

01127  
12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIAGNOSTICO ENERGETICO DEL INVERNADERO FAUSTINO

UNAM a difundir en formato electrónico e impreso al  
MIRANDA DE CIUDAD UNIVERSITARIA

NOMBRE: Leobardo Salinas Ferrer

FECHA: 23 de Junio de 2003

FIRMA: [Firma]

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO  
P R E S E N T A N ;  
GARDUÑO NÚÑEZ RAFAEL  
SALINAS FERRER LEOBARDO

INGENIERO INDUSTRIAL  
P R E S E N T A ;  
LUNA REYES GUADALUPE ILIANA

DIRECTOR: ING. JOSE ADRIAN VALERA NEGRETE



MEXICO, D. F.

... a la Dirección General de Biblioteca  
... a difundir en formato electrónico e impr.  
... de mi trabajo recién

2003

NOMBRE: Luna Reyes  
Guadalupe Iliana

... 23 de junio de 2003

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

[Firma] A



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Los jardines botánicos son reflejo de nuestra cultura,  
de nosotros depende conservarla.**

### **Agradecimiento**

**Al Ing. José Adrián Valera Negrete** por brindarnos la oportunidad de la realizar esta tesis.  
Por su paciencia y apoyo incondicional, pero sobre todo por su amistad.

**Al M.I. Augusto Sánchez Cifuentes** por facilitarnos los equipos necesarios para las mediciones realizadas en este trabajo, y por compartir con nosotros su experiencia acerca de los diagnósticos energéticos.

**Al M.I. Vicente G. López Fernández** por la asesoría dada durante toda la realización de esta tesis, además del apoyo que se nos dio al proporcionarnos equipo e instalaciones del Laboratorio de Máquinas Térmicas, pero sobre todo la confianza y amistad que nos brindó durante nuestra estancia en el laboratorio.

**Al Mtro. Víctor Corona** y a los trabajadores del Invernadero Faustino Miranda que nos permitieron el acceso a las instalaciones, la información y orientación para la realización de este trabajo.

**Al Ing. Armando Maldonado Susano** y al **Ing. Gustavo Becerra Muñoz** por la revisión y comentarios dados.

A todos los Ingenieros que colaboraron en nuestra formación académica.

*Agradecimientos*

*Rafael Garduño Niñez*

*A DIOS por regalarme la dicha de realizar una meta más en la vida.*

*A mis Padres, Rafael y Araceli por apoyarme incondicionalmente en mis estudios, por impulsarme siempre a ser mejor, y por ayudarme a cumplir las metas que me he propuesto.*

*Todos mis logros son de ustedes.*

*A mis hermanos, Claudia y Ramón, por estar conmigo cuando he necesitado su apoyo, comprensión y paciencia para la realización de esta meta*

*A mis amigos, con los que he compartido experiencias y que me han brindado su amistad sincera.*

### Agradecimientos

Guadalupe Iliana Luna Reyes

- A mi mamá Margarita Luna por todo el apoyo que me ha brindado a lo largo de mi vida y sobre todo por la paciencia y cariño que me ha tenido siempre. Gracias por impulsarme a ser mejor cada día.
- A mi hermano Hiram Eduardo por su apoyo incondicional, por guiarme y demostrarme que con esfuerzo y dedicación puedo alcanzar mis metas.
- A mi mamá Graciela Luna que siempre ha estado pendiente de mí. por su cariño y comprensión.
- A mi abuelo Clemente y mi abuelita Trini (q.e.p.d) por el ejemplo de superación que me dieron.
- A mis tíos José, Clemente, Leoncio, Lorenzo y Alejandro que me han ayudado cuando los he necesitado.
- A mis tías Magdalena, Rosa y Aurora y a mis primos Gaby, Iván y Roberto que han estado a mi lado en todo momento.
- A mis amigos y compañeros Leobardo y Rafael que me permitieron colaborar con ellos en el desarrollo de este trabajo.
- A Luis Antonio, Arely, Yessica, Verónica y Mishell, con los que compartí momentos inolvidables y con los cuales conservo una gran amistad.
- A la M.I. Silvina Hernández García por su apoyo durante toda mi carrera.
- A Margarito, Ángel, Enrique, Prudencio, Aurelio, Ricardo, Paco, el Sr. Gustavo y el Sr. Moisés del Laboratorio de Máquinas Térmicas.

*Agradecimientos*

*Leobardo Salinas Ferrer*

*A Dios, por darme la oportunidad de vivir.*

*A mis padres Juan y María de la Luz, por esforzarse en darme lo mejor a lo largo de mi vida, la paciencia y comprensión brindada.*

*A mi hermano Rogelio, por darme el ejemplo de superación y apoyarme en mis estudios.*

*A mis hermanos Leonor, Jesús, María, Carmen, Noemi, Martha, Juan y Ana, por impulsarme a alcanzar mis metas.*

*A mis amigos por brindarme su amistad y apoyo incondicional.*

ÍNDICE

	Página
<b>CAPÍTULO I. CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA.</b>	
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ¿QUÉ ES UN JARDÍN BOTÁNICO? .....	2
1.3 HISTORIA DE LOS JARDINES BOTÁNICOS .....	3
JARDINES PREHISPÁNICOS	
JARDINES ANTIGUOS	
JARDINES EUROPEOS	
JARDINES BOTÁNICOS MODERNOS	
1.4 FACTORES A CONSIDERAR EN UN INVERNADERO .....	5
1.5 TIPOS DE INVERNADEROS .....	6
a) Invernadero frío	
b) Invernadero templado	
c) Invernadero caliente	
1.6 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE UN INVERNADERO .....	7
ORIENTACIÓN Y TIPO DE CUBIERTAS DE INVERNADEROS	
1.7 INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	8
Figura 1.1 Ubicación del Invernadero Faustino Miranda	
Figura 1.2 Cúpula del Invernadero Faustino Miranda	
1.8 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	10
<b>CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA.</b>	
2.1 INTRODUCCIÓN .....	11
Figura 2.1 Esquema de ubicación de los equipos	
2.2 SISTEMA DE CALEFACCIÓN .....	12
Calefacción por aire caliente	
a. Generadores de combustión directa	
b. Generadores con intercambiador de calor	

2.2.1 SISTEMA DE CALEFACCIÓN EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	13
Figura 2.2 Sistema de calefacción	
2.3 SISTEMA DE VENTILACIÓN .....	16
2.3.1 VENTILACIÓN NATURAL .....	17
2.3.1.1 VENTILACIÓN NATURAL EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	17
2.3.2 VENTILACIÓN FORZADA .....	17
2.3.2.1 SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE .....	17
2.3.2.2 SISTEMA DE INYECCIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	18
Figura 2.3 Sistema de inyección	
2.3.2.3 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE .....	19
2.3.2.4 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	20
Figura 2.4 Sistema de extracción	
2.4 SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN .....	21
2.4.1 SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	22
Figura 2.5 Sistema de humidificación	
2.5 SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	23
2.5.1 FUENTES LUMINOSAS .....	24
2.5.2 FUENTES LUMINOSAS EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	24
2.5.3 FUENTES LUMINOSAS EN EL ÁREA DE OFICINAS DEL INVERNADERO .....	25
2.6 RESUMEN .....	26
CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO, TÉRMICO Y ELÉCTRICO.	
3.1 ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA .....	27
3.2 EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	28
3.3 TIPOS DE DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS .....	28
3.3.1 DIAGNÓSTICOS DE PRIMER GRADO .....	28
3.3.2 DIAGNÓSTICOS DE SEGUNDO GRADO .....	29
3.3.3 DIAGNÓSTICOS DE TERCER GRADO .....	29
3.4 INSTRUMENTOS PARA LAS MEDICIONES DE CAMPO .....	30

<b>3.5 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA</b> .....	<b>30</b>
3.5.1 ASPECTOS A DIAGNÓSTICAR .....	31
<b>3.6 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO TÉRMICO</b> .....	<b>31</b>
3.6.1 CUBIERTA DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	31
3.6.1.1 ANÁLISIS DE LA CUBIERTA DE PLÁSTICO .....	32
CONDICIONES MÁXIMAS	
CONDICIONES MEDIAS	
CONDICIONES MÍNIMAS	
3.6.1.2 EXPERIMENTO .....	36
3.6.2 SISTEMA DE CALEFACCIÓN .....	38
<b>3.7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ELÉCTRICO</b> .....	<b>39</b>
3.7.1 CONSUMOS DE ENERGÍA DE LOS EQUIPOS .....	39
Tabla 3.1 Diagnóstico energético actual a carga parcial (debido a que existen equipos descompuestos)	
Tabla 3.2 Diagnóstico energético de todo el equipo en condiciones actuales de operación a carga total del invernadero (si todos los equipos estuvieran operando normalmente)	
Tabla 3.3 Diagnostico energético de diseño a carga total del invernadero	
<b>CAPÍTULO IV. MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA Y SU EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	
4.1 MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA .....	48
4.2 EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA .....	48
4.3 MEDICIÓN DETALLADA DE RESULTADOS .....	48
4.4 MEDIDAS DE AHORRO EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA .....	52
4.4.1 SISTEMA ELÉCTRICO – TÉRMICO .....	52
<i>Opción A: <u>Equipo nuevo + cambio de cubierta de fibra de vidrio</u></i>	
4.4.1.1 DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA OPCION A .....	55
4.4.1.2 EVALUCION ECONOMICA DE LA OPCION A .....	56
4.4.2 SISTEMA ELÉCTRICO – TÉRMICO .....	61
<i>Opción B: <u>Motores + cambio de cubierta de lámina de fibra de vidrio</u></i>	
4.4.2.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA OPCION B .....	63
4.4.2.2 EVALUACION ECONOMICA DE LA OPCION B .....	64

4.4.3 SISTEMA ELECTRICO .....	68
<i>Opción C: Equipo nuevo</i>	
4.4.3.1 DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA OPCION C .....	70
4.4.3.2 EVALUCION ECONOMICA DE LA OPCION C .....	71
4.4.4 SISTEMA ELÉCTRICO .....	75
<i>Opción D: Motores nuevos</i>	
4.4.4.1 DIAGNÓSTICO ENERÉTICO DE LA OPCIÓN D .....	77
4.4.4.2 EVALUACION ECONOMICA DE LA OPCION D .....	78
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82
GLOSARIO .....	86
BIBLIOGRAFIA .....	88

## CAPITULO I

### CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

Se puede decir que los jardines botánicos son como museos vivos donde se tiene una colección permanente de plantas vivas con funciones estéticas y educativas, susceptibles de ser estudiadas a cada paso y cada instante. Las colecciones de plantas constituyen un patrimonio cultural que no se debe perder, un conocimiento que interesa a todos los ciudadanos en un momento dado.

En los jardines botánicos se han estudiado plantas con potencial, ya sean ornamental, medicinal o alimenticio. Mediante la difusión, la concientización y la educación podemos llegar al punto en que los ciudadanos se den cuenta de que las plantas que nos rodean forman parte de la herencia cultural que nuestros antepasados cultivaron e incrementaron.

Los jardines botánicos son reflejo de nuestra cultura, de nuestro patrimonio florístico, del conocimiento, la utilización, preservación potencial y manejo de nuestra flora. Un jardín botánico no es solo una colección de plantas vivas bien arregladas, representan además un conocimiento profundo de los especímenes botánicos ahí representados.

México ha sido descrito como uno de los países con una amplia diversidad de plantas, se menciona que cuenta con cerca de 30.000 especies. Su posición geográfica y su amplia diversidad de grupos étnicos han favorecido de alguna manera a la diversificación de las especies vegetales. La existencia misma de esta notable flora nos da la enorme responsabilidad de estudiarla, conocerla, disfrutarla y cuidarla, además de que no sea disminuida por acciones ignorantes e irresponsables.

Ahora bien, analizando la problemática existente, la cuestión primordial no es de la conservación de especies individuales, si no de la conservación a largo plazo, de los ecosistemas donde éstas se desarrollan. Esto se logra mediante la creación y la administración de parques nacionales, reservas y áreas protegidas.

A pesar de la enorme importancia que presentan, en la actualidad es muy reducido el número de jardines botánicos en el mundo, sobre todo en zonas tropicales. Dada la gran diversidad de plantas. Sin embargo, poco impulso se ha dado para su establecimiento y organización, por lo que han existido muchos proyectos fracasados y olvidados. Por tal razón es importante el cuidar y mantener los jardines botánicos existentes en buenas condiciones, para que puedan ofrecer una muestra de las colecciones de plantas que son originarias de una región del país en particular.

El establecimiento de jardines botánicos, reduce notablemente el costo de su infraestructura ( invernaderos, sistemas de riego, control de plagas y enfermedades, transporte y establecimiento de material vegetal vivo, etc. ) ya que las plantas crecerán en un medio ambiente cuyas características serán bastantes similares a las condiciones de su medio ambiente natural.

En el jardín botánico el aspecto educativo proporciona una insustituible base material para todos los niveles, en especial la educación superior y la disciplina botánica facilitan la vinculación teórica-práctica, proporcionando el contacto de niños y jóvenes con la naturaleza.

## 1.2 ¿ QUÉ ES UN JARDÍN BOTÁNICO ?

Esta pregunta se la ha hecho mucha gente, sin ser respondida correctamente. Se piensa que un jardín botánico es solo un parque público en el que se puede pasear, hacer ejercicio, ir de día de campo y escuchar el radio a todo volumen, pero no es así.

Un jardín botánico, es un museo vivo, donde se conserva y se preserva la vegetación de alguna región específica, de un país específico, o bien de todo el mundo. En él se estudia la flora y se hacen investigaciones profundas de todas y cada una de las especies contenidas en su interior. También es un centro de educación en las ciencias naturales, donde encontramos diferentes tipos de plantas de distintas regiones, o según el caso encontramos plantas nativas de un lugar.

El jardín botánico constituye una de las formas de preservación de la naturaleza y constituye un vehículo excelente para la educación, deleite e inspiración del público en general. Es bien sabido que estos lugares son los únicos sitios en los que existen algunas plantas sobrevivientes de ciertas especies. Desgraciadamente la importancia de la conservación no se reconoció sino hasta algunos años.

Hasta la fecha, en los jardines botánicos no se cuentan todavía con los ejemplares de todas las especies vivientes, ya que no se tiene los planes de desarrollo a largo plazo, no previendo el uso racional de sus recursos naturales. Hay que señalar que con las colecciones vivientes no se intenta sustituir la conservación de las plantas silvestres, sino de conservarlas in situ.

Hoy en día, el número de jardines botánicos existentes en el mundo es alrededor de 640 y en México hay aproximadamente 51 jardines botánicos.

Los jardines botánicos actualmente tienen un papel importante en el desarrollo científico, por estar estrechamente vinculados con diferentes aspectos de conservación cultural y de naturaleza, asimismo su decisiva participación en la generación de resguardo y sistematización de la información sobre los recursos vegetales en el mundo entero.

Todo aquel que haya tenido contacto con colecciones de plantas vivas, estará de acuerdo en que es muy difícil llevar un adecuado control del manejo de estas colecciones. Este control es complejo y requiere de constante atención en aspectos como: ESPACIO, COLECTA, MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN, que permitan el cultivo y desarrollo de toda vegetación, con requerimientos y respuestas diferentes.

### 1.3 HISTORIA DE LOS JARDINES BOTÁNICOS

#### JARDINES PREHISPÁNICOS

Los jardines de los Aztecas se desarrollaron independientemente de los del viejo mundo. México debe sentirse orgulloso de haber sido uno de los países del planeta donde se establecieron jardines botánicos y parques zoológicos.

Según Martín del Campo a México se le debe considerar como "La Patria de los jardines botánicos y parques zoológicos" dado que el mexicano precolombino ya tenía una red de jardines y parques cuando en Europa ni siquiera se había empezado a formar los primeros. Por lo tanto, cuando nacían estos en el viejo mundo, en el nuevo mundo, y en México en particular los creados tiempos atrás estaban a punto de quedar exterminados por ignorancia de los conquistadores y primeros colonos españoles.

Los antiguos mexicanos tenían un gran amor y respeto por la naturaleza. Su dieta era en gran parte vegetariana. Sus conocimientos sobre las propiedades curativas de las plantas fueron inmensos.

#### JARDINES ANTIGUOS

Netzahualcoyotl fundó en Texcoco, el que puede considerarse primer jardín botánico del Anahuac. Aunque ya existía como casa de descanso, el gran señor texcocano lo reorganizó, expandió y embelleció, convirtiéndolo así en el máximo centro botánico médico del México Antiguo. Así funcionó hasta la conquista e inicios de la época colonial cuando fue destruido. En este jardín se cultivaron plantas medicinales que podían vivir en condiciones del antiplano mexicano y en forma iconográfica se tenían aquellas que provenían de regiones lejanas con características ambientales diferentes.

Moctezuma Ilhuicamina, para tener también cerca plantas de climas cálidos, fundó un jardín en Huaxtepec "Oaxtepec" al cual embelleció y enriqueció de una manera notable dedicándolo principalmente al cultivo de plantas medicinales. Este jardín fue el único que se conservó en la época de la colonia para suministrar plantas medicinales al hospital de Oaxtepec.

Moctezuma Xocoyotzin, también favoreció el establecimiento y mantenimiento de jardines del Anahuac en especial en la ciudad de Tenochtitlan y sus alrededores, donde algunos alcanzaron un esplendor excepcional como el de Chapultepec.

En este se aprovecharon con gran acierto las características ambientales y se cultivaron grandes extensiones de coníferas de las cuales aún queda vigorosos ejemplares a la fecha. En 1887, Martín de Sucre formó un jardín botánico en la Ciudad de México, Palacio Nacional, obra que fue continuada por Vicente Cervantes hasta su muerte en 1820.

Muchos de los jardines botánicos fueron jardines particulares y hoy en día existen, pero muy cambiados, transformados en grandes parques públicos. En 1922 Alfonso Ruiz Herrera hijo estableció el jardín botánico de Chapultepec.

## JARDINES EUROPEOS

Con la finalidad de ubicar en un contexto más amplio a los jardines botánicos de México, mencionaremos de manera breve a los europeos, ya que éstos, especialmente los del siglo XVI y XVII, en aquel continente marcaron una tradición en la actividad botánica, así como la propagación y aclimatación de las plantas de gran importancia, ya que eran traídas de países recién conquistados. Por otro lado la botánica en Europa al igual que en Mesoamérica, se desarrolló a través del estudio, identificación y uso de las plantas medicinales.

Se saben que existieron desde tiempos inmemorables los jardines botánicos alrededor del Mediterráneo y en otros muchos lugares y en China. Su antigüedad depende de lo que se entienda por Jardín Botánico. Hubo jardines botánicos en Alejandría, Asiria, China y después en México, muchos de éstos jardines estuvieron albergados en construcciones cerradas y en ellos se cultivaban plantas como para uso ornamental.

Los jardines botánicos más antiguos de que se tienen noticia fueron los jardines reales de Tolomeo III en Egipto, planeados alrededor de 1500 a.C. por Necht. En el año 350 a. C., Aristóteles estableció un jardín botánico en Atenas, el cual al morir éste pensador científico quedó a cargo de Teofrasto. En Roma en el siglo I a. C. Anonius Castor, cultivó un jardín de plantas medicinales que sirvió de base para algunos de los estudios de Dioscoriodes.

Según Redford "1974" el origen de los jardines botánicos es en el viejo mundo, en Egipto y Mesopotamia donde se tenían plantas medicinales, alimenticias y ornamentales, aunque los distinguía de un jardín botánico propiamente dicho, por carecer de un propósito científico.

El primer jardín botánico moderno fue creado en 1532, el de Pisa, en Italia, por el maestro Luca Ghinni. Después de 1545, el de Padua y Florencia; Bologna, 1567, Laydlen, 1587; Montpellier, 1593. En Inglaterra se fundan importantes jardines botánicos como el de Oxford, en 1621, después de la Chelsea, en 1672 y posteriormente el de Kew, construido en Londres en 1759. Desde su creación éste último se ha destacado por sus grandes colecciones de plantas llevadas de diferentes lugares del mundo.

Posteriormente se formaron en el área del Caribe, los jardines botánicos de la isla de San Vicente en 1764, y de Jamaica en 1774. En 1787 se fundó en México el del Palacio Nacional.

Cabe mencionar que los jardines botánicos modernos en Europa se establecieron veinte o veinticinco años después de la conquista de América. Después de la conquista en Europa se propició una importante evolución y progreso en la botánica, cuando en México, por el contrario, principio la destrucción de una tradición.

## JARDINES BOTÁNICOS MODERNOS

En el México actual, el Dr. Faustino Miranda, botánico eminente de este país, fundó los dos jardines botánicos modernos, el primero en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, en 1945; y el segundo en la Universidad Nacional Autónoma de México, en 1959.

A fines de 1976, el Instituto de Investigación de Recursos Bióticos ( INIREB ) con la ayuda del gobierno del estado, inició los trabajos para la creación del jardín botánico Francisco Javier Clavijero, en la ciudad de Xalapa.

Por lo que en la actualidad hay un interés creciente en muchas partes de la República, por establecer jardines botánicos con fines de educación e investigación para conocer mejor la flora del país.

### 1.4 FACTORES A CONSIDERAR EN UN INVERNADERO

Los dos factores climáticos más importantes en el interior del invernadero son: temperatura y humedad relativa.

La temperatura determina los límites entre los cuales una determinada especie puede sobrevivir. Existe una temperatura mínima y otra máxima. Entre estos dos límites hay una temperatura óptima para el desarrollo y crecimiento de la planta.

La humedad es la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire. La humedad relativa (HR) es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad, por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en humedad relativa aumenta.

La humedad relativa del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de las plantas. Cuando la humedad relativa es excesiva, las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento; por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse.

Todo ciclo productivo de un cultivo tiene lugar en un entorno térmico que normalmente encierra un nivel óptimo de temperatura (nivel térmico). Por tanto, el ideal para la producción agrícola es que la planta esté sometida en cada momento de su ciclo a dicha temperatura óptima.

En el nivel térmico alcanzado dentro del invernadero, intervienen los siguientes factores:

a) Factores externos

- a. Temperatura y humedad relativa externa.
- b. Vientos dominantes.
- c. Radiación solar.

b) Factores internos

- a. Naturaleza del material de cobertura.
- b. Temperatura del suelo.
- c. Renovaciones del aire interno del invernadero.
- d. Intercambios energéticos por conducción y a través de las paredes del invernadero.
- e. Fenómeno de evaporación, transpiración del suelo y de las plantas, y el fenómeno de condensación del vapor de agua.
- f. Potencia calorífica de una fuente auxiliar. (Por ejemplo, calefacción, iluminación).

## 1.5 TIPOS DE INVERNADEROS

Basándose en el factor climático temperatura, se establece la clasificación de los invernaderos de la siguiente forma:

- a. Invernadero frío: aquel cuyo nivel térmico se sitúa entre 5°C y 8°C. El invernadero frío consiste simplemente en la protección, sea del tipo que sea, sin otros equipos para conseguir temperaturas más elevadas de las que pueden proporcionarnos esta protección.
- b. Invernadero templado: nivel térmico mínimo entre 10°C y 14°C. Por invernadero templado se puede entender, en los mismos términos, con una instalación superficial para la producción de calor que nos permita mantener la temperatura media en este rango.
- c. Invernadero caliente: nivel térmico mínimo entre 16°C y 35°C. Cuando se habla de un invernadero caliente, se refiere a aquellos casos en los que se dispone de una instalación eficaz de calefacción que nos permite mantener una temperatura determinada en el interior del invernadero, en función de las necesidades de las plantas y con relativa independencia de las temperaturas exteriores.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.6 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE UN INVERNADERO

### ORIENTACIÓN Y TIPO DE CUBIERTA DE INVERNADEROS.

Dado que el invernadero está sometido a la influencia del clima exterior (radiación solar, vientos dominantes, precipitación pluvial, etc.) la orientación y el diseño del invernadero puede ayudar a elevar el nivel térmico del mismo.

En cuanto a la orientación se recomienda que la ubicación del invernadero se localice del lado sur, ya que el sol se desplaza de oriente a poniente; alcanzando mayor radiación en la parte sur.

Los tipos de cubiertas más recomendables son las circulares y las elípticas, pues permiten un mejor balance luminoso, con notable diferencia respecto a la forma plana. Las cubiertas curvas han adquirido gran difusión, gracias al desarrollo de las cubiertas plásticas o prefabricadas.

Además de estas técnicas (material de cobertura, orientación y diseño) para incrementar el nivel térmico al invernadero, se le puede adoptar otras, como:

- a. Instalación de cortavientos ( a través de barreras físicas )
- b. Mejora de la hermeticidad del invernadero.
- c. Dobles paredes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 1.7 INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

El invernadero Faustino Miranda es de tipo caliente, y se encuentra localizado en la parte sureste de la zona escolar de Ciudad Universitaria, a un costado del Instituto de Ingeniería y del Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas (IIMAS).

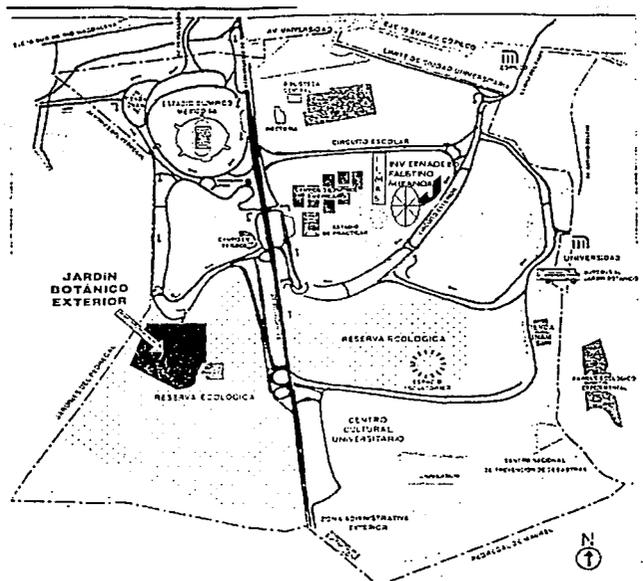


Figura 1.1 Ubicación del Invernadero Faustino Miranda

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Su diseño es hemisférico, con una superficie de 835 m<sup>2</sup> y una altura máxima de 16 m. Estando enclavado en una hondonada de lava del volcán Xitle.

La localización del invernadero, esta en una hondonada de lava, provocando que existan variaciones climáticas, es decir hay diferentes microclimas, lo que se aprovecha para colocar aquellos tipos de plantas según sus requerimientos climáticos de temperatura y humedad relativa.

Tiene una cúpula de hierro estructural, que soporta a una cubierta de lámina traslúcida. Este invernadero fue el primero de su tipo en el mundo en usar esta cubierta.



Figura 1.2 Cúpula del Invernadero Faustino Miranda

Las colecciones de plantas en este invernadero proceden de las regiones cálido-húmedas más importantes del país, sobre todo de los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca.

Debido a la altura del invernadero, es difícil mantener una temperatura máxima de 35°C por lo que se requiere del sistema de calefacción para satisfacer las necesidades de las plantas.

Para mantener las condiciones ambientales necesarias en el invernadero, se cuenta con el siguiente equipo:

- Calefactores de gas LP
- Extractores
- inyectores de aire
- enfriadores de aire (humidificadores)
- motor para cascada y
- motor para abrir la cúpula.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El riego en el invernadero, anteriormente se realizaba por medio de aspersión, pero por la formación de hongos, se cambio el método de riego, y se realiza anticuadamente por un chorro de agua que sale de una manguera, dirigiendo el chorro hacia el suelo, esto se realiza todas las mañanas, consiguiendo así mejores resultados.

## 1.8 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

En el invernadero se han tratado de imitar, hasta donde ha sido posible, las condiciones naturales óptimas para las regiones cálido-húmedas. Para ello, se lleva un control que se refiere a la temperatura y a la humedad.

La temperatura del invernadero se procura no sobrepasar los límites de 10°C como mínimo y 35°C como máximo. Teniendo una temperatura media 25°C.

En algunas épocas, cuando las temperaturas nocturnas de la Ciudad de México son muy bajas, esto es durante los meses de octubre a febrero, es necesario proporcionar calor artificial por medio de los calefactores de gas LP, estos se controlan con un control de tiempo (timer) de 13 horas.

Durante los meses de marzo, abril y mayo, cuando las temperaturas son mas altas y pueden pasar de los 35°C, anteriormente se abría el diafragma de la cúpula para que saliera el aire caliente, esto se realizaba con la ayuda de los extractores. Es importante mencionar que hoy en día sólo se utiliza los extractores para sacar el aire caliente y se ha notado que no son suficientes, por lo que afecta la humedad relativa.

La humedad relativa existente está comprendida entre el 70% y el 95%, para mantener en forma artificial elevada esta humedad, se cuenta con:

1. Un pequeño estanque y cascada, la que por evaporación ayuda a mantener húmeda la zona cercana a éste.
2. manguera a través de un chorro de agua que humedece las paredes y el suelo.
3. los humidificadores que limpian el aire en el interior.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO II

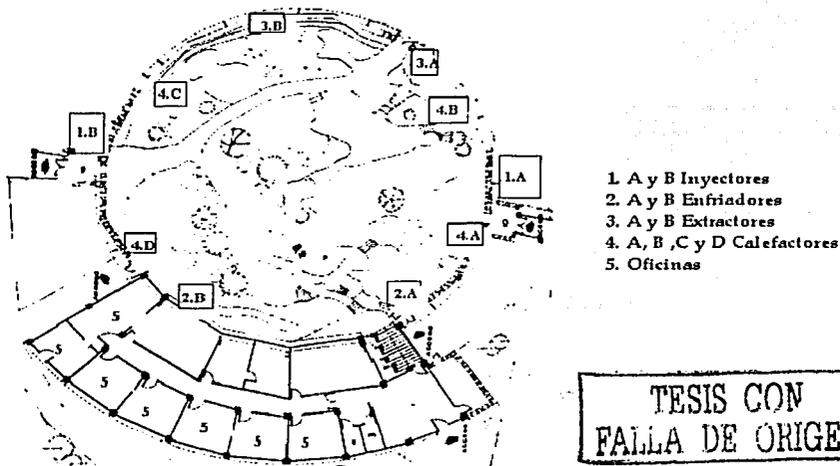
## CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA

## 2.1 INTRODUCCIÓN

Los jardines botánicos de México, por un lado, son centros de conservación biológica de gran importancia para nuestro país, y por el otro, tienen carencias muy grandes en infraestructura humana y de equipo que limitan en cierto modo su desarrollo. Esta situación ha hecho que los jardines botánicos en México se hayan ido desarrollando de manera tal, que han logrado encontrar sus propios mecanismos de crecimiento y consolidación, además de demostrar día con día la gran importancia que tienen para todos los sectores de la sociedad mexicana.

Con el fin de mostrar a la sociedad las colecciones de plantas de las regiones cálido-húmedas más importantes del país, se creó el invernadero Faustino Miranda. Este invernadero cuenta con el equipo necesario para mantener las condiciones óptimas de esta región en particular.

El equipo con el que cuenta el invernadero Faustino Miranda actualmente es el siguiente: calefactores, enfriadores de aire (humidificadores), extractores e inyectores de aire, motor para la cascada y motor para la cúpula. Los cuales esquemáticamente se muestran en la figura 2.1:



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 2.1 Esquema de ubicación de los equipos

## 2.2 SISTEMA DE CALEFACCIÓN

La compensación de las pérdidas de calor en el invernadero se consigue mediante la instalación de un sistema de calefacción. La utilización de dicho apoyo térmico permite alcanzar el nivel térmico deseado en el interior del invernadero.

Cualquier sistema de calefacción debe cumplir las siguientes condiciones:

- a. **Seguridad.** El sistema elegido debe presentar un buen nivel de seguridad: téngase en cuenta que una falla del sistema durante la época fría, puede afectar gravemente el ciclo de crecimiento y desarrollo de las plantas. Las averías pueden presentarse en cualquier parte de la instalación. Sin embargo, son frecuentes las que tienen lugar en la parte térmica (calderas y quemadores).
- b. **Fiabilidad.** La instalación de calefacción debe ser capaz de mantener la temperatura prefijada en el interior del invernadero. La regulación de la temperatura interna es el factor principal a tener en cuenta.
- c. **Flexibilidad.** El sistema debe ser flexible tal que permita modificaciones en la temperatura mínima en relación con los cultivos a realizar. Además la fuente generadora de calor no sólo sirve para alcanzar la temperatura prefijada sino que conviene que permita realizar otras funciones, como, por ejemplo, obtener vapor para la desinfección del suelo.

Entre los diferentes sistemas a utilizar podemos citar como más convencionales los siguientes:

1. Calefacción por aire caliente
2. Calefacción por agua caliente
3. Calefacción eléctrica

La calefacción de invernaderos consiste en calentar el aire del interior de los invernaderos, mediante una fuente de calor.

El fluido que transporta las calorías cedidas por la fuente de calor puede ser de varios tipos:

- Agua en forma líquida.
- Agua en forma de vapor.
- Aire.
- Otros fluidos portadores de calor (aceites, etc.).

La fuente de calor puede ubicarse en el interior del invernadero o bien en otro recinto contiguo.

## Calefacción por aire caliente

En este tipo de calefacción el flujo transportador de calor es el aire. Los generadores de aire caliente pueden ser de dos tipos:

- a. Generadores de combustión directa.
- b. Generadores con intercambiador de calor

### a. Generadores de combustión directa

Los generadores de aire caliente de combustión directa constan de dos partes:

- Cámara de combustión.
- Ventilador con sistema de salida de gases

Cuando se pone en marcha el generador de aire caliente, el combustible se quema en la cámara de combustión que es rodeada por la corriente de aire impulsada por el ventilador. Este aire caliente arrastra consigo los gases producidos en la combustión. Todo el conjunto está en el interior del invernadero.

### b. Generadores con intercambiador de calor

Son aquellos en que los gases producidos por la combustión no se mezclan con la corriente de aire para calefacción. La cámara de combustión calienta el intercambiador de calor. Alrededor de éste circula el aire impulsado por el ventilador. De este modo el aire caliente que se introduce en el invernadero es puro ya que los residuos de la combustión salen al exterior del invernadero por la chimenea.

Estos generadores constan de las siguientes partes:

- Ventilador.
- Cámara de combustión con chimenea para la salida de los gases.
- Cámara de intercambio.
- Ventilador y sistema de salida de aire.

En la situación actual, la energía consumida en calefacción representa una de las partidas económicas más elevadas de nuestros costos, por lo que se debe revisar dicha instalación.

## 2.2.1 Sistema de Calefacción en el Invernadero Faustino Miranda

En el invernadero Faustino Miranda se cuenta con cuatro calefactores de gas LP del tipo de combustión directa que están distribuidos uniformemente dentro del recinto a una altura aproximada de 8 metros.

Los cuatro calefactores son multiposicionales, de aproximadamente  $131875 \times 10^3$  [ J ] ( $125000$  [ Btu ]) cada uno. Cada calefactor cuenta con seis quemadores que están controlados por un piloto. El tiempo de operación de los calefactores es a través de un interruptor de tiempo (timer SCHIRACK multimode).

El ciclo de operación de los calefactores es de 5 minutos. Los calefactores se activan simultáneamente por dos minutos y continúan trabajando en los siguientes tres minutos para expulsar el aire caliente con ayuda del ventilador centrífugo, se tiene entonces que dos de los calefactores trabajan al mismo tiempo y medio minuto antes de acabar su ciclo, los otros dos calefactores comienzan a trabajar, y así alternadamente hasta un periodo de 13 horas.

La temperatura a la que trabaja el calefactor es a la que corresponde al aire de salida de 37.78° C (100° F) y llega a la temperatura final del aire de 93.34° C (200° F), terminando el ciclo de calentamiento del aire apagándose automáticamente el calefactor después de 5 minutos. Su capacidad calorífica del calefactor es hasta de 121.11° C (250° F), pero nunca se alcanza esta temperatura. La temperatura del calefactor se controla a través de un controlador de temperatura del aire y es por eso que se escogen los parámetros de temperatura anteriormente mencionados.

Los cuatro calefactores son alimentados por un tanque de 1600 litros de gas LP, cuyo consumo tiene una duración de siete días. Se tiene entonces que cada calefactor consume diariamente 57.1428 litros aproximadamente.

Actualmente el invernadero Faustino Miranda trabaja con dos calefactores, debido a que se encuentran descompuestos los otros dos calefactores. El sistema actual de calefacción compuesto por dos calefactores no es suficiente debido a que no alcanza a calentar el aire para toda el área del invernadero.

El mantenimiento que se realiza a los calefactores aproximadamente es anual o antes si se requiere, y consiste principalmente en revisar los pilotos, ya que se oxidan, por la humedad, se revisa el interruptor de tiempo, el controlador de temperatura, el motor del ventilador que esté en buen estado, también se cambian las bandas de los ventiladores y finalmente se le da una limpieza general a los quemadores.

El tiempo de operación es de las 19 horas a las 8 horas del día siguiente durante la época de Invierno.

Durante las épocas restantes no es necesario el uso de sistema de calefacción, sólo en caso de que se registre una temperatura por debajo del rango deseado, para mantener las condiciones del invernadero a 10 ° C mínimo.

Cada calefactor tiene un motor para el ventilador centrífugo. Los cuatro calefactores maneja

En dos marcas de motores, por lo que se agrupan aquellos de las mismas características y se simplifican de tal manera. ( la notación se puede observar en la figura 2.1)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## En los calefactores A y B:

- Motor del Ventilador.
  - Marca: General Electric
  - Motor C.A., monofásico con protección térmica
  - Voltaje 127 [ V ]
  - Corriente 12 [ A ]
  - $0.5595 [ \text{kW} ] = 0.75 [ \text{HP} ]$
  - Fase 1
  - 1725 [ RPM ]
  - Frecuencia 60 [ Hz ]
  - Elevación temperatura 60° C sobre ambiente

## Dato calculado:

- Factor de Potencia: 0.85\*\*
- Potencia entrada: 1.2954 [ kW ]

\*\* Este valor de factor de potencia, es el promedio del resultado de las mediciones realizadas en el diagnostico energético.

## En los Calefactores C y D :

- Motor del Ventilador.
  - Marca: Siemens
  - Motor eléctrico de C.A., Monofásico
  - Norma NEMA- Arm. 56 con protección térmica
  - Tipo 1RF3 056-4Y C42
  - Serie A95
  - $0.5595 [ \text{kW} ] = 0.75 [ \text{HP} ]$
  - 127/220 [ V ]
  - 12.7/5.8 [ A ]
  - 1735/1720 [ RPM ]
  - 60 [ Hz ]
  - Incremento de Temperatura 80° C

## Dato Calculado:

- Factor de Potencia: 0.85\*\*
- Potencia entrada: 1.3709 [ kW ]

\*\* Este valor de factor de potencia, es el promedio del resultado de las mediciones realizadas en el diagnostico energético.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la figura 2.2 se muestra el diagrama del Sistema de Calefacción:

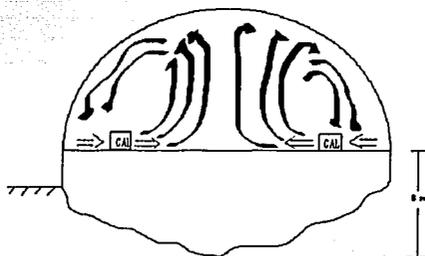


Figura 2.2 Sistema de Calefacción

### 2.3 SISTEMA DE VENTILACIÓN

La ventilación es uno de los factores importantes a considerar cuando se procede a diseñar o estructurar los jardines botánicos, ya que las necesidades fisiológicas de las plantas requieren un aire atmosférico que debe reunir condiciones físicas e higiénicas lo más limpias posibles.

La composición del aire atmosférico es aproximadamente la siguiente: 78% de Nitrógeno, 21% de Oxígeno, y el 1% restante esta compuesto por diversos gases como son el Argón, el Anhídrido Carbónico, el vapor de agua, el Neón, el Helio y otros varios componentes en pequeñas porciones.

Esta composición puede ser alterada a medida que los agentes contaminantes, polvos, humos, gases de escape, etc., ataquen al aire atmosférico mezclándose con el mismo.

Las instalaciones de ventilación tienen como objetivo proceder a la renovación del aire de los invernaderos, manteniendo determinados límites de calidad del aire que se introduce en las instalaciones, para lo cual hay que eliminar del mismo todas las impurezas, gases, polvos, que puedan ser molestos para las plantas.

Para poder efectuar este trabajo las instalaciones de ventilación precisan disponer de una energía que ponga el aire en movimiento, esta energía puede conseguirse de manera natural o por medios mecánicos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.3.1 VENTILACIÓN NATURAL

Es el procedimiento más utilizado en el día. Se basa en el fenómeno de la convección natural por el que el aire más caliente, con menor densidad asciende dejando lugar para que el aire más frío, y por ello más denso, ocupe las partes bajas. La ventilación cenital resulta ventajosa mediante este sistema, con aberturas o ventanas en los techos o partes altas del invernadero, que permiten la salida del aire caliente. Si se dispone de ventilación con aberturas en la parte superior del recinto se estiman como valores aconsejables el 10% de la superficie total de la cubierta.

La apertura y cierre de las ventanas puede realizarse manualmente o mediante motor.

#### 2.3.1.2 VENTILACIÓN NATURAL EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

El invernadero Faustino Miranda está provisto con una cúpula central de 60 [ cm ] de diámetro, en la parte superior del recinto, la cúpula gira 90°. Se tiene un motor de 0.373 [kW] (1/2 [ HP ]) para abrir la cúpula. A este motor no se tuvo acceso directo, por lo que las características del equipo se suponen igual al motor del extractor, ya que tienen la misma potencia. Las mediciones se tomaron igual que el motor de la cascada y se realizaron directamente del tablero general. El tiempo que se lleva en abrir la cúpula es de 30 segundos. En la actualidad está cúpula no se utiliza, porque no funciona el motor.

### 2.3.2 VENTILACIÓN FORZADA

La ventilación forzada consiste en establecer corrientes de aire mediante inyectores o extractores, con lo cual se consigue homogeneizar la temperatura con la del exterior.

#### 2.3.2.1 SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE

El método por inyección, como su nombre lo indica, se realiza a través de los ventiladores centrífugos que recogen el aire exterior y lo empujan hacia el interior del recinto, creando una sobrepresión dentro del circuito que obliga al aire caliente a salir por las aberturas previstas para tal fin. A su vez la sobrepresión impide que penetre aire del exterior por sitios que no están dentro de la abertura de entrada de aire del sistema de inyección.

Una de las ventajas de la inyección consiste en poder dotar al ventilador de un filtro para retener las partículas microscópicas y demás contaminantes que proliferan por el aire exterior. Además, puede controlarse la cantidad de aire entrante y repartir más eficazmente el volumen de aire sobre las secciones que necesiten mayor renovación.

### 2.3.2.2 Sistema de Inyección del Invernadero Faustino Miranda

El invernadero Faustino Miranda cuenta con dos inyectores de aire, que se encuentran por fuera del recinto y están a 8 metros de altura.

El sistema de inyección es a través de una bomba que manda agua a las paredes consiguiendo humedecerlas y estas paredes están compuestas por un filtro que es a base de viruta de madera, que también sirve para retener las partículas contaminantes del aire. El ventilador manda el aire por las paredes del inyector, consiguiendo humedecer el aire de salida un 50% para el interior del invernadero.

El mantenimiento que se le realiza a los inyectores es aproximadamente cada 4 a 6 meses o antes si lo requiere. Consiste en revisar el motor para ver las condiciones en que se encuentra y el cambio de la viruta de madera. Además se revisan las bandas y los cables eléctricos, que no estén en mal estado.

El tiempo de operación de los inyectores es de las 10 a las 15 horas.

El volumen de aire que entra al invernadero es de  $0.713 \text{ [ m}^3/\text{s ]}$ .

Se realizan aproximadamente 2 renovaciones de aire en el recinto, durante todo el tiempo de operación del inyector.

El volumen de aire que requiere el invernadero es de  $7068.58 \text{ [ m}^3 \text{ ]}$ .

En la actualidad sólo se encuentra funcionando un inyector de aire, debido a que el otro inyector no tiene banda que acople al motor con la polea del ventilador. El sistema de inyección no es suficiente porque está entrando un 50% de aire y se está extrayendo un 100%. El otro 50% de extracción se debe a las infiltraciones propias del invernadero, tales como, la puerta del cuarto del servicio y la puerta de acceso del invernadero.

Cada inyector cuenta con un ventilador centrífugo.

Las características del equipo del ventilador centrífugo del sistema de inyección del invernadero Faustino Miranda son las siguientes:

- Motor trifásico de Inducción de CD
- Marca: Motorex S.A.
- Modelo: 2126
- 1720 [ RPM ]
- 8.8/4.4 [ A ]
- 220/440 [ V ]
- 2.2351 [ kW ] = 3 [ HP ]
- Registro Serie: 2R6-1-06-150
- Armazón 4182T
- Motor tipo cerrado
- Incremento de Temperatura  $80^\circ \text{ C}$
- Frecuencia 60 [ Hz ]

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Dato Calculado:

- Factor de Potencia: 0.80\*\*
- Potencia entrada: 2.6826 [ kW ]

\*\* Este valor de factor de potencia, es el promedio del resultado de las mediciones realizadas en el diagnóstico energético.

En la figura 2.3 se muestra el diagrama del Sistema de Inyección:

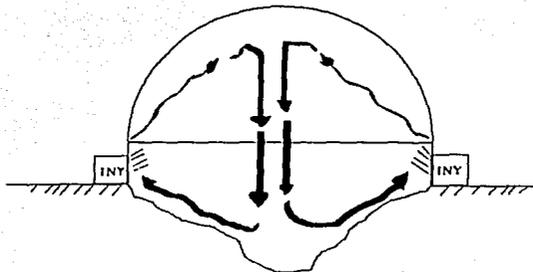


Figura 2.3 Sistema de Inyección.

### 2.3.2.3 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE AIRE

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El sistema de extracción de aire es, probablemente el más empleado. Esencialmente consiste en disponer a lo largo del recinto, o en lugares estratégicos, una serie de ventiladores helicoidales pudiéndose poner también en el techo del recinto a ventilar. La misión de los ventiladores consiste en aspirar el aire interior caliente y expulsarlo fuera a la atmósfera. Esto sucede así porque en los alrededores de la boca del ventilador se origina una depresión, la cual atrae el aire de las capas superiores del recinto, que está caliente, y las arrastra al interior del extractor desde donde son arrojados hacia fuera del invernadero.

### 2.3.2.4 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

El invernadero Faustino Miranda cuenta con dos extractores que son de 80 [ cm ]. de diámetro y se encuentra a una altura de 8 [ m ].

El tiempo de operación de los extractores es de las 10 a las 15 horas.

El flujo de extracción en el invernadero es de 0.7125 [ m<sup>3</sup>/s ].

El mantenimiento que se realiza a los inyectores es cada seis meses y consiste en revisión del estado del motor, la banda y las aspas del ventilador.

Las características de cada equipo de extracción con que cuenta el invernadero Faustino Miranda son las siguientes:

- Marca: General Electric
- Gesamex
- Motor CA, monofásico con protección térmica
- MCD 4C25RALAX
- 1720 [ RPM ]
- 0.373 [ kW ] = 0.5 [ HP ]
- 127 [ V ]
- 10 [ A ]
- Fase 1
- 6 [ Hz ]
- Elevación de temperatura 40°C

Dato Calculado:

- Factor de Potencia: 0.64\*\*
- Potencia entrada: 0.8128 [ kW ]

\*\* Este valor de factor de potencia, es el promedio del resultado de las mediciones realizadas en el diagnóstico energético.

En la figura 2.4 se muestra el diagrama del Sistema de Extracción.

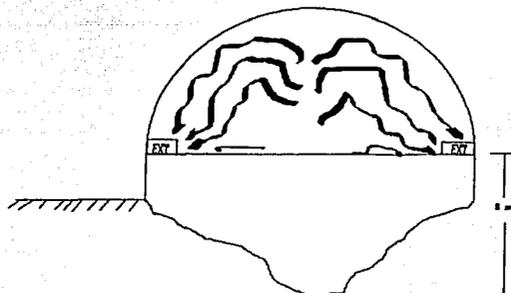


Figura 2.4 Sistema de Extracción.

## 2.4 SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los humidificadores son dispositivos que añaden humedad al aire. La humidificación del aire se lleva a cabo por evaporización del agua.

Para lograr el contacto íntimo entre el aire y el agua, un procedimiento muy utilizado es el que aprovecha la fuerza centrífuga de un disco metálico para romper un chorro de agua en pequeñas y finas gotas.

Primitivamente se utilizó con demasía el procedimiento de hacer incidir un chorro de agua a presión perpendicularmente contra un disco metálico girando a elevada velocidad. Por efecto del choque, el chorro se rompía y se desparramaba por la superficie del disco dirigiéndose hacia la periferia del mismo. Junto a este dispositivo se colocaba un ventilador axial, consiguiéndose así que la corriente de aire arrastrase el agua pulverizada. De este modo, el conjunto aire-agua era lanzado sin más a la atmósfera a humidificar.

En la actualidad, algunos constructores emplean dispositivos similares, montados en el interior de conductos, con lo que se obtiene una mejor distribución del aire, una más correcta humidificación y se elimina el gotce que, en algunos casos, era inevitable.

Los métodos utilizados para lograr la humidificación del aire en condiciones de confort y en acondicionamientos para otro tipo de proceso ( por ejemplo en un invernadero ) son similares.

La única diferencia será la de las tolerancias admisibles en las variaciones de humedad en un caso y en otro. En el caso de un acondicionamiento de confort pueden aceptarse amplias variaciones en el valor de la humedad relativa sin que se resienta la sensación agradable del ambiente. Pero al tratarse de acondicionamiento de otro tipo como por ejemplo el del invernadero, muy a menudo será preciso fijar límites para valores entre los que ha de moverse la humedad relativa del aire acondicionado.

#### 2.4.1 SISTEMA DE HUMIDIFICACIÓN DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

El invernadero Faustino Miranda cuenta con dos enfriadores evaporativos de aire que sirven para humidificar el ambiente y se encuentran a 8 [ m ] de altura. Los enfriadores de aire cuentan con una bomba que manda el agua a las paredes del enfriador manteniéndolas húmedas. Estas paredes son a base de viruta de madera.

Posteriormente el ventilador hace pasar el aire por las paredes del enfriador, para que de esta manera salga al invernadero el aire húmedo.

El invernadero tiene un sistema de aspersión, el cual está constituido por siete aspersores de tipo rehilete, distribuidos por todo el recinto, pero en la actualidad ya no se utiliza este sistema, ya que se tiene el problema de la formación de hongos y plagas.

El mantenimiento que se les realiza a los enfriadores de aire es cada seis meses. El cual consiste en la revisión del motor, bomba de agua y la banda. Se cambia la viruta de madera si lo requiere.

El tiempo de operación de los enfriadores de aire es de las 10 a las 15 horas.

En la actualidad no se encuentran funcionando los enfriadores de aire, por lo que sustituyen la humidificación por el método anticuado de riego por chorro de agua con manguera.

Las características del equipo de humidificación son las siguientes:

- Enfriador de Aire
  - Marca: Artic Circle
  - Modelo: S-30-2
  - Motor monofásico
  - 0.2487 [ kW ] = 0.333 [ HP ]
  - No. Serie: 920701275
  - 1725 [ RPM ]
  - 6.70 [ A ]
  - 127 [ V ]
  - 60 [ Hz ]
  - Fase 1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Dato Calculado:

- Factor de Potencia: 0.64\*\*
- Potencia entrada: 0.5445 [ kW ]

\*\* Este valor de factor de potencia, es el promedio del resultado de las mediciones realizadas en el diagnóstico energético.

También cuenta con una cascada que proporciona al invernadero humedad relativa. Esta cascada cuenta con un tanque y una bomba que hace circular el agua. Se tiene un motor de 0.373 [ kW ] (1/2 [HP]). Una vez más no se tuvo acceso directo al equipo, pero se tomaron las características del motor del extractor, ya que tiene la misma potencia. Las mediciones se realizaron directamente en el tablero, ya que sí sirve este sistema de humidificación, pero en la actualidad no se utiliza la cascada como un medio de humectación, ya que se prefiere hacer manualmente por medio de un chorro de agua a través de una manguera común y corriente. El tiempo de operación de la cascada es de 2 horas diarias. Este sistema de humidificación se va a tomar como parte del diagnóstico energético.

En la figura 2.5 se muestra el diagrama del Sistema de Humidificación.

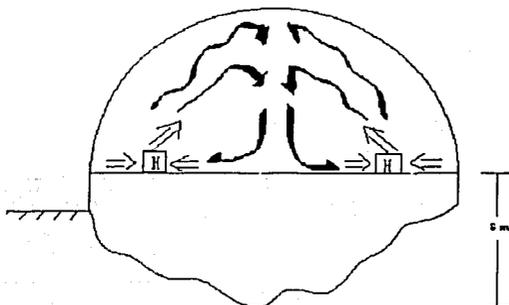


Figura 2.5 Sistema de Humidificación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 2.5 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaz de afectar o estimular la visión. La radiación visible, es decir, la que actúa sobre el ojo está comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 3800 a 7800 Angstroms (unidad que mide la longitud de onda).

La luz puede definirse como la causa y la iluminación como el efecto de la luz en las superficies sobre las cuales incide.

Se entiende por luz (espectro visible) la banda del espectro electromagnético comprendida entre los 360 [ nm ] y los 760 [ nm ], correspondientes a las longitudes de onda del rojo y violeta.

La luz tiene una acción reguladora sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas.

En los cultivos bajo invernaderos deben cuidarse los mínimos de intensidad luminosa, así como el número de horas necesario con ese mínimo de intensidad para un correcto crecimiento del cultivo o floración del mismo, dado que en el interior del invernadero tendremos menor iluminación que en el exterior debido a la reflexión y transmisión de la cubierta.

### 2.5.1 FUENTES LUMINOSAS

Fuente luminosa es toda materia, objeto o dispositivo, de la que parte la energía radiante que emite y cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético. Los tipos de fuentes luminosas son:

- a. Naturales
  - Sol
  - Rayos
  - Estrellas.
- b. Artificiales
  - Incandescentes
    - Filamento
    - Resistencia
  - Descarga de alta intensidad (HID)
    - Lámparas fluorescentes
    - Vapor de sodio
    - Neón
    - Aditivo metálico
    - Mercurio + argón

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.5.2 FUENTES LUMINOSAS EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

En el invernadero Faustino Miranda la principal fuente de energía es por medios naturales y es gracias a las radiaciones solares.

El sol es la fuente principal de energía térmica natural. Las radiaciones solares, en todas las longitudes de onda desde las ultravioletas hasta las infrarrojas, son la base de la vida o actividad biológica sobre la superficie terrestre.

En el Invernadero Faustino Miranda se tiene una cubierta de lámina traslúcida que tiene una forma semiesférica de diámetro igual a 30 m. Esta cubierta recibe las radiaciones solares y las transmite a las plantas que se encuentran en el invernadero.

### 2.5.3 FUENTES LUMINOSAS EN EL ÁREA DE OFICINAS DEL INVERNADERO

En el área de oficinas se cuenta con luz artificial, principalmente incandescente y fluorescente. En cada oficina se tiene iluminación, pero por el horario de entrada y salida del invernadero no se utilizan, porque con la iluminación natural es suficiente. En otra parte de las oficinas, es necesario tener la iluminación artificial todo el tiempo en que se encuentra abierto el invernadero, que es de las 9 a las 15 horas, como es el caso de la recepción donde se tienen 2 lámpara fluorescente de 75 [ W ]. En la parte del recibidor se tienen 8 lámparas fluorescentes de 38 [ W ] y 13 lámparas incandescentes de 25 [ W ].

Otros aparatos consumidores de energía que se encuentran en esta área son: 3 computadoras que se usan aproximadamente 2 horas, 1 impresora que se usa 5 minutos, 1 máquina eléctrica que se usa 3 horas.

En la parte de oficinas se tienen 56 contactos monofásicos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 2.6 RESUMEN

A continuación se muestra un resumen de los datos de los equipos con que opera el invernadero Faustino Miranda.

Equipo	Potencia [ kW ]	Horas de uso / día
<b>CALEFACTORES</b>		
Calefactor A	1.295	7.8**
Calefactor B	1.295	7.8**
Calefactor C	1.370	7.8**
Calefactor D	1.370	7.8**
<b>INYECTORES</b>		
Inyector de aire A	2.682	5
Inyector de aire B	2.682	5
<b>EXTRACTORES</b>		
Extractor de aire A	0.812	5
Extractor de aire B	0.812	5
<b>HUMIDIFICADORES</b>		
Humidificador A	0.544	5
Humidificador B	0.544	5
<b>MOTORES</b>		
Para la cascada*	0.812	2
Para la cúpula *	0.812	0.0166

## NOTA:

\* En los equipos de la cascada y la cúpula las características eléctricas del motor están supuestas, debido a que no se tuvo acceso directo, y porque según el jefe de mantenimiento del invernadero tienen la misma capacidad que los extractores de aire.

\*\* Es el tiempo promedio en que opera el ventilador para enviar el aire caliente al interior del invernadero, durante el ciclo de calentamiento.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## CAPÍTULO III

### DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO, TÉRMICO Y ELÉCTRICO

#### 3.1 ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA

El proceso de administración de los recursos energéticos, consiste en la aplicación de diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia en el uso de los energéticos utilizados, en una planta industrial.

Para ello, se debe seguir una serie de etapas:

- **Diagnósticos**

Se refiere al análisis histórico del consumo de energía relacionado con los niveles de producción y al análisis de las condiciones de diseño y operación de los equipos, a las características de los procesos y tecnologías utilizadas.

Con base en este estudio, se fijarán los objetivos y metas a seguir en función de los potenciales de ahorro identificados y se investigarán las diversas alternativas para alcanzarlos.

- **Planeación**

Consiste en elegir la alternativa concreta de acción a seguir, las políticas en materia de energía, el tiempo de ejecución, el logro de objetivos y, por último, se determina el monto de recursos financieros para la aplicación del Programa.

- **Organización**

En esta etapa se define la estructura que permita instrumentar el programa establecido.

Aquí es necesario especificar las funciones, jerarquías y obligaciones de todos los grupos e individuos que participen en el Programa de Ahorro de Energía.

- **Integración**

Consiste en elegir a la persona o grupos de personas que van a ser los responsables de la ejecución del Programa; así como la adquisición de la instrumentación y el equipo necesario para realizar el diagnóstico y monitorear los avances del Programa.

- **Dirección**

Consiste en delegar la autoridad necesaria al responsable del Programa y especificar su área de control y coordinación. Se deben definir los mecanismos de supervisión y los medios de comunicación como componentes esenciales del Programa.

### **Control**

En esta etapa se establecen lineamientos o especificaciones de consumo de energía, de mantenimiento y de operación, así como el método que permita dar seguimiento permanente al Programa. Todo ello, mediante monitoreo a través de un sistema integral de información energética y listas de verificación de la aplicación.

## **3.2 EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

### **Definición**

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia y eficacia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de cuantificar la desperdiciada.

### **Objetivos finales**

- Establecer metas de ahorro de energía.
- Diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía.
- Evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción.

## **3.3 TIPOS DE DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS**

### **3.3.1 DIAGNÓSTICO DE PRIMER GRADO**

Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como, el análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar este tipo de diagnóstico se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía, tales como falta de aislamiento o purgas; asimismo se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y corrección del factor de potencia. Cabe recalcar que en este tipo de estudios no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso e la energía, sino precisar medidas de aplicación inmediata.

### 3.3.2 DIAGNÓSTICOS DE SEGUNDO GRADO

Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como son los motores eléctricos y los equipos que éstos accionan, aquellos para compresión, bombeo y los que integran el área de servicios auxiliares entre otros. La aplicación de este tipo de diagnósticos requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y consumos específicos de energía. La información obtenida directamente en campo se compara con la de diseño, con objeto de obtener las variaciones de eficiencia. El primer paso, es detectar las desviaciones entre las condiciones de operación actuales con las del diseño, para así, jerarquizar el orden de análisis de cada equipo proceso. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo en estudios.

Los balances de materia y energía, los planos unifilares, actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía. Finalmente, se debe evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que se deben pagar con los ahorros que se tengan y en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

### 3.3.3 DIAGNÓSTICOS DE TERCER GRADO

Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería.

En estos diagnósticos, es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además de que facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos, procesos e incluso de las tecnologías utilizadas.

Además, debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa, en cuanto al período de recuperación de la inversión.

### 3.4 INSTRUMENTOS PARA LAS MEDICIONES DE CAMPO

Algunos de los instrumentos portátiles requeridos para la realización de diagnósticos energéticos de segundo y tercer grado, son los siguientes:

- Instrumentos de medición para el sistema eléctrico
  1. Wattómetro: mide la potencia de los equipos consumidores de energía.
  2. Factoripotenciómetro: mide la corriente, el voltaje y el factor de potencia.
  3. Analizadores de redes: mide el consumo de energía real y reactiva, potencia real, factor de potencia (f.p), distorsión armónica, voltaje, corriente.
  4. Tacómetros: mide la velocidad de los motores
  5. Luxómetros: mide la intensidad luminosa
  
- Instrumentos de medición para el sistema térmico
  1. Termómetros: mide la temperatura
  2. Pirómetro digital: mide la temperatura en las flamas de las calderas y en los quemadores.
  3. Manómetro: mide la presión.
  4. Medidores de velocidad de flujo en tuberías y equipo.
  5. Medidores de velocidad de aire

### 3.5 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

En el invernadero Faustino Miranda se realizó un Diagnóstico Energético de Segundo Grado, porque se requiere de un análisis detallado de los equipos en operación (para poder obtener una eficiencia energética del invernadero) y no se incluye el análisis del proceso de producción. En el diagnóstico energético se analizó la parte térmica que involucra al invernadero, así como la parte eléctrica correspondiente a los equipos consumidores de energía. Es importante mencionar que el diagnóstico energético se realizó durante los meses de octubre del 2001 a febrero del 2002, porque es el periodo donde se tiene funcionando todo el equipo y corresponde al periodo en el que se tiene el consumo máximo de energía eléctrica.

Para la realización del diagnóstico energético en el invernadero Faustino Miranda se utilizaron los siguientes instrumentos de medición:

- Medidor del factor de potencia: se midió el voltaje, la corriente y el factor de potencia de cada motor.
- Psicrómetro: se midió la temperatura y la humedad relativa del interior y la temperatura del exterior del invernadero.
- Tacómetro: se midió la velocidades de los motores de todos lo equipos.
- Flexómetro: se midió el diámetro de las aspas de los ventiladores.

### 3.5.1. ASPECTOS A DIAGNOSTICAR

- Inventario de equipos consumidores de energía.
- Análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento.
- Posibilidades de sustitución de equipos.
- Precios actuales.
- Evaluación económica de medidas de ahorro.
- Precio de energía eléctrica comprada [ \$ / kWh ].

## 3.6 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO TÉRMICO

Dentro de la parte térmica se va analizar la cubierta que se tiene en el invernadero, y el sistema de calefacción con que cuenta el invernadero.

### 3.6.1. CUBIERTA DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

Un punto de partida que puede presentar potenciales de ahorro energético es el propio material de la cubierta. Este, gracias a sus propiedades ópticas y térmicas, determina el microclima espontáneo creado bajo invernaderos, siempre, en estrecha relación con el clima exterior.

En relación con las propiedades ópticas del material, la cubierta ha de poseer la siguiente característica: máxima transparencia a la radiación luminosa, del espectro, cuyo intervalo es de 360 [ nm ] a 760 [ nm ].

La presencia de este fenómeno origina el denominado efecto "estufa" o efecto "invernadero". La intensidad de este fenómeno depende de la capacidad del invernadero para "calentarse" durante las horas del sol y de "guardar" el calor interno durante la noche.

La utilización de materiales de cubierta de buenas cualidades térmicas (absorción, refracción) es fundamental para limitar el consumo de gas.

El invernadero Faustino Miranda como ya se mencionó anteriormente, tiene una cubierta de lámina traslúcida que tiene la forma semiesférica y tiene un diámetro de 30 [ m ]. Este material de cubierta tiene aproximadamente 16 años de uso.

El material de la cubierta del invernadero es de fibra de vidrio.

Con ayuda del psicómetro se tomaron las lecturas de temperatura y humedad relativa, tanto interior como exterior, teniendo un parámetro máximo, medio y mínimo. De tal manera que se realizaron los análisis para las condiciones máximas, medias y mínimas, con el fin de poder tener una apreciación mejor.

Se utiliza la fórmula de transferencia de calor, para obtener la ganancia de calor por la cubierta:

$$q = UA\Delta T$$

Donde:

$q$  = ganancia de calor [ W ]

$U$  = coeficiente global de transferencia de calor [  $W/m^2 \text{ } ^\circ C$  ]

$A$  = área de la superficie a través de la cual pasa el calor [  $m^2$  ]

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura [  $^\circ C$  ]

### 3.6.1.1 ANÁLISIS DE LA CUBIERTA DE PLÁSTICO

Las lecturas de las temperaturas y humedad relativas del invernadero, se presentan en la a continuación:

	Temperatura interior [ $^\circ C$ ]	Temperatura exterior [ $^\circ C$ ]	Humedad relativa [ % ]
Máxima	32	28	88
Media	28.5	25.5	83
Mínima	25	23	78

Para el análisis de la cubierta de plástico se encontró el valor del coeficiente de conductividad térmica de la fibra de vidrio:

$$K = \left( 0.25 \left[ \frac{\text{Btu} \cdot \text{in}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ \text{F}} \right] \right)$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Conversión de unidades:

$$K = \left( 0.25 \left[ \frac{\text{Btu} \cdot \text{in}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ \text{F}} \right] \right) \left( \frac{0.746 [\text{kW}]}{2545 \left[ \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right]} \right) \left( \frac{0.0254 [\text{m}]}{1 [\text{in}]} \right) \left( \frac{1 [\text{ft}^2]}{0.093 [\text{m}^2]} \right) \left( \frac{1.8 [^\circ \text{F}]}{1 [^\circ \text{C}]} \right)$$

$$K = 3.60 \times 10^{-5} \left[ \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}} \right]$$

$$K = 0.036 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}} \right]$$

Para el caso de calefacción se consideran los siguientes coeficientes de convección:

- $h_{int.} = 9.36 \text{ [ W/m}^2\text{°C ]}$  coeficiente de convección de la película interior
- $h_{ext.} = 34.04 \text{ [ W/m}^2\text{°C ]}$  coeficiente de convección de la película exterior

### CONDICIONES MÁXIMAS

	Temperatura máxima [ °C ]	Coefficiente de convección [ W/m <sup>2</sup> °C ]	Humedad relativa [ % ]
Interna	32	9.36	88
Externa	28	34.04	

$q$  = Ganancia de calor [ W ]

$$q = U \Delta T$$

$U$  = Coeficiente global de transferencia de calor [ W/m<sup>2</sup> °C ]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{int.}} + \frac{x_1}{K_1} + \frac{1}{h_{ext.}}}$$

$\Lambda$  = área de la superficie a través de la cual pasa el calor [ m<sup>2</sup> ]

$$\text{Área} = 2\pi r h$$

TODOS CON  
FALLA DE ORIGEN

Obtención de  $U$  y  $\Lambda$ :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.36} + \frac{0.002}{0.036} + \frac{1}{34.04}} = \frac{1}{0.1068 + 0.0555 + 0.0293}$$

$$U = 5.2157 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}} \right]$$

- Diámetro = 36 [ m ]
- Altura = 8 [ m ]

$$\text{Área} = 2\pi r h$$

$$\text{Área} = 904.7786 \text{ [ m}^2 \text{ ]}$$

Obtención del valor de q:

$$q = \left( 5.2157 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right] \right) (904.778 [\text{m}^2]) (32 - 28 [^\circ\text{C}])$$

$$q = 18876.202 [\text{W}]$$

CONDICIONES MEDIAS

	Temperatura media [ $^\circ\text{C}$ ]	Coefficiente de convección [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ]	Humedad relativa [%]
Interna	28.5	9.36	83
Externa	25.5	34.04	

Obtención de U y A:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.36} + \frac{0.002}{0.036} + \frac{1}{34.04}} = \frac{1}{0.1068 + 0.0555 + 0.0293}$$

$$U = 5.2157 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

- Diámetro = 36 [ m ]
- Altura = 8 [ m ]

$$\text{Área} = 2\pi rh$$

$$\text{Área} = 904.7786 [\text{m}^2]$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Obtención del valor de q:

$$q = \left( 5.2157 \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right] \right) (904.778 [\text{m}^2]) (28.5 - 25.5 [^\circ\text{C}])$$

$$q = 14157.152 [\text{W}]$$

## CONDICIONES MÍNIMAS

	Temperatura mínima [°C]	Coefficiente de convección [W/m <sup>2</sup> °C]	Humedad relativa [%]
Interna	25	9.36	78
Externa	23	34.04	

$$U = \frac{1}{\frac{1}{9.36} + \frac{0.002}{0.036} + \frac{1}{34.04}} = \frac{1}{0.1068 + 0.0555 + 0.0293}$$

$$U = 5.2157 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

- Diámetro = 36 [ m ]
- Altura = 8 [ m ]

$$\text{Área} = 2\pi rh$$

$$\text{Área} = 904.7786 [m^2]$$

Obtención del valor de q:

$$q = \left( 5.2157 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right] \right) (904.778 [m^2]) (25 - 23 [^\circ C])$$

$$q = 9438.1012 [W]$$

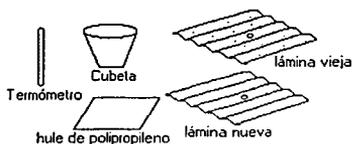
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 3.6.1.2 EXPERIMENTO

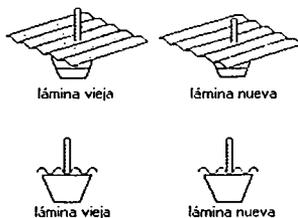
Con la finalidad de observar la diferencia de la ganancia de calor a través de la lámina de fibra de vidrio nueva, en comparación con la lámina de fibra de vidrio vieja, se realizó el siguiente experimento tal que permitiera determinar una reducción en el tiempo de operación del sistema de calefacción del invernadero. El experimento se realizó en la época de invierno, porque es el tiempo donde se utiliza la calefacción.

El experimento consistió en:

1. Depositar agua en dos recipientes de iguales características (tamaño, color, material), y taparlos con un hule de polipropileno, para evitar la evaporación y mantener la misma cantidad de masa.



2. Se cubre un recipiente con un pedazo de lámina de fibra de vidrio usada de aproximadamente 8 años de antigüedad, que cuenta con las características similares a la lámina de fibra de vidrio del invernadero ( opacidad y desgaste ) y el otro con la nueva.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

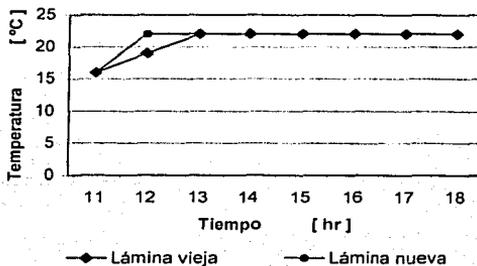
3. Se mide la temperatura del agua al inicio del experimento, que resultó de 16° C en ambos recipientes.
4. Posteriormente se les introduce a los recipientes el termómetro y se exponen al sol.

**Resultados:**

1. Se realiza una gráfica de los datos obtenidos y se puede observar que durante una hora ocurren cambios importantes, ya que el recipiente con la lámina nueva elevó la temperatura del agua  $6^{\circ}\text{C}$ , mientras que el recipiente con la lámina vieja sólo aumentó  $3^{\circ}\text{C}$ .
2. En la siguiente hora el recipiente con la lámina nueva se mantiene constante y el recipiente con la lámina vieja sube  $3^{\circ}\text{C}$ , igualando así la misma temperatura los dos recipientes. En el tiempo restante del experimento se mantienen constante la temperatura en los dos recipientes.

A continuación se presenta la gráfica 3.6.1.1, que nos muestra los resultados del experimento.

Gráfica 3.6.1.1



Para el flujo de calor a los recipientes se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = mC_p\Delta T$$

Donde .

$Q$  = Flujo de calor

$m$  = masa

$C_p$  = calor específico

$\Delta T$  = diferencia de temperaturas

Sustituyendo:

$m = 3$  [ kg ]

$C_{p_{\text{Agua}}} = 4.179$  [ kJ/kg K ]

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

*Lámina de fibra de vidrio nueva*

$$Q = (3[\text{kg}]) \left( 4.179 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right] \right) (295 - 289) [\text{K}] = 75.222 [\text{kJ}]$$

$$Q = 75.222 \text{ [ kJ ]}$$

*Lámina de fibra de vidrio vieja*

$$Q = (3[\text{kg}]) \left( 4.179 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \right] \right) (292 - 289) [\text{K}] = 37.611 [\text{kJ}]$$

$$Q = 37.611 \text{ [ kJ ]}$$

**Conclusión del experimento:**

Como se puede observar en la gráfica, que al lograr un incremento en las temperaturas se presenta una mayor ganancia de calor durante el día, por lo tanto se puede diferir la entrada de los calefactores que de acuerdo al experimento descrito anteriormente implica dos horas de ahorro. Cabe hacer notar que por ser época de invierno con la lámina nueva se disminuye el tiempo de operación de la calefacción en dichas dos horas de tiempo, manteniendo el rango de temperatura necesario para el invernadero de 10° C a 35° C.

**3.6.2 SISTEMA DE CALEFACCIÓN**

Con respecto al sistema de calefacción es necesario considerar el consumo de combustible y la temperatura requerida del aire.

Los cuatro calefactores consumen 1600 litros de gas LP en 7 días; por lo que se tiene que durante el periodo de trabajo de un día, que es de 13 horas, cada calefactor consume 57.1428 litros.

La temperatura a la que está programada es la siguiente:

El calefactor se prende y tarda unos instantes en llegar a los 37.78 °C (100° F) y empieza a arrojar el aire caliente a los 65.56 °C (150° F) y hasta que llega a los 93.34 °C (200° F) se apaga.

### 3.7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ELÉCTRICO

En esta parte del diagnóstico, se tiene como primera actividad la de hacer un inventario del equipo consumidor de energía, y en el invernadero Faustino Miranda se tiene el siguiente equipo:

- Cuatro motores eléctricos para los calefactores de gas LP,
- dos motores eléctricos para los inyectores de aire,
- dos motores eléctricos para los enfriadores de aire,
- dos motores eléctricos para los extractores de aire,
- un motor eléctrico para la cúpula, y
- un motor eléctrico para la cascada.

En la actualidad se encuentran en servicio los siguientes equipos:

- dos calefactores de gas LP con su respectivo motor eléctrico cada uno
- un inyector de aire, y
- dos extractores de aire.

En ningún equipo o instalación se encontraron fugas.

El mantenimiento preventivo varía dependiendo del tipo de equipo del que se trate, para el caso de los calefactores se realiza cada año, los humidificadores, inyectores y extractores tienen un mantenimiento cada cuatro a seis meses.

Sin embargo las condiciones en las que se encuentran los equipos del invernadero, se puede ver que este mantenimiento no se ha realizado, ya que se encuentra en funcionamiento la mitad del equipo, por lo que el personal tiene que recurrir a otros métodos para poder mantener las condiciones necesarias.

#### 3.7.1 CONSUMOS DE ENERGIA DE LOS EQUIPOS

Para poder determinar los consumos de energía de los equipos se recurrió a los instrumentos de medición antes mencionados de la siguiente manera:

##### *Inyector de aire*

Con el factoripotenciometro se mide la potencia y este instrumento de medición nos proporciona además el voltaje, la corriente y el factor de potencia. Con ayuda del tacómetro se obtuvo la velocidad angular del motor. Finalmente se utilizó el flexómetro para medir el diámetro del ventilador centrifugo.

### *Extractor de aire*

Con el factoripotenciometro se mide la potencia y este instrumento de medición nos proporciona además el voltaje, la corriente y el factor de potencia. Con ayuda del tacómetro se obtuvo la velocidad angular del motor. Finalmente se utilizó el flexómetro para medir el diámetro de las aspas del ventilador.

### *Enfriador de aire*

En relación al enfriador de aire se realizó una suposición de la potencia eléctrica, de acuerdo a su capacidad y a la medición de la polea. Está suposición se hace con base al inyector de aire, ya que tienen el mismo funcionamiento, lo que nos permite tener una buena aproximación de los datos reales.

### *Motor del Calefactor*

Con el factoripotenciometro se mide la potencia y este instrumento de medición nos proporciona además el voltaje, la corriente y el factor de potencia. Con ayuda del tacómetro se obtuvo la velocidad angular del motor. Finalmente se utilizó el flexómetro para medir el diámetro del ventilador centrífugo.

### *Motor de la Cascada*

En este caso se tomaron los mismos parámetros eléctricos (voltaje, corriente y rpm.) al motor del extractor de aire, debido a que según el jefe de mantenimiento del invernadero tienen la misma capacidad y no se tuvo acceso directo al equipo.

### *Motor de la Cúpula*

En el motor de la cúpula se suponen los parámetros eléctricos (voltaje, corriente y rpm) al motor del extractor. Con base a que tienen la misma capacidad, según informó el jefe de mantenimiento.

Las características de los equipos se anotaron en forma independiente.

Las lecturas del factoripotenciómetro, tacómetro y flexómetro para cada equipo son las siguientes:

1. Calefactor A y B

- Motor Monofásico
- 125.6 [ V ]
- 10.6 [ A ]
- Factor de Potencia = 0.85
- Diámetro Polea = 27 [ cm ]
- 450 [ RPM ]

Dato calculado:

$$\cos \theta = f.p$$

$$\theta = \cos^{-1}(f.p)$$

$$\tan \theta = \frac{\text{kVAR}}{\text{kW}}$$

$$\text{kVAR} = \text{kW}(\tan \theta)$$

- Potencia activa = 1.1316 [ kW ]
- Potencia reactiva = 1.1316 (tan 31.788)
- Potencia reactiva = 0.7013 [ kVAR ]

2. Calefactor C y D

- Motor Monofásico
- 124.8 [ V ]
- 9.8 [ A ]
- Factor de Potencia = 0.85
- Diámetro Polea = 27 [ cm ]
- 450 [ RPM ]

Dato calculado:

- Potencia activa = 1.0395 [ kW ]
- Potencia reactiva = 0.6445 [ kVAR ]

**3. Inyector de aire**

- Motor Trifásico
- 223 [ V ]
- 5.2 [ A ]
- Factor de Potencia = 0.8
- Diámetro Polea = 40 [ cm ]
- 380 [ RPM ]
- Diámetro Ventilador = 63 [ cm.]

**Dato calculado:**

- Potencia activa = 1.6068 [ kW ]
- Potencia reactiva = 1.2051 [ kVAR ]

**4. Extractor de aire**

- Motor Monofásico
- 127.6 [ V ]
- 4.7 [ A ]
- Factor de potencia = 0.64
- Diámetro de polea = 18 [ cm ]
- 500 [ RPM ]
- Diámetro del ventilador = 76 [ cm ]

**Dato calculado:**

- Potencia activa = 0.3838 [ kW ]
- Potencia reactiva = 0.4607 [ kVAR ]

**5. Enfriador de aire**

- Motor Monofásico
- 127.6 [ V ]
- 3.9 [ A ]
- Factor de potencia = 0.64
- Diámetro de polea = 18 [ cm ]
- 500 [ RPM ]

**Dato calculado:**

- Potencia activa = 0.3185 [ kW ]
- Potencia reactiva = 0.3826 [ kVAR ]

## 6. Motor de cascada

- Motor Monofásico
- 123.5 [ V ]
- 4.2 [ A ]
- Factor de potencia = 0.63
- 500 [ RPM ]

## Dato calculado:

- Potencia activa = 0.3267 [ kW ]
- Potencia reactiva = 0.4032 [ kVAR ]

## 7. Motor cúpula

- Motor Monofásico
- 123.5 [ V ]
- 4.2 [ A ]
- Factor de potencia = 0.63
- 500 [ RPM ]

## Dato calculado:

- Potencia activa = 0.3267 [ kW ]
- Potencia reactiva = 0.4032 [ kVAR ]

El volumen de aire que se tiene en el invernadero es el siguiente:

Considerando al invernadero como una sección esférica, se tiene que el volumen es:

$$V = \frac{\pi r^2}{3} (3r - h)$$

- Diámetro = 36 [ m ]

$$V = \frac{\pi(16)^2}{3} (3(18) - 16)$$

$$V = 10187.138 [m^3]$$

Para poder obtener el volumen de inyección de aire, se recurre a la siguiente fórmula:

$$Q = \Lambda(v)$$

Donde:

- Q = volumen de inyección
- $\Lambda$  = área de las aspas del ventilador
- v = velocidad del ventilador

Las rpm que se tienen del ventilador se deben transformar a [ m/s ], por lo que se tiene:

$$380\text{rpm}\left(\frac{2\pi}{60}\right) = 39.79\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$$

Para este caso, se considera la velocidad del aire del 5.75% aproximadamente de la velocidad de las aspas del ventilador, con base en el manual de operación que proporciona el fabricante. Esto se hace debido a que no se pudo medir directamente la velocidad del aire.

Con la consideración anterior, se tiene que la velocidad del aire es igual a 2.288 [ m/s ].

El área se calcula con ayuda del diámetro del ventilador de la siguiente manera:

$$A = \pi r^2$$

$$\text{Diámetro} = 0.63 \text{ [ m ]}$$

$$A = \pi(0.315)^2$$

$$A = 0.312[\text{m}^2]$$

Sustituyendo el valor obtenido en la ecuación de Q, se tiene:

$$Q = (0.312[\text{m}^2])\left(2.288\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]\right)$$

$$Q = 0.713\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$$

En el caso de la extracción, se consideró el 3% de la velocidad del ventilador, que es función de las revoluciones que maneja el extractor, con base al manual de operación que proporciona el fabricante, y posteriormente se calcula el gasto con el área barrida de las aspas.

Se tiene:

$$500\text{rpm}\left(\frac{2\pi}{60}\right) = 52.35\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$$

Considerando sólo el 3% de la velocidad, se obtiene:

$$v = 1.570 \text{ [ m/s ]}$$

Del mismo modo se encontró el aire de extracción teniendo:

$$Q = (0.4536[\text{m}^2])\left(1.570\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]\right)$$

$$Q = 0.7125\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$$

A continuación se muestran las tablas que indican el Diagnóstico Energético al Invernadero Faustino Miranda.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TABLA 3.7.1.1**  
 Diagnóstico energético actual a carga parcial  
 ( debido a que existen equipos descompuestos )

## a) Equipos

Equipo	Voltaje [ V ]	Corriente Nom. [ A ]	Corriente [ A ]	Factor de Potencia	Potencia Nom. [ kW ]	Potencia [ kW ]	Tiempo de uso [ hr ]	kWh Día	kWh Bimestre	\$ / kWh Bimestre
Calefactor B	125.6	12.7	10.6	0.85	1.3709	1.131	7.8*	8.8218	529.308	370.5156
Calefactor C	124.8	12	9.8	0.85	1.2954	1.039	7.8*	8.1042	486.252	340.3764
Inyector A	223	8.8	5.2	0.8	2.6826	1.606	5	8.03	481.8	337.26
Extractor A	127.6	10	4.7	0.64	0.8128	0.383	5	1.915	114.9	80.43
Extractor B	127.6	10	4.6	0.64	0.8128	0.383	5	1.915	114.9	77.49
<b>Total</b>								28.786	1727.16	1209.012

Nota:

El precio ponderado por kWh es de 70 centavos, para esa zona de Ciudad Universitaria.

\* Es el tiempo real en que opera el ventilador, durante el ciclo de calentamiento del aire.

Los calefactores trabajan cinco meses durante todo el año.

## b) OFICINAS

Aparato	Voltaje [ V ]	Potencia [ kW ]	Tiempo de uso [ h ]	kWh Día	kWh Bimestre	\$ / kWh Bimestre
8 lámparas de 38 W	127	0.304	6	1.824	109.44	76.608
2 lámparas de 75 W	127	0.150	6	0.9	54	37.8
13 lámp. de 25W	127	0.325	6	1.95	117	81.9
3 computadoras	127	0.450	2	0.9	54	37.8
1 impresora	127	0.200	0.083	0.0166	0.996	0.697
1 máq. eléctrica	127	0.150	3	0.45	27	18.9
<b>Total</b>				6.0406	362.436	253.705

Nota:

El precio ponderado por kWh es de 70 centavos.

Las pérdidas de balastos en lámparas son nulas ya que son del tipo electrónico.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TABLA 3.7.1.2**  
 Diagnóstico energético de todo el equipo en condiciones actuales de operación a carga total del invernadero  
 ( si todos los equipos estuvieran operando normalmente )

Equipo	Voltaje [ V ]	Corriente Nom. [ A ]	Corriente [ A ]	Factor de Potencia	Potencia Nom. [ kW ]	Potencia [ kW ]	Tiempo Uso [ h ]	kWh Día	kWh Bimestre	kWh Bimestre
Calefactor A	124.8	12	9.8	0.85	1.2954	1.039	7.8*	8.104	486.24	340.368
Calefactor B	124.8	12	9.8	0.85	1.2954	1.039	7.8*	8.104	486.24	340.368
Calefactor C	125.6	12.7	10.6	0.85	1.3709	1.131	7.8*	8.821	529.308	370.51
Calefactor D	125.6	12.7	10.6	0.85	1.3709	1.131	7.8*	8.821	529.308	370.51
Injector A	223	8.8	5.2	0.8	2.6826	1.606	5	8.0339	482.036	337.425
Injector B	223	8.8	5.2	0.8	2.6826	1.606	5	8.0339	482.036	337.425
Extractor A	127.6	10	4.7	0.64	0.8128	0.383	5	1.915	114.9	80.43
Extractor B	127.6	10	4.7	0.64	0.8128	0.383	5	1.915	114.9	80.43
Enfriador A	127.6	6.7	3.9	0.64	0.5445	0.318	5	1.59	95.4	66.78
Enfriador B	127.7	6.7	3.9	0.64	0.5445	0.318	5	1.59	95.4	66.78
M. Cascada	123.5	10	4.2	0.64	0.8128	0.331	2	0.663	39.83	27.885
M. Cupula	123.5	10	4.2	0.64	0.8128	0.331	0.0166	0.00551	0.330	0.231
Total								57.5963	3455.7786	2419.045

**Notas:**

- \* Es el tiempo real en que opera el ventilador, durante el ciclo de calentamiento del aire.
- El precio ponderado por kWh es de 70 centavos, para esa zona de Ciudad Universitaria.
- Los calefactores trabajan cinco meses durante todo el año.
- El invernadero no cuenta con iluminación artificial
- Se considera el mismo diagnóstico energético en oficinas.

TABLA 3.7.1.3  
 Diagnóstico energético de diseño a carga total del invernadero

Equipo	Voltaje [ V ]	Corriente Nom. [ A ]	Factor de Potencia	Potencia [ kW ]	Tiempo de Uso [ hr ]	kWh Día	kWh Bimestre	\$/ kWh Bimestre
Calefactor A	127	12	0.85	1.295	7.8*	10.104	606.247	424.373
Calefactor B	127	12	0.85	1.295	7.8*	10.104	606.247	424.373
Calefactor C	127	12.7	0.85	1.370	7.8*	10.693	641.611	449.128
Calefactor D	127	12.7	0.85	1.370	7.8*	10.693	641.611	449.128
Inyector A	220	8.8	0.8	2.682	5	13.413	804.780	563.346
Inyector B	220	8.8	0.8	2.682	5	13.413	804.780	563.346
Extractor A	127	10	0.64	0.812	5	4.064	243.84	170.688
Extractor B	127	10	0.64	0.812	5	4.064	243.84	170.688
Enfriador A	127	6.7	0.64	0.544	5	2.722	163.372	114.360
Enfriador B	127	6.7	0.64	0.544	5	2.722	163.372	114.360
M. Cascada	127	10	0.64	0.812	2	1.625	97.536	68.275
M. Cúpula	127	10	0.64	0.812	0.0166	0.013	0.812	0.568
Total						83.633	5018.036	3512.625

## Notas:

\* Es el tiempo real en que opera el ventilador, durante el ciclo de calentamiento del aire.

El precio ponderado por kWh es de 70 centavos, para esa zona de Ciudad Universitaria.

Los calefactores trabajan cinco meses durante todo el año.

El invernadero no cuenta con iluminación artificial.

Se considera el mismo diagnóstico energético en oficinas.

## CAPITULO IV

### MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA Y SU EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### 4.1 MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA

El concepto de ahorro de energía es un aspecto importante en las instalaciones, esto se debe a que las empresas pagan altas cuotas por la energía que consumen, por lo que es necesario buscar alternativas para tratar de ahorrar energía y reducir sus costos. En el caso del invernadero Faustino Miranda se comprende el ahorro de combustible de gas LP en los quemadores al aumentar la ganancia de calor por parte del cambio de la cubierta de fibra de vidrio, el ahorro de consumo de energía eléctrica por parte de equipos o motores nuevos y finalmente la iluminación no se considera, porque el invernadero no cuenta con iluminación artificial y el área de las oficinas ya cuenta con la tecnología actual para ahorro de energía.

#### 4.2 EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA

El ahorro de energía debe:

- a) Generar beneficios superiores a los costos sin sacrificar calidad del producto.
- b) Pequeños cambios operacionales con costo despreciable.
- c) Costo de capital amortizable por ahorro de energía generados en la vida útil del proyecto.  
Es decir que sea rentable.

Considerar:

- Criterio constante de evaluación económica.
- Analizar varias alternativas según rentabilidad.
- Riesgo como cambios sexenales, políticas económicas en torno a la energía, paridad del peso.
- Flujo de efectivo.
- Impuestos
- Inversión a corto y largo plazo.

#### 4.3 MEDICIÓN DETALLADA DE RESULTADOS

Notación que se utiliza:

C = costo inicial (incluye mano de obra, equipos y materiales).

CAO = costo anual de operación (si se debe a la inversión).

AAC = ahorro anual de combustible.

PEC = precio estimado de combustible (actual o promedio en el tiempo de vida de la inversión).

DEP = duración estimada del proyecto (vida útil).

A = ahorro neto anual =  $AAC(PEC) - CAO$  [ \$ / año ]

## 1. Incorpora un factor de descuento ( considera el valor del dinero a través del tiempo ).

Tasa de descuento:  $i$ 

$$i = \frac{y - f}{1 + f}$$

$$i = \frac{x - f}{1 + f}$$

donde:

 $y$  = tasa bancaria de préstamo. $x$  = tasa bancaria de ahorro. $f$  = inflación.

2. Diferentes alternativas de inversión hacen que los pesos en el presente sean mayores a los pesos en el futuro.
3. Si la tasa de recuperación es menor que la tasa de interés del préstamo (cuando existe financiamiento) por lo tanto, la tasa de descuento de evaluación de nuevas alternativas, es igual a la tasa de interés del préstamo.
4. Las utilidades generadas por el ahorro de energía son gravables, es decir sujetas a impuestos.

Métodos:

## a) Análisis Beneficio / Costo

$$V_p = B = \Lambda(FVP)$$

donde:

 $V_p$  = valor presente $B$  = beneficio. $\Lambda$  = ahorro neto anual.

FVP = factor de valor presente.

Cálculo de FVP

$$FVP = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

donde:

 $n$  = vida útil.

Se tiene entonces que para comprobar el Análisis Beneficio Costo:

$$\frac{B}{C} > 1 \Rightarrow \text{rentable}$$

donde:

B = beneficio.

C = costo.

b) Periodo de recuperación del capital invertido

$$C = Vp = B = A \left( \frac{1 - (1+i)^{-m}}{i} \right)$$

Se tiene:

$$1 - (1+i)^{-m} = \frac{C(i)}{A}$$

despejando m:

$$m = \frac{-\ln \left( 1 - C \left( \frac{i}{A} \right) \right)}{\ln(1+i)}$$

donde:

m = periodo en el cual se paga el capital.

C = costo inicial.

i = tasa de descuento.

A = ahorro neto anual.

Para comprobar el periodo de recuperación del capital invertido se tiene que:

$$\frac{m}{n} \leq 32\% \quad \text{para poder ser rentable}$$

donde:

m = periodo en el cual se paga el capital.

n = vida útil.

## c) Tasa interna de retorno ( TIR )

$$TIR = j$$

Es la tasa de descuento donde el valor presente neto es igual a cero.

$$B = C$$

$$VPN = C - B = 0$$

donde:

VPN : Valor Presente Neto

$$C = A \left( \frac{1 - (1 + j)^{-n}}{j} \right)$$

Para obtener  $j$  se tiene que iterar hasta que se iguale con el valor de  $C$ .

La tasa interna de retorno se comprueba de la siguiente manera:

$$j > i \quad \text{para ser rentable}$$

#### 4.4 MEDIDAS DE AHORRO EN EL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA

Algunas alternativas a considerar para el ahorro de energía en el invernadero Faustino Miranda son las siguientes, tanto en el sistema eléctrico como en el térmico:

##### 4.4.1 SISTEMA ELÉCTRICO – TÉRMICO

###### Opción A: Equipos nuevos + cambio de cubierta de fibra de vidrio

En la opción A se propone cambiar todo el equipo con que cuenta el invernadero Faustino Miranda, con el fin de obtener las siguientes medidas de ahorro:

- Disminuir el consumo de energía.
- Aumentar la eficiencia de los equipos.

La cotización de los equipos nuevos se realizaron durante el mes de abril del 2002.

Las características de los equipos nuevos y sus precios se muestran a continuación:

###### *4 calefactores:*

- Tipo Multiposiciones
- $131875 \times 10^3 \text{ J}$  (125000 Btu)
- Seis quemadores
- Motor del ventilador: Trifásico
- Marca: Power Electric
- 0.56 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 2.5 / 1.3 [ A ]
- 1723 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$6.000 c/u

Consumo de combustible es de  
48.3516 litros de gas LP diarios  
por cada Calefactor.

###### *2 Inyectores de aire:*

- Motor Trifásico
- Marca: Artic Circle
- Modelo: H-180
- 2.238 [ kW ]
- 220 [ V ]
- 9 [ A ]
- 1725 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$25.579. 68 c/u

*2 Extractores de aire:*

- Motor Trifásico
- Marca: Power Electric
- 0.3734 kW
- 220/440 [ V ]
- 1.7/ 0.9 [ A ]
- 1729 [ RPM ]
- 60 Hz
- \$1,014.30 c/u

*2 Enfriadores de aire:*

- Motor Monofásico
- Marca: Artic Circle
- Modelo: S-38
- 0.2486 [ kW ]
- 127 [ V ]
- 7.15 [ A ]
- 1725 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$3,622.50 c/u

*Motor de cascada:*

- Motor Trifásico
- Marca: Power Electric
- 0.3734 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 1.7/ 0.9 [ A ]
- 1729 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$1,014.30

*Motor para la cúpula:*

- Motor Trifásico
- Marca: Power Electric
- 0.3734 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 1.7/ 0.9 [ A ]
- 1729 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$1,014.30

La opción A contempla el cambio de la lámina de fibra de vidrio de la cubierta, en donde se tiene que el área de la cubierta es de  $904.778 \text{ m}^2$  y se proponen láminas de  $6.10 \times 1.10$  [ m ].

El número total de láminas es de 145 y el precio unitario es de \$ 400.<sup>00</sup> En total es un costo de \$58.000.<sup>00</sup>

El costo de instalación de las láminas es de \$12.000.<sup>00</sup> aproximadamente.

Con la cubierta de fibra de vidrio nueva se estima que se reduce el tiempo de uso de los calefactores en 2 horas menos de acuerdo al experimento descrito en el capítulo III en el apartado **3.6.1 CUBIERTA DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA** de esta tesis. Por lo que se tiene un ahorro en el consumo de combustible de gas LP de 8.7912 litros diarios por cada calefactor. También se consigue un mejor nivel de iluminación en el invernadero con la cubierta de fibra de vidrio nueva. La iluminación artificial en el invernadero es nula porque no cuenta con ella.

A continuación se presenta la tabla 4.4.1.1 Diagnóstico energético de la opción A: Equipos nuevos + cubierta.

4.4.1.1 DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA OPCION A

EQUIPOS NUEVOS + CUBIERTA

Equipo	Voltaje [ V ]	Corriente Nom. [ A ]	Potencia [ kW ]	Tiempo de Uso [ hr ]	kWh Día	kWh Bimestre	S / kWh Bimestre
Calefactor A	220	2.5	0.809	6.6*	5.339	320.364	224.254
Calefactor B	220	2.5	0.809	6.6*	5.339	320.364	224.254
Calefactor C	220	2.5	0.809	6.6*	5.339	320.364	224.254
Calefactor D	220	2.5	0.809	6.6*	5.339	320.364	224.254
Injector A	220	9	2.743	5	13.717	823.070	576.149
Injector B	220	9	2.743	5	13.717	823.070	576.149
Extractor A	220	1.7	0.414	5	2.072	124.375	87.062
Extractor B	220	1.7	0.414	5	2.072	124.375	87.062
Enfriador A	127	7.15	0.581	5	2.905	174.345	122.041
Enfriador B	127	7.15	0.581	5	2.905	174.345	122.041
M Cascada	220	1.7	0.414	2	0.829	49.750	34.825
M Copula	220	1.7	0.414	0.0160	0.006	0.414	0.290
Total					59.579	3574.74	2502.318

Nota:

- \* Es el tiempo real en que opera el ventilador, durante el ciclo de calentamiento del aire
- El precio ponderado por kWh es de 70 centavos.
- El factor de potencia de los equipos nuevos se considera igual al de los equipos actuales.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

#### 4.4.1.2. Evaluación económica de la Opción A: Equipos nuevos y cambio de cubierta

Tasa de descuento anual

$$i = \frac{x - f}{1 + f}$$

Estos valores son con base al periódico Universal del día 16 de mayo del 2002,  $f = 4.70$

$x$  = tasa con la que el PUE maneja sus proyectos

$x = \text{cetes}_{28 \text{ días}} + 2 \text{ puntos}$

$x = 6.93 + 2$

$x = 8.93$

$$i = \frac{0.08933 - 0.047}{1 + 0.047}$$

$$i = 0.04040$$

$$i = 4.04\%$$

##### a. Análisis beneficio / costo

$$\text{FVP} = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

$$\text{FVP} = \frac{1 - (1 + 0.04040)^{-15}}{0.04040}$$

$$\text{FVP} = 11.0873$$

Costos [ \$ ]

Equipo nuevo	86,460.56
Instalación	10,000.00
Laminas	58,000.00
Instalación	12,000.00
Protección	720.00
Cable	1,000.00
Instalación	5,000.00
	<hr/>
	173,180.56

**Tabla de Ahorro de la opción A**

Equipo	Equipo de Diseño kWh Bimestre	Equipo Propuesto kWh Bimestre	Ahorro kWh Bimestre
Calefactores	2495.717	1281.456	1214.261
Inyectores	1609.56	1646.141	-36.581*
Extractores	487.68	248.750	238.93
Enfriadores	326.744	348.691	-21.947*
Mot. Cascada	97.536	49.75	47.786
Mot. Cúpula	0.8124	0.4144	0.398
Total			1442.847

Nota:

\* En estos equipos no se tiene ahorro porque los equipos propuestos correspondientes consumen más energía eléctrica que la actual.

• **Calefactores**

*Costo de los equipos [ \$ ]*

Calefactores	24,000.00
Instalación	1,000.00
Laminas	58,000.00
Instalación	<u>12,000.00</u>
	95,000.00

Ahorro

$\Lambda$  = Ahorro de energía eléctrica anual de los calefactores + Ahorro de combustible anual (Gas LP)

$\Lambda$  = [Ahorro de kWh/Bimestre \* Bimestres de uso al año \* Precio ponderado de kWh para la UNAM] + [Consumo de gas LP por calefactor \* días de uso al año \* número de calefactores \* precio por litro de gas LP]

$$\Lambda = [(1214.261)(2.5)(0.70)] + [(8.7912)(150)(4)(2.60)]$$

$$\Lambda = [2124.956] + [13714.272]$$

$$\Lambda = 15839.228$$

$$B = V_p = 15839.228(11.087)$$

$$B = 175609.520$$

$$\frac{17506.520}{95000} = 1.84$$

$$\frac{B}{C} > 1$$

La sustitución de los equipos de calefacción **si cumplen con el Análisis beneficio / costo.**

**b. Periodo de recuperación**

$$m = \frac{-\ln\left(1 - (95000)\left(\frac{0.04040}{15839.228}\right)\right)}{\ln(1 + 0.04040)}$$

$$m = 7.0061$$

$$\frac{7.0061}{15} = 46.707\% \quad \frac{m}{n} > 32\%$$

La sustitución de los equipos nuevos de calefacción **no cumplen** con el periodo de recuperación.

**c. Tasa interna de retorno**

*Valor presente neto*

$$VPN = 175609.520 - 95000$$

$$VPN = 80609.52$$

$$95000 = 15839.228 \left( \frac{1 - (1 + j)^{-15}}{j} \right)$$

$$j = 0.145 \quad j > i$$

La tasa interna de retorno **si es rentable** para el caso de los equipos nuevos de calefacción.

Por lo tanto al no cumplir en su totalidad las tres condiciones de la evaluación económica, la sustitución de los equipos nuevos de calefacción **no son una forma rentable** para el Invernadero.

- **Equipos nuevos restantes (Inyectores, extractores, enfriadores, motor de la cascada y motor de la cúpula)**

**Costos de los equipos [ \$ ]**

Equipo nuevo	62460.56
Instalación	9,000.00
Protección	720.00
Cable	1,000.00
Instalación	5,000.00
	<hr/>
	78180.56

**a. Análisis Beneficio / Costo**

**Ahorro**

$\Lambda$  = Ahorro de energía anual de los equipos restantes.

$\Lambda$  = [ Ahorro de kWh/Bimestre\* Bimestres de uso al año\* Precio ponderado de kWh para la UNAM ].

$$\Lambda = 228.586(6)0.70$$

$$\Lambda = 960.061$$

$$B = V_p = 960.061(1.087)$$

$$B = 10644.199$$

$$\frac{10644.199}{78180.56} = 0.136 \quad \frac{B}{C} < 1$$

La sustitución de los equipos nuevos restantes **no cumplen** con el Análisis beneficio / costo.

**b. Periodo de recuperación**

$$m = \frac{-\ln\left(1 - (78180.56)\left(\frac{0.04040}{960.061}\right)\right)}{\ln(1 + 0.04040)}$$

$m \Rightarrow$  no se puede obtener por salir negativo el logaritmo

La sustitución de equipos nuevos restantes **no cumplen** con el periodo de recuperación.

**c. Tasa interna de retorno**

*Valor presente neto*

$$\text{VPN} = 78180.51 - 10644.199$$

$$\text{VPN} = 67536.301$$

$$78180.51 = 960.061 \left( \frac{1 - (1 + j)^{-15}}{j} \right)$$

$$j = \text{tiende a cero} \quad j < i$$

La tasa interna de retorno **no es rentable** para el caso de los equipos nuevos restantes.

Por lo tanto al no cumplir en su totalidad las tres condiciones de la evaluación económica, la sustitución de los equipos nuevos restantes **no son una forma rentable** para el Invernadero.

*La opción A no es una forma rentable para el Invernadero, porque no cumplen satisfactoriamente los calefactores ni los equipos nuevos restantes con los criterios determinados en esta evaluación económica.*

#### 4.4.2 SISTEMA ELÉCTRICO - TÉRMICO

##### Opción B: Motores nuevos + cambio de cubierta de lámina de fibra de vidrio

En la opción B se propone cambiar los motores, las bandas de todos los equipos, las bombas de los inyectores y enfriadores de aire, así como el filtro de viruta. Obteniendo las siguientes medidas de ahorro:

- Disminuir el consumo de energía.
- Aumentar la eficiencia de los equipos.

La cotización de los motores nuevos se realizaron durante el mes de abril del 2002. Las características de los motores nuevos y de los precios se presentan a continuación:

##### *4 calefactores:*

- Motor trifásico
- Marca: Siemens
- 0.56 [ kW ]
- 220 [ V ]
- 2.4 [ A ]
- 1800 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$ 1,157.55 c/u

Consumo de combustible es de 48.3516 litros de gas LP diarios por cada Calefactor.

##### *2 Inyectores de aire.*

- Motor Trifásico
- Marca: Siemens
- 2.238 [ kW ]
- 220 [ V ]
- 4 [ A ]
- 60 [ Hz ]
- Alta eficiencia
- \$ 1,919.83 c/u

##### *2 Extractores de aire:*

- Motor Trifásico
- Marca: Siemens
- 0.3734 kW
- 220/240 [ V ]
- 2/1 [ A ]
- 1715 [ RPM ]
- 60 Hz
- \$604.90 c/u

**2 Enfriadores de aire:**

- Motor Monofásico
- Marca: Siemens
- 0.2486 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 1.6/0.8 [ A ]
- 1720 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$547.40 c/u

**Motor de cascada:**

- Motor Trifásico
- Marca: Siemens
- 0.3734 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 2/1 [ A ]
- 1715 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$604.90

**Motor de la cúpula:**

- Motor Trifásico
- Marca: Siemens
- 0.3734 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 2/1 [ A ]
- 1715 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$604.90

La opción B contempla el cambio de la lámina de fibra de vidrio de la cubierta, en donde se tiene que el área de la cubierta es de 904.778 [ m<sup>2</sup> ] y se proponen láminas de 6.10 X 1.10 [ m].

El número total de láminas es de 145 y el precio unitario es de \$ 400.<sup>00</sup> En total es un costo de \$58.000.<sup>00</sup>. El costo de instalación de las láminas es de \$ 12000.<sup>00</sup> aproximadamente.

Con la cubierta de fibra de vidrio nueva se estima que se reduce el tiempo de uso de los calefactores en 2 horas menos de acuerdo al experimento descrito en el capítulo III en el apartado 3.6.1 CUBIERTA DEL INVERNADERO FAUSTINO MIRANDA de esta tesis. Por lo que se tiene un ahorro en el consumo de combustible de gas LP de 8.7912 litros diarios por cada calefactor. También se conseguirá un mejor nivel de iluminación en el invernadero con la cubierta de fibra de vidrio nueva. La iluminación artificial en el invernadero es nula porque no cuenta con ella.

A continuación se presenta la tabla 4.4.2.1 Diagnóstico energético de la opción B: **Motores nuevos + cubierta.**

## 4.4.2.1 DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA OPCION B

## MOTORES NUEVOS + CUBIERTA

Equipo	Voltaje [ V ]	Corriente Nom. [ A ]	Potencia [ kW ]	Tiempo de Uso [ hr ]	kWh Día	kWh Bimestre	\$ / kWh Bimestre
Calefactor A	220	2.4	0.777	6.6*	5.128	307.68	215.376
Calefactor B	220	2.4	0.777	6.6*	5.128	307.68	215.376
Calefactor C	220	2.4	0.777	6.6*	5.128	307.68	215.376
Calefactor D	220	2.4	0.777	6.6*	5.128	307.68	215.376
Inyector A	220	4	1.219	5	6.096	365.809	256.066
Inyector B	220	4	1.219	5	6.096	365.809	256.066
Extractor A	220	2	0.487	5	2.438	146.323	102.426
Extractor B	220	2	0.487	5	2.438	146.323	102.426
Enfriador A	220	1.6	0.390	5	1.950	117.058	81.941
Enfriador B	220	1.6	0.390	5	1.950	117.058	81.941
M. Cascada	220	2	0.487	2	0.975	58.529	40.970
M. Cúpula	220	2	0.487	0.0166	0.008	0.487	0.341
Total					42.463	2547.78	1783.446

Nota:

\* Es el tiempo real en que opera el ventilador, durante el ciclo de calentamiento del aire  
El precio ponderado por kWh es de 70 centavos.

El factor de potencia de los equipos nuevos se considera igual al de los equipos actuales.

**4.4.2.2. Evaluación económica de la Opción B : Motores nuevos y cambio de cubierta**

$i = 0.04040$

$i = 4.04\%$

*a. Análisis beneficio / costo*

FVP = 11.0873

Costos [ \$ ]

Motores	11,984.20
Instalación	5,000.00
Laminas	58,000.00
Instalación	12,000.00
Protección +cambio a trifásico	6720.00
Bandas	2,000.00
Cambio de viruta	1,000.00
	<hr/>
	96,704.20

Tabla de Ahorro de la opción B

Equipo	Equipo de Diseño kWh Bimestre	Equipo Propuesto kWh Bimestre	Ahorro kWh Bimestre
Calfactores	2495.717	1230.72	1264.997
Inyectores	1609.56	731.618	877.942
Extractores	487.68	292.647	195.033
Enfriadores	326.744	234.117	92.927
Mot. Cascada	97.536	58.529	39.007
Mot. Cúpula	0.8124	0.487	0.325
Total			2470.231

• *Calfactores*

Costos de los motores [ \$ ]

Calfactores	4,630.20
Instalación	600.00
Laminas	58,000.00
Instalación	12,000.00
	<hr/>
	75,230.20

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Ahorro**

$\Lambda$  = Ahorro de energía eléctrica anual de los calefactores + Ahorro de combustible anual (Gas LP)

$\Lambda$  = [Ahorro de kWh/Bimestre \* Bimestres de uso al año \* Precio ponderado de kWh para la UNAM] + [ Consumo de gas LP por calefactor \* días de uso al año \* número de calefactores \* precio por litro de gas LP]

$$\Lambda = [(1264.997)(2.5)(0.70)] + [(8.7912)(150)(4)(2.60)]$$

$$\Lambda = [20213.74] + [13714.272]$$

$$\Lambda = 15928.016$$

$$B = V_p = 15928.016(11.087)$$

$$B = 176593.913$$

$$\frac{176593.913}{75230.20} = 2.34 \quad \frac{B}{C} > 1$$

La sustitución de motores nuevos en los calefactores **si cumplen** con el Análisis beneficio / costo.

***b. Periodo de recuperación***

$$m = \frac{-\ln\left(1 - (75230.20)\left(\frac{0.04040}{15928.016}\right)\right)}{\ln(1 + 0.04040)}$$

$$m = 5.3459$$

$$\frac{10.585}{15} = 35.63\% \quad \frac{m}{n} > 32\%$$

La sustitución de motores nuevos en los calefactores **no cumplen** con el periodo de recuperación.

c. *Tasa interna de retorno**Valor presente neto*

$$VPN = 176593.913 - 75230.20$$

$$VPN = 101363.713$$

$$75230.20 = 15928.016 \left( \frac{1 - (1 + j)^{-15}}{j} \right)$$

$$j = 0.196 \quad j > i$$

La tasa interna de retorno **si es rentable** para el caso de los motores nuevos en los calefactores.

Por lo tanto al no cumplir en su totalidad las tres condiciones de la evaluación económica, la sustitución de motores nuevos para la calefacción **no son una forma rentable** para el Invernadero.

- *Motores nuevos en los equipos restantes (Inyectores, extractores, enfriadores, motor de la cascada y motor de la cúpula)*

*Costos de los motores [ \$ ]*

Motores	7,354.00
Instalación	4,400.00
Protección + cambio a trifásico	6,720.00
Cable	2,000.00
Instalación	1,000.00
	<hr/>
	21,474.00

a. *Análisis Beneficio/ Costo**Ahorro*

A = Ahorro de energía eléctrica anual de los equipos restantes

A = [ Ahorro de kWh/Bimestre\* Bimestres de uso al año\* Precio ponderado de kWh para la UNAM ]

$$A = 1205.234(6)0.70$$

$$A = 5061.982$$

$$B = V_p = 5061.982(11.087)$$

$$B = 56122.203$$

$$\frac{56122.203}{21474} = 2.613 \quad \frac{B}{C} > 1$$

La sustitución de motores nuevos en los equipos restantes **cumplen** con el Análisis beneficio / costo

**b. Periodo de recuperación**

$$m = \frac{-\ln\left(1 - (21474) \left(\frac{0.04040}{5061.982}\right)\right)}{\ln(1 + 0.04040)}$$

$$m = 4.746$$

$$\frac{4.746}{15} = 31.64\% \quad \frac{m}{n} < 32\%$$

La sustitución de motores nuevos en los equipos restantes **cumplen** con el periodo de recuperación.

**c. Tasa interna de retorno**

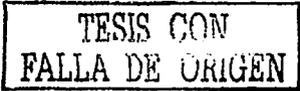
*Valor presente neto*

$$VPN = 56122.203 - 21474$$

$$VPN = 34648.203$$

$$21474 = 5061.982 \left( \frac{1 - (1 + j)^{-15}}{j} \right)$$

$$j = 0.2252 \quad j > i$$



La tasa interna de retorno si es rentable para el caso de los motores nuevos para los equipos restantes.

Por lo tanto al cumplir en su totalidad las tres condiciones de la evaluación económica, la sustitución de motores nuevos en los equipos restantes *son una forma rentable* para el Invernadero.

*La opción B no es una forma rentable para el Invernadero, porque la sustitución de motores nuevos para los calefactores no cumplen satisfactoriamente con los criterios determinados en esta evaluación económica, sin embargo sólo para los equipos restantes si es rentable, cuya operación es independiente del cambio de cubierta.*

### 4.4.3 SISTEMA ELÉCTRICO

#### Opción C: Equipos nuevos

En la opción C se propone cambiar todo el equipo con que cuenta el invernadero Faustino Miranda, con el fin de obtener las siguientes medidas de ahorro:

- Disminuir el consumo de energía.
- Aumentar la eficiencia de los equipos.

La cotización de los equipos nuevos se realizaron durante el mes de abril del 2002. Las características de los equipos nuevos y sus precios se muestran a continuación:

#### *4 calefactores:*

- Tipo Multiposiciones
- $131875 \times 10^3 \text{ J}$  (125000 Btu)
- Seis quemadores
- Motor del ventilador: Trifásico
- Marca: Power Electric
- 0.56 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 2.5 / 1.3 [ A ]
- 1723 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$6,000 c/u

#### *2 Inyectores de aire:*

- Motor Trifásico
- Marca: Artic Circle
- Modelo: H-180
- 2.238 [ kW ]
- 220 [ V ]
- 9 [ A ]
- 1725 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$25,579. 68 c/u

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**2 Extractores de aire:**

- Motor Trifásico
- Marca: Power Electric
- 0.3734 kW
- 220/440 [ V ]
- 1.7/ 0.9 [ A ]
- 1729 [ RPM ]
- 60 Hz
- \$1,014.30 c/u

**2 Enfriadores de aire:**

- Motor Monofásico
- Marca: Artic Circle
- Modelo: S-38
- 0.2486 [ kW ]
- 127 [ V ]
- 7.15 [ A ]
- 1725 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$3,622.50 c/u

**Motor de cascada:**

- Motor Trifásico
- Marca: Power Electric
- 0.3734 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 1.7/ 0.9 [ A ]
- 1729 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$1,014.30

**Motor para la cúpula:**

- Motor Trifásico
- Marca: Power Electric
- 0.3734 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 1.7/ 0.9 [ A ]
- 1729 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$1,014.30

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A continuación se presenta la tabla 4.4.3.1 Diagnóstico energético de la opción C: Equipos nuevos.

## 4.4.3.1 DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA OPCION C

## EQUIPOS NUEVOS

Equipo	Voltaje [V]	Corriente Nom. [A]	Potencia [kW]	Tiempo de Uso [hr]	kWh Día	kWh Bimestre	\$/kWh Bimestre
Calefactor A	220	2.5	0.809	7.8*	6.315	378.955	265.268
Calefactor B	220	2.5	0.809	7.8*	6.315	378.955	265.268
Calefactor C	220	2.5	0.809	7.8*	6.315	378.955	265.268
Calefactor D	220	2.5	0.809	7.8*	6.315	378.955	265.268
inyector A	220	9	2.743	5	13.717	823.070	576.149
inyector B	220	9	2.743	5	13.717	823.070	576.149
Extractor A	220	1.7	0.414	5	2.072	124.375	87.062
Extractor B	220	1.7	0.414	5	2.072	124.375	87.062
Enfriador A	127	7.15	0.581	5	2.905	174.345	122.041
Enfriador B	127	7.15	0.581	5	2.905	174.345	122.041
M. Cascada	220	1.7	0.414	2	0.829	49.750	34.825
M. Cúpula	220	1.7	0.414	0.0166	0.006	0.414	0.290
Total					63.492	3809.544	2666.680

Nota:

\* Es el tiempo real en que opera el ventilador, durante el ciclo de calentamiento del aire

El precio ponderado por kWh es de 70 centavos.

El factor de potencia de los equipos nuevos se considera igual al de los equipos actuales.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## 4.4.3.2. Evaluación económica de la Opción C: Equipos nuevos

$$i = 0.04040$$

$$i = 4.04\%$$

## a. Análisis beneficio / costo

$$FVP = 11.0873$$

## Costos [ \$ ]

Equipo nuevo	86,460.56
Instalación	10,000.00
Protección	720.00
Cable	1,000.00
Instalación	<u>5,000.00</u>
	103,180.56

Tabla de Ahorro de la opción C

Equipo	Equipo de Diseño kWh Bimestre	Equipo Propuesto kWh Bimestre	Ahorro kWh Bimestre
Calefactores	2495.717	1515.82	979.897
Inyectores	1609.56	1646.141	-36.581*
Extractores	487.68	248.750	238.93
Enfriadores	326.744	348.691	-21.947*
Mot. Cascada	97.536	49.75	47.786
Mot. Cúpula	0.8124	0.4144	0.398
Total			1208.483

Nota:

\* En estos equipos no se tiene ahorro porque los equipos propuestos correspondientes consumen más energía eléctrica que la actual.

## • Calefactores

## Costos de los equipos [ \$ ]

Calefactores	24,000.00
Instalación	<u>1,000.00</u>
	25,000.00

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Ahorro**

A = Ahorro de energía eléctrica anual de los calefactores

A = [Ahorro de kWh/Bimestre \* Bimestres de uso al año \* Precio ponderado de kWh para la UNAM]

$$A = [(979.897)(2.5)(0.70)]$$

$$A = 1714.819$$

$$B = Vp = 1714.819(11.087)$$

$$B = 19012.207$$

$$\frac{19012.207}{25000} = 0.76 \quad \frac{B}{C} < 1$$

La sustitución de equipos nuevos en calefacción **no cumplen** con el Análisis beneficio / costo

**b. Periodo de recuperación**

$$m = \frac{-\ln\left(1 - (25000)\left(\frac{0.04040}{1714.819}\right)\right)}{\ln(1 + 0.04040)}$$

$$m = 22.44$$

$$\frac{22.44}{15} = 149.66\% \quad \frac{m}{n} > 32\%$$

La sustitución de equipos nuevos en calefacción **no cumplen** con el periodo de recuperación.

**c. Tasa interna de retorno**

Valor presente neto

$$VPN = 25000 - 19012.207$$

$$VPN = 5987.793$$

$$25000 = 1714.89 \left( \frac{1 - (1+j)^{-15}}{j} \right)$$

$$j = 0.0035 \quad j < i$$

La tasa interna de retorno **no es rentable** para el caso de los equipos nuevos de calefacción.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto al no cumplir en su totalidad las tres condiciones de la evaluación económica, la sustitución de los equipos nuevos de calefacción *no son una forma rentable* para el Invernadero.

- *Equipos nuevos restantes (Inyectores, extractores, enfriadores, motor de la cascada y motor de la cúpula)*

*Costos de los equipos [ \$ ]*

Equipo nuevo	62460.56
Instalación	9,000.00
Protección	720.00
Cable	1,000.00
Instalación	5,000.00
	<hr/>
	78180.56

a. *Análisis Beneficio/ Costo*

Ahorro

A = Ahorro de energía anual de los equipos restantes.

A = [ Ahorro de kWh/Bimestre\* Bimestres de uso al año\* Precio ponderado de kWh para la UNAM ].

$$A = 228.586(6)0.70$$

$$A = 960.061$$

$$B = V_p = 960.061(11.087)$$

$$B = 10644.199$$

$$\frac{10644.199}{78180.56} = 0.136 \quad \frac{B}{C} < 1$$

La sustitución de equipos nuevos restantes **no cumplen** con el Análisis beneficio / costo.

b. *Periodo de recuperación*

$$m = \frac{-\ln\left(1 - (78180.56)\left(\frac{0.04040}{960.061}\right)\right)}{\ln(1 + 0.04040)}$$

$m \Rightarrow$  no se puede obtener por salir negativo el logaritmo

La sustitución de equipos nuevos restantes **no cumplen** con el periodo de recuperación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**c. Tasa interna de retorno***Valor presente neto*

$$\text{VPN} = 78180 - 10644.199$$

$$\text{VPN} = 67536.301$$

$$78180.50 = 960.061 \left( \frac{1 - (1 + j)^{-15}}{j} \right)$$

$$j = \text{tiende a cero} \quad j < i$$

La tasa interna de retorno **no es rentable** para el caso de los equipos nuevos restantes.

Por lo tanto al no cumplir en su totalidad las tres condiciones de la evaluación económica, la sustitución de los equipos nuevos restantes **no son una forma rentable** para el Invernadero.

*La opción C no es una forma rentable para el Invernadero, porque no cumplen satisfactoriamente, los calefactores ni los equipos nuevos restantes, con los criterios determinados en esta evaluación económica.*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.4.4 SISTEMA ELÉCTRICO

##### *Opción D: Motores nuevos*

En la opción D se propone cambiar los motores, las bandas de todos los equipos, las bombas de los inyectores y enfriadores de aire, así como su filtro de viruta. Obteniendo las siguientes medidas de ahorro:

- Disminuir el consumo de energía.
- Aumentar la eficiencia de los equipos.

La cotización de los motores nuevos se realizaron durante el mes de abril del 2002.

Las características de los motores nuevos y los precios se presentan a continuación:

##### *4 calefactores:*

- Motor trifásico
- Marca: Siemens
- 0,56 [ kW ]
- 220 [ V ]
- 2,4 [ A ]
- 1800 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$ 1,157.55 c/u

##### *2 inyectores de aire:*

- Motor Trifásico
- Marca: Siemens
- 2,238 [ kW ]
- 220 [ V ]
- 4 [ A ]
- 60 [ Hz ]
- Alta eficiencia
- \$ 1.919.83 c/u

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**2 Extractores de aire:**

- Motor Trifásico
- Marca: Siemens
- 0.3734 kW
- 220/240 [ V ]
- 2/1 [ A ]
- 1715 [ RPM ]
- 60 Hz
- \$604.90 c/u

**2 Enfriadores de aire:**

- Motor Monofásico
- Marca: Siemens
- 0.2486 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 1.6/0.8 [ A ]
- 1720 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$547.40 c/u

**Motor de cascada:**

- Motor Trifásico
- Marca: Siemens
- 0.3734 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 2/1 [ A ]
- 1715 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$604.90

**Motor de la cúpula:**

- Motor Trifásico
- Marca: Siemens
- 0.3734 [ kW ]
- 220/440 [ V ]
- 2/1 [ A ]
- 1715 [ RPM ]
- 60 [ Hz ]
- \$604.90

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A continuación se presenta la tabla 4.4.4.1 Diagnóstico energético de la opción D: Motores nuevos.

## 4.4.4.1 DIAGNOSTICO ENERGETICO DE LA OPCION D

## MOTORES NUEVOS

Equipo	Voltaje [ V ]	Corriente Nom. [ A ]	Potencia [ kW ]	Tiempo de Uso [ hr ]	kWh Día	kWh Bimestre	\$/kWh Bimestre
Calefactor A	220	2.4	0.777	7.8*	6.063	363.797	254.658
Calefactor B	220	2.4	0.777	7.8*	6.063	363.797	254.658
Calefactor C	220	2.4	0.777	7.8*	6.063	363.797	254.658
Calefactor D	220	2.4	0.777	7.8*	6.063	363.797	254.658
inyector A	220	4	1.219	5	6.096	365.809	256.066
inyector B	220	4	1.219	5	6.096	365.809	256.066
Extractor A	220	2	0.487	5	2.438	146.323	102.426
Extractor B	220	2	0.487	5	2.438	146.323	102.426
Enfriador A	220	1.6	0.390	5	1.950	117.058	81.941
Enfriador B	220	1.6	0.390	5	1.950	117.058	81.941
M. Cascada	220	2	0.487	2	0.975	58.529	40.970
M. Cúpula	220	2	0.487	0.0166	0.008	0.487	0.341
Total					46.209	2772.546	1940.782

Nota:

\* Es el tiempo real en que opera el ventilador, durante el ciclo de calentamiento del aire

El precio ponderado por kWh es de 70 centavos.

El factor de potencia de los equipos nuevos se considera igual al de los equipos actuales.

TESIS CON  
PALLA DE ORIGEN

## 4.4.4.2. Evaluación económica de la Opción D: Motores nuevos y sin cambio de cubierta

$$i = 0.04040$$

$$i = 4.04\%$$

## a. Análisis beneficio / costo

$$FVP = 11.0873$$

## Costos [ S ]

Motores	11,984.20
Instalación	5,000.00
Protección +cambio a trifásico	6720.00
Bandas	2,000.00
Cambio de viruta	1,000.00
	<u>26,704.20</u>

Tabla de Ahorro de la opción D

Equipo	Equipo de Diseño kWh Bimestre	Equipo Propuesto kWh Bimestre	Ahorro kWh Bimestre
Calefactores	2495.717	1455.188	1040.529
Inyectores	1609.56	731.618	877.942
Extractores	487.68	292.647	195.033
Enfriadores	326.744	234.117	92.927
Mot. Cascada	97.536	58.529	39.007
Mot. Cúpula	0.8124	0.487	0.325
Total			2245.763

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## • Calefactores

## Costo de los motores [ S ]

Calefactores	4,630.20
Instalación	600.00
	<u>5,230.20</u>

**Ahorro**

A = Ahorro de energía eléctrica anual de los calefactores.

A = [Ahorro de kWh/Bimestre \* Bimestres de uso al año \* Precio ponderado de kWh para la UNAM].

$$A = [(1040.529)(2.5)(0.70)]$$

$$A = 1820.925$$

$$B = V_p = 1820.925(1.087)$$

$$B = 20188.603$$

$$\frac{20188.603}{5230.20} = 3.86 \quad \frac{B}{C} > 1$$

La sustitución de motores nuevos en los calefactores si cumplen con el Análisis beneficio / costo.

**b. Periodo de recuperación**

$$m = \frac{-\ln\left(1 - (5230.20)\left(\frac{0.04040}{1820.925}\right)\right)}{\ln(1 + 0.04040)}$$

$$m = 3.1143$$

$$\frac{3.1143}{15} = 20.76\% \quad \frac{m}{n} < 32\%$$

La sustitución de motores nuevos en los calefactores si cumplen con el periodo de recuperación.

**c. Tasa interna de retorno**

Valor presente neto

$$VPN = 20188.603 - 5230.20$$

$$VPN = 14958.403$$

$$5230.20 = 1820.925 \left( \frac{1 - (1+j)^{-15}}{j} \right)$$

$$j = 0.3435 \quad j > i$$

La tasa interna de retorno si es rentable para el caso de los motores nuevos en los calefactores.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por lo tanto al cumplir en su totalidad las tres condiciones de la evaluación económica, la sustitución de motores nuevos para la calefacción *son una forma rentable* para el Invernadero.

- **Motores nuevos en los equipos restantes (Inyectores, extractores, enfriadores, motor de la cascada y motor de la cúpula)**

**Costos de los motores [ \$ ]**

Motores	7,354.00
Instalación	4,400.00
Protección + cambio a trifásico	6,720.00
Cable	2,000.00
Instalación	1,000.00
	<hr/>
	21,474.00

**a. Análisis Beneficio/ Costo**

**Ahorro**

A = Ahorro de energía eléctrica anual de los equipos restantes.

A = [ Ahorro de kWh/Bimestre\* Bimestres de uso al año\* Precio ponderado de kWh para la UNAM ].

$$A = 1205.234(6)0.70$$

$$A = 5061.982$$

$$B = V_p = 5061.982(1.087)$$

$$B = 56122.203$$

$$\frac{56122.203}{21474} = 2.613 \quad \frac{B}{C} > 1$$

La sustitución de motores nuevos en los equipos restantes **si cumplen** con el Análisis beneficio / costo.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**b. Periodo de recuperación**

$$m = \frac{-\ln\left(1 - (21474) \left(\frac{0.04040}{5061.982}\right)\right)}{\ln(1 + 0.04040)}$$

$$m = 4.746$$

$$\frac{4.746}{15} = 31.64\% \quad \frac{m}{n} < 32\%$$

La sustitución de motores nuevos en los equipos restantes **si cumplen** con el periodo de recuperación.

**c. Tasa interna de retorno**

*Valor presente neto*

$$VPN = 56122.203 - 21474$$

$$VPN = 34648.203$$

$$21474 = 5061.982 \left( \frac{1 - (1+j)^{-15}}{j} \right)$$

$$j = 0.2252 \quad j > i$$

La tasa interna de retorno **si es rentable** para el caso de los motores nuevos de los equipos restantes.

Por lo tanto al cumplir en su totalidad las tres condiciones de la evaluación económica, la sustitución de motores nuevos para los equipos restantes **son una forma rentable** para el Invernadero.

*La opción D es una forma rentable para el Invernadero, porque la sustitución de motores nuevos en los calefactores y en los equipos restantes, cumple satisfactoriamente con los criterios determinados en esta evaluación económica.*

## CAPÍTULO V.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

México ha sido descrito como uno de los países con amplia diversidad de plantas, sin embargo, la situación que realmente afronta, es la destrucción acelerada de los ecosistemas naturales que contiene esta diversidad. Una de las opciones para la conservación de las especies vegetales, es la creación de jardines botánicos, que mantengan dentro de sus colecciones de plantas vivas aquellas que presenten alguna importancia (ya sea biológica, cultural, económica, medicinal, etc.) o sea representativa de los ecosistemas de su región de origen. El invernadero Faustino Miranda es un ejemplo de la preocupación constante de los académicos universitarios por acercarse información científica sobre la riqueza natural.

Los diagnósticos energéticos son estudios que permiten determinar el donde y el como se utiliza la energía. No son una solución al control de costo en el uso de la energía pero si la herramienta mas útil para lograr esa función. Identifica los módulos de mayor uso de energía, haciendo resaltar aquellos donde ésta se desperdicia y aquellos en donde es posible generar ahorro.

En el diagnóstico energético realizado en el Invernadero Faustino Miranda, se presentan cuatro opciones para el ahorro de energía, con el fin de identificar aquellas mejoras a instrumentar por su recuperación de la inversión atractiva. A continuación se muestra un resumen de estas opciones analizadas para el ahorro de energía:

Opción	Equipos	Análisis	Periodo de recuperación (m) /
		Beneficio (B) / Costo (C)	Vida útil (n) ( % )
A	Calefactores	1.840*	-16.70
	Equipo Restante	0.136	-----
B	Calefactores	2.34*	35.63
	Equipo Restante	2.613*	31.64**
C	Calefactores	0.76	139.66
	Equipo Restante	0.136	-----
D	Calefactores	3.86*	20.76**
	Equipo Restante	2.613*	31.64**

Nota:

El equipo restante está integrado por: Inyectores, extractores, enfriadores, motor de la cascada y motor de la cúpula.

\* Los equipos cumplen con el Análisis Beneficio (B) / Costo (C) porque es mayor que 1.

\*\* Los equipos cumplen con el Periodo de Recuperación (m) / Vida útil (n), porque es menor al 32%.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Opción	Equipos	Valor Presente Neto Vp - B - C	Tasa Interna de Retorno j - TIR
A Equipos nuevos + cubierta	<b>Calefactores</b>	80,609.52	0.145
	Equipo Restante	67,536.301	tiende a cero
B Motores nuevos + cubierta	<b>Calefactores</b>	101,363.713	0.196
	Equipo Restante	34,648.203	0.2252
C Equipos nuevos	<b>Calefactores</b>	5,987.793	0.0035
	Equipo Restante	67,536.301	tiende a cero
D Motores nuevos	<b>Calefactores</b>	14,958.403	0.3435
	Equipo Restante	34648.203	0.2252

Nota:

El equipo restante está integrado por: Inyectores, extractores, enfriadores, motor de la cascada y motor de la cúpula.

### Área térmica

La parte térmica en el invernadero juega un papel importante para mantener las condiciones óptimas en el invernadero, la cual está compuesta por los calefactores y por la cubierta de fibra de vidrio.

#### Cubierta de fibra de vidrio

La fibra de vidrio es el material más común, y de menor costo, para este tipo de cubiertas, ya que su flexibilidad permite lograr la geometría semiesférica que requiere el invernadero y nos proporciona una mayor transmitancia a la ganancia de calor por radiación solar.

La cubierta del invernadero Faustino Miranda tiene actualmente un tiempo aproximado de 16 años y los fabricantes de las láminas de fibra de vidrio dan 5 años de vida útil, es decir conserva un buen nivel de transmitancia, por lo que ya ha concluido su ciclo de vida.

El cambio de la cubierta de fibra de vidrio traerá una serie de mejoras importantes para el invernadero, ya que por una mayor transmitancia de calor por radiación con lleva a un ahorro de energía térmica al recortar el tiempo de uso de los calefactores en dos horas por la disminución de su consumo de combustible y una ventaja adicional es que garantiza un mejor crecimiento de las plantas.

Sin embargo los resultados del análisis del diagnóstico energético de la opción B (cambio de cubierta y motores) nos muestra que están muy próximos a ser una forma rentable, debido a que los valores del periodo de recuperación están un 3% arriba del margen de rentabilidad. No obstante podría considerarse un estudio más detallado del experimento para poder garantizar que el ahorro que proporciona en el tiempo de uso de la calefacción paga la inversión.

### Área térmica - eléctrica

En el área térmica-eléctrica referente a los cuatro calefactores se encontró que conviene sustituir los motores y dar mantenimiento a los quemadores, ya que el cambio del equipo total tiene un costo elevado y el ahorro de energía no alcanza para poder sustentar la compra de equipos nuevos. Esto se debe al poco tiempo de operación durante el año.

El Diagnóstico Energético nos muestra que la Opción D es rentable para el Invernadero Faustino Miranda y consiste en el cambio de motores nuevos para los calefactores únicamente y seguir así con la misma cubierta.

### Área eléctrica

En el área eléctrica se puede ver un ejemplo similar al área térmica, porque es más rentable sólo la sustitución de motores nuevos, que por el equipo total, ya que los armazones de los equipos actuales están en buenas condiciones y sólo es necesario un mantenimiento preventivo para que se tengan los resultados requeridos.

### *Sistema de inyección*

El sistema de inyección es uno de los elementos que tienen mayor consumo de energía, ya que demanda un 23% más sobre los equipos restantes (extractor, enfriador, motor de cascada y motor de la cúpula), por tener los motores de mayor capacidad con el que cuenta el invernadero, siendo así el punto más importante de ahorro de energía.

Los dos equipos nuevos de inyección tiene un costo de \$47,400 más, en comparación con el sólo cambio de motores. La diferencia que se presenta se debe directamente al costo del gabinete, bomba, polea y viruta que conforman al inyector, sin embargo, los gabinetes actuales se encuentran en condiciones favorables para seguir utilizándolos, pero se recomienda darle mantenimiento a la bomba, así como el cambio de banda de la polea y de la viruta de las paredes del inyector. Por lo que es más rentable el hacer la sustitución de motores en los inyectores.

### *Equipos restantes: extractores, enfriadores, motor de la cúpula y motor de la cascada*

En las opciones propuestas en el capítulo IV de esta tesis se presenta un ahorro de consumo de energía, con respecto a los equipos de diseño, pero por la baja capacidad de ellos y el tiempo de operación pequeño, se tiene un mínimo de ahorro de energía, por lo que no se alcanza a sustentar la compra de los equipos nuevos. Se presenta de nuevo un gasto innecesario en los gabinetes y se recomienda que se le realice el mantenimiento a las estructuras y los gabinetes en cada caso, así como cambio de bandas y viruta si el equipo lo requiere.

Por lo tanto se puede afirmar que el ahorro de energía por los equipos totales nuevos no pagan las inversiones requeridas en un plazo de tiempo atractivo.

Se tiene así que la mejor opción que arrojó el Diagnóstico Energético en la parte de los equipos restantes (inyectores, extractores, enfriadores, motor cúpula, motor cascada) es la opción D, que sólo contempla el cambio de motores a todos los equipos restantes (*extractores, enfriadores, motor de la cúpula y motor de la cascada*).

Cabe señalar que los motores nuevos encontrados en el mercado nacional no pueden ser de alta eficiencia ya que la capacidad de estos es muy baja.

Es importante resaltar que las condiciones en las que se encontró el invernadero Faustino Miranda durante el desarrollo del diagnóstico energético son poco favorables para el ciclo de vida de las plantas, porque se tienen operando el 50% de los equipos.

Se recomienda prioritariamente cambiar los motores para poder proporcionar mejores condiciones de operación y alcanzar condiciones óptimas de temperatura ( 10° C a 35° C ) y humedad ( 70% a 95% ) para el invernadero, o como otra alternativa realizar el mantenimiento correctivo a los equipos que no estén operando.

Es necesario modernizar los sensores de temperatura y humedad para tener mayor sensibilidad de los cambios climáticos dentro del invernadero.

Debido al avance de la tecnología es conveniente no descartar la posibilidad de automatizar todos los equipos que requiere el invernadero para poder mantener sus condiciones óptimas. Consiguiendo con esto una mayor eficiencia de todo el sistema.

Se sugiere el cambio de cubierta de fibra de vidrio a corto plazo, porque brinda grandes beneficios a las plantas, ya que se van a tener mejores condiciones de vida y en cuanto al invernadero se garantiza mayor nivel lumínico natural, además del ahorro de combustible de gas L.P en los calefactores.

Es importante mantener al invernadero en condiciones óptimas de temperatura y humedad, por que cuenta con una gran diversidad de plantas que son representativas de las regiones cálido-húmedas de nuestro país.

Finalmente, se recomienda que exista una mayor divulgación, a través de folletos, reportajes en las gacetas, revistas, etc.; para que la gente conozca el mundo florístico del Invernadero Faustino Miranda.

**GLOSARIO**

**Amortizable:** recuperar o compensar los fondos invertidos en alguna empresa.

**Averías:** descomposición de una máquina, conducción o instalación a causa de accidente o desgaste natural. Daños, perjuicios.

**Bióticos:** perteneciente o relativo a los seres vivos.

**Botánico:** perteneciente a/o relativo a la botánica (rama de las ciencias naturales que tiene como objeto propio el estudio de los vegetales).

**Caloría:** cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua para producir un cambio de un grado C.

**Cenital:** dicese de la luz que procede del techo.

**Coníferas:** clase de plantas, la más amplia actualmente de la subdivisión gimnospermas de fruto cónico, como el pino, el ciprés, el abeto.

**Delegar:** dar una persona a otra la jurisdicción o potestad que tienen o conferirle su representación. Dar la autorización a uno para que actúe en lugar de otro.

**Deleite:** placer del ánimo. Gocce de los sentidos.

**Depresión:** hundimiento, concavidad natural o accidental en un terreno o superficie.

**Enclavado:** dicese del sitio encerrado dentro del área de otro.

**Esplendor:** resplandor, brillo.

**Étnicos:** perteneciente a una nación o raza, o propio de ella.

**Exhaustivo:** que agota o apura por completo una cosa.

**Exterminados:** acabar del todo con una cosa.

**Factor de potencia:** es una corriente alterna., es el coseno del ángulo de fase  $\phi$  que existe entre la intensidad y la tensión.

**Hermeticidad:** cerrado, impenetrable, que cierra una abertura de modo que no permite pasar el aire ni otra materia gaseosa.

**Homogeneizar:** transformar en homogéneo (dicese del compuesto formado por elementos de igual naturaleza.).

**Hondonada:** espacio de terreno que tiene profundidad.

**Iconográfica:** descripción de imágenes, retratos, cuadros.

**In situ:** en su lugar propio.

**Marginal:** que está al margen. Dícese del asunto, cuestión, aspecto, etc. de importancia secundaria o escasa.

**Nativas:** perteneciente al lugar en que uno a nacido. Natural de un país o lugar.

**Óptimas:** muy bueno, que no puede ser mejor.

**Ornamental:** adorno,decoración.

**Proliferen:** engendrar partes semejantes a sí mismo, multiplicarse.

**Pulverizar:** reducir un líquido a partículas muy tenues, a manera de polvo. Proyectar un líquido en gotitas.

**Recinto:** espacio comprendido dentro de ciertos límites.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bernat Juanos, Carlos. Andrés Victoria, Juan J., Martínez Ros José. Invernaderos: construcción, manejo, rentabilidad. 1990, España. Editorial AEDOS.
- Blanes, Octavio. Manual de instalaciones de ventilación y climatización. 1989, México. Editorial. Ceac.
- Carnicer Royo Enrique. Ventilación industrial, cálculo y aplicaciones. Editorial Paraninfo.
- Hernández Goribar, Eduardo. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. 1978, México. Editorial Limusa.
- Hernández Zacarías Carmen C., Terrazas Arana Tania y Linares Mazari Edelmira. Las Colecciones del Jardín Botánico del Instituto de Biología. 1990, México. UNAM.
- Matallana González, Antonio, Oriol Marfa I. Pages, Josep. Los invernaderos y la crisis energética. 1980, España. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Ministerio de Agricultura.
- Pere Esquerria y Pizá. Climatización de confort e industrial. Editorial Productica.
- VII Seminario Nacional sobre el uso racional de la energía y V Exposición de equipo y servicios. Memoria. Unidad de Congresos IMSS. 3 al 5 de Diciembre de 1986.

## ARTÍCULOS

- Bye, Robert. Historia de los jardines botánicos: evolución de estilos, ideas y funciones. 1994, México. Revista Chapingo. Serie Horticultura 2:43-53.
- Directorio de la Asociación Mexicana de Jardines Botánicos A.C. 2000.
- Linares, E. Los jardines botánicos de México, su historia, situación actual y retos futuros. 1994, México. Revista Chapingo. Serie Horticultura 2:29-42.
- Rodríguez- Acosta Maricela. Presidenta de la AMJB. Jardines botánicos mexicanos.
- Un pedazo de selva en la Ciudad Universitaria. Revista unam hoy. Año 4, No. 17 Marzo-Abril de 1995.

TESIS

- Quintero Rico, Hermilo Jorge. Las plantas del invernadero Faustino Miranda. 1968, México. UNAM, Facultad de Ciencias.