



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA**



**CONTROL AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO PARA
INVERNADEROS DE COMUNIDADES RURALES**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTA
JAVIER PÍO DÍAZ**

**ASESOR DE TESIS
MTRO. GALILEO CRISTIAN TINOCO SANTILLÁN**

MORELIA MICHOACÁN, MÉXICO, AGOSTO 2016

Agradecimientos

Un especial agradecimiento al Mtro. Galileo Cristian Tinoco Santillán por su valioso apoyo y orientación para la realización del presente proyecto.

Le agradezco su apoyo al Dr. Juan Anzurez Marín por su colaboración con la aportación documental para el desarrollo de este trabajo.

Mi más sincero agradecimiento a la C. Nancy Ruiz Hernández por las facilidades prestadas para la realización de la investigación de campo para la presente tesis.

Dedicatoria

A mi familia, a mis padres Consuelo Díaz Aguillón y Juan Joel Pío Ornelas por haber confiado en mí y haberme apoyado en este gran proyecto de vida que es mi carrera.

A mis hermanos, quienes confiaron en mí plenamente y me apoyaron de alguna u otra manera y por ser un claro ejemplo en mi familia.

A mi esposa Bárbara Trejo Ruiz por estar a mi lado en estos momentos para finalizar con este gran proyecto de vida y por tenerme paciencia para lograr terminar mi meta orientándome en esta tesis ya que ella también ha cumplido con tres carreras y es una guía en mi camino, ya que ella es mi motivación para continuar adelante .

A los ingenieros, José Gallegos Barragán y Juan Manuel Ortiz Aviña que me orientaron y auxiliaron cuando no comprendía algunas tareas, ellos me motivaban para seguir adelante con este gran proyecto de vida y a través de su apoyo me dieron trabajo para solventarme económicamente y seguir estudiando.

Al Dr. Antonio Ramos Paz Por haberme apoyado en la facultad al orientarme con las tareas y facilitarme los libros que necesitaba cuando no los podía conseguir, también por haberme liberado el servicio social y contactarme con la directora para poder conseguir empleo para seguir con mis estudios.

A la profesora, Georgina Flores Díaz por haberme brindado la confianza y la oportunidad de trabajar dándole mantenimiento a los edificios de la facultad y así poderme ayudar económicamente para concluir mis estudios.

A la Dra. Elisa Espinosa Juárez por la aprobación de los proyectos en la facultad que me permitieron continuar con mis estudios.

A la Facultad de Ingeniería Eléctrica, por ser la piedra donde afilamos nuestras espadas, por ser la proveedora de las herramientas que llevamos en nuestro maletín.

Resumen

En el presente trabajo de tesis se explica el control y automatización de la temperatura y humedad del suelo de un invernadero para el cultivo de jitomate en la rivera de los ríos en donde no hay energía eléctrica.

El control de la temperatura del ambiente del invernadero se basa en diversos aspectos de control como son la temperatura, el sistema de riego por goteo, el control de humedad de hidratación adecuada para el cultivo de jitomate, control de temperatura y control de almacenamiento de agua.

La automatización y control del invernadero será con un Controlador Lógico Programable (PLC), por medio de señales que serán canalizadas por decodificadores y sensores por transmisores que monitorearán la temperatura adecuada para el cultivo de los jitomates.

En esta tesis se utilizó un PLC y sensores adecuados para la medición de cada variable para así mejorar el desempeño del invernadero automatizado para el control de temperatura y humedad; para ello se utilizó la Teoría del razonamiento, la cual permite que estas dos variables interactúen entre sí en un solo control.

Este proyecto funcionará 100 por ciento con energía solar ya que contará con paneles solares y estos mismos cargarán un banco de baterías para que esté en funcionamiento las 24 horas del día y ésta permanezca almacenada para cuando se requiera y así suministrar la energía eléctrica que requerirá la bomba que utilizaremos para el suministro de agua que necesitaremos para almacenar en el contenedor de agua que servirá para regar el cultivo y también para alimentar a los sensores de temperatura y los ventiladores que extraerán el aire caliente que se genere dentro del invernadero cuando el sensor de temperatura nos indique la temperatura adecuado para el cultivo del jitomate. Este sistema será amigable para el ecosistema ya que se aprovechará la energía solar porque el lugar no cuenta con la línea de distribución de la compañía suministradora de energía eléctrica Comisión Federal de Electricidad (CFE). La inversión será mucho más rentable que llevar la energía de la CFE al lugar.

Contenido

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Resumen.....	iv
Contenido.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas	ix

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Objetivo.....	4
1.2.1. Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Metodología.....	7
1.5 Contenido de la tesis.....	8

Capítulo 2. Invernaderos

2.1 Historia de los invernaderos.....	9
2.2 Historia de los paneles solares.....	10
2.3 Tipos de controladores.....	12
2.3.1 Controlador lógico programable (PLC).....	12
2.4 Descripción del terreno.....	13
2.5 Energía solar.....	16
2.6 Efecto fotovoltaico.....	17
2.7 La radiación solar.....	17
2.7.1 La radiación ultravioleta.....	18
2.7.2 La atmósfera de la Tierra.....	18
2.7.3 Parámetro estandarizado.....	18
2.8 Riego por goteo.....	19
2.8.1 Desventajas del riego por goteo.....	19
2.9 El jitomate.....	20
2.9.1 Temperatura.....	20
2.9.2 Humedad.....	21
2.9.3 Luminosidad.....	21
2.9.4 Suelo.....	22
2.9.5 PH.....	23
2.9.6 Marcos de plantación.....	23
2.9.7 Región apical.....	23
2.10 Ubicación del terreno.....	24
2.10.1 Ubicación geográfica.....	24

2.10.2 Clima.....	25
2.10.3 Hidrografía.....	25
2.10.4 Uso de suelo y vegetación.....	25
2.11 Monitoreo de temperatura del año 2015 de la comunidad de “Las escobillas”	27
 Capítulo 3.Control automatizado de riego por goteo	
3.1 Análisis y propuesta del control automatizado de riego por goteo para invernaderos en comunidades rurales.....	32
3.2 Funcionamiento del invernadero.....	37
3.2.1 Sistema de riego	39
3.2.2 Diseño del nuevo invernadero automatizado.....	40
3.2.3 Control del sistema de bombeo y almacenamiento.....	40
3.2.4 Control del sistema de riego.....	41
3.2.5 Horario de riego.....	41
3.2.6 Instalación de panel solar.....	42
3.2.7 Placas solares fotovoltaicas: funcionamiento.....	43
3.2.8 Certificación de los paneles solares.....	44
3.2.9 Consideraciones prácticas.....	44
 Capítulo 4. Costes y viabilidad del proyecto	47
 Capítulo 5. Conclusión	55
 Referencias.....	56

Lista de Figuras

2.1 Estructura de un invernadero	9
2.2 Panel solar	10
2.3 Terreno para invernadero	13
2.4 Pozo de agua o noria	14
2.5 Dimensiones del invernadero	15
2.6. Prototipo de invernadero	16
2.7 Captación de la energía solar	16
2.8 Distribución espectral de la radiación solar en su longitud de onda corta y longitud de onda larga	18
2.9 Riego por goteo en campo	19
2.10 Riego por goteo en invernadero	20
2.11 Cultivo de jitomate en invernadero	20
2.12 Rayos de Sol captados por el invernadero	21
2.13 Iluminación artificial para el cultivo	22
2.14 Tipo de suelo para el cultivo	22
2.15 Diseño de plantación	23
2.16 Término adecuado para su cosecha	24
2.17 Ríos de la población	26
2.18 Vías de acceso	26
3.1 Cosecha de jitomate	32
3.2 Riego manual del cultivo	33
3.3 Planteamiento del invernadero	34
3.4 Territorio donde se pretende colocar el invernadero	35

3.5 Diseño del invernadero a instalar	35
3.6 Componentes del invernadero	36
3.7 Invernadero automatizado	37
3.8 Diagrama eléctrico del sistema de riego	38
3.9 Tanque de almacenamiento de agua	39
3.10 Diseño de estructura de metal para los tanques	40
3.11 Riego automatizado	41
3.12 Gráfica de voltaje respecto al tiempo	44
3.13 Otros usos de paneles solares	45
4.1 Ventilador a instalar	48
4.2 Bomba de agua a usar	49
4.3 Foco especial para invernadero	49
4.4 Electroválvula para riego	50
4.5 Temporizador para la iluminación y la electroválvula	50
4.6 Electronivel para la bomba de agua	51
4.7 Sensor de temperatura para los ventiladores	51
4.8 Representación de ahorro en pesos	53

Lista de tablas

4.1 Precios del equipo a instalar.....	47
4.2 Cargas a instalar en el proyecto (watts y kilowatts/hora).....	52
4.3 Cálculo de las cargas.....	52
4.4 Consumo de energía por día en kW/h.....	52
4.5 Consumo de energía en pesos.....	53
4.6 Cotización de celdas solares a instalar.....	54

ABSTRACT

In this thesis the control and automation of temperature and soil moisture of a greenhouse for growing tomatoes on the banks of rivers where no electricity is explained.

The temperature control of greenhouse environment is based on various control aspects such as temperature, the system drip irrigation, the humidity control adequate hydration for growing tomatoes, temperature control and control water storage.

Automation and control the greenhouse will be with a Programmable Logic Controller (PLC) by means of signals that will be channeled through decoders transmitters and sensors will monitor the proper temperature for growing tomatoes.

It used a PLC and suitable sensors in this thesis for the measurement of each variable to improve performance automated control greenhouse temperature and humidity; Theory of reasoning was used, which allows these two variables interact with each other in a single control.

This project will work 100 percent with solar energy since it will have solar panels and these same charge a battery bank so that it is operational 24 hours a day and it remains stored when required and thus provide electricity that will require pump use for supplying water need to be stored in the water container will serve to irrigate the crop and also to feed the temperature sensors and fans to extract the hot air is generated inside the greenhouse when the sensor temperature tell us the proper temperature for growing tomatoes.

This system will be friendly to the ecosystem because solar energy will be used because the place does not have the distribution line supplying power company Comision Federal de Electricidad (CFE). The investment will be much more profitable to carry the energy (CFE) to the place.

Resumen

En el presente trabajo de tesis se explica el control y automatización de la temperatura y humedad del suelo de un invernadero para el cultivo de jitomate en la rivera de los ríos en donde no hay energía eléctrica.

El control de la temperatura del ambiente del invernadero se basa en diversos aspectos de control como son la temperatura, el sistema de riego por goteo, el control de humedad de hidratación adecuada para el cultivo de jitomate, control de temperatura y control de almacenamiento de agua.

La automatización y control del invernadero será con un Controlador Lógico Programable (PLC), por medio de señales que serán canalizadas por decodificadores y sensores por transmisores que monitorearán la temperatura adecuada para el cultivo de los jitomates.

En esta tesis se utilizó un PLC y sensores adecuados para la medición de cada variable para así mejorar el desempeño del invernadero automatizado para el control de temperatura y humedad; para ello se utilizó la Teoría del razonamiento, la cual permite que estas dos variables interactúen entre sí en un solo control.

Este proyecto funcionará 100 por ciento con energía solar ya que contará con paneles solares y estos mismos cargarán un banco de baterías para que esté en funcionamiento las 24 horas del día y ésta permanezca almacenada para cuando se requiera y así suministrar la energía eléctrica que requerirá la bomba que utilizaremos para el suministro de agua que necesitaremos para almacenar en el contenedor de agua que servirá para regar el cultivo y también para alimentar a los sensores de temperatura y los ventiladores que extraerán el aire caliente que se genere dentro del invernadero cuando el sensor de temperatura nos indique la temperatura adecuado para el cultivo del jitomate. Este sistema será amigable para el ecosistema ya que se aprovechará la energía solar porque el lugar no cuenta con la línea de distribución de la compañía suministradora de energía eléctrica Comisión Federal de Electricidad (CFE). La inversión será mucho más rentable que llevar la energía de la CFE al lugar.

PALABRAS CLAVE

Invernadero, Temperatura, Hidratación, Decodificadores, Energía solar, Paneles solares

Contenido

Agradecimientos.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Resumen.....	iv

Contenido.....	v
Lista de figuras.....	viii
Lista de tablas	ix

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Objetivo.....	4
1.2.1. Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Metodología.....	7
1.5 Contenido de la tesis.....	8

Capítulo 2. Invernaderos

2.1 Historia de los invernaderos.....	9
2.2 Historia de los paneles solares.....	10
2.3 Tipos de controladores.....	12
2.3.1 Controlador lógico programable (PLC).....	12
2.4 Descripción del terreno.....	13
2.5 Energía solar.....	16

2.6 Efecto fotovoltaico.....	17
2.7 La radiación solar.....	17
2.7.1 La radiación ultravioleta.....	18
2.7.2 La atmósfera de la Tierra.....	18
2.7.3 Parámetro estandarizado.....	18
2.8 Riego por goteo.....	19
2.8.1 Desventajas del riego por goteo.....	19
2.9 El jitomate.....	20
2.9.1 Temperatura.....	20
2.9.2 Humedad.....	21
2.9.3 Luminosidad.....	21
2.9.4 Suelo.....	22
2.9.5 PH.....	23
2.9.6 Marcos de plantación.....	23
2.9.7 Región apical.....	23
2.10 Ubicación del terreno.....	24
2.10.1 Ubicación geográfica.....	24
2.10.2 Clima.....	25
2.10.3 Hidrografía.....	25
2.10.4 Uso de suelo y vegetación.....	25
2.11 Monitoreo de temperatura del año 2015 de la comunidad de “Las escobillas”.....	27

Capítulo 3. Control automatizado de riego por goteo

3.1 Análisis y propuesta del control automatizado de riego por goteo para invernaderos en comunidades rurales.....	32
3.2 Funcionamiento del invernadero.....	37
3.2.1 Sistema de riego	39
3.2.2 Diseño del nuevo invernadero automatizado.....	40

3.2.3 Control del sistema de bombeo y almacenamiento.....	40
3.2.4 Control del sistema de riego.....	41
3.2.5 Horario de riego.....	41
3.2.6 Instalación de panel solar.....	42
3.2.7 Placas solares fotovoltaicas: funcionamiento.....	43
3.2.8 Certificación de los paneles solares.....	44
3.2.9 Consideraciones prácticas.....	44
 Capítulo 4. Costes y viabilidad del proyecto	 47
 Capítulo 5. Conclusión	 55
 Referencias.....	 5
 Lista de Figuras	
2.1 Estructura de un invernadero	9
2.2 Panel solar	10
2.3 Terreno para invernadero	13
2.4 Pozo de agua o noria	14
2.5 Dimensiones del invernadero	15
2.6. Prototipo de invernadero	16
2.7 Captación de la energía solar	16
2.8 Distribución espectral de la radiación solar en su longitud de onda corta y longitud de onda larga	18
2.9 Riego por goteo en campo	19
2.10 Riego por goteo en invernadero	20

2.11 Cultivo de jitomate en invernadero	20
2.12 Rayos de Sol captados por el invernadero	21
2.13 Iluminación artificial para el cultivo	22
2.14 Tipo de suelo para el cultivo	22
2.15 Diseño de plantación	23
2.16 Término adecuado para su cosecha	24
2.17 Ríos de la población	26
2.18 Vías de acceso	26
3.1 Cosecha de jitomate	32
3.2 Riego manual del cultivo	33
3.3 Planteamiento del invernadero	34
3.4 Territorio donde se pretende colocar el invernadero	35
3.5 Diseño del invernadero a instalar	35
3.6 Componentes del invernadero	36
3.7 Invernadero automatizado	37
3.8 Diagrama eléctrico del sistema de riego	38
3.9 Tanque de almacenamiento de agua	39
3.10 Diseño de estructura de metal para los tanques	40
3.11 Riego automatizado	41
3.12 Gráfica de voltaje respecto al tiempo	44
3.13 Otros usos de paneles solares	45
4.1 Ventilador a instalar	48
4.2 Bomba de agua a usar	49
4.3 Foco especial para invernadero	49
4.4 Electroválvula para riego	50
4.5 Temporizador para la iluminación y la electroválvula	50
4.6 Electronivel para la bomba de agua	51
4.7 Sensor de temperatura para los ventiladores	51

4.8 Representación de ahorro en pesos	53
---------------------------------------	----

Lista de tablas

4.1 Precios del equipo a instalar.....	47
4.2 Cargas a instalar en el proyecto (watts y kilowatts/hora).....	52
4.3 Cálculo de las cargas.....	52
4.4 Consumo de energía por día en kW/h.....	52
4.5 Consumo de energía en pesos.....	53
4.6 Cotización de celdas solares a instalar.....	54

Capítulo 1

Introducción

En esta tesis se abordan los objetivos que se pretenden alcanzar, en el sistema de control y automatización de una bomba de agua para riego por goteo en donde será monitoreada la temperatura para el cultivo de jitomate en un invernadero estableciendo antecedentes de trabajos similares en el proceso de ambientación artificial en invernaderos con la utilización de paneles solares en su generación de energía eléctrica para su alimentación ya que en la actualidad hay mucha demanda de energía eléctrica en las zonas rurales para la siembra y el riego por bombeo y goteo.

Debido a ello utilizaremos paneles solares, ya que por medio de los rayos del Sol se obtiene también energía eléctrica, la cual es más barata y daña mucho menos el medio ambiente; además de que muy pocas personas utilizan este tipo de sistema eléctrico. Con este trabajo se requiere crear conciencia ambiental y a la vez informar de los beneficios de utilizar alternativas diferentes para la generación de energía eléctrica.

En el diseño de este invernadero se considerarán varios factores para cumplir con las especificaciones requeridas:

- Mantener la temperatura que se requiere
- Que sea de fácil operación
- Ahorro de agua
- Ahorro de electricidad
- Menor requerimiento de mano de obra

1.1 Antecedentes

Debido a las condiciones climáticas del calentamiento global y del efecto invernadero se ha modificado la producción del campo, ya que existen problemas como sequías e inundaciones y altas temperaturas que afectan la producción.

La energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza a la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos. Es una de las llamadas Energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como Energía limpia o Energía verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m^2 en la superficie terrestre. A esta potencia se le conoce como irradiancia.

Es evidentemente necesario que se busquen nuevas alternativas, tendientes a la producción orgánica y el uso de sistemas tecnificados como por ejemplo la que se utilizará mediante este invernadero en uno de los cultivos más rentables en la actualidad como es el jitomate en este caso, y así como el uso de celdas solares para su alimentación eléctrica aprovechando la luz solar, estando en función la tecnificación del invernadero que garantice los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados nacionales e internacionales.

Los invernaderos son estructuras cerradas cubiertas por materiales transparentes lo cual nos permite tener condiciones artificiales de microclima que es lo que necesitamos y con ello cultivar plantas fuera de época en condiciones óptimas.

Las ventajas son el ahorro de agua por riego, reducción del riesgo de catástrofes, se trabaja con más comodidad y seguridad, se obtiene un mayor número de cosechas por año y se logra un ahorro considerable de agua y electricidad.

En la actualidad existen muy pocos invernaderos con este tipo de sistemas automatizados y también energizados con paneles solares que producen la energía necesaria para el sistema que se pretende realizar.

1.2 Objetivo

Implementar un sistema de control electrónico para automatizar el invernadero, mediante un sistema de riego por goteo y monitoreo de temperatura del cultivo.

El riego por goteo suministra agua de manera lenta y uniforme a baja presión a través de mangueras de plástico instaladas dentro o cerca de la zona radicular de las plantas. Es una alternativa a los sistemas de riego por aspersores o surcos.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema electrónico de bajo costo que sirva de prototipo para la medición de la humedad y la temperatura, con el hardware que existe en el mercado.
- Implementar el hardware adecuado para monitorear y ajustar las variables de control del invernadero.
- Diseño y especificación de un sistema de control para el invernadero que garantice una mejor calidad y productividad, el cual se perfilará como un prototipo de bajo costo que sea adaptable a los requerimientos del campo y sea una opción para los campesinos y sus cultivos para lograr la optimización técnica y económica del proyecto.
- En el diseño de este prototipo de invernadero se considerarán cuatro factores para cumplir con las condiciones requeridas:
 - Mantener la temperatura y condiciones de humedad adecuadas.
 - Fácil interfaz con el usuario.
 - Bajo costo de materiales.
 - Los materiales para su construcción deben ser resistentes al uso.

1.3. Justificación

En la actualidad se cuenta con muy pocos ejemplos de invernaderos con paneles solares para un sistema de riego por goteo, un ejemplo es la utilización de los rayos UV que se aprovechan para la generación de energía eléctrica ya que estos se utilizan en casas, industria, en vehículos etc. Estos paneles que vamos a utilizar abastecerán 100 por ciento de la energía eléctrica que se va a consumir en el invernadero, tanto para la bomba como para los extractores de calor.

En este caso se utilizarán paneles solares donde la energía eléctrica no llega por parte de la compañía suministradora (CFE) ya que es muy costosa llegar hasta las zonas más despobladas con poca demanda y se cuenta con bajo presupuesto para suministrar energía con líneas de transmisión hasta esos lugares, estos utilizan plantas generadoras de electricidad a través de consumo de diésel o gasolina para bombear el agua desde pozos profundos para sus necesidades de riego de sus cultivos y alimentar sus viviendas, entre otras actividades.

Ya que en la actualidad hay una gran variación de temperaturas extremas, con el invernadero se mantendrá una temperatura constante con lo cual el cultivo permanecerá con la temperatura que necesita para su desarrollo, el invernadero se mantendrá en constante monitoreo sin necesidad de supervisión constante.

En el actual sistema de producción existen factores limitantes como son: el agua, la luminosidad, la temperatura, la humedad, la cantidad de personal y la concentración de dióxido de carbono y oxígeno; para lo cual es necesario establecer este nuevo sistema de suministro de energía eléctrica con paneles solares.

Para los campesinos es primordial satisfacer las expectativas de los compradores, para esto es necesario poseer un excelente cultivo de jitomates aplicando cualquier tipo de herramientas que permitan mejorar el proceso de los cultivos, por eso los cultivos tienen un proceso de calidad mayor, siendo de vital importancia su cuidado.

Los invernaderos son usados para mejorar la productividad y la calidad de los cultivos. Este invernadero contará con las condiciones básicas para controlar riego por goteo, la humedad y la temperatura de manera automatizada, lo cual permitirá optimizar la producción, además de ahorrar costos y mano de obra.

1.4 Metodología

Se realizó una investigación de campo sobre la problemática que existe para llevar el agua hasta donde será construido el invernadero, la dificultad de suministrar la energía eléctrica, las condiciones climatológicas que se encuentran en ese lugar. Todas las ventajas citadas se hacen evidentes si el diseño y la construcción del invernadero se realizan correctamente para diseñar los sensores de temperatura, controlar el suministro de agua por goteo necesaria, y que los paneles solares sean los adecuados para el suministro de energía eléctrica. Para ello en este tema se tratan todos los aspectos relacionados con los fundamentos técnicos necesarios para llevar a cabo tal operación y tener una humedad óptima y una temperatura controlada.

Además se investigaron artículos en Internet y trabajos previos para obtener información, conocer fórmulas y obtener datos necesarios para la realización de este proyecto.

1.5 Contenido de la tesis

En el Capítulo 1 se describen los objetivos que se pretenden alcanzar con el sistema de control y automatización de una bomba de agua para riego por goteo, donde será monitoreada la temperatura para el cultivo de jitomate en un invernadero.

En el Capítulo 2 se aborda la historia y los antecedentes de los invernaderos, paneles solares y el terreno a utilizar para el invernadero así como para el jitomate.

En el Capítulo 3 se explican los detalles del lugar donde se hará el proyecto así como los procesos de la automatización del sistema de riego y control de temperatura.

En el Capítulo 4 se muestran a detalle los cálculos tanto de consumo de energía como del costo-beneficio de la inversión del presente proyecto.

En el Capítulo 5 se presentan las conclusiones obtenidas del trabajo de tesis.

Capítulo 2

Invernaderos

2.1. Historia de los invernaderos

Los primeros invernaderos de horticultura fueron holandeses y se construyeron alrededor de 1850 para el cultivo de uvas. Se descubrió que el cultivo en invernaderos con calefacción y con el más alto nivel de cristal incrementaba el rendimiento. Las plantas crecían con mayor rapidez cuando se les daba más luz y el entorno cálido era constante. Esto permitió que en los Países Bajos se pudieran cultivar productos que solamente se podían cultivar en países cálidos.



Figura 2.1 Estructura de invernadero.

Las tormentas de 1972 y 1973 fueron la razón de llevar a cabo investigaciones científicas técnicas y sistemáticas en la construcción de invernaderos. Conjuntamente con pioneros de la industria y comercio, se redactó la primera normativa para la construcción neerlandesa de invernaderos y así se logra dar comienzo a la implementación de invernaderos por todos los continentes del mundo.

2.2. Historia de los paneles solares

El término fotovoltaico proviene del griego *phos*, que significa “luz” y *voltaico*, que proviene de la electricidad, en honor al científico italiano Alejandro Volta, (que también proporciona el término *voltio* a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de Medidas). El término fotovoltaico comenzó a usarse en Inglaterra desde el año 1849. El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construye hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts, quién recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme.

Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de sólo 1 por ciento. Russel Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado con anterioridad un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles.



Figura 2.2 Panel solar.

La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los Laboratorios Bell descubrieron de manera accidental que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz. Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de aproximadamente 6 por ciento. Los primeros paneles solares útiles fueron inventados en los laboratorios Bell en 1954. Primero utilizados mayormente para naves espaciales y satélites, los paneles solares ahora se utilizan para muchas aplicaciones, incluyendo la alimentación eléctrica de los hogares. Los avances en la producción de la silicona, el

material utilizado para 'dopar' al semiconductor, aumentando la absorción y las técnicas antirreflectoras y demás han llevado a aumentar su eficiencia.

2.3 Tipos de Controladores

Existen varios tipos de controladores, con los cuales se puede automatizar un sistema. Algunos de éstos son: Controlador Lógico Programable (PLC), Procesador Digital de Señales (DSP) y el Microprocesador de Circuitos Integrados Programables (PIC), entre otros.

2.3.1. Controlador Lógico Programable (PLC)

EL PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones, las cuales implementan funciones específicas, tales como lógicas secuenciales, temporización, conteo y para controlar a través de módulos de entrada/salida digitales y analógicos para varios tipos de máquinas o procesos. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos básicos, sin previos conocimientos sobre informática.

Posee unas terminales de salida a las que se les conectarán bobinas de contractores, electro-válvulas, lámparas etc.

- La orientación y el diseño del invernadero han de reunir características tales que le permitan recibir la mayor radiación solar posible y que se produzca una renovación del aire satisfactoria, especialmente durante las épocas del año en que estos aspectos son más necesarios: solar en invierno y ventilación en verano.

2.4 Descripción del terreno

El terreno donde se instalará el invernadero automatizado cuenta con 2,100 m² de los cuales sólo utilizaremos 1,000 m² para la construcción del invernadero para el cultivo de los jitomates.



Figura 2.3 Terreno para invernadero.

Siendo las aportaciones económicas del productor donde se tiene proyectado instalar dicha nave y la cual cuenta con los recursos suficientes para su instalación, que es pozo de agua, suelo fértil, maquinaria, sin existencia del recurso de energía eléctrica que se requiere para los aparatos electrónicos que se instalarán para el monitoreo de la temperatura, sistema de riego y su iluminación, es por eso que se instalarán los paneles solares (celdas solares) para abastecer el consumo de electricidad requerido para el funcionamiento del invernadero.



Figura 2.4 Pozo de agua o noria.

El invernadero que se propone construir es comúnmente tipo asimétrico para cultivos de jitomate. Una de las ventajas de este modelo es que con él se obtiene mayor captación de radiación solar en los meses de menor incidencia, aumento de la temperatura, ventilación estática o sotavento de alta eficiencia para la adecuación y manejo del clima interior del invernadero, tiene buena escorrentía a la lluvia. La altura de la canaleta de 3 metros, le proporciona una adecuada ventilación para climas cálidos. El ancho es de 20 metros por un largo de 50 metros, dando un área de 1000 m^2

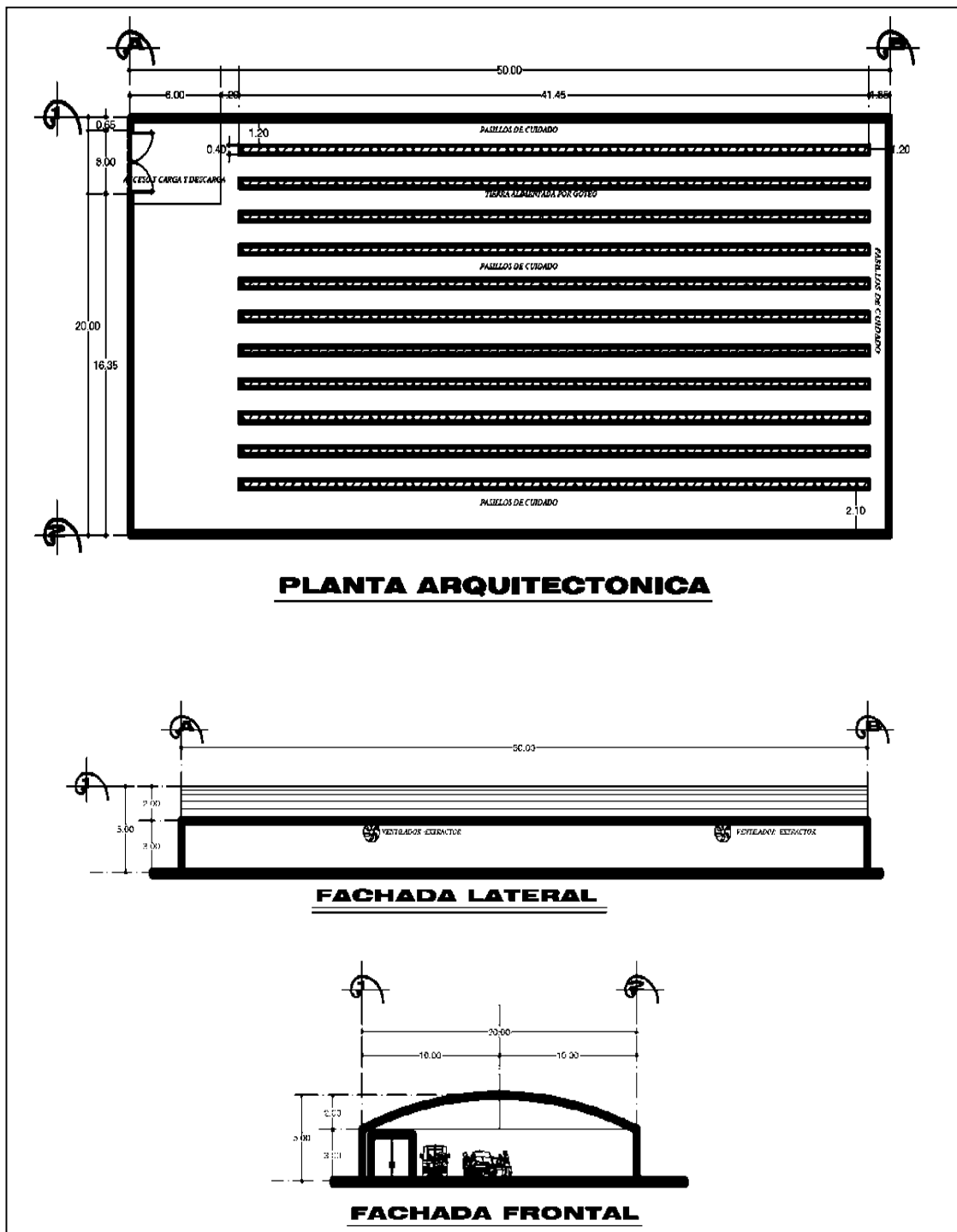


Figura 2.5 Dimensiones del invernadero.

Este tipo de estructuras están garantizados para vientos de 130 km/h y carga de cultivo de 70 kg/m², además contará con una serie de ventiladores para extraer el calor, plástico de luz difusa, térmico y de alta resistencia a rupturas con maya de alta calidad.



Figura 2.6 Prototipo de invernadero.

2.5 Energía solar

La energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, a esto le llamamos energías renovables y pertenece al grupo no contaminante, mejor conocida como Energía limpia o verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día y ésta puede asumir una buena radiación cuyo valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre; a ésta potencia se le conoce como irradiancia.



Figura 2.7 Captación de la energía solar.

La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de $1,354 \text{ W/m}^2$ (que corresponde a un valor máximo de $1,392 \text{ W/m}^2$ y un valor mínimo de 1308 W/m^2).

2.6 Efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones o partículas energéticas.

Estos fotones son diferentes energías correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV pueden ser reflejados o absorbidos, y únicamente los fotones absorbidos generan electricidad.

Las partes más importantes de la célula solar son las capas semiconductoras ya que es donde se crea la corriente de electrones, estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentes dopadas (tipo P y tipo N) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra. Cuando la luz solar incide a la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica.

Las células FV convierten la energía de la luz en energía eléctrica, éstas normalmente son de 12 o 24 volts. Después se conecta un convertidor de Corriente Directa (DC) a Corriente Alterna (CA) que nos va a dar un voltaje de 127V CA y la corriente adecuada de 8A.

2.7 La radiación solar

Se le conoce como radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol.

La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. Las ondas ultravioleta, más cortas son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que emite la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia.

Que mide la energía por unidad de tiempo y área que alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m^2 (Vatio por metro cuadrado).

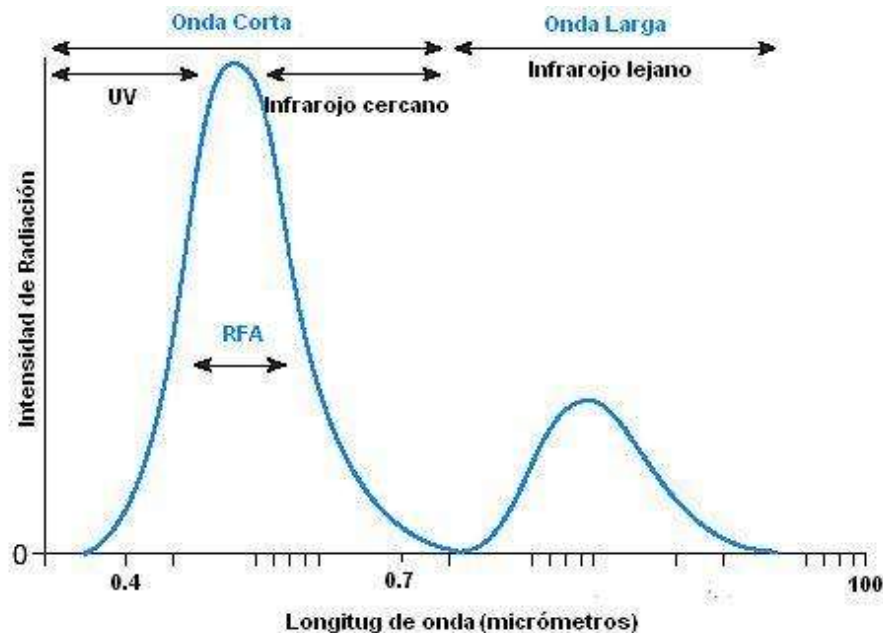


Figura 2.8 Distribución espectral de la radiación solar en su longitud de onda corta y longitud de onda larga

2.7.1 La radiación ultravioleta u ondas cortas iría desde 1500Å a los 4000Å y la radiación infrarroja u ondas largas desde 0.74 micras a 4 micras.

2.7.2 La atmósfera de la Tierra constituye un filtro que hace inobservables las radiaciones de longitud de onda inferior a las 0.29 micras por la fuente de absorción del ozono y oxígeno, ellos nos libran de la radiación ultravioleta más peligrosa para la salud.

2.7.3 Parámetro estandarizado para clasificar su potencia, se denomina potencia pico y corresponde a la máxima potencia que el módulo puede entregar bajo condiciones

estandarizadas que son; radiación de 1000 W/m^2 , temperatura de célula de 25°C (no temperatura ambiente).

2.8 Riego por goteo

El riego por goteo puede reducir el uso de agua. Un sistema de riego por goteo bien diseñado pierde muy poca agua porque hay muy poco escurrimiento, evaporación o perculación profunda en suelo limoso, con este tipo de riego hay menos contacto del agua con el follaje, los tallos y los frutos. No es necesario aplicar un exceso de agua a ciertas áreas del campo para que otras reciban suficiente agua.



Figura 2.9 Riego por goteo en campo.

Los agricultores y profesionales a menudo hablan del Riego por Goteo Sub-superficial (RGS), si la manguera o cinta de riego está instalada bajo la superficie del suelo, hay menos riesgo de daño por los rayos UV. Se han observado aumentos en rendimiento y calidad de jitomate y otros cultivos.

2.8.1 desventaja del riego por goteo. Por lo general, la instalación de un sistema de riego por goteo cuesta bastante dinero.



Figura 2.10 Riego por goteo en invernadero.

2.9 El jitomate

El jitomate pertenece a la familia de las solanáceas y la parte comestible es el ovario o fruto maduro de coloración roja, que se puede consumir en fresco o procesado. La variedad de jitomate tipo Saladete semiovalado de 10 a 230 grs.

El jitomate es un producto hortícola de mucha demanda en la industria gastronómica con propiedades medicinales y antioxidantes.



Figura 2.11 Cultivo de jitomate en invernadero.

2.9.1 Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20°C y 30°C durante el día y entre 10°C y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30°C-35°C afectan a la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del

sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12°C-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

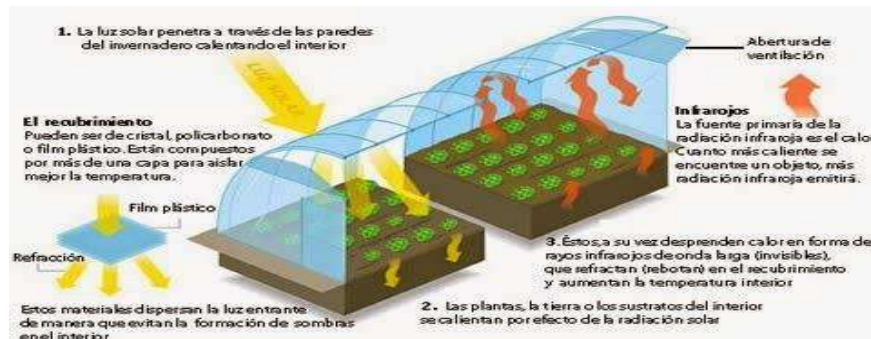


Figura 2.12 Rayos de Sol captados por el invernadero.

A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas.

No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos.

2.9.2 Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre 60 y 80 por ciento. También una humedad relativamente baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

2.9.3 Luminosidad

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el periodo vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad.



Figura 2.13 Iluminación artificial para el cultivo.

2.9.4 Suelo

La planta de jitomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcilloso-enarenados.



Figura 2.14 Tipo de suelo para el cultivo.

2.9.5 PH

En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego.

2.9.6 Marcos de plantación

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada.

- Diseño de plantación: distancia entre plantas de 50 centímetros, distancia entre surcos 120 centímetros, la siembra es de una planta por mata.
- Superficie: una hectárea en invernadero.



Figura 2.15 Diseño de plantación.

2.9.7 Región apical

En la región de tierra caliente los frutos de jitomate alcanzan su estado verde maduro entre los 60-90 días dependiendo del cultivo.



Figura 2.16 Termino adecuado para su cosecha.

2.10 Ubicación del terreno

La localidad Las Escobillas está situada en el municipio Ario de Rosales (en el estado de Michoacán de Ocampo). Tiene 278 habitantes. Las Escobillas está a 2000 metros de altitud.

En la localidad hay 141 hombres y 137 mujeres. La relación mujeres/hombres es de 0.972. El ratio de fecundidad de la población femenina es de 3.71 hijos por mujer. El porcentaje de analfabetismo entre los adultos es de 12.59 por ciento (11.35 por ciento en los hombres y 13.87 por ciento en las mujeres) y el grado de escolaridad es de 4.61 (4.75 en hombres y 4.46 en mujeres).

En Las Escobillas 0.36 por ciento de los adultos habla alguna lengua indígena. En la localidad se encuentran 65 viviendas, de las cuales 0.72 por ciento disponen de una computadora.

2.10.1 Ubicación geográfica

Coordenadas: Entre los paralelos 18°56' y 19°19' de latitud norte; los meridianos 101°33' y 101°52' de longitud oeste; altitud entre 700 m y 2 600 m.

Colindancias: Al Norte con los municipios de Taretan, Salvador Escalante y Tacámbaro; al Este con los municipios de Tacámbaro y Turicato; al Sur con los municipios de Turicato y La Huacana.

2.10.2 Clima

Rango de Temperatura: 14-26°C

Rango de precipitación: 800 mm-1,300 mm.

Clima: Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (31.84%); templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (25.88%); semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (20.73%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (16.76%) y cálido subhúmedo, con lluvias en verano, de humedad media (4.79%).

2.10.3 Hidrografía

Región Hidrológica: Balsas (100%)

Cuenca: R. Tepalcatepec-Infiernillo (87.88%) y R. Tacámbaro (12.12%)

Subcuenca: R. La Parota (50.08%), P. El Zapote (36.00%), R. Tacámbaro (12.12%)

Corrientes de agua: Perennes: Araparicuaro, Cañafistola, Contembo, Grande, La Barra, Tzinzongo, Curindales, El Caimán, Guarimeo, La Huacana, Las Mojaras, San Cayetano, San José, Turirán y Yerbabuena Intermitentes; La Laja, Las Tinajas, San José, Aramutaro, El Capulín, El Manzanillo y El Moral.

2.10.4 Uso del suelo y vegetación

Uso del suelo: Agricultura (46.18%) y Zona urbana (0.95%).

Vegetación: Bosque (42.16%), Selva (5.34%) y Pastizal (5.23%).



Figura 2.17 Ríos de la población.

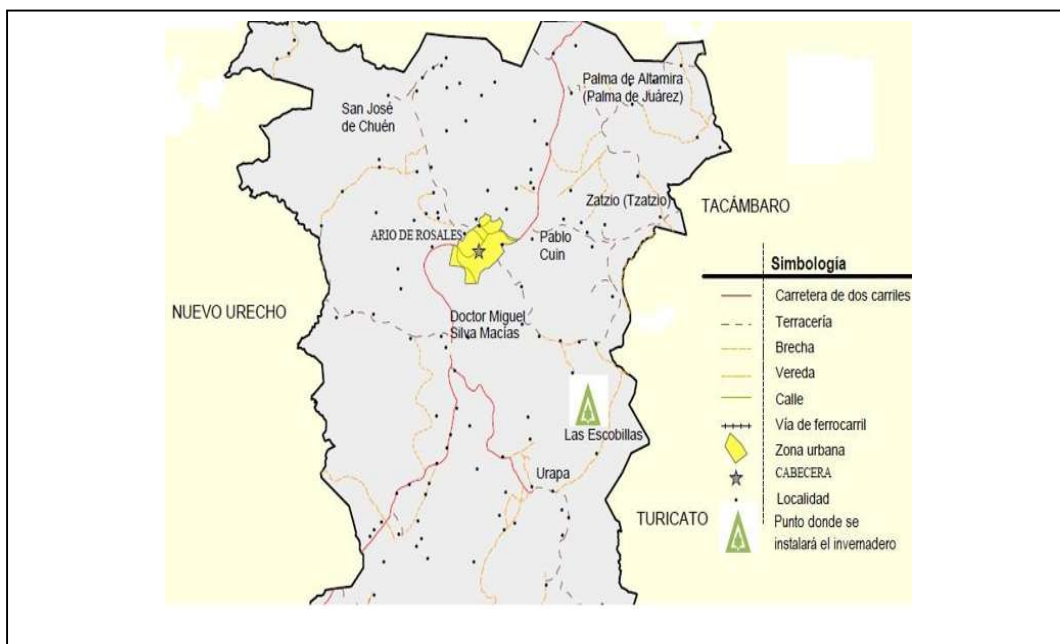


Figura 2.18 Vías de acceso.

2.11 Monitoreo de temperatura del año 2015 de la comunidad Las Escobillas

A continuación se muestran las lecturas de temperatura de cada mes del año 2015.

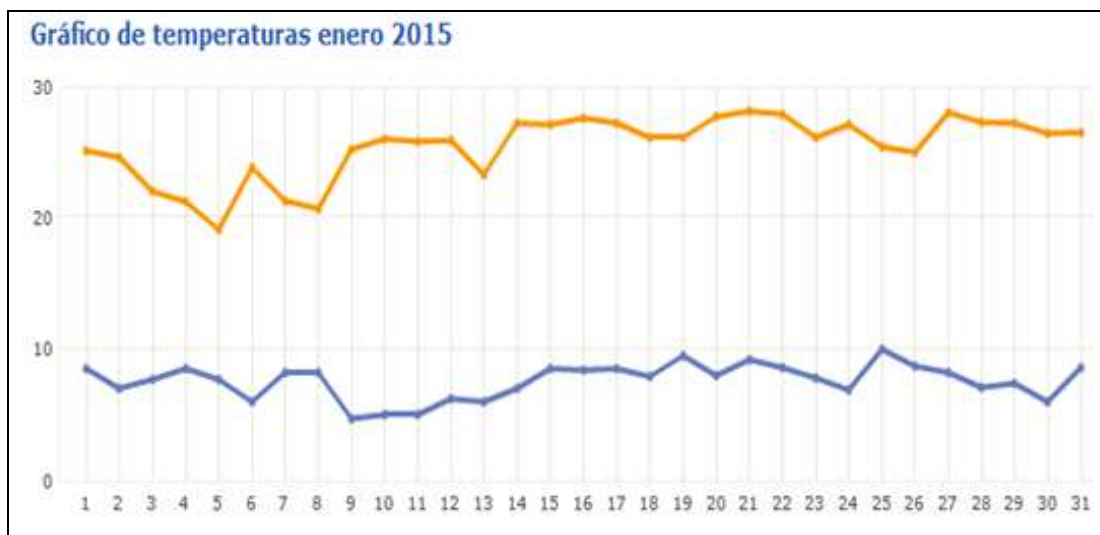


Gráfico de temperaturas marzo 2015

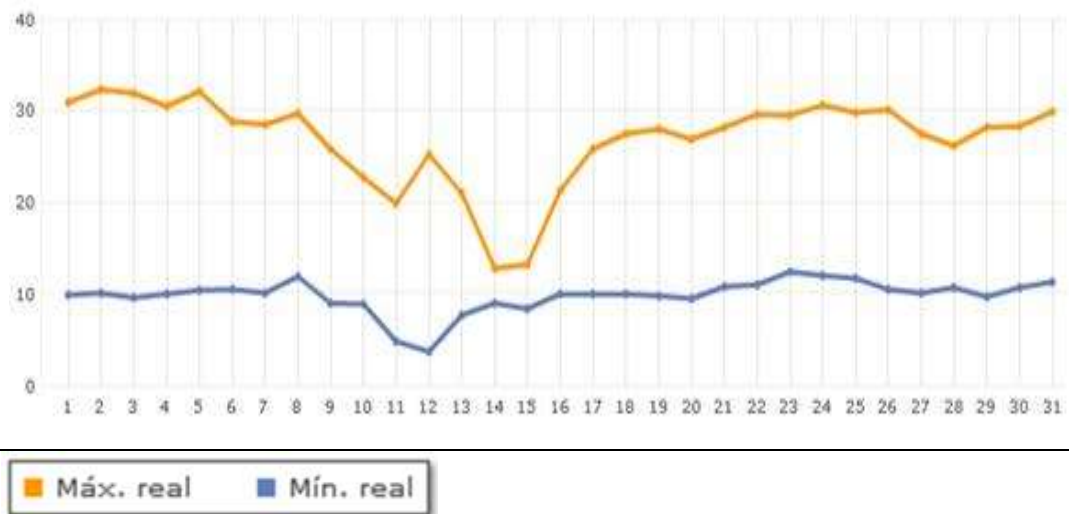


Gráfico de temperaturas abril 2015

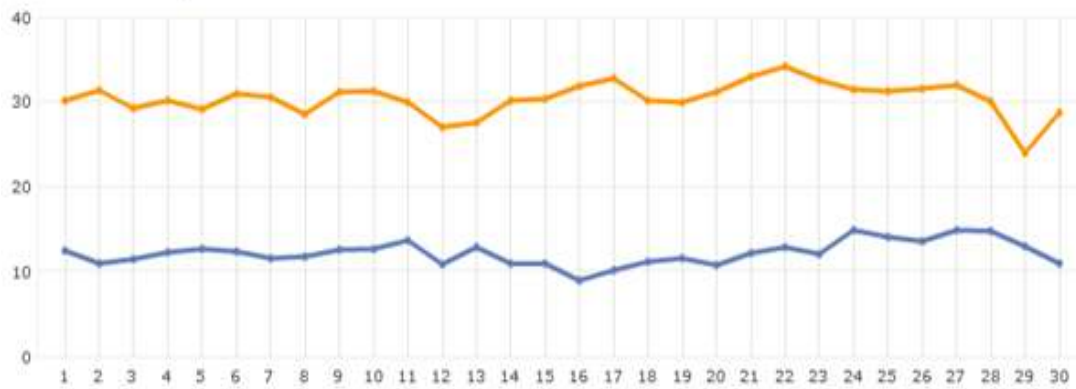


Gráfico de temperaturas mayo 2015

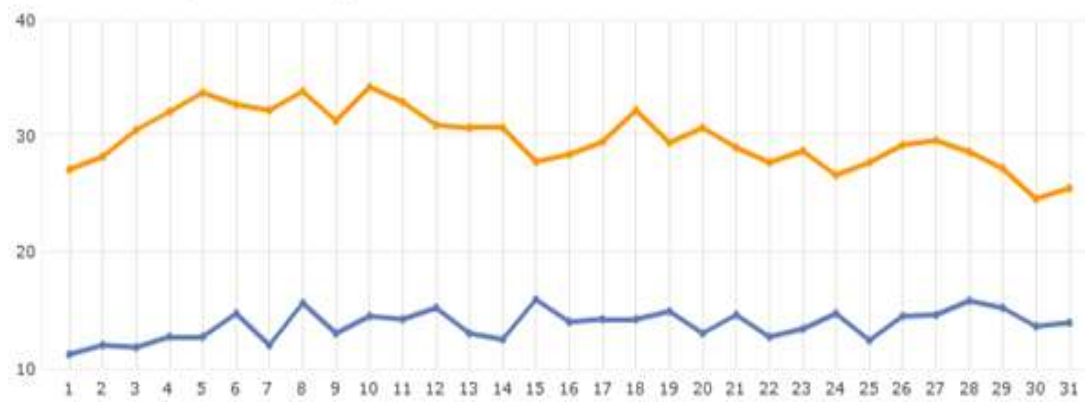
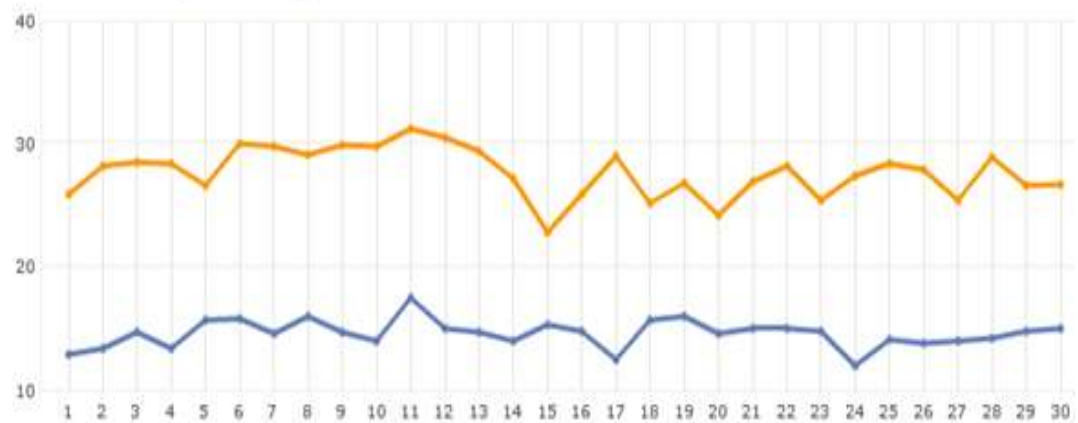


Gráfico de temperaturas junio 2015



■ Máx. real
 ■ Mín. real

Gráfico de temperaturas julio 2015

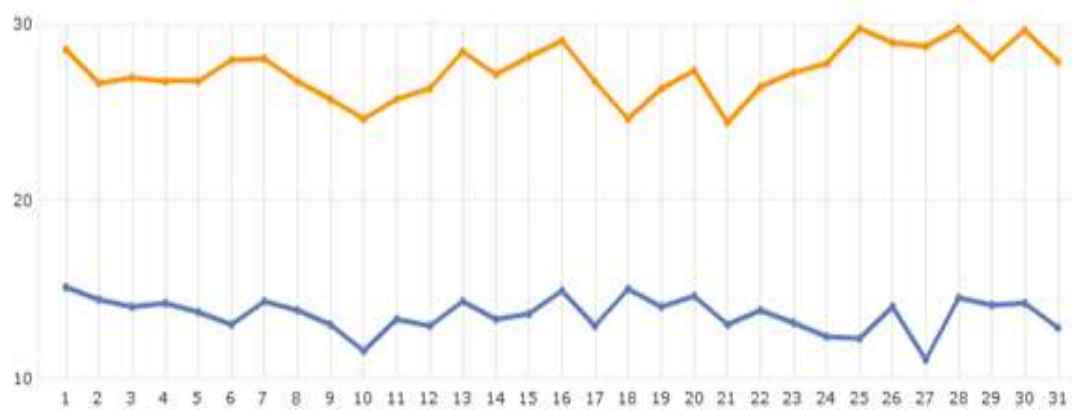


Gráfico de temperaturas agosto 2015

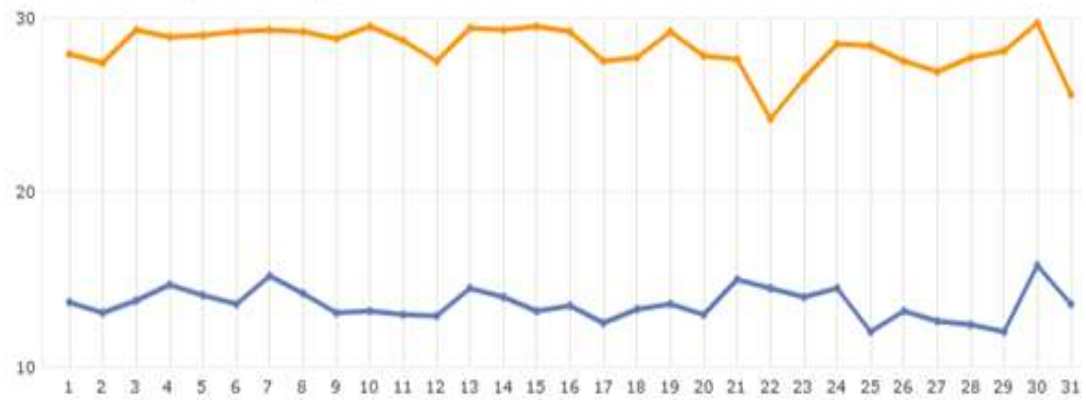
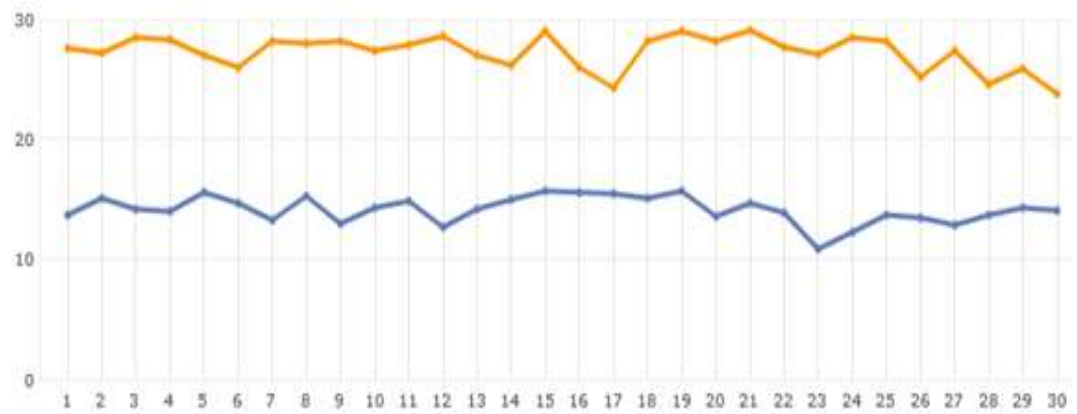


Gráfico de temperaturas septiembre 2015



■ Máx. real
 ■ Mín. real

Gráfico de temperaturas octubre 2015

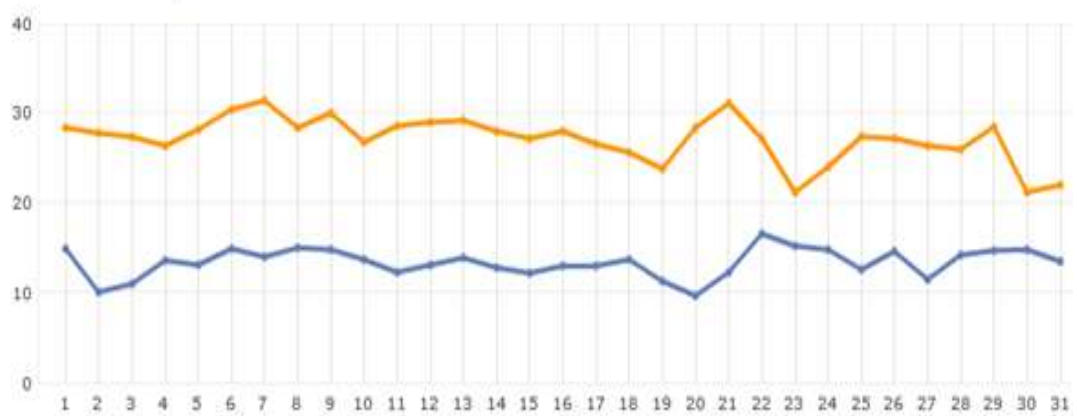


Gráfico de temperaturas noviembre 2015

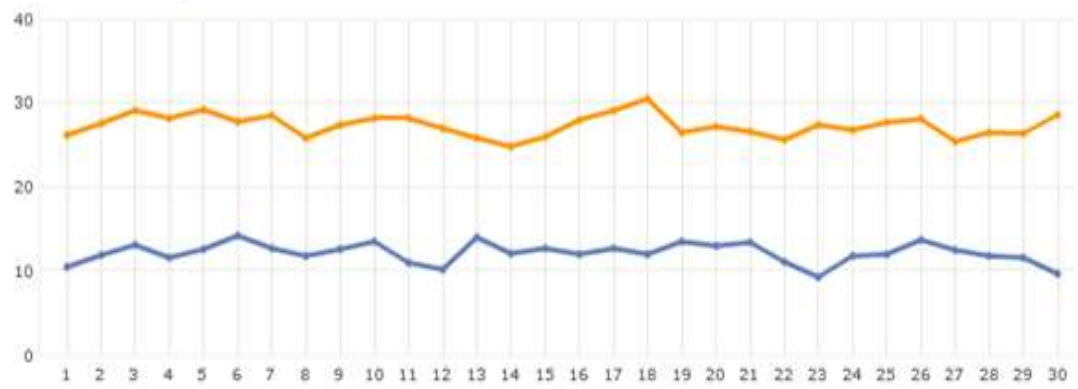
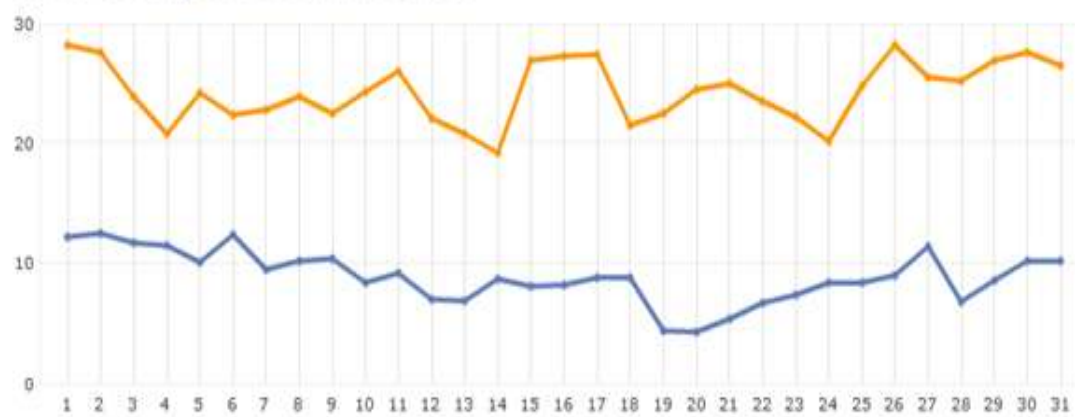


Gráfico de temperaturas diciembre 2015



■ Máx. real
 ■ Mín. real

Capítulo 3

Control automatizado de riego por gotéo

3.1 Análisis y propuesta del control automatizado de riego por goteo para invernaderos de comunidades rurales

Se tiene un terreno de 2100 m², del cual se utilizarán para cultivar los jitomates nada más 1000 m². La productividad promedio es de 1000 kilos mensuales; teniendo en cuenta que se requieren tres meses para el crecimiento de la mata y los siguientes tres meses para su cosecha, lo cual da como resultado una producción anual de 6000 kilos. Esta cantidad será la aproximada si el kilo de jitomate cuesta entre **22 y 25 pesos**, entonces se obtiene la cantidad de 138 mil pesos anuales.



Figura 3.1 Cosecha de jitomate.

Cabe mencionar que donde se tiene proyectado instalar dicha nave cuenta con los recursos suficientes como son pozo de agua y suelo fértil, pero no con energía eléctrica que es necesaria para la instalación del sistema automatizado de riego, maquinaria y equipos electrónicos de medición. Es por ello, que se instalará una serie de paneles solares.

Los empleados del cultivo, quienes según la experiencia y conocimientos toman las decisiones respecto a los ajustes que sean necesarios a realizar, es decir, realizan las tareas manualmente, como es el riego. En este punto se basa la trascendencia de la propuesta, pues se automatizarían todos estos procesos, prescindiendo de la mayoría de la mano de obra.



Figura 3.2 Riego manual del cultivo.

La estructura del invernadero sería de acero galvanizado, todos sus componentes 100 por ciento desarmables para una fácil, rápida y económica instalación. Estos invernaderos siempre van orientados en la exposición este-oeste, en la cubierta de la techumbre, presenta una mayor superficie de exposición solar y menos pendiente en la cara sur que en la norte. La inclinación o pendiente de la cara sur debe ser lo más aproximado para que la incidencia de los rayos solares al medio día se acerquen a la perpendicular en los meses de diciembre y enero, y para conseguirlo debe formar un ángulo formado en la cara sur cercano a 8° - 10° a la cara sur y entre 18° y 30° en la cara norte.



Figura 3.3 Planteamiento del invernadero.



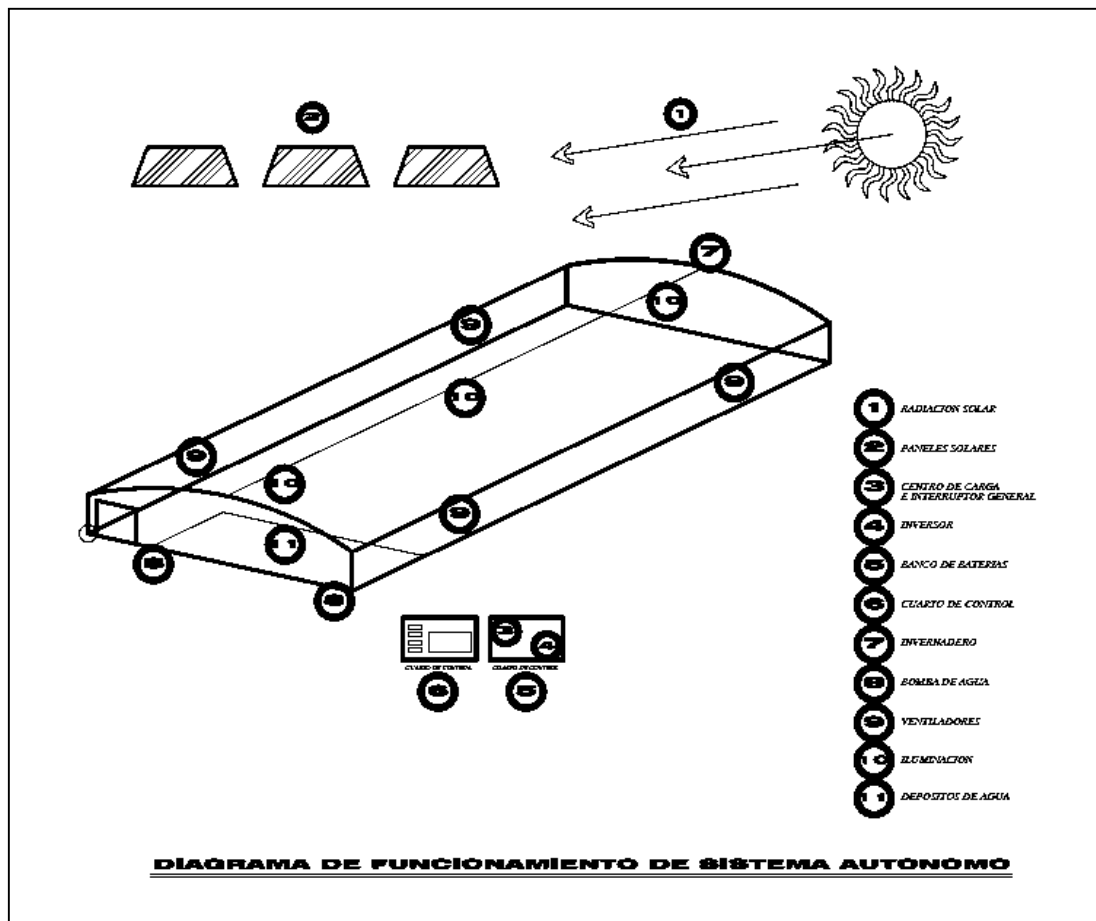
Figura 3.4 Territorio donde se planea colocar el invernadero.



Figura 3.5 Diseño de invernadero a instalar.

3.2 Funcionamiento del invernadero

Un panel solar es capaz de convertir energía solar a energía eléctrica obtenida mediante otro tipo de fuentes de energía primaria, en energía eléctrica. Podemos considerar en el siguiente diagrama básico el funcionamiento de automatización de un invernadero alimentado con energía eléctrica de paneles solares, como se muestra en la siguiente figura.



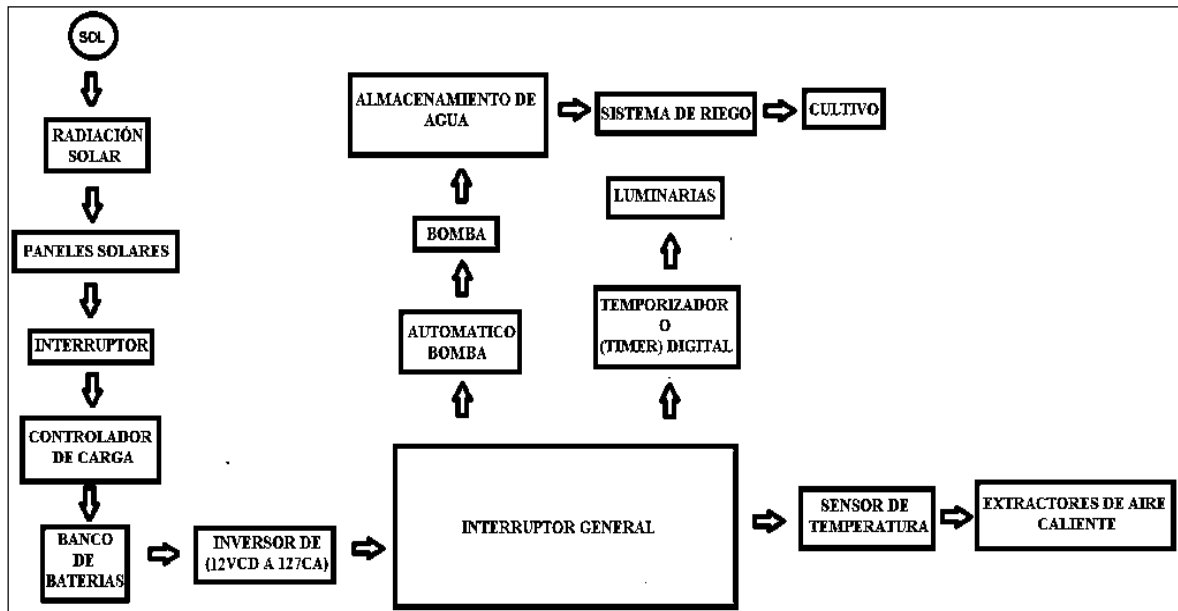


Figura 3.8 Diagrama eléctrico del sistema de riego.

El sistema automatizado de riego funcionará de la siguiente manera: Aprovecharemos la energía solar que es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, ya que la potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Recordando que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia.

Después obtendremos el efecto fotovoltaico (FV) que es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad, la cual está compuesta por fotones, o partículas energéticas, que llegaran hasta los paneles solares o celdas solares como las conocemos comúnmente, los cuales estarán protegidos por medio de un interruptor para cualquier corto circuito o descarga eléctrica no deseada, estará conectado hacia un inversor de voltaje del cual la entrada es de 12VCD y a la salida nos dará un voltaje de 127VCA, que es el que necesitamos para que funcione nuestro sistema de

control, por lo cual también tendremos conectado un banco de baterías para almacenar la energía que sea necesaria para cuando los rayos del Sol no incidan de manera adecuada y no se genere la suficiente energía. También tendrá un interruptor general de suficiente amperaje, al cual se conectarán todos los componentes como son el automático que hará funcionar la bomba para el suministro del agua para su almacenamiento, el sistema de riego de cultivo será por gravedad además tendrá un sensor de temperatura para que funcionen los extractores de aire caliente y lleguen a 30°C y se apaguen cuando disminuya a 23°C y así mantener la temperatura adecuada del invernadero que debe de ser del cultivo y este en adecuadas condiciones, en dicho interruptor general se conectará otro timer para controlar las luminarias que se encontrarán dentro del invernadero.

3.2.1 Sistema de riego

Contará con seis tanques de almacenamiento de agua con capacidad de 1,100 litros cada uno para su riego, tiene una tubería 1-1.5 plg que alimenta los tanques en serie que proviene desde el pozo de agua hasta la bomba que va a los tanques.



Figura 3.9 Tanque de almacenamiento de agua.

La bomba de extracción de agua es de la capacidad de 1.5 HP monofásica con alimentación a 127VCA, la que será conectada al automático que las cuales activan o desactivan el funcionamiento de la bomba para llenar los contenedores en donde se tiene una tubería de 1 plg que conecta al sistema de riego por goteo.

3.2.2 Diseño del nuevo invernadero automatizado

Se propone una nueva estructura del invernadero, disponiendo el área total del terreno ya que se pretende controlar y automatizar cada una de las variables involucradas en el proceso que son flujo, nivel y temperatura así como la automatización del control de la bomba, los extractores de calor, luces, alarmas y control del sistema de riego.

Se plantea de manera específica el desarrollo del control de las variables ya mencionadas utilizando sensores para cada una de ellas.

El control y automatización de temperatura e iluminación del invernadero, permitirá la simulación del ecosistema natural de las plantas y también la hidratación adecuada según el tipo de cultivo. Así mismo se realiza el control del sistema de riego, el control de nivel de almacenamiento del agua en los tanques.

3.2.3 Control del sistema de bombeo y almacenamiento

Para el sistema de bombeo se necesita controlar el arranque y paro de la bomba de succión de agua, el control será establecido por medio de un electronivel que detecte los dos niveles 'vacío' y 'lleno', al detectar el estado 'vacío' encenderá la bomba y al detectar estado 'lleno' desactivará la bomba, colocados en una base de 5.0 m del nivel del piso por 9 m de largo para el control de sistema de riego para el agua que alimentará a la tubería requerida para el sistema riego por goteo de manera horizontal.



Figura 3.10 Diseño de estructura de metal para los tanques.

3.2.4 Control del sistema de riego

El sistema de riego estará sujeto a el tiempo de regado y a la humedad de las plantas, ya que las plantas necesitan tener una hidratación exacta con horarios definidos.

3.2.5 Horarios de riego

El sistema de riego se accionará en intervalos de una hora, que será propuesto por el administrador del invernadero. Estos intervalos se programarán por medio de un temporizador, el cual mandará activar la válvula de agua que estará funcionando durante el tiempo programado y se desactivará al finalizar éste.



Figura 3.11 Riego automatizado.

3.2.6 Instalación del panel solar

Existe una gran variedad de tamaños y potencias de paneles solares. Debemos elegir aquel que se ajuste a nuestras necesidades.

No es lo mismo los paneles que se necesitan para una vivienda unifamiliar que los que serán necesarios si se trata de una instalación comunitaria para todo un edificio, o incluso si es para toda una urbanización. En este caso, la potencia y el tamaño de los paneles fotovoltaicos (y el precio) serán necesariamente mayores.

El precio de los paneles fotovoltaicos depende de diferentes factores, entre ellos la potencia o el tamaño. Una de las cuestiones que más condicionan el precio de los paneles fotovoltaicos es su uso final. Es decir, se necesitan más paneles para generar calor para la calefacción que si solo vas a utilizar los paneles para conectar algunos electrodomésticos pequeños.

- Fuente de generación. Un panel fotovoltaico convierte la radiación solar en corriente eléctrica.
- El interruptor nos permite cortar el flujo de corriente proveniente de la fuente generadora. Es un requisito importante por seguridad.
- Inversor, éste tiene dos funciones: convierte la energía solar y eólica en corriente eléctrica la misma que usamos para nuestros equipos eléctricos a 110V o bien 220 V de corriente alterna (CA) y almacena la energía en el banco de baterías de ciclado profundo, de esta forma tenemos reserva durante la noche o en días de poco Sol.
- Así es como podemos conectar nuestro refrigerador, horno, lavadora, computadora, ventilador o cualquier equipo eléctrico en todo momento.
- Flujo de corriente eléctrica. La corriente de un inversor tipo isla puede ser monofásico a 110V o bifásico a 220V en corriente alterna.

- Entrada de corriente. Nuestro generador solar nos entrega suficiente electricidad para que funcionen todos los aparatos eléctricos y dispositivos electrónicos en nuestro proyecto.

3.2.7 Placas solares fotovoltaicas: funcionamiento

Las placas solares fotovoltaicas (también llamadas panel solar o kit fotovoltaico) están formadas por celdas solares que convierten la luz del Sol en electricidad. Las celdas recogen la radiación solar y la transforman en corriente continua. Como la corriente continua no sirve para usar electrodomésticos se necesita un inversor o convertidor que es el encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna que es la que necesitamos para utilizar los electrodomésticos.

Los paneles solares deben recibir los rayos solares de forma directa, sin sombras, para así aprovechar al máximo la luz del sol. La mejor orientación para captar la mayor cantidad de horas de sol es orientación Sur. Si no es posible colocar los paneles exactamente con esa orientación, se ha de procurar que al menos sea la más aproximada posible, sureste o suroeste.

Hay que distinguir entre los paneles solares fotovoltaicos y las placas solares térmicas.

- Las **placas térmicas** convierten los rayos del Sol en calor y se utilizan sobre todo para calentar agua.
- Las **placas fotovoltaicas** ofrecen más posibilidades puesto que sirven para generar energía eléctrica necesaria para cualquier aparato.

3.2.8 Certificación de los paneles solares

Por último pero no menos importante debes asegurarte que los paneles solares que compres tengan el certificado CE y cumplen la Normativa EN 61000-6-1:2007/61000-6-3:2007 y normativa de seguridad TÜV en caja conexiones. El equipo ha de ser seguro, piensa que estará en tu hogar.

3.2.9 Consideraciones prácticas

Debes considerar otros factores además del potencial máximo de tu panel solar. ¿Tu panel está en luz solar plena? ¿Está ubicado adecuadamente para tener una máxima exposición?

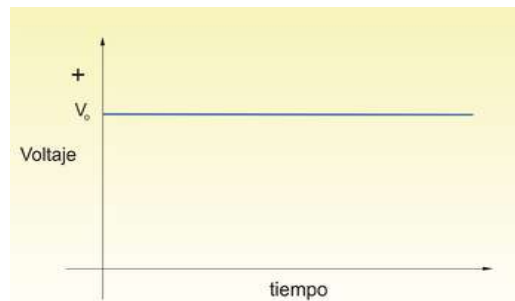


Figura 3.12 Gráfica de voltaje respecto al tiempo.

Representación de la diferencia de potencial, o voltaje de corriente con respecto al tiempo en corriente continua.

- **Fotovoltaica conectada a la red.**

Más de un 90% de los generadores fotovoltaicos están conectados a la red de distribución eléctrica y vierten a ella su producción energética. Esto evita que instalaciones que necesiten baterías y constituyen una aplicación más directa y eficiente de la tecnología. Ya hay cientos de miles de sistemas fotovoltaicos conectados a la red que demuestran que la conexión a red es técnicamente factible y muy fiable.

- **Facturación neta.**

La electricidad solar se usa primero para consumo propio y los excedentes, si los hay, se inyectan a la red.

El sistema fotovoltaico se conecta cerca del contador, pero en el lado del consumidor, reduciendo la necesidad de comprar electricidad; por lo tanto, disminuye la factura de la compañía eléctrica, que suministra sólo la energía que no aportan los paneles. Cuando se produce un excedente, esa producción eléctrica se vierte en la red y puede recibir la tarifa fotovoltaica correspondiente, si lo contempla la regulación.

- **¿Qué tipos de paneles fotovoltaicos existen?**



Figura 3.13 Otros usos de paneles solares

Hecha la distinción anterior, hay diferentes tipos de paneles solares fotovoltaicos, los cuales se emplearán luego para montar tus propios kits foto-voltaicos, que podemos encontrar:

- Los **paneles monocristalinos** son los formados por un solo cristal, el silicio fundido se forma en un solo grano. El rendimiento energético es mayor que en la célula policristalina. Si vas a instalar un seguidor solar son los más adecuados. Este tipo de paneles dan mejor resultado en los climas fríos.
- Los **paneles policristalinos** son aquellos en los que se deja que el silicio fundido se forme aleatoriamente y por tanto, se obtienen granos distintos (con orientaciones distintas) con lo que necesariamente el rendimiento energético tiene que ser menor. Sin embargo, los paneles policristalinos son los más apropiados para climas cálidos como es el caso de nuestro país.
- Empezar por la intención de cubrir los requerimientos de tu hogar. Si luego tienes excedente mejor pero si no lo tiene al menos tendrás energía gratis para tu consumo personal durante más de 30 años. **Entre 25 y 35 años es la vida media útil de un sistema de paneles solares.**

Capítulo 4

Costes y viabilidad del proyecto

Tabla 4.1 Precios del equipo a instalar.

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
VENTILADORES	4 PIEZAS	\$2,797	\$11,188
BOMBA DE AGUA 1 1/2HP	1 PIEZA	\$1,566	\$1,566
FOCOS INCANDESCENTE	2 PIEZAS	\$50	\$100
FOCOS P/INVERNADERO	50 PIEZAS	\$45	\$2,250
TIMER DIGITAL	2 PIEZAS	\$250	\$500
AUTOMÁTICO P/BOMBA	1 PIEZA	\$450	\$450
TERMOSTATO P/TEMP	1 PIEZA	\$300	\$300
ROLLOS DE CABLE #12	5 PIEZAS	\$600	\$3,000
ROLLOS DE CABLE #14	5 PIEZAS	\$500	\$2,500
APAGADORES	2 PIEZAS	\$50	\$100
ELECTROVÁLVULA	1 PIEZA	\$350	\$350
CENTRO DE CARGA P/4 P	1 PIEZA	\$400	\$400
PASTILLAS DE 10A	4 PIEZAS	\$100	\$400
ACCESORIOS VARIOS	1 PIEZA	\$5,000	\$5,000
HONORARIOS	1 PIEZA	\$12,000	\$12,250
SUBTOTAL			\$40,104
IVA			16%
TOTAL			<u>\$46,520.64</u>

- **Ventiladores**

Extractores de aire tipo axial de 16" es de tipo ventana y funciona a 120V tiene una potencia de 95W, tiene un movimiento de aire de 2880m³/h.

Los extractores de calor se tienen contemplados en lapsos de 5 minutos y están considerados que es una hora al día, ya que es el tiempo que tardan en extraer el calor las dimensiones de estos ventiladores.



Figura 4.1 Ventilador a instalar

- **Bomba de agua**

Bomba de agua que se utilizará para llenado del almacenamiento de agua, funciona a 127V, su Potencia: 1-1/2 HP alcanza una altura máxima de 46m, la cual el pozo de agua al almacenamiento de agua la distancia es de 35 m, el flujo es de 130l/min y una succión de 1-1.5 plg.

La bomba de agua llenará los contenedores en un tiempo de 50 min. aprox. si el caso es de que estén vacíos los 6 contenedores de 1,100, la bomba tiene la capacidad de subir 130l/min de agua en una tubería de una 1-1.5", la electroválvula se abrirá el de acuerdo al tiempo que daremos para el riego y estos implican tres descargas al día, una de una hora por la mañana, otra al medio día y la última por la noche ya que el cultivo se mantiene húmedo.



Figura 4.2 Bomba de agua a usar.

- **Focos para invernadero**

Este tipo de focos para invernaderos son especiales ya que son los que requiere este tipo de cultivo y también nos ayuda para que no haya muchos insectos son de 50w, es de 230 lumens y funcionan a 120V, da la temperatura suficiente para el cultivo cuando se requiera.

Los focos encenderán durante 10 horas que es el tiempo que le daremos al timer para que estén encendidos durante la noche y simulen el día.



Figura 4.3 Foco especial para invernadero.

- **Electroválvula**

La electroválvula funcionará cuando el timer digital la active esta es de 12v pero tendrá un convertidor de 127v a 12v ya que el timer funciona a 127V y hará que cierre y abra la electroválvula para regar el cultivo.



Figura 4.4 Electroválvula para riego.

- **Timer digital para la electroválvula e iluminación**

Este tipo de timer tiene muchas ventajas ya que con él tendremos 20 programas de encendido y apagado al día hará que funcione nuestra electroválvula de manera abra y cierre de manera automatizada y con el otro timer se automatizará la iluminación.



Figura 4.5 Temporizador para iluminación y electroválvula.

- **Electronivel para la bomba de agua**

El electronivel se instalará dentro de los contenedores de agua, de tal manera que cuando éstos se encuentren vacíos encienda de manera automática la bomba.



Figura 4.6 Electronivel para la bomba de agua.

- **Sensor de temperatura**

El siguiente sensor de temperatura se le programará la temperatura que se debe de activar los extractores de calor y lo programaremos es un sensor digital que también nos indica cuándo hay bajas temperatura pero por el momento ese dato no nos interesa ya estará en zona de temperaturas cálidas.

El usuario lo programará a la temperatura deseada, la que es en este caso para que funcionen los extractores de calor y estos se apaguen a 22°C para que el cultivo se mantenga en su temperatura ambiente que es de 23°C y 25°C para que el cultivo esté en óptimas condiciones.



Figura 4.7 Sensor de temperatura para los ventiladores.

Tabla 4.2 Cargas a instalar en el proyecto (watts y kilowatts/hora).

DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA WATTS	POTENCIA TOTAL
VENTILADORES	4	95W	380W
BOMBA DE AGUA	1	1193W	1193W
FOCO INCANDESCENTE	2	20W	40W
CONTACTOS	2	50W	100W
FOCO INCANDES P/INVER	50	30W	1500W
TOTAL			<u>3213WATTS</u>

Tabla 4.3 Cálculo de las cargas

FÓRMULA : P (KWH) =P(W) T(HR)/1000	
(380w)(1hr)/1000	= 0.38 kw/h
(1193)(2hrs)/1000	= 2.386 kw/h
(40)(2hrs)/1000	= 0.08 kw/h
(100)(2hrs)/1000	= 0.2 kw/h
(1500)(10hrs)/1000	= 15 kw/h
TOTAL	<u>18.046 kw/h</u>

Tabla 4.4 Consumo de energía por día en KW/h

CONSUMO POR DÍA
<u>18.046 kw/h</u>

Tabla 4.5 Consumo de energía en pesos

CONSUMO POR BIMESTRE
$18.046 \text{ kw/h} \times 60 \text{ días} = \underline{1082.76\text{kwh/día}}$
CONSUMO EN PESOS (BIMESTRAL)
$1082.76\text{kwh/d} \times \$3.50\text{c} = \underline{\$3789.66}$
CONSUMO POR AÑO
$\$3789.66 \times 6 = \underline{\$22,737.96}$

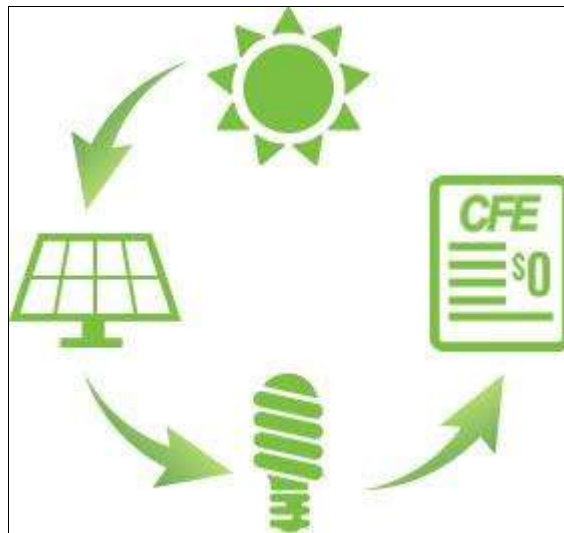


Figura 4.8 Representación de ahorro en pesos.

Tabla 4.6 Cotización de celdas solares a instalar.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	CAPACIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
CELDA SOLARES	13 PIEZAS	255 WATTS	\$6,000	\$78,000
INVERSO DE ONDA	2 PIEZAS	2000 WATTS	\$9,000	\$18,000
CONTROLA CARGA	2 PIEZAS	30 AMPERS	\$3,000	\$3,000
BATERIAS	2 PIEZAS	6VCD 486Ahr	\$8,500	\$17,000
ESTRUCT ALUMINI	2 PIEZA	5 CM	\$3,500	\$7,000
ACCESOR VARIOS	1 PIEZA	X	\$7,500	\$7,500
HONORARIOS	1PIEZA	X	\$6,500	\$6,500
SUBTOTAL				\$140,000.00
IVA				16%
TOTAL				<u>\$162,400.00</u>

Capítulo 5

Conclusión

Como se puede observar en los cálculos anteriores, es una inversión pequeña en comparación con una línea de media tensión. En esta ocasión el proyecto estará a 1 km de distancia donde no hay líneas de (CFE), en donde el presupuesto que arrojó es de **257 mil pesos para** la construcción de la línea por lo cual a un falta el consumo de cada bimestre que es aproximadamente según el cálculo de carga a instalarse es de **3 mil 799 con 66 centavos**. Si se multiplica por un año arroja la cantidad de **22 mil 737 con 36 centavos**, se procede a que la inversión de los paneles solares con todo y su equipo se pagarían en el tiempo de **7 años**.

Los paneles solares o celdas tiene una durabilidad de **30 años** por tanto se tendrá sin pagar facturas a (CFE) durante 23 años y el dueño del invernadero se estaría ahorrando la cantidad de **522 mil 537 con 8 centavos** en ese lapso de tiempo.

Referencias

Internet:

[Riego por goteo]

www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion.shtml#ixzz3zphkM3Ye

www.infoagro.com/documentos/los_procesos_fisicos_y_su_efecto_microclima_un_invernadero.asp

catalog.extension.oregonstate.edu/em8782-s

[Ubicación geográfica del lugar]

mapserver.inegi.org.mx/mgn2k/

mexico.pueblosamerica.com/i/las-escobillas/

[INEGI]

www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16009.pdf

www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825202613

[Temperaturas Ario de Rosales]

www.google.com.mx/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=temperatura%20ario%20de%20rosales

[Producción de jitomate]

www.monografias.com/trabajos94/produccion-jitomate-invernadero/produccion-jitomate-invernadero.shtml#ixzz3zicBGQ00

www.monografias.com/trabajos94/produccion-jitomate%20invernadero/produccion-jitomate-invernadero3.shtml#ixzz3zifXHNkJ

www.infoagro.com/documentos/los_procesos_fisicos_y_su_efecto_microclima_un_invernadero.asp

[Paneles solares]

www.energystar.gov/index.cfm?c=tax_credits.tx_index#s4

paneles-fotovoltaicos.blogspot.com/#sthash.0e9bx6ew.dpuf

[Precios de productos a instalar]

www.mercadolibre.com

[Automatización de invernadero]

Carrillo Víctor, Márquez Juan & Zúñiga Eduardo “Sistema de control y monitoreo de un invernadero utilizando el PLC S7-200” Tesis para obtener el título de ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. UAZ (2002). Zacatecas, Zac.

