparación del terreno
2. Suelos
3. Marcos de plantación
4. Siembra
5. Tutorado
6. Deshojado
7. Aireación
8. Recolección
9. Plagas

Los requerimientos climáticos adecuados son los siguientes:

1. **Temperatura:** Para obtener el grano deseado se debe tener una temperatura ambiente entre 20°C y 24°C, con ello el producto tendrá las características adecuadas para su venta y consumo.

Cuando la temperatura oscila entre 12-15°C la vegetación es poco vigorosa y por debajo de 15°C la mayoría de los frutos quedan en forma de “ganchillo”. Por encima de los 30°C también aparecen deformaciones en las vainas y se produce el aborto de flores (Ver Tabla 4).

2. **Humedad:** La humedad relativa óptima del aire en el invernadero durante la primera fase de cultivo es del 60% al 65%, y posteriormente oscila entre el 65% y el 75%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad.

Tabla 4. Temperaturas en las distintas fases de desarrollo [22].

Temperatura óptima del suelo	15-20°C
Temperatura ambiente óptima de germinación	20-30°C
Temperatura mínima de germinación	10°C
Temperatura óptima durante el día	21-28°C
Temperatura óptima durante la noche	16-18°C
Temperatura máxima biológica	35-37°C
Temperatura mínima biológica	10-14°C
Temperatura mínima letal	0-2°C
Temperatura óptima de polinización	15-25°C

3. **Luminosidad:** Es una planta de día corto, aunque en las condiciones de invernadero no le afecta la duración del día. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es la luminosidad, siempre que la humedad relativa sea adecuada [22].

BIBLIOGRAFÍA

- [13] T. Bastida, " Propuesta de clasificación de invernadero con base en el equipo empleado para su manejo", Memoria de la XI Jornadas de Presentación de Avances y Resultados de Investigación en Preparatoria Agrícola. Encuentro de investigadores 2000. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 2000.
- [14] M. Martínez, " Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México", Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental San Luis, SAGARPA, 2008.
- [15] E. García, " Guía Técnica para el Cultivo de Frijol", Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2009.
- [16] J. Ulloa, "El Frijol: su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos", Centro de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit, Septiembre 2011.
- [17] Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial, " Monografía del Frijol", Financiera Rural, 2011.
- [18] Campaña de Manejo Fitosanitario de Cultivos Básicos (frijol), "Recomendaciones para la Selección, Manejo y Tratamiento de Semilla de Frijol", Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato.
- [19] F. Fernández, "Etapas de Desarrollo de la planta de frijol común", Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, 1986.
- [20] M. Ancín, "Evaluación de Diferentes Tipos de Fertilizantes Químicos y Orgánicos en la Producción de Frijol en el Distrito de San Juan de Castrovirreyna-Huancavelica (Perú)", Universidad Pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, 2011.
- [21] I. Hernández, " Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Estado de San Luis Potosí", Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí, Abril 2003.
- [22] <http://www.infoagro.com/hortalizas/judia.htm>

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE SENSOR DE TEMPERATURA.

3.1 INTRODUCCIÓN

Existe una teoría un tanto avanzada la cual es utilizada en varios campos de la ingeniería, ciencia, economía, entre otros, la cual se le llama teoría de control moderna.

El control moderno ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. Además de su extrema importancia en los sistemas de vehículos espaciales, de guiado de misiles, robóticos y en procesos industriales y de manufactura.

También es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo en las industrias de proceso. Debido a los avances en la teoría y la práctica del control aportan los medios para obtener un desempeño óptimo de los sistemas dinámicos, mejorar la productividad, aligerar la carga de muchas operaciones manuales repetitivas y rutinarias, así como de otras actividades, casi todos los ingenieros y científicos deben tener un buen conocimiento de este campo.

En un sistema de control, deben definirse ciertos términos básicos, los cuales son:

- Variable controlada y variable manipulada. La primera la podemos definir como la variable que se mide y que es controlada. Sin embargo, la manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.
- Planta. Es cualquier objeto físico que se va a controlar.
- Proceso. Es un proceso y operación que está marcado por una serie de cambios graduales que conducen a un resultado o propósito determinado.

- Perturbación. Es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema.
- Control retroalimentado. Se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna de entrada de referencia [23].

La teoría antes mencionada nos describe brevemente los conceptos básicos de la teoría de control moderno y como este es aplicado en diversas ramas de la ciencia, ingeniería, entre otros. Sin embargo, en este trabajo no se cuenta con un sistema controlado, es decir, es un sistema en lazo abierto. Lo que significa que se limita a la obtención o medición de una cierta característica del sistema, pero no se tiene un mecanismo de control que mantenga estable o en cierto rango la medición que está obteniendo.

La metodología que se desarrollo para la medición de la temperatura se centra en los siguientes puntos.

- Datos recabados mediante el sensor LM35 de la temperatura del medio ambiente.
- Procesamiento de datos del sensor LM35 por medio de la tarjeta arduino y la programación de esta.
- Representación de los datos obtenidos mediante la elaboración de un circuito

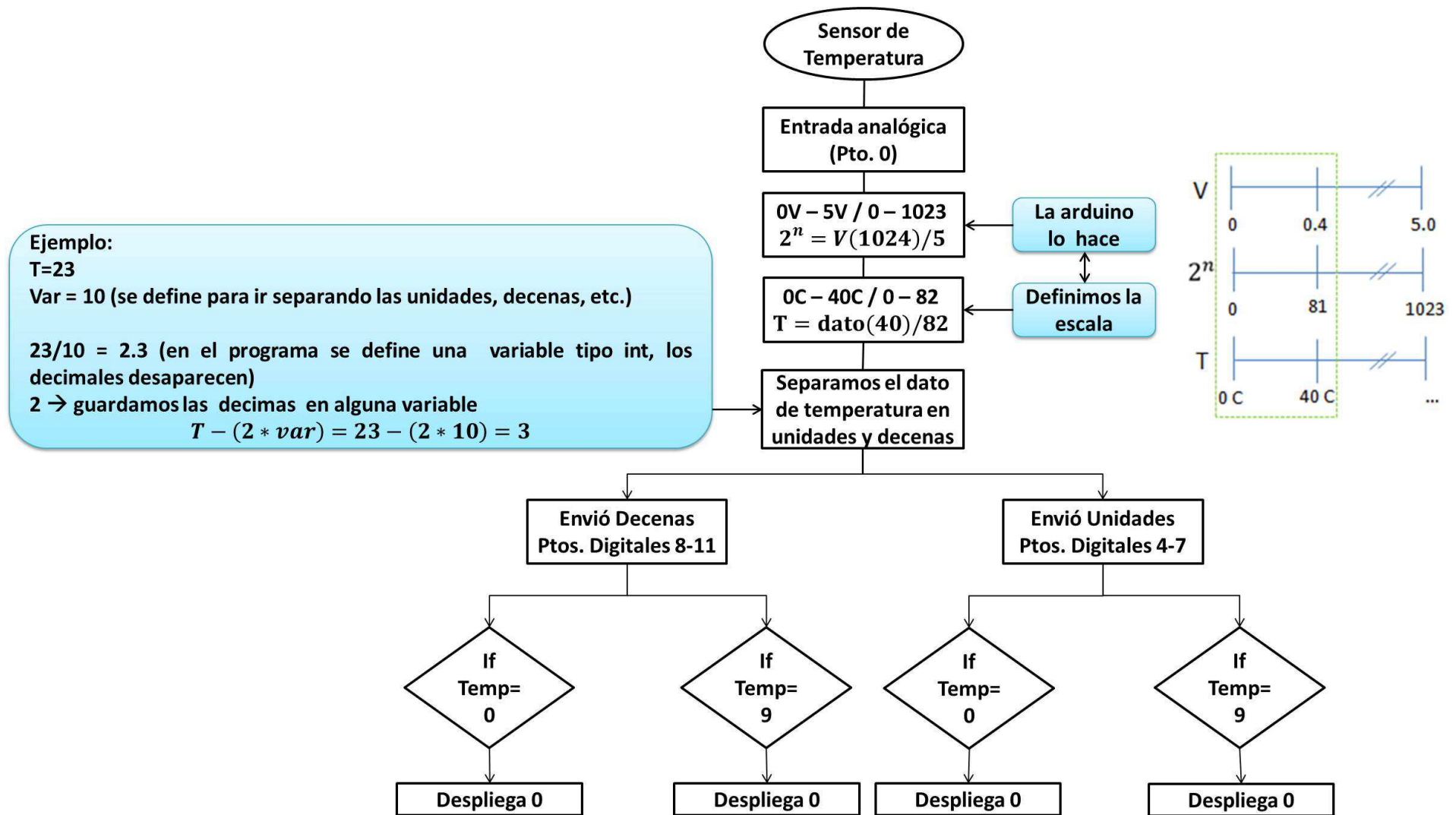


Figura 13. Esquema del funcionamiento del sistema de monitoreo de temperatura.

3.2 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN SISTEMA DE TEMPERATURA

Los elementos requeridos para el sistema de temperatura se enlistan a continuación:

a. Un sensor LM35:

El LM35 es un circuito integrado con un voltaje de salida linealmente proporcional a la temperatura en escala Celsius. No requiere calibración externa y proporciona una alta precisión en su rango de temperatura de – 55 a 150 °C, posee un factor de escala de 10 mV/°C (milivolt por grado centígrado), lo que facilita su utilización en la obtención directa de la temperatura a partir del voltaje de salida [24].

b. Una tarjeta arduino uno:

Es una plataforma de desarrollo de computación física (physical computing) de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa [25].

c. Dos Decodificadores binario a BCD (DM74LS47):

Tienen como función detectar la presencia de una determinada combinación de bits en sus entradas y señalar la presencia de este código mediante un cierto nivel de salida.

Es un circuito combinacional que permite un código BCD en sus entradas y en sus salidas activa un display de 7 segmentos para indicar un dígito decimal. El display está formado por un conjunto de 7 leds conectados en un punto común en su salida, bien en ánodo común ó cátodo común.

d. Dos compuertas NOT (74LS04)

Una compuerta NOT, o inversor, siempre tiene exactamente una entrada y se utiliza para implantar el concepto de complemento del álgebra de conmutación. Cualquier variable tiene su forma verdadera (no

complementada) y falsa (complementada) respectivamente. Utilizamos una compuerta NOT para obtener una a partir de la otra.

e. Dos display de 7 segmentos de cátodo común.

El displays de 7 segmentos, es un componente que se utiliza para la representación de números en muchos dispositivos electrónicos.

Este elemento se ensambla o arma de manera que se pueda activar cada segmento (diodo LED) por separado logrando de esta manera combinar los elementos y representar todos los números en el display (del 0 al 9).

Cada elemento del display tiene asignado una letra que identifica su posición en el arreglo del display.

f. Una resistencia de $10k\Omega$

Se le denomina resistencia eléctrica a la igualdad de oposición que tienen los electrones al desplazarse a través de un conductor.

g. Una protoboard: tablero con orificios, en la cual se pueden insertar componentes electrónicos y cables para armar circuitos.

Los elementos antes enumerados se interconectaron para formar un sistema completo que permitía la medición de la temperatura. El funcionamiento y la aplicación dentro del sistema se describen de manera detallada a continuación.

Básicamente el funcionamiento del sistema se compone de tres pasos, el primero es el valor que detecta el sensor LM35 el cual es un voltaje proporcional a la temperatura, posterior a este se obtiene un valor en lenguaje binario que es proporcionado por la tarjeta arduino y finalmente se transforma para obtener la temperatura.

El sensor LM35 es el que detecta el nivel de temperatura a la cual se encuentra el medio ambiente, este a su vez tiene una resolución de 10 mV (milivoltio) que es equivalente a 0.01 V por grado Celsius, es decir, si tenemos una

temperatura de 20°C en la salida obtenemos un valor de 0.2 V. La terminal de salida del sensor va directamente a la entrada analógica 0 de la tarjeta arduino.

Los puertos de la tarjeta analógica arduino puede leer voltajes entre 0 y 5V; la tarjeta arduino se encarga de convertir estos datos analógicos a datos binarios, es decir, la escala de entre 0 y 5V la va a convertir a una escala de entre 0 y 1023 puntos, los cuales tienen una resolución de 2^n donde n es igual a 10bits.

Una vez que se obtiene el dato binario que es calculado por la tarjeta arduino se utiliza una fórmula para transformarlo a temperatura, para lo cual mediante algunas operaciones se definió como escala la temperatura de 0 a 40°C y un rango de lenguaje binario de 0 a 81. Por ejemplo: si la tarjeta arduino arroja un valor de 40.5 en lenguaje binario se multiplica por 40 que es la temperatura máxima establecida y se divide entre 82 que es el valor establecido en lenguaje binario, obteniendo una temperatura de 20°C.

La representación de la fórmula es la siguiente:

$$T = \frac{40(\text{Voltaje})}{82} \quad (1)$$

La programación de la tarjeta arduino es otro elemento fundamental de lo que conforma el sistema de monitoreo de temperatura. El cual tiene la función de recibir datos, analizarlos, modificarlos y finalmente obtener el dato de la temperatura que se está presentando en el entorno para que posteriormente sea transmitida al circuito y se pueda visualizar en las pantallas digitales.

El programa lee los datos que son transmitidos por la entrada analógica de la arduino uno, los cuales son voltajes. El voltaje es convertido por la tarjeta arduino a lenguaje binario para que posteriormente sean sustituidos en la formula antes mencionada.

Ya que se obtuvo el valor de la temperatura el programa procede a dividirlos en decenas y unidades con el propósito de facilitar su visualización en las pantallas digitales.

Para obtener las decenas es necesario dividir la temperatura entre diez, por ejemplo: si se tiene una temperatura de 37, entonces, la correspondencia sería

$$Decenas = \frac{37}{10} = 3.7 \quad (2)$$

En el programa las decenas están definidas como enteros por lo cual los decimales desaparecen y el valor de las decenas es almacenado en una variable para que posteriormente sea mostrada en un display, mediante los puertos digitales 8, 9, 10, 12.

En cambio para obtener las unidades se debe multiplicar las decenas por 10 para que posteriormente a la temperatura se le reste el valor obtenido de la multiplicación, por ejemplo; dándole seguimiento a la temperatura de 37 obtenemos el siguiente resultado

$$T = 37 \quad \quad \quad Unidades = T - (Decenas * 10)$$

$$\text{Por lo tanto} \quad \quad \quad Unidades = 37 - (3 * 10) = 7$$

De igual manera que las decenas, las unidades son almacenadas en una variable, sin embargo los datos son enviados por los puertos digitales 4, 5, 6, y 7. Ver anexo A.

El circuito encargado de desplegar el dato de temperatura detectado por el sensor LM35 consta de tres etapas:

- Decodificación de la salida digital de la tarjeta arduino.
- Inversión de los datos decodificados mediante compuertas no (74LS04)
- Desplegado de la temperatura en los display de 7 segmentos de catodo común.

La tarjeta arduino envía datos 4 bits a los decodificadores de binario a BCD (decimal decodificado en binario), los cuales tienen la función de decodificar los 4 bits a 7 bits, los cuales son enviados a las compuertas NOT (74LS04), (ver figura 14).

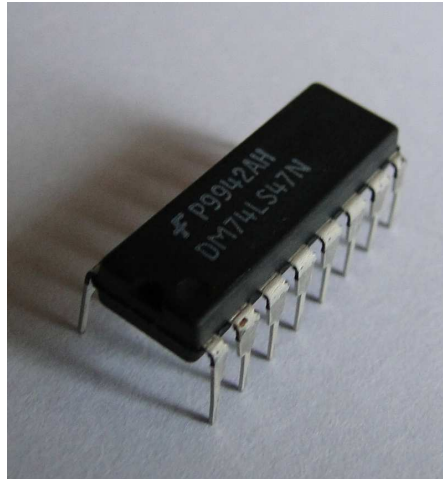


Figura 14. Decodificador de binario a BCD [26].

Las compuertas NOT (74LS04) tienen el objetivo de invertir los valores que recibió de los decodificadores, es decir, si manda un 0 este se convierte en 1 y de igual manera con los 1 se invierten a 0. Las NOT cuentan con 6 entradas y 6 salidas lo que significa que requerimos de 3 NOT (ver figura 15). Ver anexo D para hoja de datos.



Figura 15. Compuerta NOT [27].

Los displays de 7 segmentos reciben los datos de las compuertas NOT, desplegando finalmente los valores de la temperatura (ver figura 16).

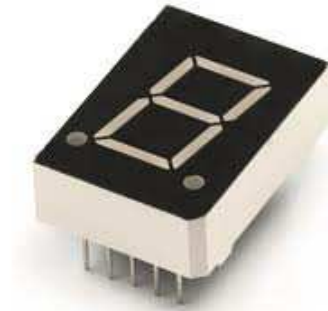


Figura 16. Display de 7 segmentos [28].

De acuerdo a los elementos identificados se clasifican en los siguientes componentes: [4]

Señal de entrada: Es el valor de ajuste o valor guía, entrega al sistema de control el valor deseado de la variable regulada.

Controlador automático: Dispositivo cuya función es comparar el valor real de la salida de la planta con la entrada de referencia, determina el error y produce una señal de atenuación que reduce la desviación de error o la disminuye a cero.

Amplificador: Dispositivo que amplifica la amplitud o intensidad de una señal de entrada de referencia.

Actuador: Es un dispositivo capaz de transformar la energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de una acción para originar un efecto sobre el proceso.

Sensor: Elemento de medición de error en el entorno.

Señal de salida: Señal regulada o valor real, indica el valor actual que tiene la señal que se está controlando.

La figura 17, muestra el procedimiento a seguir en el desarrollo del proyecto.

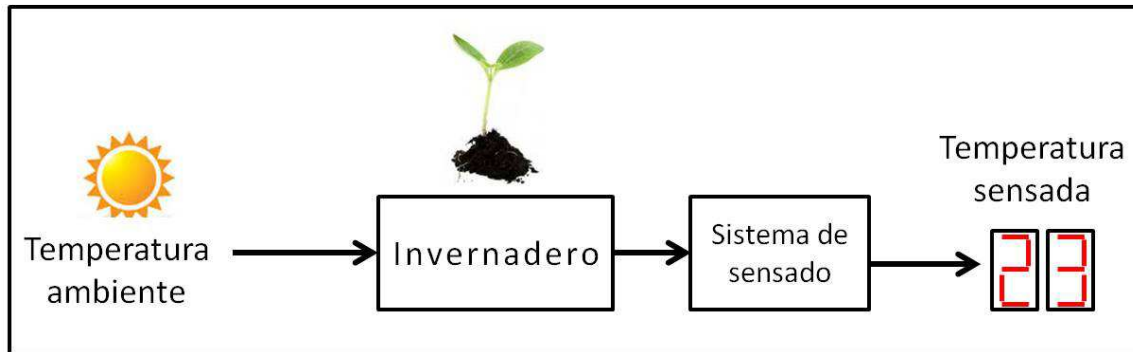


Figura 17. Componentes básicos de un sistema en lazo abierto [23].

Bibliografía

- [23] Ogata Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. 3 edición. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.a. 1998.
- [24] E. Alzate, "Medición de Temperatura: Sensores Termoeléctricos", Universidad Tecnológica de Pereira, Mayo 2007.
- [25] J. Pomares, "Manual de Arduino", Universidad de Alicante, 2009
- [26] Fairchild Semiconductor, "DM74LS47 BCD to 7-Segment Decoder/Driver with Open-Collector Outputs, Marzo 2000.
- [27] Fairchild Semiconductor, "DM74LS04 Compuerta Lógica Not", Marzo 2000.
- [28] Vishay, Standar 7 - Segment Display 7mm.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS.

4.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se presenta la aplicación del diseño del sistema de monitoreo de temperatura al cultivo de frijol durante 15 días, se ve la evolución que tuvo este y las variaciones que se presentaron durante la experimentación. La experimentación se llevo a cabo mediante la implementación de un circuito conformado por un microcontrolador, el cual procesa los datos del sensor de temperatura para monitorear los datos de la temperatura y estos a su vez ser desplegados en un visualizador.

Se observo que mientras existe una temperatura entre 20 y 21°C en el cultivo los resultados de crecimiento serán más óptimos.

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO

Para adecuar el diseño del sistema de monitoreo de temperatura a un modelo lo más parecido a la realidad, se construyo un prototipo de invernadero (de qué tipo) con placas de acrílico para las paredes y malla para la superficie. Las dimensiones fueron de 35.7 cm de largo, 28 cm de ancho y 37.5 de alto. (Ver figura 18). La fabricación del prototipo de invernadero está basada en la clasificación de invernadero tipo túnel, ya que esta tiene diversas ventajas tales como:

- Alta resistencia a los vientos
- Fácil instalación
- Alta transmitancia de la luz solar.
- Apto tanto para materiales de cobertura flexibles como rígidos.

En este apartado se presenta la aplicación del sistema propuesto aplicado al cultivo de frijol en un invernadero a escala. Ver figura 19.

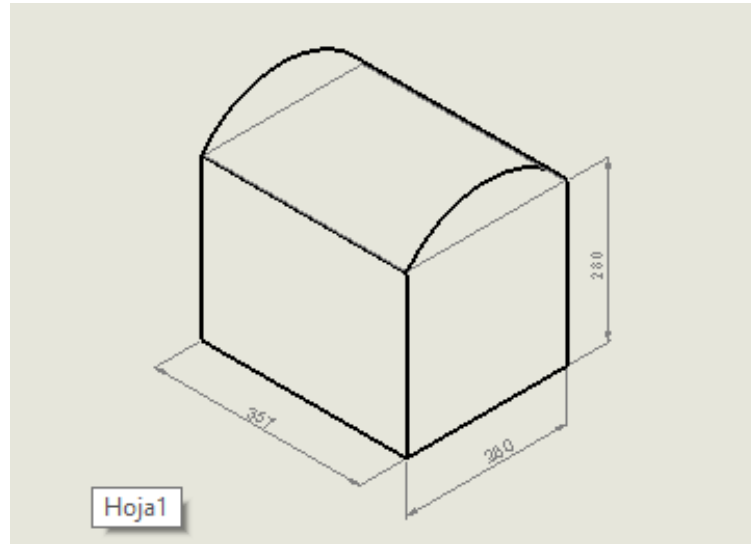


Figura 18. Invernadero a escala.

4.2.1 Seguimiento de la implementación del sistema

Una vez desarrollado el prototipo del invernadero y el sistema de monitoreo de temperatura se llevó a cabo la experimentación:

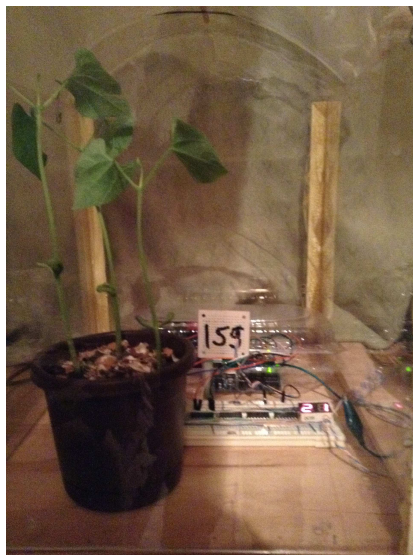


Figura 19. Implementación de sistema en invernadero a escala.

Para llevar a cabo la experimentación fue necesario germinar algunas semillas de frijol, los cuales tuvieron un periodo de germinación de 8 días como lo muestra la tabla 5. Las semillas fueron frijoles bayos, los cuales midieron 1.2 centímetros, Se tuvo el cuidado de elegir los de mejor tamaño, color y grosor. En ella se muestra día por día el desarrollo de la semilla en su periodo de germinación, lo primero que se observa es que la semilla se ensancha y la cascara comienza a desprenderse, después de 3 días la semilla comenzó a tener una pequeña raíz la cual se desenvuelve hacia abajo y posterior a esto la semilla comienza a abrirse y muestra un germen que se desenvuelve hacia la parte superior

ETAPA DE GERMINACION		
DIA	OBSERVACIONES	IMAGEN
1	Se dio inicio a la germinación del frijol, su longitud inicial fue de:1.3cm	
2	Como se puede observar en la imagen aun no ha tenido ningun cambio considerable. Sin embargo ha aumentado en su volumen. Tiene un ligero hinchazón	
3	Ya transcurrieron 3 días y el frijol parece intacto.	
4	Se visualiza una pequeña raíz.	
4	La raíz sigue desarrollandose.	
5	Ahora la raíz es más grande y gruesa, presenta un color beige	

6	En esta imagen podemos observar que el color de la raíz es ligeramente verde y ha crecido un poco más.	
7	Como se visualiza la raíz sigue creciendo y el cascarón del frijol comienza a arrugarse.	
7	Tiene un ligero desprendimiento de cáscara, la raíz ahora es más gruesa. Presenta color blanco y verde.	
8	La raíz del frijol comenzó a ramificarse y aumento su tamaño.	

Tabla 5. Etapas de germinación del frijol.

Una vez que la planta se encuentra en las condiciones adecuadas, fue necesario trasplantarla a una maceta para dar inicio a la experimentación y recaudación de datos.

Lo que se realizó en este proceso fue monitorear la temperatura las 24 horas del día de manera que se pudiera obtener un promedio de la temperatura por día; además se realizó la medición de la altura de la planta de manera que se identificara el crecimiento por día de la planta. La idea de monitorear estas dos lecturas (temperatura y altura) fue para poder identificar la relación que existe

entre el crecimiento de la planta con el de la temperatura y así encontrar la temperatura más optima que permite la máxima tasa de desarrollo del cultivo.

CRECIMIENTO DEL CULTIVO		
DIA	OBSERVACIONES	IMAGEN
1	El frijol tiene una dimensión de 2.5cm, ya tiene raíz y se empieza a caer la cáscara del frijol.	
2	El cultivo tiene una dimensión de 2.9cm, su raíz es un poco mas gruesa y se extendió más junto con fruto.	
3	Como se muestra en la imagen el cultivo se desarrolló bastante, se ve ligeramente las hojas. Tiene una dimensión de 3.5cm.	
4	Es sorprendente el desarrollo, basto que transcurrieran 24hrs para que saliera el cultivo, llegando a una longitud de 10.4cm.	

5	La planta tienen una dimensión de 14.4cm.	
6	El cultivo se ha desarrollado bastante, sus hojas son más amplias al igual que su tallo. Mide 17.9cm.	
7	El frijol alcanzó una longitud de 20.5cm mientras que el promedio de temperatura fue de: 19.46°C.	
8	Con el paso del tiempo la planta sigue creciendo tanto de ancho como de largo. Mide 23cm, y su temperatura promedio es de: 18.8°C.	
9	La temperatura que se presentó fue de 19.1°C, mientras que aumento 1cm llegando a los 24cm.	
10	Tuvo un promedio de temperatura de 19.6°C y midió 26.6cm.	

11	Se tuvo 18.7°C y 29.7cm.	
12	Mide 32.2cm. Y la temperatura promedio en éste día fue de:20.6°C	
13	Se presentó un promedio de 20.8°C el cual ayudo al crecimiento del cultivo, teniendo una planta de 34.3cm.	
14	La planta mide 36.5cm y la temperatura promedio fue de 20.8°C.	
15	La temperatura es un factor muy importante en los cultivos, en este día se presentó un promedio de temperatura de: 21.3°C y tuvo una longitud de:38.3cm	

Tabla 6. Etapas del crecimiento del cultivo.

El sistema que se uso para desplegar la temperatura se realizó como se comentó en el capítulo anterior, mediante un circuito conectado a una tarjeta arduino uno (Ver figura 20), la cual a su vez se conecto a una computadora con la finalidad de poder almacenar los datos y pudieran ser analizados, procesados y graficados.

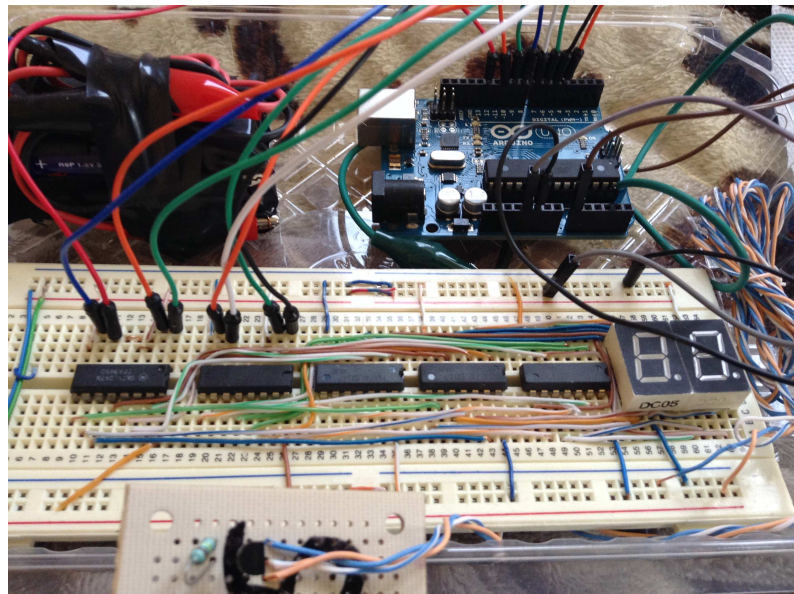


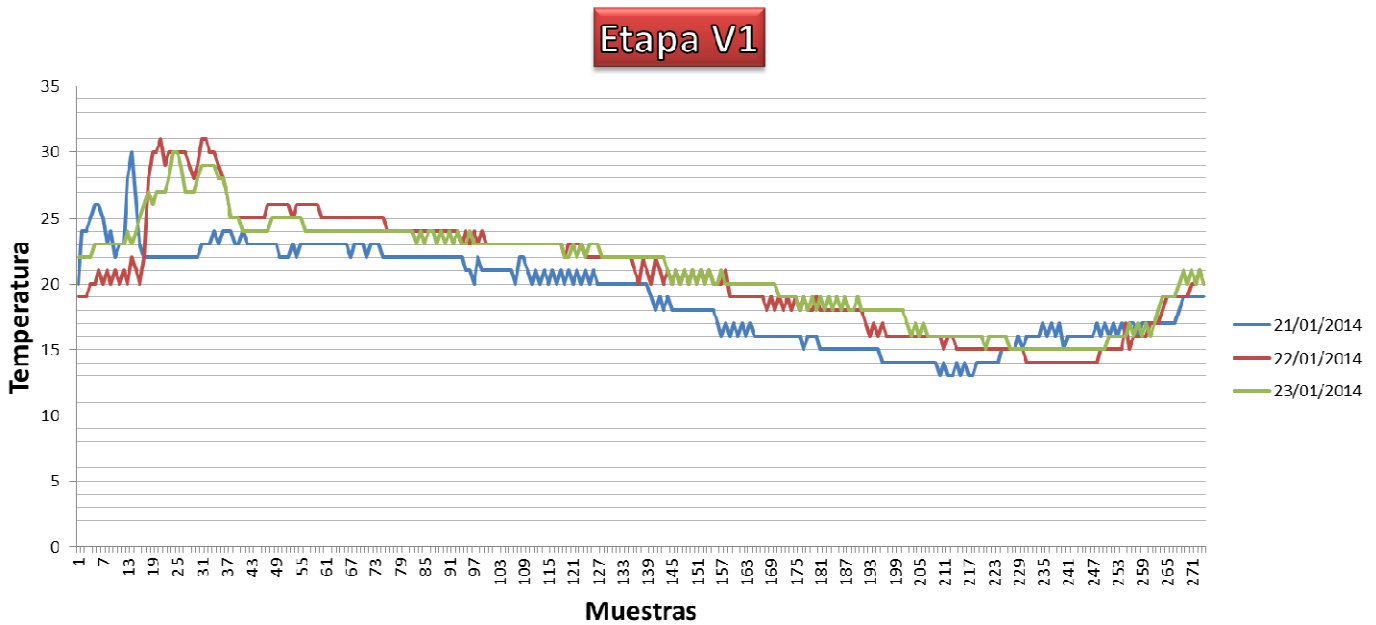
Figura 20. Sistema de medición de temperatura.

4.3 DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS

La implementación del sistema de medición de temperatura se llevo a cabo durante 15 días, la arduino uno fue programada para estar mostrando las variaciones de la temperatura cada 5 minutos, por lo cual se obtuvieron 4110 datos (Ver Anexo B), los cuales nos permitieron obtener las siguientes graficas:

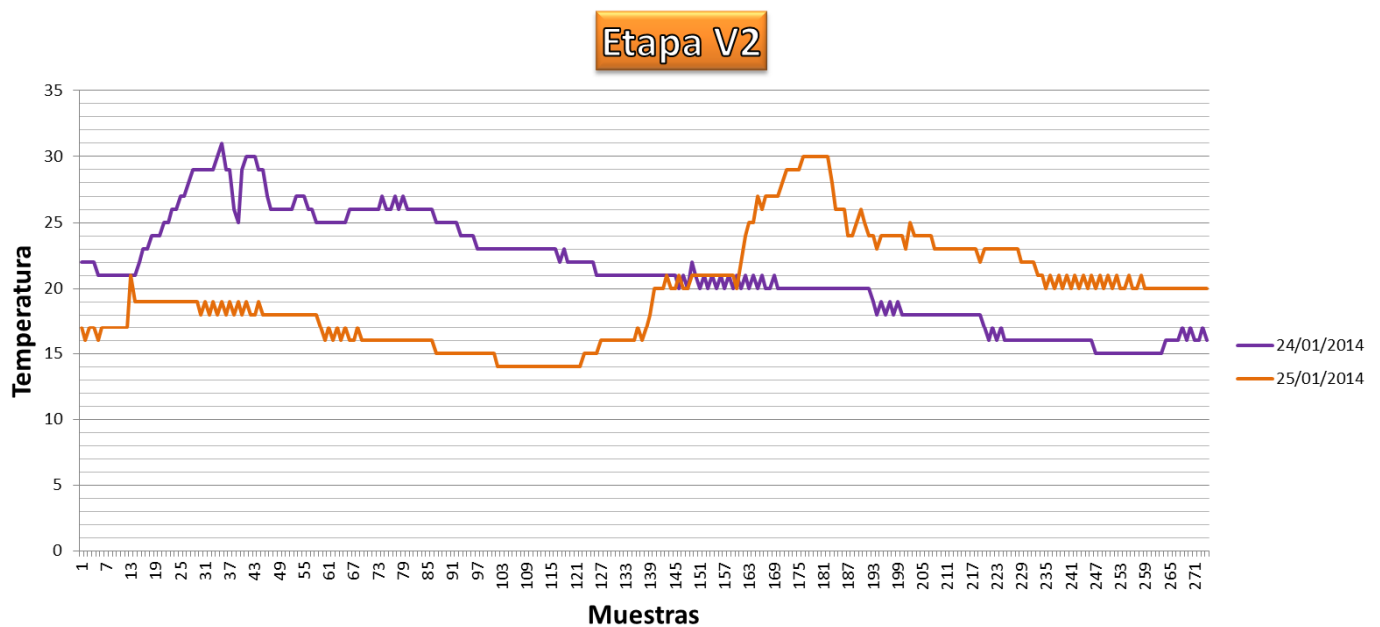
De acuerdo a los datos obtenidos se obtuvieron las siguientes gráficas:

a) Gráfica de temperatura etapa V1



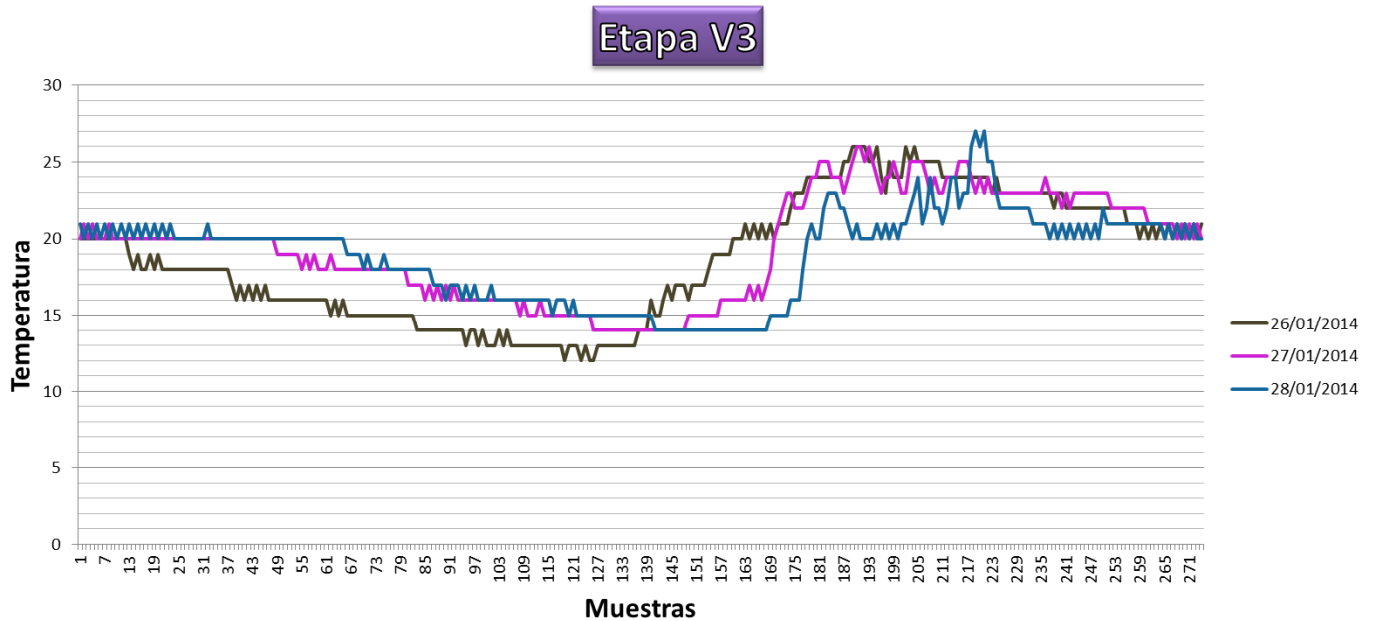
Gráfica 1. Variación de temperatura etapa V1.

b) Gráfica de temperatura etapa V2



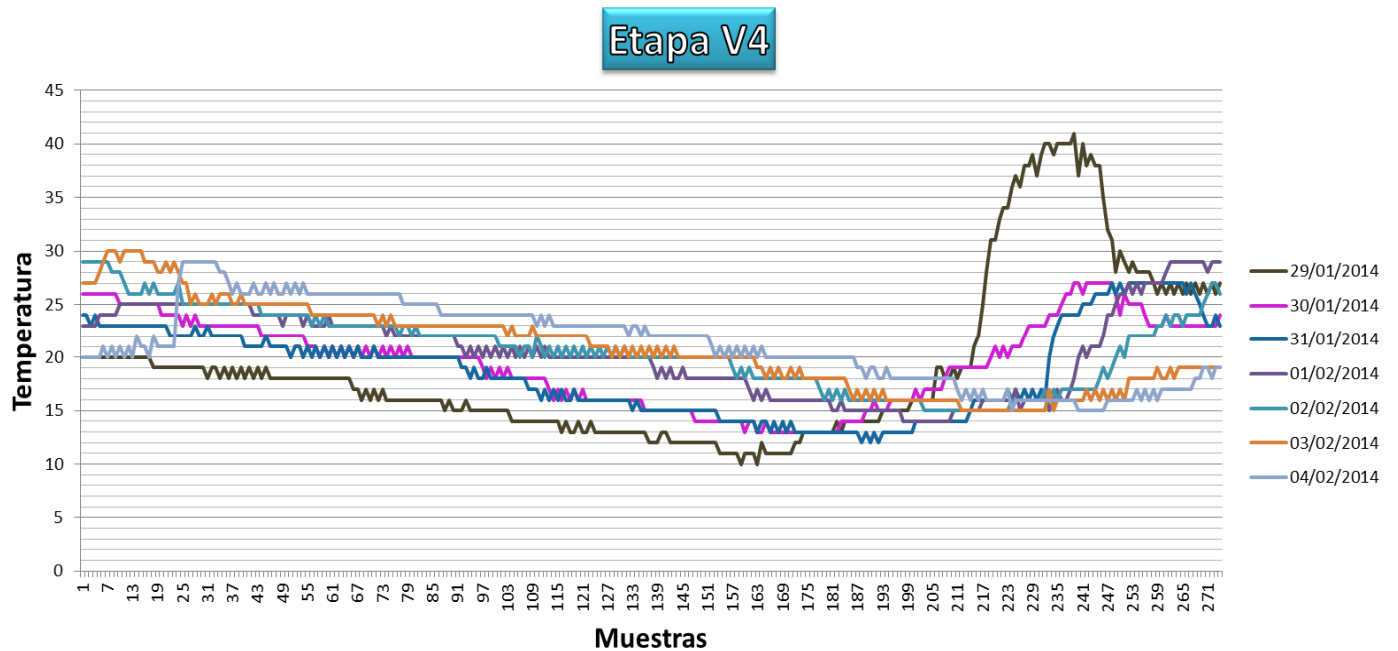
Gráfica 2. Variación de temperatura etapa V2.

c) Gráfica de temperatura etapa V3



Gráfica 3. Variación de temperatura etapa V3.

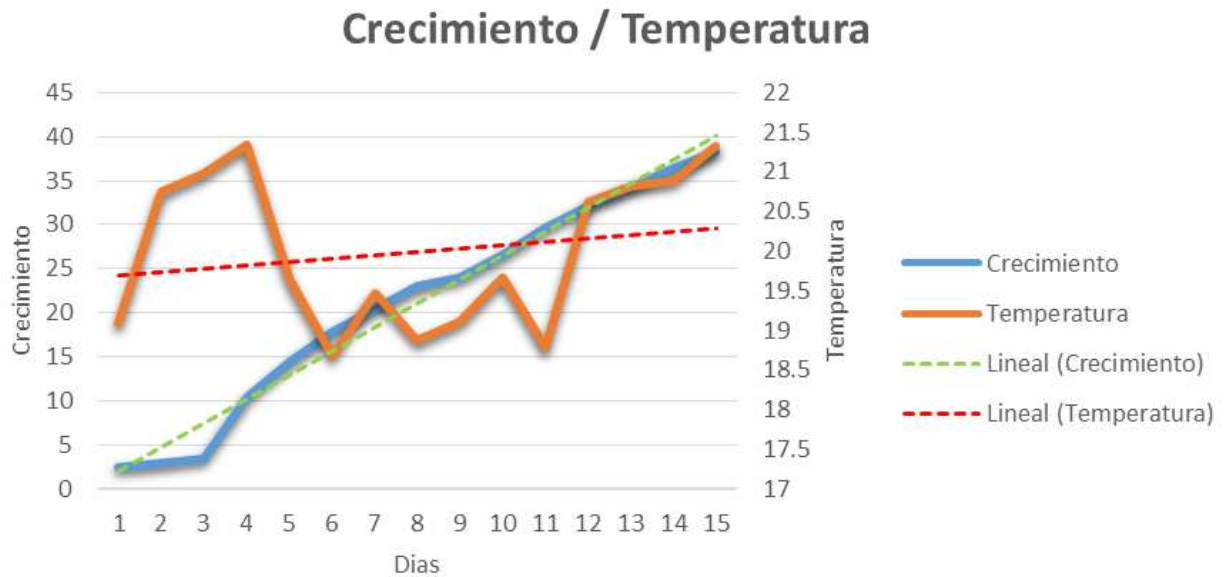
d) Gráfica de temperatura V4



Gráfica 4. Variación de temperatura etapa V4.

Las gráficas 1, 2, 3 y 4 nos permiten analizar las variaciones que se presentaron durante el crecimiento del cultivo de frijol. El valor máximo fue de 21.3, mientras que el valor mínimo fue de 18.7.

e) Grafica de crecimiento



Gráfica 5. Desarrollo del cultivo.

En la gráfica 5 podemos observar que entre el día 3 y 4 el crecimiento del cultivo se disparó, mientras que del día 5 al 11 el crecimiento fue pausado y a partir del día 11 al 15 se volvió a elevar el ritmo de crecimiento ya que la temperatura en estos dos periodos era casi la misma.

4.4 Conclusiones

En este capítulo se puede observar que la temperatura es un factor determinante en el crecimiento y desarrollo de los cultivos de frijol. Se observó la evolución de la planta a lo largo del experimento y de esta forma se comprobó lo antes mencionado. Cabe mencionar que los resultados obtenidos se centran en el prototipo de un invernadero tipo túnel y esto puede ser un factor que altere los resultados si se utilizara otro tipo de invernadero, como los mencionados en el capítulo 2.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

Este trabajo de tesis permitió realizar una investigación más profunda sobre todos los factores que se ven involucrados en la producción del cultivo de frijol. En particular se centró el tema en el factor de temperatura debido a que este es vital para el sano desarrollo de la planta del frijol.

Se pudo observar que mientras exista un bajo rango de temperatura el cultivo se va a desarrollar de manera lenta, en cambio si la temperatura se encuentra en un promedio mínimo de 21°C los resultados que se obtendrán serán favorables, ya que el cultivo se desarrolla más rápido debido a que las condiciones son más óptimas para su crecimiento.

Esta investigación deja un amplio panorama de investigación ya que se pueden abordar diferentes factores ambientales, así como sistemas que controlen a estos. Por ejemplo: siguiendo con la misma línea de sensar la temperatura se puede pensar en implementar controles que lleven la temperatura automáticamente a rangos establecidos con la finalidad de asegurar el correcto desarrollo de la planta. Para lograr que las temperaturas sean alcanzadas, los controles deben de apoyarse en actuadores tales como: ventiladores, compuertas, intercambiadores de calor, calentadores, entre otros.

Una propuesta de actuador seria colocar un intercambiador de calor en una pared del invernadero, donde el flujo del aire sea directo a este, en el interior del intercambiador de calor podría circular agua fría y/o agua caliente de manera que el aire que pasa por este enfríe o caliente el aire del invernadero. Otra propuesta es diseñar e implementar compuertas que roten de acuerdo a la posición del sol o a la dirección del aire con la finalidad de mantener caliente o fresco el aire del invernadero. Así como estos ejemplos hay una gran área de oportunidad para darle seguimiento a la presente investigación.

ANEXOS

A.- PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO.

```
#include <math.h>
int temp = 0;          //Valor de temperatura
int volt;              //Valor de voltaje de entrada
int analogPin = 0;     //Declaración de puerto de entrada analógica 0
int T[1];              //Arreglo para guardar cada numero de la temperatura
                        //Temperatura [decenas, unidades]

int decenas;
int unidades;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(4,OUTPUT); pinMode(5,OUTPUT);
  pinMode(6,OUTPUT); pinMode(7,OUTPUT); //UNIDADES MSB 7 6 5 4
  pinMode(8,OUTPUT); pinMode(9,OUTPUT);
  pinMode(10,OUTPUT); pinMode(12,OUTPUT); //DECENAS MSB 12 10 9 8
}
void loop()
{
  while(temp>=0)
  {
    delay(300000);
    volt = round(analogRead(analogPin)); //Lectura de la entrada analógica
    temp = round((40*volt)/82);          //Conversión de binario a temperatura
    Serial.println(temp);                //Separación de los números en
                                        //decenas y unidades

    decenas = (temp/10);
    T[0] = decenas;
    unidades = temp-(decenas*10);
    T[1]= unidades;

                                        //<Envío de datos por los puertos digitales
```

PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO (Continua...)

```
// UNIDADES
if(T[1]==0) //0
{
    digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(6,LOW);
    digitalWrite(7,LOW);
}
if(T[1]==1) //1
{
    digitalWrite(4,HIGH);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(6,LOW);
    digitalWrite(7,LOW);
}
if(T[1]==2) //2
{
    digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(5,HIGH);
    digitalWrite(6,LOW);
    digitalWrite(7,LOW);
}
if(T[1]==3) //3
{
    digitalWrite(4,HIGH);
    digitalWrite(5,HIGH);
    digitalWrite(6,LOW);
    digitalWrite(7,LOW);
}
if(T[1]==4) //4
{
    digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(6,HIGH);
    digitalWrite(7,LOW);
}
```

PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO (Continua...)

```
if(T[1]==5) //5
{
    digitalWrite(4,HIGH);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(6,HIGH);
    digitalWrite(7,LOW);
}
if(T[1]==6) //6
{
    digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(5,HIGH);
    digitalWrite(6,HIGH);
    digitalWrite(7,LOW);
}
if(T[1]==7) //7
{
    digitalWrite(4,HIGH);
    digitalWrite(5,HIGH);
    digitalWrite(6,HIGH);
    digitalWrite(7,LOW);
}
if(T[1]==8) //8
{
    digitalWrite(4,LOW);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(6,LOW);
    digitalWrite(7,HIGH);
}
if(T[1]==9) //9
{
    digitalWrite(4,HIGH);
    digitalWrite(5,LOW);
    digitalWrite(6,LOW);
    digitalWrite(7,HIGH);
}
```

PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO (Continua...)

```
//DECENAS
if(T[0]==0) //0
{
    digitalWrite(8,LOW);
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(10,LOW);
    digitalWrite(12,LOW);
}
if(T[0]==1) //1
{
    digitalWrite(8,HIGH);
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(10,LOW);
    digitalWrite(12,LOW);
}
if(T[0]==2) //2
{
    digitalWrite(8,LOW);
    digitalWrite(9,HIGH);
    digitalWrite(10,LOW);
    digitalWrite(12,LOW);
}
if(T[0]==3) //3
{
    digitalWrite(8,HIGH);
    digitalWrite(9,HIGH);
    digitalWrite(10,LOW);
    digitalWrite(12,LOW);
}
if(T[0]==4) //4
{
    digitalWrite(8,LOW);
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(10,HIGH);
    digitalWrite(12,LOW);
}
```

PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO (Continua...)

```
if(T[0]==5) //5
{
    digitalWrite(8,HIGH);
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(10,HIGH);
    digitalWrite(12,LOW);
}
if(T[0]==6) //6
{
    digitalWrite(8,LOW);
    digitalWrite(9,HIGH);
    digitalWrite(10,HIGH);
    digitalWrite(12,LOW);
}
if(T[0]==7) //7
{
    digitalWrite(8,HIGH);
    digitalWrite(9,HIGH);
    digitalWrite(10,HIGH);
    digitalWrite(12,LOW);
}
if(T[0]==8) //8
{
    digitalWrite(8,LOW);
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(10,LOW);
    digitalWrite(12,HIGH);
}
if(T[0]==9) //9
{
    digitalWrite(8,HIGH);
    digitalWrite(9,LOW);
    digitalWrite(10,LOW);
    digitalWrite(12,HIGH);
}
}
} // Fin de programa
```

B.- RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA.

ETAPA	V1			V2		V3	
MUESTRA	21/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	25/01/2014	26/01/2014	27/01/2014
1	20	19	22	22	17	20	20
2	24	19	22	22	16	20	21
3	24	19	22	22	17	20	20
4	25	20	22	22	17	20	21
5	26	20	23	21	16	20	20
6	26	21	23	21	17	20	20
7	25	20	23	21	17	20	20
8	23	21	23	21	17	20	21
9	24	20	23	21	17	20	20
10	22	21	23	21	17	20	20
11	23	20	23	21	17	20	20
12	23	21	23	21	17	20	20
13	28	20	24	21	21	19	20
14	30	22	23	21	19	18	20
15	26	21	24	22	19	19	20
16	23	20	25	23	19	18	20
17	22	22	26	23	19	18	20
18	22	28	27	24	19	19	20
19	22	30	26	24	19	18	20
20	22	30	27	24	19	19	20
21	22	31	27	25	19	18	20
22	22	29	27	25	19	18	20
23	22	30	28	26	19	18	20
24	22	30	30	26	19	18	20
25	22	30	30	27	19	18	20
26	22	30	29	27	19	18	20
27	22	30	27	28	19	18	20
28	22	29	27	29	19	18	20
29	22	28	27	29	19	18	20
30	22	29	28	29	18	18	20
31	23	31	29	29	19	18	20
32	23	31	29	29	18	18	20
33	23	30	29	29	19	18	20
34	24	30	29	30	18	18	20
35	23	29	28	31	19	18	20

RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V1			V2		V3	
MUESTRA	21/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	25/01/2014	26/01/2014	27/01/2014
36	24	28	28	29	18	18	20
37	24	27	27	29	19	18	20
38	24	25	25	26	18	17	20
39	23	25	25	25	19	16	20
40	23	25	25	29	18	17	20
41	24	25	24	30	19	16	20
42	23	25	24	30	18	17	20
43	23	25	24	30	18	16	20
44	23	25	24	29	19	17	20
45	23	25	24	29	18	16	20
46	23	25	24	27	18	17	20
47	23	26	24	26	18	16	20
48	23	26	25	26	18	16	20
49	23	26	25	26	18	16	19
50	22	26	25	26	18	16	19
51	22	26	25	26	18	16	19
52	22	26	25	26	18	16	19
53	23	25	25	27	18	16	19
54	22	26	25	27	18	16	19
55	23	26	25	27	18	16	18
56	23	26	24	26	18	16	19
57	23	26	24	26	18	16	18
58	23	26	24	25	18	16	19
59	23	26	24	25	17	16	18
60	23	25	24	25	16	16	18
61	23	25	24	25	17	16	18
62	23	25	24	25	16	15	19
63	23	25	24	25	17	16	18
64	23	25	24	25	16	15	18
65	23	25	24	25	17	16	18
66	23	25	24	26	16	15	18
67	22	25	24	26	16	15	18
68	23	25	24	26	17	15	18
69	23	25	24	26	16	15	18
70	23	25	24	26	16	15	18

RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V1			V2		V3	
MUESTRA	21/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	25/01/2014	26/01/2014	27/01/2014
71	22	25	24	26	16	15	18
72	23	25	24	26	16	15	18
73	23	25	24	26	16	15	18
74	23	25	24	27	16	15	18
75	22	25	24	26	16	15	18
76	22	24	24	26	16	15	18
77	22	24	24	27	16	15	18
78	22	24	24	26	16	15	18
79	22	24	24	27	16	15	18
80	22	24	24	26	16	15	18
81	22	24	24	26	16	15	17
82	22	24	24	26	16	15	17
83	22	24	23	26	16	14	17
84	22	24	24	26	16	14	17
85	22	24	23	26	16	14	16
86	22	24	24	26	16	14	17
87	22	24	24	25	15	14	16
88	22	24	23	25	15	14	17
89	22	24	24	25	15	14	16
90	22	24	23	25	15	14	17
91	22	24	24	25	15	14	16
92	22	24	23	25	15	14	17
93	22	24	24	24	15	14	16
94	22	23	23	24	15	14	16
95	21	24	23	24	15	13	16
96	21	23	24	24	15	14	16
97	20	24	23	23	15	14	16
98	22	23	23	23	15	13	16
99	21	24	23	23	15	14	16
100	21	23	23	23	15	13	16
101	21	23	23	23	15	13	16
102	21	23	23	23	14	13	16
103	21	23	23	23	14	14	16
104	21	23	23	23	14	13	16
105	21	23	23	23	14	14	16

RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V1			V2		V3	
MUESTRA	21/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	25/01/2014	26/01/2014	27/01/2014
106	21	23	23	23	14	13	16
107	20	23	23	23	14	13	16
108	22	23	23	23	14	13	15
109	22	23	23	23	14	13	16
110	21	23	23	23	14	13	15
111	20	23	23	23	14	13	15
112	21	23	23	23	14	13	15
113	20	23	23	23	14	13	16
114	21	23	23	23	14	13	15
115	20	23	23	23	14	13	15
116	21	23	23	23	14	13	15
117	20	23	23	22	14	13	15
118	21	23	23	23	14	13	15
119	20	22	22	22	14	12	15
120	21	23	22	22	14	13	15
121	20	23	23	22	14	13	15
122	21	23	22	22	14	13	15
123	20	23	23	22	15	12	15
124	21	22	22	22	15	13	15
125	20	22	23	22	15	12	15
126	21	22	23	21	15	12	14
127	20	22	23	21	16	13	14
128	20	22	22	21	16	13	14
129	20	22	22	21	16	13	14
130	20	22	22	21	16	13	14
131	20	22	22	21	16	13	14
132	20	22	22	21	16	13	14
133	20	22	22	21	16	13	14
134	20	22	22	21	16	13	14
135	20	22	22	21	16	13	14
136	20	21	22	21	17	13	14
137	20	20	22	21	16	14	14
138	20	22	22	21	17	14	14
139	20	21	22	21	18	14	14
140	19	20	22	21	20	16	14

RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V1			V2		V3	
MUESTRA	21/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	25/01/2014	26/01/2014	27/01/2014
141	18	22	22	21	20	15	14
142	19	21	22	21	20	15	14
143	18	20	22	21	21	16	14
144	19	21	21	21	20	17	14
145	18	20	20	21	20	16	14
146	18	21	21	20	21	17	14
147	18	20	20	21	20	17	14
148	18	21	21	20	20	17	14
149	18	20	20	22	21	16	15
150	18	21	21	21	21	17	15
151	18	20	20	20	21	17	15
152	18	21	21	21	21	17	15
153	18	20	20	20	21	17	15
154	18	21	21	21	21	18	15
155	18	20	20	20	21	19	15
156	17	20	20	21	21	19	15
157	16	20	21	20	21	19	16
158	17	21	20	21	21	19	16
159	16	19	20	20	21	19	16
160	17	19	20	21	20	20	16
161	16	19	20	20	22	20	16
162	17	19	20	21	24	20	16
163	16	19	20	20	25	21	16
164	17	19	20	21	25	20	17
165	16	19	20	20	27	21	16
166	16	19	20	21	26	20	17
167	16	19	20	20	27	21	16
168	16	18	20	20	27	20	17
169	16	19	20	21	27	21	18
170	16	18	20	20	27	20	20
171	16	19	19	20	28	21	21
172	16	18	19	20	29	21	22
173	16	19	19	20	29	21	23
174	16	18	19	20	29	22	23
175	16	19	19	20	29	23	22

RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V1			V2		V3	
MUESTRA	21/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	25/01/2014	26/01/2014	27/01/2014
176	16	18	18	20	30	23	22
177	15	19	19	20	30	23	22
178	16	18	18	20	30	24	23
179	16	18	19	20	30	24	24
180	16	19	18	20	30	24	24
181	15	18	19	20	30	24	25
182	15	18	18	20	30	24	25
183	15	18	19	20	28	24	25
184	15	18	18	20	26	24	24
185	15	18	19	20	26	24	24
186	15	18	18	20	26	24	24
187	15	18	19	20	24	25	23
188	15	18	18	20	24	25	24
189	15	18	18	20	25	26	25
190	15	18	19	20	26	26	26
191	15	18	18	20	25	26	26
192	15	17	18	20	24	26	25
193	15	16	18	19	24	25	26
194	15	17	18	18	23	25	25
195	15	16	18	19	24	26	24
196	14	17	18	18	24	24	23
197	14	16	18	19	24	23	24
198	14	16	18	18	24	25	24
199	14	16	18	19	24	24	25
200	14	16	18	18	24	24	24
201	14	16	18	18	23	24	23
202	14	16	17	18	25	26	23
203	14	16	16	18	24	25	25
204	14	16	17	18	24	26	25
205	14	16	16	18	24	25	25
206	14	16	17	18	24	25	25
207	14	16	16	18	24	25	24
208	14	16	16	18	23	25	23
209	14	16	16	18	23	25	24
210	13	16	16	18	23	25	23

RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V1			V2		V3	
MUESTRA	21/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	25/01/2014	26/01/2014	27/01/2014
211	14	15	16	18	23	24	23
212	13	16	16	18	23	24	24
213	13	16	16	18	23	24	24
214	14	15	16	18	23	24	24
215	13	15	16	18	23	24	25
216	14	15	16	18	23	24	25
217	13	15	16	18	23	24	25
218	13	15	16	18	23	24	24
219	14	15	16	18	22	24	23
220	14	15	16	17	23	24	24
221	14	15	15	16	23	24	23
222	14	15	16	17	23	24	24
223	14	15	16	16	23	23	23
224	14	15	16	17	23	24	23
225	15	15	16	16	23	23	23
226	15	15	16	16	23	23	23
227	15	15	15	16	23	23	23
228	15	15	15	16	23	23	23
229	16	15	15	16	22	23	23
230	15	15	15	16	22	23	23
231	16	14	15	16	22	23	23
232	16	14	15	16	22	23	23
233	16	14	15	16	21	23	23
234	16	14	15	16	21	23	23
235	17	14	15	16	20	23	23
236	16	14	15	16	21	23	24
237	17	14	15	16	20	23	23
238	16	14	15	16	21	22	23
239	17	14	15	16	20	23	23
240	15	14	15	16	21	23	22
241	16	14	15	16	20	22	23
242	16	14	15	16	21	22	22
243	16	14	15	16	20	22	23
244	16	14	15	16	21	22	23
245	16	14	15	16	20	22	23

RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V1			V2		V3	
MUESTRA	21/01/2014	22/01/2014	23/01/2014	24/01/2014	25/01/2014	26/01/2014	27/01/2014
246	16	14	15	16	21	22	23
247	16	14	15	15	20	22	23
248	17	14	15	15	21	22	23
249	16	15	15	15	20	22	23
250	17	15	15	15	21	22	23
251	16	15	16	15	20	22	23
252	17	15	16	15	21	22	22
253	16	15	16	15	20	22	22
254	17	15	16	15	20	22	22
255	16	17	16	15	21	22	22
256	17	15	17	15	20	21	22
257	17	16	16	15	20	21	22
258	16	16	17	15	21	21	22
259	17	16	16	15	20	20	22
260	17	16	17	15	20	21	22
261	17	17	16	15	20	20	21
262	17	17	17	15	20	21	21
263	17	17	18	15	20	20	21
264	17	18	19	16	20	21	21
265	17	19	19	16	20	20	21
266	17	19	19	16	20	21	21
267	17	19	19	16	20	20	21
268	18	19	20	17	20	21	20
269	19	19	21	16	20	20	21
270	19	19	20	17	20	21	20
271	19	20	21	16	20	20	21
272	19	20	20	16	20	21	20
273	19	21	21	17	20	20	21
274	19	20	20	16	20	21	20

RECOPILACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V3	V4						
MUESTRA	28/01/2014	29/01/2014	30/01/2014	31/01/2014	01/02/2014	02/02/2014	03/02/2014	04/02/2014
1	21	20	26	24	23	29	27	20
2	20	20	26	24	23	29	27	20
3	21	20	26	23	23	29	27	20
4	20	20	26	24	23	29	27	20
5	21	20	26	23	24	29	28	20
6	20	20	26	23	24	29	29	21
7	21	20	26	23	24	29	30	20
8	20	20	26	23	24	28	30	21
9	21	20	26	23	24	28	30	20
10	20	20	25	23	25	28	29	21
11	21	20	25	23	25	27	30	20
12	20	20	25	23	25	26	30	21
13	21	20	25	23	25	26	30	20
14	20	20	25	23	25	26	30	22
15	21	20	25	23	25	26	30	21
16	20	20	25	23	25	27	29	21
17	21	20	25	23	25	26	29	20
18	20	19	25	23	25	27	29	22
19	21	19	25	23	25	26	28	21
20	20	19	24	23	25	26	28	21
21	21	19	24	23	25	26	29	21
22	20	19	24	22	25	26	28	21
23	21	19	24	22	25	26	29	21
24	20	19	24	22	25	27	28	27
25	20	19	23	22	25	25	27	29
26	20	19	24	22	25	25	27	29
27	20	19	23	22	25	25	25	29
28	20	19	24	23	25	25	26	29
29	20	19	23	22	25	25	25	29
30	20	19	23	22	25	25	25	29
31	20	18	23	23	25	25	25	29
32	21	19	23	22	25	25	26	29
33	20	19	23	22	25	25	25	29
34	20	18	23	22	25	25	26	28
35	20	19	23	22	25	25	26	28
36	20	18	23	22	25	25	26	27
37	20	19	23	22	25	25	25	26

RECOPILACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V3	V4						
MUESTRA	28/01/2014	29/01/2014	30/01/2014	31/01/2014	01/02/2014	02/02/2014	03/02/2014	04/02/2014
38	20	18	23	22	25	25	25	27
39	20	19	23	22	25	25	26	26
40	20	18	23	21	25	25	25	26
41	20	19	23	21	25	25	25	26
42	20	18	23	21	24	25	25	27
43	20	19	23	21	24	25	25	26
44	20	18	22	21	24	24	25	26
45	20	19	22	22	24	24	25	27
46	20	18	22	21	24	24	25	26
47	20	18	22	21	24	24	25	27
48	20	18	22	21	24	24	25	26
49	20	18	22	21	23	24	25	26
50	20	18	22	21	24	24	25	27
51	20	18	22	20	24	24	25	26
52	20	18	22	21	24	24	25	27
53	20	18	22	21	24	24	25	26
54	20	18	22	20	23	24	25	27
55	20	18	21	21	24	24	25	26
56	20	18	21	20	23	23	24	26
57	20	18	21	21	23	24	24	26
58	20	18	20	20	23	23	24	26
59	20	18	21	21	23	24	24	26
60	20	18	20	20	24	23	24	26
61	20	18	21	21	23	23	24	26
62	20	18	20	20	23	23	24	26
63	20	18	21	21	23	23	24	26
64	20	18	20	20	23	23	24	26
65	20	18	21	21	23	23	24	26
66	19	17	20	20	23	23	24	26
67	19	17	21	21	23	23	24	26
68	19	16	20	20	23	23	24	26
69	19	17	21	20	23	23	24	26
70	18	16	20	20	23	23	24	26
71	19	17	21	21	23	23	24	26
72	18	16	20	20	23	23	23	26
73	18	17	21	20	23	23	24	26
74	18	16	20	20	22	23	23	26

RECOPILACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V3	V4						
MUESTRA	28/01/2014	29/01/2014	30/01/2014	31/01/2014	01/02/2014	02/02/2014	03/02/2014	04/02/2014
75	19	16	21	20	23	23	24	26
76	18	16	20	20	22	23	23	26
77	18	16	21	20	22	22	23	26
78	18	16	20	20	22	23	23	25
79	18	16	21	20	22	23	23	25
80	18	16	20	20	22	22	23	25
81	18	16	20	20	22	23	23	25
82	18	16	20	20	22	22	23	25
83	18	16	20	20	22	22	23	25
84	18	16	20	20	22	22	23	25
85	18	16	20	20	22	22	23	25
86	18	16	20	20	22	22	23	25
87	17	16	20	20	22	22	23	24
88	17	15	20	20	22	22	23	24
89	17	16	20	20	22	22	23	24
90	16	15	20	20	22	22	23	24
91	17	15	20	20	21	22	23	24
92	17	15	20	19	21	22	23	24
93	17	16	20	19	20	22	23	24
94	16	15	20	18	21	22	23	24
95	17	15	20	19	20	22	23	24
96	16	15	20	18	21	22	23	24
97	17	15	19	18	20	22	23	24
98	16	15	18	19	21	22	23	24
99	16	15	19	18	20	22	23	24
100	16	15	18	18	21	22	23	24
101	17	15	19	18	20	21	23	24
102	16	15	18	18	21	21	23	24
103	16	15	19	18	20	21	22	24
104	16	14	18	18	21	21	23	24
105	16	14	18	18	20	21	22	24
106	16	14	18	18	21	20	22	24
107	16	14	18	18	20	21	22	24
108	16	14	18	17	21	21	22	24
109	16	14	18	17	20	20	23	24
110	16	14	18	17	21	22	22	23
111	16	14	18	16	20	21	22	24

RECOPILACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V3	V4						
MUESTRA	28/01/2014	29/01/2014	30/01/2014	31/01/2014	01/02/2014	02/02/2014	03/02/2014	04/02/2014
112	16	14	18	17	21	20	22	23
113	16	14	17	16	20	21	22	24
114	16	14	16	17	20	20	22	23
115	16	14	17	16	20	21	22	23
116	15	13	16	17	20	20	22	23
117	16	14	17	16	20	21	22	23
118	16	13	16	16	20	20	22	23
119	16	13	17	17	20	21	22	23
120	15	14	16	16	20	20	22	23
121	16	13	17	16	20	21	22	23
122	15	13	16	16	20	20	22	23
123	15	14	16	16	20	21	21	23
124	15	13	16	16	20	20	21	23
125	15	13	16	16	20	21	21	23
126	15	13	16	16	20	20	21	23
127	15	13	16	16	20	21	21	23
128	15	13	16	16	20	20	20	23
129	15	13	16	16	20	21	21	23
130	15	13	16	16	20	20	20	23
131	15	13	16	16	20	21	21	23
132	15	13	16	16	20	20	20	22
133	15	13	16	15	20	20	21	23
134	15	13	16	16	20	20	20	23
135	15	13	16	15	20	20	21	22
136	15	13	15	15	20	20	20	23
137	15	12	15	15	20	20	21	22
138	15	12	15	15	19	20	20	22
139	15	12	15	15	18	20	21	22
140	15	13	15	15	19	20	20	22
141	14	13	15	15	18	20	21	22
142	14	12	15	15	19	20	20	22
143	14	12	15	15	18	20	21	22
144	14	12	15	15	18	20	20	22
145	14	12	15	15	19	20	20	22
146	14	12	15	15	18	20	20	22
147	14	12	15	15	18	20	20	22
148	14	12	14	15	18	20	20	22

RECOPILACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V3	V4						
MUESTRA	28/01/2014	29/01/2014	30/01/2014	31/01/2014	01/02/2014	02/02/2014	03/02/2014	04/02/2014
149	14	12	14	15	18	20	20	22
150	14	12	14	15	18	20	20	22
151	14	12	14	15	18	20	20	22
152	14	12	14	15	18	20	20	21
153	14	12	14	15	18	20	20	20
154	14	11	14	14	18	20	20	21
155	14	11	14	14	18	20	20	20
156	14	11	14	14	18	20	20	21
157	14	11	14	14	18	19	20	20
158	14	11	14	14	18	18	20	21
159	14	10	14	14	18	19	20	20
160	14	11	13	14	18	18	20	21
161	14	11	14	14	17	19	20	20
162	14	11	14	14	16	18	20	21
163	14	10	13	13	17	18	19	20
164	14	12	13	14	16	18	19	21
165	14	11	14	14	17	18	18	20
166	14	11	13	13	16	18	19	20
167	14	11	13	14	16	18	18	20
168	14	11	13	13	16	18	19	20
169	15	11	13	14	16	18	18	20
170	15	11	13	13	16	18	18	20
171	15	11	13	14	16	18	19	20
172	15	12	13	13	16	18	18	20
173	15	12	13	13	16	18	19	20
174	16	13	13	13	16	18	18	20
175	16	13	13	13	16	18	18	20
176	16	13	13	13	16	18	18	20
177	18	13	13	13	16	18	18	20
178	20	13	13	13	16	17	18	20
179	21	13	13	13	16	16	18	20
180	20	13	13	13	16	17	18	20
181	20	13	13	13	15	16	18	20
182	22	14	13	13	15	17	18	20
183	23	13	14	13	16	16	18	20
184	23	14	14	13	15	17	18	20
185	23	14	14	13	15	16	17	20

RECOPILACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V3	V4						
MUESTRA	28/01/2014	29/01/2014	30/01/2014	31/01/2014	01/02/2014	02/02/2014	03/02/2014	04/02/2014
186	22	14	14	13	15	16	16	20
187	22	14	14	13	15	16	17	19
188	21	14	14	12	15	16	16	19
189	20	14	15	13	15	16	17	18
190	21	14	15	12	15	16	16	19
191	20	14	16	13	15	16	17	19
192	20	14	15	12	15	16	16	18
193	20	15	15	13	15	16	17	18
194	20	15	15	13	15	16	16	19
195	21	15	16	13	15	16	16	18
196	20	15	16	13	15	16	16	18
197	21	15	16	13	15	16	16	18
198	20	15	16	13	14	16	16	18
199	21	15	16	13	14	16	16	18
200	20	16	16	13	14	16	16	18
201	21	16	17	14	14	16	16	18
202	21	16	16	14	14	16	16	18
203	22	16	17	14	14	15	16	18
204	23	16	17	14	14	15	16	18
205	24	16	17	14	14	15	16	18
206	21	19	17	14	14	15	16	18
207	22	19	17	14	14	15	16	18
208	24	18	18	14	14	15	16	18
209	22	18	19	14	14	15	16	18
210	22	19	19	14	15	15	16	18
211	21	18	19	14	15	15	16	17
212	22	19	19	14	15	15	15	16
213	24	19	19	14	15	15	15	17
214	24	19	19	15	15	15	15	16
215	22	21	19	16	15	15	15	17
216	23	22	19	16	15	15	15	16
217	23	25	19	16	16	15	15	17
218	26	28	19	16	16	15	15	16
219	27	31	20	16	16	15	15	16
220	26	31	21	16	16	15	15	16
221	27	33	20	16	16	15	15	16
222	25	34	21	16	16	15	15	16

RECOPILACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V3	V4						
MUESTRA	28/01/2014	29/01/2014	30/01/2014	31/01/2014	01/02/2014	02/02/2014	03/02/2014	04/02/2014
223	25	34	20	17	16	15	15	17
224	23	36	21	16	16	16	15	15
225	22	37	21	17	17	16	15	16
226	22	36	21	16	15	16	15	16
227	22	38	22	17	16	16	15	16
228	22	38	23	16	16	16	15	16
229	22	39	23	17	16	16	15	16
230	22	37	23	16	16	16	15	16
231	22	39	23	17	16	16	15	16
232	22	40	23	16	17	17	15	16
233	21	40	24	20	15	16	17	16
234	21	39	24	22	16	17	15	16
235	21	40	24	23	17	16	16	16
236	21	40	25	24	16	17	16	16
237	20	40	26	24	16	17	16	16
238	21	40	26	24	17	17	16	16
239	20	41	27	24	18	17	16	16
240	21	37	27	24	20	17	16	15
241	20	40	26	25	21	17	16	15
242	21	38	27	25	20	17	17	15
243	20	39	27	25	21	17	16	15
244	21	38	27	26	21	17	17	15
245	20	38	27	26	21	18	16	15
246	21	35	27	26	22	19	17	15
247	20	32	27	26	24	18	16	16
248	21	31	27	27	24	19	17	16
249	20	28	26	26	25	20	16	16
250	22	30	24	27	26	21	17	16
251	21	29	26	26	26	20	16	16
252	21	28	25	27	27	22	18	16
253	21	29	25	27	26	22	18	16
254	21	28	25	27	27	22	18	17
255	21	28	25	27	26	22	18	16
256	21	28	24	27	27	22	18	17
257	21	28	23	27	27	22	18	16
258	21	27	23	27	27	22	18	17
259	21	26	23	27	27	23	19	16

RECOPIACION DE DATOS DE TEMPERATURA (Continua...)

ETAPA	V3	V4						
MUESTRA	28/01/2014	29/01/2014	30/01/2014	31/01/2014	01/02/2014	02/02/2014	03/02/2014	04/02/2014
260	21	27	23	27	27	23	18	17
261	21	26	24	27	28	24	18	17
262	21	27	23	27	29	23	19	17
263	21	26	23	27	29	24	18	17
264	21	27	23	27	29	24	19	17
265	20	26	23	27	29	23	19	17
266	21	27	23	26	29	24	19	17
267	20	26	23	27	29	24	19	17
268	21	27	23	26	29	24	19	18
269	20	26	23	25	29	24	19	18
270	21	27	23	24	29	25	19	19
271	20	26	23	23	28	26	19	19
272	21	27	23	23	29	27	19	18
273	20	26	23	24	29	27	19	19
274	20	27	24	23	29	26	19	19