



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD PROFESIONAL ADOLFO LÓPEZ MATEOS

**“AHORRO DE ENERGIA EN INVERNADEROS
MEDIANTE EL USO DE ILUMINACIÓN LED”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O E L E C T R I C I S T A

PRESENTA:

**DURÁN SOLIS JORGE ANDREMAR
QUINTO VEGA ANDRÉS ODIN**

ASESORES:

**ING. VILLAR YEPEZ JOSE ARNULFO
ING. FRANCISCO PALACIOS DE LA O**

MÉXICO, D.F.

2015



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN
DEBERA (N) DESARROLLAR**

**INGENIERO ELECTRICISTA
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
JORGE ANDREMAR DURÁN SOLÍS
ANDRÉS ODIN QUINTO VEGA**

“AHORRO DE ENERGÍA EN INVERNADEROS MEDIANTE EL USO DE ILUMINACIÓN LED”

ES EL ESTUDIO DE LA CARGA, POTENCIA INSTALADA, RENDIMIENTO Y BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN AL INSTALAR ILUMINACIÓN ULTRA EFICIENTE EN INVERNADEROS.

- **INTRODUCCIÓN.**
- **LUZ VISIBLE.**
- **REINO VEGETAL.**
- **INVERNADEROS.**
- **AHORRO DE ENERGÍA.**
- **PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA EN INVERNADEROS.**
- **BIBLIOGRAFÍA.**

MÉXICO D.F., A 17 DE MARZO DEL 2015.



ING. JOSÉ ARNULFO VILLAR YEPEZ

ASESORES



ING. FRANCISCO JAVIER PALACIOS DE LA O.



**ING. CESAR DAVID RAMIREZ ORTIZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO
DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



ÍNDICE

Introducción

Antecedentes.
Justificación.
Objetivos.
Generales.
Particulares.
Alcance y trascendencia.
Preguntas de investigación.
Hipótesis.

Capítulo I

1.- Luz Visible

1.1.- Introducción.	15
1.2.- Definición .	16
1.2.1.- Color.	17
1.3.- Iluminación.	18
1.3.1.- Términos y Unidades de Iluminación.	18
1.3.1.1.- Lúmenes.	19
1.3.1.2.- Candelas.	19
1.3.1.3.- Densidad de Flujo Luminoso Incidente.	20
1.3.1.4.- Brillantez Fotométrica.	20
1.3.2.- Ley del Cuadrado Inverso.	21
1.3.3.- Ley del Coseno.	22

Capítulo II

2.-Reino Vegetal.

2.1.- Introducción.	23
2.1.1.- Ciclo de vida.	24
2.1.2.- Inicial.	24
2.1.3.- Vegetativa.	24
2.1.4.- Floración.	24
2.1.5.- Reproductiva.	24
2.2.- Fotosíntesis.	25
2.2.1.- Luz en la Fotosíntesis.	26
2.2.2.- Clorofila y otros pigmentos.	27
2.2.3.- Las reacciones dependientes de la luz.	29
2.2.4.- Iluminación y fotosíntesis Neta.	30

Capítulo III

3.- Invernaderos.

3.1.-Introducción a los Invernaderos.	31
3.2.-Importancia de un invernadero en la producción agrícola.	31
3.3.- ¿Dónde se necesita un Invernadero?	32
3.4.-Ventajas del uso de un Invernadero.	32
3.4.1.- Difusión de luz.	32
3.4.2.- Fotosíntesis.	32
3.4.3.- Microclima.	32
3.5.- Tipos de invernaderos.	33

Capítulo IV

4.-Ahorro de Energía.

4.1.- Importancia del Ahorro de Energía Eléctrica.	34
4.2.- Principales Medidas de Ahorro de Energía Eléctrica.	35
4.3.- Optimización de sistemas de alumbrado.	36
4.3.1.- Tipos de luminarias para el ahorro de energía.	37

Capítulo V

5.-Propuesta de ahorro de Energía en Invernaderos.

5.1- Implementación de lámparas LED en invernaderos.	39
5.2.- Control Luz LED.	40
5.2.1.- Sensor Fotoeléctrico.	41
5.3.-Iluminación.	42
5.4.-Reflector LED COB 30 Watts.	43
5.4.1.-Medición.	44
5.5.- Costos.	50
5.5.1.-Precios menudeo.	51
5.5.2.-Precios mayoreo.	52
5.6.- Diseño.	53
5.7.- Diagrama de control.	54
5.8.- Diagrama unifilar.	55
5.9.-Plano Eléctrico.	55
5.10.-Memoria de cálculo.	56
5.11.-Estimación de consumo y facturación anual respecto a las tarifas de CFE en el mes de noviembre del 2012.	58
5.12.-Tabla de recuperación de Insumos.	62
Marco Teórico	63

Dedicatoria

A nuestra familia y amigos.
A los profesores de la ESIME Zacatenco.

Agradecimiento

A nuestros familiares por el cariño, guía y apoyo incondicional gracias por mostrarnos el camino.

A nuestros profesores por su ardua labor y dedicación.

A nuestros asesores que moldearon y pulieron nuestras ideas.

Reconocimiento

A nuestros profesores que expandieron nuestra percepción y entendimiento.

Al Instituto Politécnico Nacional por acogernos en su seno y darnos el tesoro del conocimiento.

Prólogo

Esta tesis se inició a mediados del 2012 y se finalizó en el 2013. La misma presenta cinco capítulos, los cuales consideramos relevantes en el estudio del tema.

La naturaleza le proporciona todas las respuestas al que tiene el interés y la dedicación de analizarla. Es por ello que hemos de velar por su integridad para las generaciones posteriores reduciendo nuestro consumo energético y las emisiones que ocasionan el efecto invernadero propias de la generación eléctrica. Procuramos realizar una tesis que resulte de accesible lectura a todo el público que lo requiera.

El estudio de la carga y potencia instalada es una fuente de información de gran utilidad en la vida industrial en lo que a seguridad, rendimiento y beneficios se refiere. Gracias al estudio de la carga instalada se puede determinar si el sistema de distribución eléctrica de una planta puede admitir nuevas cargas, verificar la capacidad del sistema eléctrico y del cableado, distribuir correctamente la carga entre las tres fases, realizar un seguimiento del factor de potencia y calcular el consumo de energía antes y después de las mejoras para justificar de esta forma las medidas adoptadas para el ahorro de energía.

En un principio fue destinada principalmente a el estudio y análisis de la luz LED pero al buscar una aplicación relevante para la vida humana llegamos a este tema el ahorro de energía, es un orgullo la aplicar de los conocimientos adquiridos en esta honorable institución intentando dejar una pauta para los jóvenes que se introducen en el maravilloso mundo de la ingeniería eléctrica que creemos debe enfocarse en optimizar las energías limpias y disminuir en lo posible el consumo humano.

Confiamos que muchas personas se interesen y consideren relevante el trabajo realizado.

Resumen

Estudio del espectro y capacidad luminosa que ofrecen los diodos emisores de luz (LED por sus siglas en ingles) para su aplicación en cultivos controlados climáticamente, tesis enfatizada en la aplicación de este tipo de fuente luminosa para un uso en específico que es el desarrollo vegetal en condiciones reguladas por el ser humano como lo son sistemas hidropónicos, invernaderos y viveros.

La luz LED por sus propiedades es una de las tecnologías a las cuales se la prestado mucha atención en las últimas décadas desde se invención se ha utilizado en tan diversas aplicaciones desde indicadores, sensores, entretenimiento, ornamento e iluminación.

Los seres vivos requieren de nutrientes para vivir y cumplir su ciclo vital, en el caso de los vegetales se puede recrear un ambiente edénico para optimizar y acelerar dicho crecimiento hasta llegar a la etapa de maduración que sirva a nuestros propósito .Demostramos que se puede aplicar este tipo de luz combinados con las técnicas de cultivo modernas se pueden cultivar una gran variedad de especies para el uso y apreciación del ser humano.

Introducción

Antecedentes

La cuestión en si planteaba la incógnita de ¿Se puede utilizar iluminación LED para el ahorro de energía en invernaderos y/o viveros?

Con la información recopilada se pudo generar una comparación verificable entre el método de cultivo “Tradicional” y las nuevas técnicas desarrolladas por el ser humano.

La agricultura ha sido pilar base en la supervivencia del ser humano por lo que se han buscado las formas de mejorarla y buscar la máxima eficiencia en otras palabras “tecnificarla”.

Este trabajo es la recopilación de los conocimientos adquiridos en La Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional misma que se encuentra en la unidad profesional “Adolfo López Mateos” además de auxiliarme en fuentes externas.

Justificación.

Las nuevas técnicas de cultivo han demostrado ser la solución al problema de espacio para la producción de ciertos miembros del reino vegetal, en una ciudad tan congestionada y contaminada como lo es la ciudad de México.

Aunque los sistemas de invernaderos se caracterizan por optimizar el crecimiento de los vegetales en la etapa de crecimiento los vegetales necesitan luz la mayoría de invernaderos utiliza luminarias de alta potencia que simulan la iluminación solar pero que tienen un alto costo energético podemos satisfacer esta necesidad lumínica realizando un estudio de los diodos LED para su implementación en dichos sistemas.

Las técnicas utilizadas tradicionalmente para el cultivo de especies necesarias para subsistencia humana dañan irreparablemente el ecosistema ya que es necesaria una gran expansión de tierra y el uso de diversos pesticidas que incluso llegan a mermar la salud del consumidor y del subsuelo este problema se elimina manteniéndolas bajo resguardo en un invernadero pero esto nos plantea un problema nuevo ya que las plantas requieren la iluminación adecuada para desarrollarse y estando bajo esta protección no reciben los rayos solares naturalmente.

Para lograr esto nuestros puntos a desarrollar son los siguientes:

- Diseño de un sistema eléctrico para luminarias LED.
- Normalizar la instalación para que sea segura y operable.
- Elección de dispositivos y proveedores que garanticen el correcto funcionamiento del sistema al menor costo.
- Relación costo-beneficio en su implementación.

Objetivos:

Generales.

- Utilizar iluminación LED para ahorrar energía y capital en invernaderos.

Particulares.

- Hacer los cálculos correspondientes para lograr los niveles de iluminación adecuados.
- Diseñar un sistema eléctrico.
- Utilizar la NMX-J-SEDE-2005 en el diseño de nuestra instalación eléctrica.
- Utilizar iluminación LED en el desarrollo vegetal.
- Comprender la importancia del ahorro de energía.
- Resaltar los ahorros monetarios que conlleva la implementación del sistema.
- Realizar mediciones a la lámpara LED de nuestra elección para comprobar que el desempeño corresponda con lo que el proveedor nos ofrece.
- Comprobar si a mayor precio monetario es mejor la calidad de nuestros dispositivos eléctricos.

Alcance y trascendencia.

El proyecto de tesis tiene como alcance realizar un estudio del ahorro energético y monetario que se puede obtener al modernizar la instalación eléctrica y utilizar las tecnologías amigables con el medio ambiente.

Esta tesis se enfoca en la aplicación de la iluminación led para el ahorro de energía en el desarrollo vegetal mediante invernaderos o viveros.

Es aplicable a todo proyecto de producción de vegetales ya sea industrial o habitacional.

Preguntas de investigación.

¿Qué lámpara satisface las necesidades de los invernaderos?

¿Es apreciable el ahorro de energía cuando se utiliza este tipo de iluminación?

¿Cuánto dinero se ahorrara en año con este tipo de iluminación?

¿Cuánta energía eléctrica se ahorrara en año con este tipo de iluminación?

¿En cuánto tiempo se recuperara la inversión inicial?

Hipótesis.

H1.- ¿La implementación de diodos emisores de luz en la iluminación de invernaderos baja el consumo eléctrico de los mismos?

H2.- ¿La implementación de diodos emisores de luz reduce costos de operación en un invernadero?

H3.- ¿La implementación de diodos emisores de luz ahorra costos de producción en un invernadero?

H4.- ¿La implementación de diodos emisores de luz ayuda a conservar el medio ambiente?

H5.- ¿El precio de los dispositivos eléctricos determina su calidad?

Capítulo I

1.-Luz Visible.

1.1.- Introducción.

Hace ya 300 años el físico Ingles Isaac Newton (1642-1727) descompuso la luz visible en colores haciéndola pasar por un prisma. Haciendo pasar la luz descompuesta por un segundo prisma, consiguió recombinar los colores, produciendo luz blanca de nuevo.

En el siglo XIX, con James Clerk Maxwell (1831-1879), se empieza a descifrar la verdadera identidad de la luz como, parte muy pequeña de un espectro de radiación, el espectro de radiación electromagnética. Todas las reacciones de este espectro se comportan como ondas.

La longitud de onda es decir, la distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la siguiente va desde decimas de nanómetro ($1\text{nm}= 10^{-9}$ m) en los rayos gamma, hasta kilómetros (1 km= 10³ m) en las ondas de radio de baja frecuencia. Cada tipo de radiación, con su longitud de onda particular, contiene una determinada energía asociada. Cuanto más larga es la longitud de onda, menor es la energía, y cuanto más corta es la longitud de onda, mayor es la energía que transporta.

Dentro del espectro de luz visible, la luz violeta tiene la longitud de onda más corta, y la roja, la más larga. Los rayos violeta más cortos contienen casi el doble de energía que los rayos más largos de luz roja.

1.2.-Definición.

La Luz forma parte de una parte de la energía radiante. La Illuminating Engineering Society of North América, define la luz como la energía radiante considerada de acuerdo a su capacidad para producir sensaciones visuales.

La luz se mide en una unidad llamada lumen- horas (lm-h), su símbolo es Q.

Al resultado de la luz incidiendo sobre una superficie se le denomina iluminación y se mide en luxes ó footcandels. Por otra parte al resultado de la luz al reflejarse (ya sea transmitida o emitida) de una fuente luminosa o una superficie se le denomina Luminancia (Brillo Fotométrico) y se mide en lamberts ó Footlambers.

La luz tiene propiedades tales como la longitud de onda (λ) y frecuencia (f). Hay muchas aplicaciones en las cuales estas características que no son importantes por lo que se representa simplemente por medio de una flecha que indique se dirección.

La velocidad de la luz es aproximadamente 300,000 kilómetros por segundo al transmitirse en aire o en el vacío.

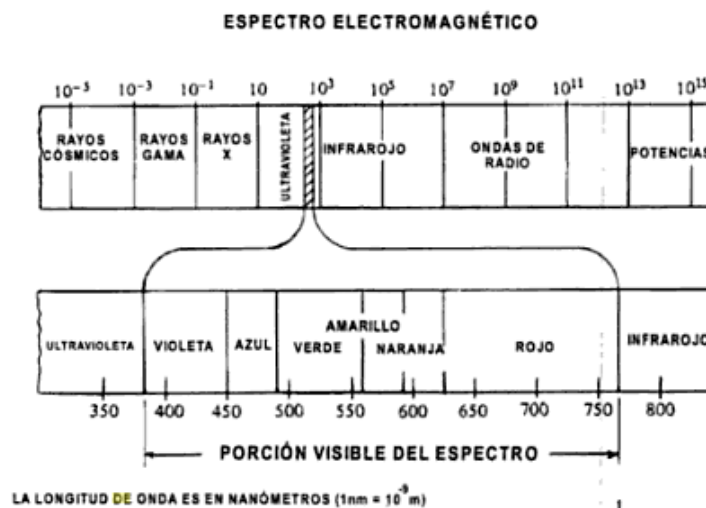


Fig. 1.1.- Espectro Electromagnético.

1.2.1.- Color.

La combinación de color en nuestro caso es importante ya que la ausencia o presencia de ciertas tonalidades en nuestros cultivos parecen incrementar y acelerar los procesos de cada una de las etapas de crecimiento.

El color es una sensación que producen los rayos luminosos en los órganos visuales y que es interpretada en el cerebro. Se trata de un fenómeno físico-químico donde cada color depende de la longitud de onda.

Los cuerpos iluminados absorben parte de las ondas electromagnéticas y reflejan las restantes, dichas ondas reflejadas son captadas por las hojas que a su vez elabora la clorofila (pigmento verde de las presente en el proceso de la fotosíntesis),

Cabe destacar que se conoce como colores primarios a ellos que no pueden obtenerse a partir de la mezcla de otros colores

La sensación de color se percibe a partir de la distancia que hay entre cresta y cresta, la energía se desplaza como una onda senoidal como en este caso la energía electromagnética.

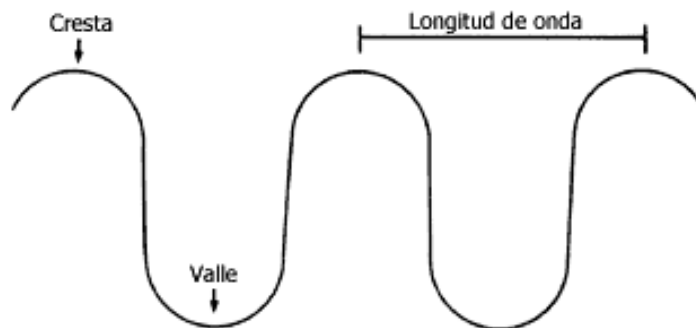


Fig. 1.2 Longitud de onda.

Esta distancia se llama longitud de onda en el caso de la luz se mide en nanómetros (mil millonésima parte de un metro 1×10^{-9} metros) es la responsable de la existencia de color, la longitud de onda de 380-450 nm produce la sensación de violeta, de 450-490 produce la y sensación de azul, el verde de 490-560, de 560-590 el amarillo, de 590-630 el naranja y por último 630-770 nm que produce la sensación de rojo



Fig. 3.3 Longitud de onda en nanómetros.

1.3.- Iluminación.

1.3.1.- Términos y Unidades de Iluminación.

El Angulo solido (ω) se define como la relación entre el área de la esfera (A_s) y la raíz cuadrada del radio (R). El Angulo solido se mide en estereorradianes (sr). Ver ecuación 2.4.

$$\omega = A_s/R^2$$

(Ecuación 1.1.)

1.3.1.1.- Lúmen.

El flujo Luminoso (ϕ) es la relación de como fluye la luz con respecto al tiempo. La unidad de flujo luminoso es el Lúmen (lm) .Esta unidad lleva consigo el concepto de relación y puede considerarse similar a la relación con que fluyen otras cantidades; por ejemplo un líquido en determinado tiempo.

Es posible utilizar la idea de un lumen sin involucrar el concepto del tiempo. El concepto relación de flujo con respecto a tiempo no se utiliza en los cálculos de iluminación.

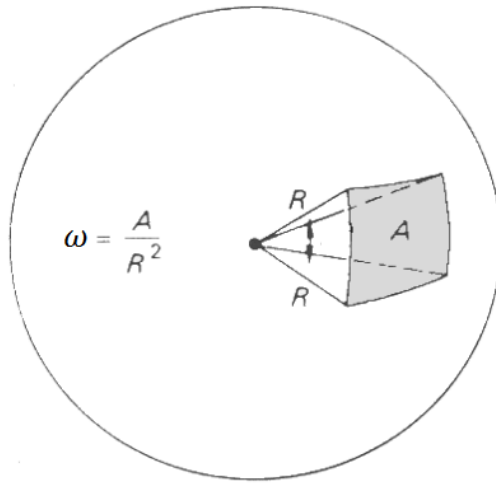


Fig. 1.4. Relación entre un área esférica, su radio y el Ángulo sólido. El Ángulo solido formado por A es 1 Estereorradián (Ángulo solido área esférica/ radio²)

1.3.1.2.- Candela.

Se define la intensidad luminosa (I) como la densidad de flujo a través de un sólido en una dirección determinada. La unidad utilizada para medir la intensidad luminosa es la candela (cd).

$$I = \phi/\omega \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

La potencia en candelas y la intensidad luminosa son términos descriptivos que se aplican en forma parecida. Desde un punto de vista operativo, la potencia en candelas o la capacidad luminosa indica la capacidad de una fuente luminosa para producir iluminación en una dirección determinada.

1.3.1.3.- Densidad de Flujo Luminoso Incidente.

Se denomina iluminación (E) a la densidad de flujo luminoso incidente. Cuando la unidad de flujo es el lúmen y el área esta expresada en pies cuadrados, la unidad de iluminación es la bujía-pie o footcandle (fc). Cuando el área esta expresada en metros cuadrados es el lux (lx).

$$E = \phi/A \quad (\text{Ecuación 1.3})$$

1.3.1.4.- Brillantez Fotométrica.

Se llama brillantez fotométrica o iluminancia (L) al flujo luminoso por unidad de área proyectada y por unidad de ángulo sólido, ya sea que proceda de una superficie en un punto dado con una dirección determinada, o bien llegar a un punto y desde una dirección determinados. Cuando la unidad de flujo luminoso es Lambert- pie o footlambert (fL). Se define también a la luminancia como la intensidad luminosa de una superficie en una dirección determinada por unidad de área proyectada de dicha superficie, vista desde esa dirección. Cuando la intensidad luminosa se expresa en bujías el área se expresa en pulgadas cuadradas, la unidad es la bujía o candela por pulgada cuadrada cd/in^2 . La relación entre los Lambert- pie y las bujías por pulgada cuadrada es:

$$\frac{cd}{in^2} = 144 \Pi fL = 452 fL \quad (\text{Ecuación 1.4})$$

Tabla 1.1 Factores de conversión de unidades comunes a unidades del Sistema Internacional de Unidades				
Valores en unidades comunes	X	Factores	-	Valores en unidades del SI*
Fl	X	3,420	-	cd/in^2
cd/in^2	X	1.55	-	kcd/m^2
Ft	X	.3048	-	M
In	X	2.54	-	Cm

A menudo se confunde el término de “Brillantez Fotométrica” que es una cantidad medible con la “Brillantez” que es el término que se utiliza para la sensación que tiene cada individuo para percibir la luz.

1.3.2.- Ley del Cuadrado Inverso.

La ley del inverso de los cuadrados establece que la iluminación (E) de una superficie que varía directamente con la potencia de bujías (I) de la fuente e inversamente con el cuadrado de la distancia (D) entre la fuente y la superficie. La ley del inverso de los cuadrados se refiere solo a fuentes puntiformes.

$$E_{normal} = I/D^2 \quad (\text{Ecuación 1.5})$$

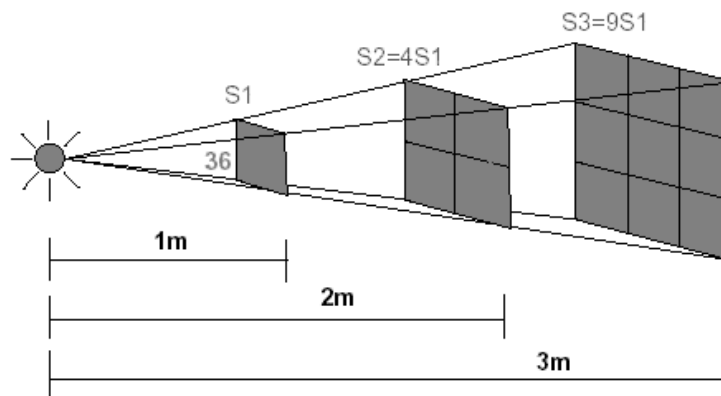


Fig. 1.5 Ley cuadrática inversa.

1.3.3.- Ley del Coseno.

La ley del coseno inverso también puede verse desde el punto de vista del flujo luminoso. Esto puede comprenderse fácilmente si consideramos una pirámide recta cuyo vértice está constituido por un ángulo sólido de un estereorradián y su base tiene un pie cuadrado.

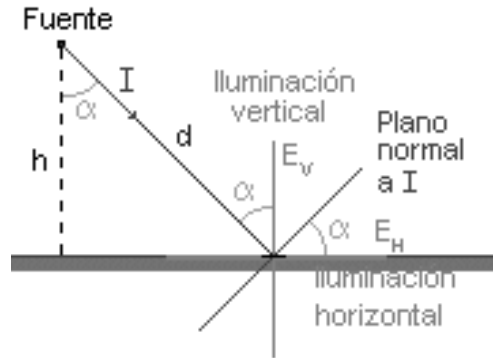


Fig.1.6 Ley del Coseno.

Cuando el plano que contiene a la base se gira hasta un cierto ángulo θ , como lo indica la figura 2.6 el ángulo intercepta un área por lo tanto $E = \frac{\phi}{A} \cos \theta$ (ecuación 2.9.). La luz viaja en línea recta hasta que se encuentran con alguna forma de interferencia. Al encontrar una interferencia el rayo se refleja, transmite o bien se absorbe.

Capítulo II

2.-Reino Vegetal.

2.1.- Introducción.

Vegetal o planta, cualquier miembro del reino vegetal o reino plantas (*plantae*) formado por unas 260.000 especies conocidas de musgos, hepáticas, helechos, plantas herbáceas y leñosas, arbustos, trepadoras, árboles y otras formas de vida que cubren la tierra y viven también en el agua. Se abarcan todos los biotipos posibles: desde las plantas herbáceas (terófitos, hemicriptófitos, geófitos) a las leñosas que pueden ser arbustos (caméfitos y fanerófitos), trepadoras o árboles (fanerófitos). Del mismo modo son capaces de colonizar los ambientes más extremos, desde las heladas tierras de la Antártida en las que viven algunos líquenes hasta los desiertos más secos y cálidos en los que sobreviven ciertas acacias, pasando por toda una gama de sustratos (suelo, rocas, otras plantas, agua). El tamaño y la complejidad de los vegetales son muy variables; este reino engloba desde pequeños musgos no vasculares, que necesitan estar en contacto directo con el agua, hasta gigantescas secuoyas los mayores organismos vivientes capaces, con su sistema radicular, de elevar agua y compuestos minerales hasta más de cien metros de altura.

El ser humano utiliza directamente sólo un reducido porcentaje de las especies vegetales para procurarse alimento, cobijo, fibras y medicinas. A la cabeza de la lista están el arroz, el trigo, el maíz, las legumbres, el algodón, las coníferas y el tabaco, especies de las que depende la economía de naciones enteras. Pero aún tienen más importancia para la humanidad los beneficios indirectos obtenidos de todo el reino vegetal, que lleva más de 3.000 millones de años realizando la fotosíntesis. Las plantas nos han dejado combustibles fósiles (como el petróleo) de los que se obtiene energía y, a lo largo de su prolongada historia, han suministrado oxígeno suficiente a la atmósfera para permitir que los seres vivos pudieran desarrollarse, desde las primeras formas de vida terrestre a la diversidad extraordinaria que conocemos en la actualidad. La biomasa mundial está formada en una proporción abrumadora por plantas, que no sólo constituyen la base de todas las cadenas tróficas, sino que también modifican los climas, y crean y sujetan los suelos, transformando así en habitables lo que de otro modo serían masas de piedras y arena.

2.1.1.- Ciclo de Vida.

La fenología del cultivo comprende las etapas que forman su ciclo de vida. Dependiendo de la etapa fenológica de la planta, así son sus demandas nutricionales, necesidades hídricas, susceptibilidad o resistencia a insectos y enfermedades.

2.1.2.- Inicial.

Comienza con la germinación de la semilla. Se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca, la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis.

2.1.3.- Vegetativa.

Esta etapa se inicia a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 25 a 30 días antes de la floración. Requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión.

2.1.4.- Floración.

Cambio de crecimiento indeterminado a determinado, consiste en el establecimiento de nuevos linajes celulares, que dará como resultado el establecimiento de una nueva identidad celular. Cuando el proceso se dispara la forma del ápice va a cambiar a forma de flor.

2.1.5.- Reproductiva.

Se inicia a partir de la fructificación, dura entre 30 ó 40 días, y se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración

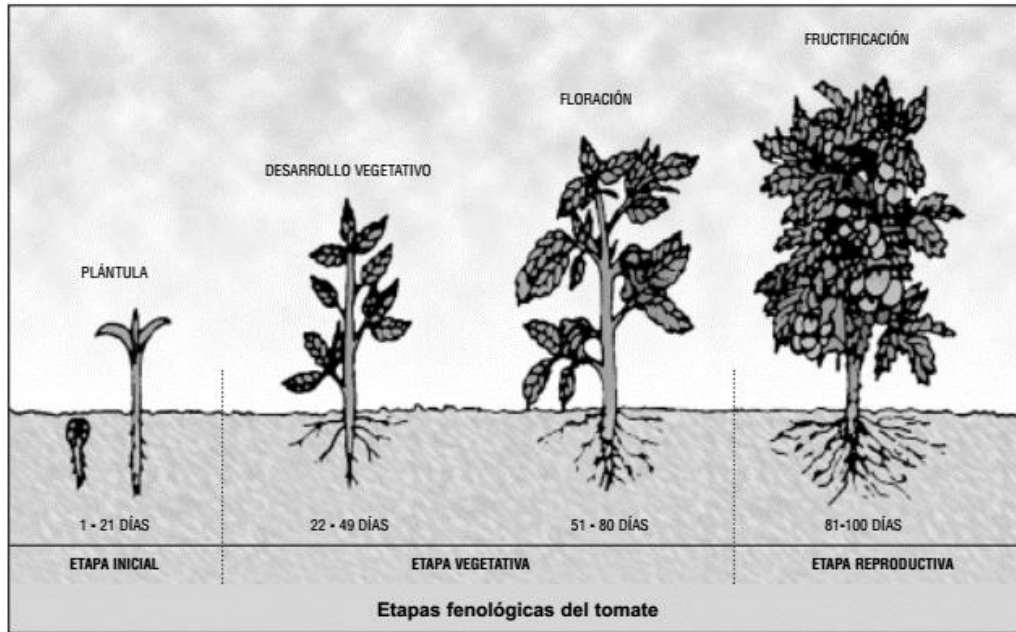


Fig 2.1 Ciclo de vida vegetal.

2.2.- Fotosíntesis.

El impacto que tiene la luz sobre el desarrollo vegetal se debe que las plantas no se alimentan ni se desarrollan de la misma manera que los animales ya que los miembros del reino vegetal presentan un crecimiento continuo y una alimentación que se lleva a cabo mediante la fotosíntesis (proceso mediante el cual las plantas transforman la energía solar en energía química).

En una hoja los movimientos de los cloroplastos controlan la absorción de la luz durante la fotosíntesis estos se adaptan dependiendo de los niveles de iluminación en su entorno mostrando la versatilidad de adaptación.

La intensidad de luz es un factor que permite que las plantas crezcan satisfactoriamente en un ambiente que podría cambiar rápidamente.

En una planta más del 90% de su peso seco está constituido por las diferentes sustancias y moléculas orgánicas que forman sus estructuras celulares o que regulan su metabolismo. Las cadenas carbonadas iniciales que emplean todas las células las proporciona la fotosíntesis.

La vida en la tierra continúa dependiendo de la fotosíntesis. Los organismos fotosintéticos capturan la energía de la luz, y en una serie de reacciones muy compleja, la utilizan para fabricar los glúcidos, y liberar el oxígeno, a partir del dióxido de carbono y el agua. Los

fotosintetizadores principales son las plantas y las algas microscópicas marinas. Alrededor de 100,000 millones de toneladas de carbono al año son fijadas en compuestos orgánicos por los organismos fotosintéticos.

La ecuación global de la fotosíntesis puede reflejarse de la siguiente manera:



La fotosíntesis es en esencia un proceso de óxido reducción, en el que el carbono del dióxido de carbono (CO₂) se reduce a carbono orgánico.

El complejo proceso de la fotosíntesis, con sus numerosos pasos que ocurren en diferentes etapas y tienen lugar en diversos compartimientos estructurales, se ve afectado por diversos factores, tanto ambientales como endógenos o propios de la planta.

Entre los factores ambientales principales se encuentra la luz, que proporciona la energía necesaria; la concentración atmosférica de CO₂, que es la fuente de carbono; la temperatura debida a su influencia de todos los procesos enzimáticos y metabólicos; también juega un papel la disponibilidad del agua, que puede afectar el grado de apertura estomática y por lo tanto la difusión del CO₂, y la disponibilidad de los nutrientes.

2.2.1.- Luz en la Fotosíntesis.

La luz juega un papel muy importante en la fotosíntesis Lincoln Taiz & Eduardo Zeigler postula en Fisiología Vegetal del 2006, que solo las longitudes de onda que van de 400nm a 700nm son útiles para la fotosíntesis ya que los demás son nocivos y mortales para los seres vivos y que existen tres factores especialmente importantes:

- Calidad del espectro
- Cantidad
- Dirección

De la energía que llega al cloroplasto, solo el 40% corresponde a la luz visible, única radiación fotosintéticamente activa. La luz visible es la radiación cuya longitud de onda está comprendida entre 400 y 700 nm; es en apariencia blanca, pero se compone, como demostró Newton, de diferentes colores, cada uno correspondiente a un rango de ese intervalo (figura 1.1). Las radiaciones con longitud de onda menor a 400 nm (como la luz ultravioleta) y mayor de 700 (como las infrarrojas) pueden tener diversos efectos biológicos, pero no pueden ser aprovechadas para la fotosíntesis.

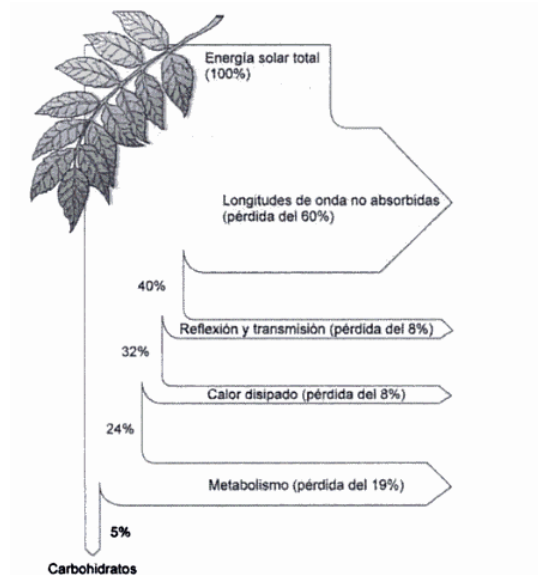


Fig. 2.2 Conversión de la energía solar en carbohidratos solo el 5 % es aprovechado

2.2.2.- Clorofila y otros pigmentos.

Para que la energía de la luz pueda ser usada por los seres vivos, primero ha de ser absorbida. Una sustancia que absorbe la luz se llama pigmento. Algunos pigmentos absorben la luz de todas las longitudes de onda y por lo tanto tienen un color negro. Otros solo absorben ciertas longitudes de onda y reflejan o transmiten las longitudes de onda que no absorben. Por ejemplo, la clorofila, el pigmento que hace que las hojas sean verdes, absorben la luz en el espectro violeta y azul y también en rojo. Puesto que transmite y refleja la luz verde, su aspecto es verde.

Los diversos grupos de organismos fotosintéticos usan varios tipos de pigmentos en la fotosíntesis. Existen varias clases de clorofila, que varían ligeramente de su estructura molecular.

La relación entre la fotosíntesis y la presencia de estos pigmentos queda claramente de manifiesto cuando se compara el espectro de acción de fotosíntesis (eficiencia fotosintética frente a la longitud de onda) con los espectros de absorción de las clorofilas. Tal como se observa en la figura 1.3, ambos espectros coinciden en lo referente a las longitudes de onda donde la eficiencia fotosintética es más alta y donde la absorción luminosa de los pigmentos es mayor.

Cuando un pigmento absorbe, los electrones de las moléculas son lanzados a niveles energéticos superiores. En la mayoría de los casos los electrones vuelven a su estado inicial casi de inmediato. La energía desprendida cuando regresan al nivel energético puede emitirse de nuevo en una longitud de onda superior, fenómeno que se conoce como fluorescencia, disiparse en forma de calor (conversión interna), o ser absorbida por una molécula vecina, que lanza sus electrones a niveles superiores (transferencia de excitación por resonancia inductiva).

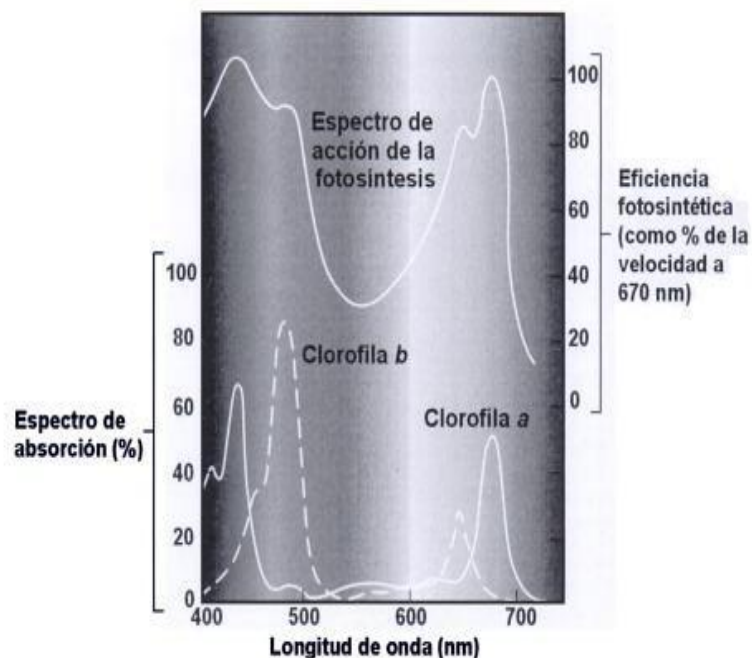


Figura 1.3. Espectro de absorción de las clorofilas a y b y espectro de acción de la fotosíntesis. El eje horizontal muestra la longitud de onda, desde 400 nm (luz azul) hasta 750 nm (luz roja). El eje vertical de la izquierda muestra el porcentaje de absorción de las clorofilas en cada longitud de onda; el eje vertical de la derecha indica la eficiencia fotosintética medida como % del proceso fotosintético medido a 670 nm. Como puede verse, las clorofilas absorben en zonas determinadas del espectro visible que coinciden con los mejores resultados en el rendimiento fotosintético. (Figura modificada de **Mauseth, J.D.**, 1998. "Botany. An Introduction to Plant Biology". 2^{da} ed. Jones and Bartlett Pub.)

2.2.3.- Las reacciones dependientes de la luz.

En el cloroplasto, los pigmentos están estrechamente asociados a las proteínas y se alojan en la bicapa lipídica de los tilacoides. Según el modelo actualmente, estos complejos proteína-clorofila, se encuentran empaquetados formando unidades denominadas fotosistemas. Cada unidad contiene de 200 a 400 unidades de pigmento que tienen como finalidad captar la luz como una antena, forman el complejo llamado antena, Cuando la energía de la luz se absorbe por uno de los pigmentos de la antena pasa de una molécula a otra del pigmento del fotosistema hasta que alcanza una forma especial de clorofila que constituye el centro de reacción del fotosistema.

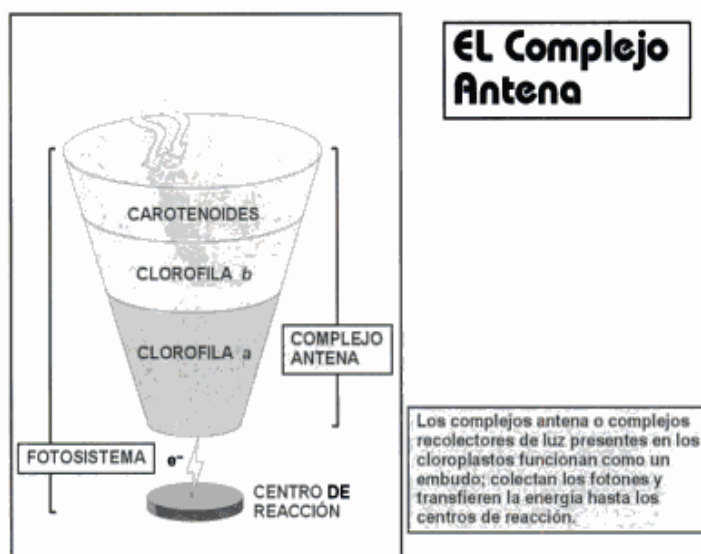


Fig. 2.4. Funcionamiento complejo antena.

Los pigmentos de antena son los encargados de absorber la energía lumínica y transferirla por resonancia al centro de reacción. Al recibir esta energía, la clorofila del centro de reacción pierde un electrón que es transferido una serie de transportadores de electrones. Los transportadores actúan en cadena captando el electrón (y por tanto reduciéndose) y seguidamente cediéndolo (y por lo tanto oxidándose) a la siguiente molécula. También los carotenoides, que encuentran íntimamente asociados con las clorofilas de los complejos antenas, captan energía en sus longitudes de ondas características y las transfieren a las clorofilas (aunque con menos eficiencia), tiene además una función protectora, ya que absorben excesos de energía que podrían dar lugar a la formación de compuestos nocivos.

2.2.4.- Iluminación y fotosíntesis Neta.

La fotosíntesis neta resulta un índice práctico para estudiar el efecto de algunos factores ambientales importantes sobre la acumulación de materia orgánica en la planta, y por lo tanto sobre el aumento del peso seco, directamente relacionado con el crecimiento.

Si se considera positiva la acumulación de sustancias orgánicas resultantes de la fotosíntesis, llamadas genéricamente foto asimilados, y negativa su pérdida puede definirse el intercambio neto de carbono con el ambiente como:

$$FN = FB - (FR + RM)$$

Donde FB, o síntesis bruta, representa la cantidad total de foto asimiladores producida, FR representa la cantidad consumida de foto respiración y RM representa las pérdidas debidas a respiración mitocondrial. El balance puede expresarse como la cantidad de foto asimiladores resultantes de ganancias y pérdidas o fotosíntesis neta.

Cuando el nivel de iluminación es muy bajo o nulo, se registran valores de FN negativos, ya que con escasa luz la FB se interrumpirá (lo mismo de la FR), pero la RM no se vera

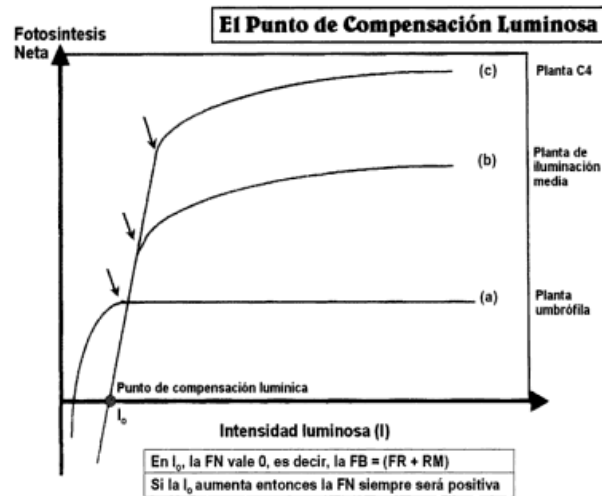


Figura Respuesta de la fotosíntesis neta (FN) frente a la iluminación (I), de una planta umbrófila (a), una planta adaptada a condiciones de iluminación media (b), y de una planta C₄ (c). Cuando el nivel de iluminación es muy bajo o nulo, se registran valores de FN negativos, ya que con escasa luz la FB se interrumpirá (lo mismo de la FR), pero la RM no se verá afectada. El valor de iluminación señalado como I_0 , es el **punto de compensación lumínica** y representa la cantidad de luz con la cual FN vale cero, debido a que FB se iguala a $FR + RM$. Para valores de iluminación mayores que I_0 , FN será siempre positiva. (Figura modificada de Mauseth, J.D., 1998. "Botany. An Introduction to Plant Biology". 2^{da} ed. Jones and Bartlett Pub.)

afectada. El valor de iluminación señalado como I_0 es el punto de compensación lumínica y representa la cantidad de luz con la cual FN vale cero, debido a que FB es igual a $FR + RM$. Para valores de iluminación mayor que I_0 FN será siempre positiva.

Capítulo III

3.1.-Introducción a los Invernaderos.

Los primeros usos de un invernadero se dieron en la época romana, ya que se tiene en escritos que por las exigencias de emperadores en sus dietas, ya que pedían comer cosas fuera de temporada o exóticas, así que un jardinero había instalado su propia manera artificial de cultivar la cual es un método utilizado aun en la actualidad, el cual consiste en crear condiciones de una cierta manera permanente para que pueda ser cultivada en todo momento.

Durante el S.XIII, en Italia se hizo una fabricación de edificios con la función de hacer crecer plantas exóticas, después se extendió esta idea a lo que es Inglaterra y los países bajos; aunque en ese entonces presentaba problemas deficientes como escasas de aire y el flujo del calor normal, lo que provocaba que los cultivos no se desarrollaran de una manera adecuada o murieran en corto tiempo. Después, estos los “jardines botánicos” solo eran utilizados en países de altos recursos económicos como Inglaterra, Italia, Alemania, etc. y en algunas universidades reconocidas comenzaban su experimentación para el mejoramiento y perfección de estos, enfocándose en la ventilación, el espacio, las plantas que se pueden mantener ahí, etc.

En el S. XVII se produce la tecnología para fabricar cristales que serían utilizados en la construcción de edificios de invernaderos, además se desarrolla una mejor manera en su construcción de tal manera que fuera más práctico o más útil para las plantas que eran necesarias y con el cristal ya se podía mantener un ambiente más cálido

3.2.-Importancia de un invernadero en la producción agrícola.

Un invernadero ayuda a mantener un clima adecuado para la producción no solo de flores, sí no también de productos agrícolas como verduras, frutas, etc. Los cuales son elementos básicos en la alimentación de las personas tanto en zonas rurales como en urbanas, la función del invernadero en la producción agrícola se fundamenta en que se pueden mantener productos fuera de temporada, lo cual provoca una mayor producción para una demanda fuerte proveniente de ciudades altamente pobladas como la Ciudad de México. Además, una de las ventajas del invernadero es que pueden ser usadas en comunidades para beneficio de las mismas que no tienen cerca recursos para comprar alimentos y no es necesario tener grandes conocimientos de jardinería y botánica para poder mantenerlo en uso.

3.3.- ¿Dónde se necesita un invernadero?

Los invernaderos frecuentemente son utilizados cuando se requiere acelerar el cultivo con ciertas condiciones de clima, las cuales son proporcionadas por el invernadero. Pero donde puede ser más útil su uso es en las zonas áridas donde no llueve muy seguido, así como en climas hostiles con cambios muy dramáticos, ya sea frío o calor, que afectan a las plantas de los cultivos.

3.4.-Ventajas del uso de un invernadero.

3.4.1.- Difusión de luz.

Porque un invernadero puede cambiar la dirección de los rayos solares distribuyéndola equitativamente por toda el área para beneficiar a todo el invernadero en su conjunto y a la vez impedir que lleguen directamente a la planta. La luminosidad se puede obtener en mayor o menor grado dependiendo del diseño y cubierta del invernadero. Este aspecto permite el buen desarrollo del cultivo y ayuda a la mejor obtención de frutos.

3.4.2.- Fotosíntesis.

El proceso fotosintético se ve favorecido dentro del invernadero, debido a la forma en que es difundida la luz y a la conservación de temperaturas.

3.4.3.- Microclima.

Manejar un microclima que permite controlar y mantener las temperaturas óptimas, aporta que las plantas sean más abundantes y de mejor calidad, también puede permitir programar las cosechas para épocas de escasez. Con esto, podemos saber que la real ciencia de los invernaderos, es el poder mantener la temperatura de los rayos focalizada, en su interior. Lo cual eleva la temperatura interna del invernadero. Por medio de la concentración de calor dentro del mismo. Esto permite que muchísimas plantas se puedan dar de mejor manera. Más aún, cuando se trata de algunas que con las bajas temperaturas del invierno se marchitan o sufren por éste cambio. Es por lo mismo, que un invernadero, es una herramienta efectiva, para poder cultivar plantas, independiente la época del año, en que se está viviendo

3.5.- Tipos de invernaderos

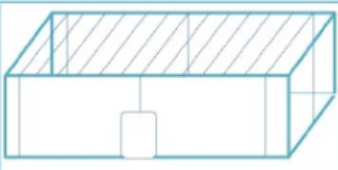
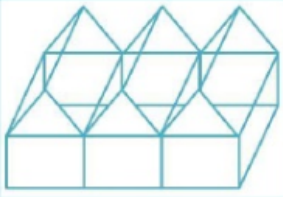
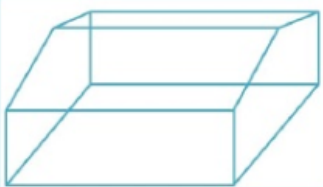
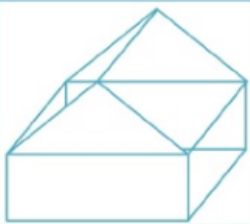
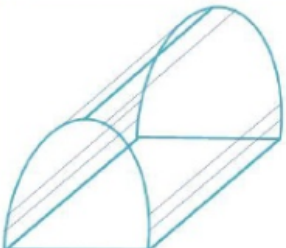
TIPOS	DEFINICIÓN	VENTAJAS/DESVENTAJAS	IMAGEN
PLANO O TIPO PARRAL	La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes, una estructura vertical y otra horizontal.	<p>-Ventajas: Económico, adaptación a los terrenos, resistencia al viento, aprovechamiento de agua.</p> <p>-Desventajas: Poco volumen de aire, rápido envejecimiento, no aconsejable en lugares lluviosos, dificultad en cultivo, fragilidad.</p>	
RASPA Y AMAGADO	Su estructura es muy similar al tipo parral pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbre, formando lo que se conoce como raspa.	<p>-Ventajas: Economía, buen volumen, inercia térmica, poca humedad, ventilación.</p> <p>-Desventajas: Diferencias de luminosidad, no aprovecha las aguas pluviales, se dificulta cambio de plástico</p>	
ASIMÉTRICO	Aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar.	<p>Ventajas: Aprovechamiento de la luz, económico, buena ventilación, inercia térmica.</p> <p>Desventajas: no aprovecha el agua, pérdidas de calor, se dificulta el cambio de plástico</p>	
CAPILLA	Tiene la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas.	<p>Ventajas: Fácil construcción, facilidades para la evacuación del agua</p> <p>Desventajas: A veces se dificulta la ventilación</p>	
TIPO TÚNEL O SEMICILÍNDRICO	Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica.	<p>Ventajas: Buena ventilación, buen reparto de luminosidad, fácil instalación.</p> <p>Desventajas: Caro, no aprovecha el agua.</p>	

Tabla 3.1. Tipos de Invernaderos

Capítulo IV

4.-Ahorro de Energía.

El ahorro energético o ahorro de la energía se refiere a la optimización del consumo eléctrico con el fin de ahorrar costos y ayudar a disminuir las emisiones de gases que contribuyen al cambio climático, el cual es evidente es necesario aprender a utilizar la energía eléctrica de una manera más económica y respetuosa con nuestro ambiente.

Los particulares y las industrias que son consumidores directos de la energía pueden reducir el consumo energético para disminuir costos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así el beneficio que brindan las nuevas tecnologías en materia de iluminación.

4.1.-Importancia del Ahorro de Energía Eléctrica.

Actualmente el uso de la electricidad es fundamental para realizar gran parte de nuestras actividades; gracias a este tipo de energía tenemos una mejor calidad de vida. Con tan solo oprimir botones obtenemos luz, calor, frío, imagen o sonido. Su uso es indispensable y muy pocas veces nos detenemos a pensar acerca de su importancia y de los beneficios al utilizarla eficientemente.

El ahorro de energía eléctrica es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos energéticos; ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de energía eléctrica evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera.

Nuestro país posee una gran cantidad de fuentes de energía. En México, la mayor parte de la generación de electricidad se realiza a través del petróleo, carbón y gas natural, impactando de manera importante el medio ambiente al depender de los recursos no renovables, como son los combustibles fósiles. Al utilizarlos se emite a la atmósfera una gran cantidad de gases de efecto invernadero, los cuales, provocan el calentamiento global de la tierra, cuyos efectos se están manifestando y son devastadores.

4.2.-Principales Medidas de Ahorro de Energía Eléctrica.

Como resultado de los diversos proyectos de ahorro de energía eléctrica que el FIDE ha financiado en México, se presentan a continuación las distintas medidas de ahorro de energía eléctrica aplicadas a empresas del sector comercial, servicios e industrial, por tipo de giro y rama industrial; dicha información es muy valiosa, ya que presenta las medidas de ahorro que se pueden encontrar en distintos tipos de inmuebles y de las cuales ya se ha demostrado su factibilidad técnica y rentabilidad económica.

En resumen, las medidas correctivas de ahorro de energía eléctrica que se presentan posteriormente, son las siguientes, independientemente del tipo de giro o actividad que realicen las empresas:

- Optimización de sistemas de alumbrado mediante la sustitución de lámparas y balastos de eficiencia convencional por equipos de alta eficiencia, así como la instalación de reflectores especulares
- Optimización de sistemas de aire acondicionado y de sistemas de refrigeración
- Sustitución de motores eléctricos de eficiencia estándar por motores eléctricos de alta eficiencia
- Sustitución de compresores tipo pistón por compresores de tipo tornillo
- Instalación de variadores de velocidad
- Optimización de sistemas de bombeo
- Implantación de controladores de demanda eléctrica
- Optimización del factor de potencia
- Optimización del proceso productivo
- Utilización de aceites orgánicos de última generación tecnológica, como el aceite sintético
- Implantación de sistemas de cogeneración

4.3.-Optimización de sistemas de alumbrado.

Dentro de los gastos fijos con que cuenta toda casa o negocio, inevitablemente está el uso de la energía eléctrica y aunque se apaguen los aparatos electrónicos, no siempre es tan fácil apagar las luminarias en ciertas zonas que necesariamente deben permanecer iluminadas.

Aunque de entrada el cambiar sus sistema de luminarias puede ser un gasto fuerte, consideramos lo que se estará ahorrando en el futuro y con una buena planeación, el ahorro que se irá generando se puede utilizar en ir solventando el gasto realizado; con la diferencia de que esta vez estará recuperando dinero.

Siendo este un gasto continuo en su presupuesto mensual, es importante conocer y aprovechar las opciones alternativas que nos ofrece el mercado para hacer que nuestro dinero rinda más.

Hay tres tipos principales de eficiencias energéticas en la iluminación CFL, LED y bombillas incandescentes de bajo consumo.

Cada uno de estos tipos de luminarias puede ayudarle a ahorrar dinero en sus facturas de servicios públicos con equipo que además dura mucho más que una bombilla tradicional.

4.3.1.-Tipos de luminarias para el ahorro de energía.

Lámpara halógeno bajo consumo.

Los ahorradores de energía, o halógenos, son lámparas incandescentes que tienen una cápsula que contiene gas alrededor de un filamento de bombilla para aumentar su eficiencia.

Este tipo de bombilla incandescente es aproximadamente un 25% más eficiente y puede durar hasta tres veces más que las bombillas incandescentes tradicionales. Están disponibles en una amplia gama de formas y colores, y se puede usar con atenuadores.



Fig. 4.1. Lámpara halógeno bajo consumo.

CFL

Las lámparas fluorescentes compactas (CFL) son versiones rizadas de las luces fluorescentes tubulares largos que es posible que ya tenemos en la cocina o el garaje. Debido a que utilizan menos electricidad que las bombillas incandescentes tradicionales, las CFL típicos pueden pagarse por sí mismos en menos de nueve meses, y luego empezar a ahorrar dinero cada mes.

Esta utiliza alrededor de un cuarto de la energía y duran diez veces más que una bombilla incandescente comparable, que emite la misma cantidad de luz.

Las bombillas CFL están disponibles en una gama de colores claros, incluyendo cálidos tonos (blanco y amarillo) que no estaban tan disponibles cuando se introdujeron por primera vez.



Fig. 4.2. Lámpara fluorescente compacta.

LED'S

El diodo emisor de luz (LED) es un tipo de iluminación de estado sólido de semiconductores que convierten la electricidad en luz.

Aunque una vez conocido principalmente por indicadores y señales de tráfico, los LED's de luz blanca como aplicaciones generales de iluminación, son una de las más eficientes fuentes de en energía que utilizan sólo el 20% -25% de la energía y duran un mínimo de 70% más que las bombillas incandescentes tradicionales a los que sustituyen.



Fig. 4.3. LED COB nueva generación.

Capítulo V

5.- Propuesta de Ahorro de energía en invernadero.

Elegimos este proyecto con la finalidad de optimizar el consumo energético de los invernaderos que es muy alto debido a las lámparas de gran capacidad y poca eficiencia que se utilizan.

Se realizaron presupuestos para observar la viabilidad de este proyecto por lo cual decidimos optimizar el sistema de iluminación que es el que mayor consumo tiene.

Y con la finalidad de que produzca siempre energía este invernadero ocuparemos energía renovable mediante celdas solares que alimenten los luminarios de este invernadero así como los controles del mismo.

5.1- Implementación de lámparas LED en invernaderos.

La idea del proyecto en general, es fomentar la creación de un invernadero, el cual logre mantener el sistema de iluminación apto para el desarrollo y crecimiento de vegetales. Si bien existen invernaderos con iluminación adecuada, este proyecto en particular, pretende optimizar la iluminación utilizando diodos tipo LED en lugar de las lámparas de descarga de mercurio que tienen un alto costo de energético, monetario, ocupa grandes dimensiones etc. Por lo que pueden ser sustituidos por una luminaria más económica y amigable al medio ambiente y al monedero del propietario.

Conjuntamente con el proceso de climatización, se propone instalar lámparas de luz led (UV o Spot), ello con el propósito de tratar de simular la luz que emite el sol sobre las plantas, para realizar esta acción en el momento en el que la luz solar no está presente o bien en un horario nocturno, para optimizar el crecimiento de las plantas.

Con esta tesis se pretende optimizar la iluminación de los invernaderos así como hacer las luminarias eléctricamente sustentables tanto en proceso, como en operación y desempeño.

5.2.-Control Luz LED.

Un invernadero tiene la función de controlar los cambios extremos del ambiente y de esta forma evitar que los cultivos o plantas que ahí residen mueran. Pero en climas extremos resulta difícil mantener de las características que ayudan a la producción.

Por esta razón el nivel de iluminación es un factor determinante en los invernaderos.

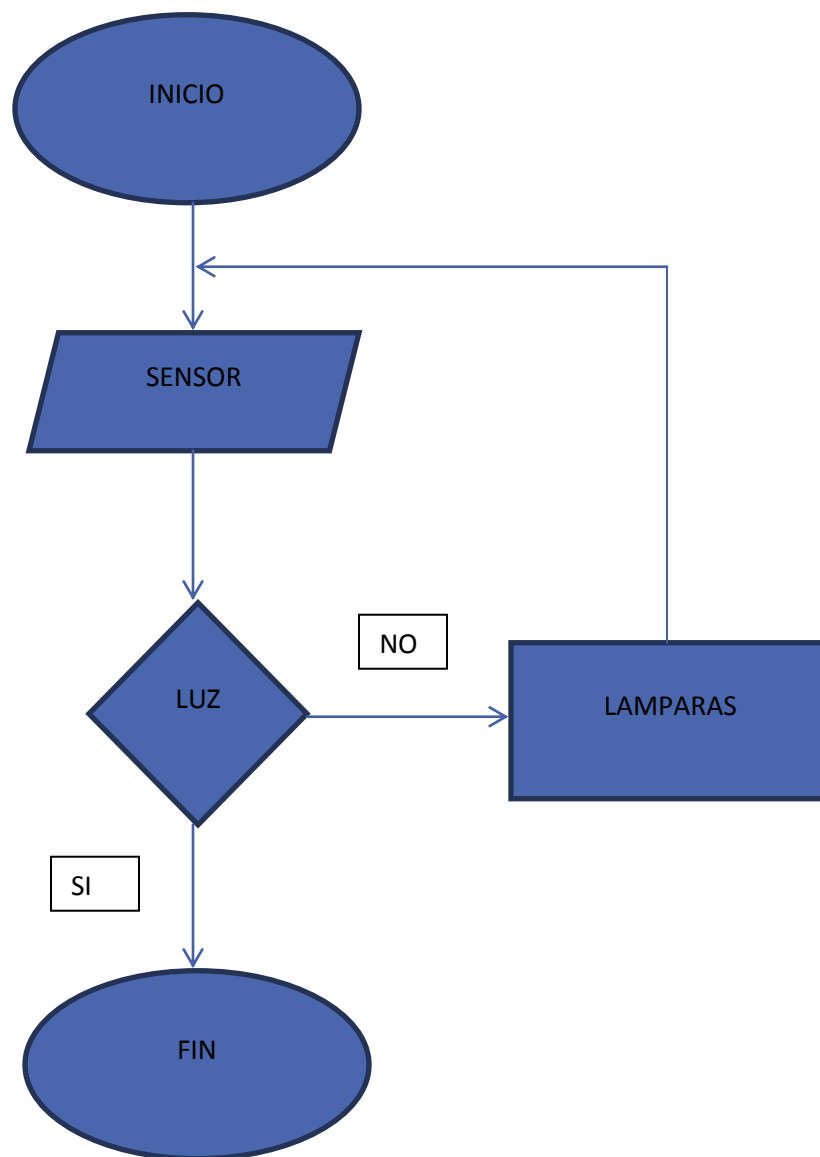


Figura 5.1 Diagrama de Control luminarias.

5.2.1.- Sensor Fotoeléctrico.

La LDR (Light Dependent Resistor) o resistencia dependiente de la luz, como su propio nombre indica es una resistencia que varía su valor en función de la luz que incide sobre su superficie. Contra mas sea la intensidad de luz que incida en la superficie de la LDR menor será su resistencia y contra menos luz incida mayor será la resistencia. La forma externa puede variar de la mostrada en esta foto ya que este modelo en concreto no es muy común pero la función es la misma.

Funcionamiento.

Para hacernos un medidor de luz ambiental o una fotocélula que encienda un determinado proceso en ausencia o presencia de luz podremos hacerlo de dos maneras, usando un amplificador operacional para detectar y ajustar la sensibilidad y punto en que se dispara la salida.

El circuito consta de un divisor de tensión formado por la fotorresistencia, una resistencia y un disparador inversor 4. Como la fotorresistencia varía en función de la luz, la señal de salida del divisor también lo hará y cuando pase el umbral de disparo del disparador este cambiara el estado de su salida según corresponda.

Los umbrales de disparo son de 0,9 y 1,7 voltios, esto quiere decir que cuando la señal en la entrada del disparador supere los 1,7 voltios se tomara como un 1 lógico en la entrada y la salida al ser inversa tomara el nivel lógico bajo o 0 voltios, si el voltaje de entrada baja por debajo de 0,9 voltios se tomara como un 0 lógico en la entrada con lo que la salida tomara un nivel lógico 1.

Nosotros hemos aprovechado estas nuevas tecnologías y tomando en cuenta las ventajas ofrecidas por estas, aplicamos el concepto de inteligencia a la anatomía de un invernadero, con el objetivo de que este sea capaz de entender, asimilar y manejar información en favor de obtener mejoras en la calidad, es decir que al aplicar un sistema de iluminación más eficiente en un invernadero obtendremos un máximo provecho de los recursos que este puede dar.

Estos son los ejemplos de las ventajas que tenemos al aplicar el sistema de iluminación LED mejora en la producción de las especies cultivadas. Mejora en la calidad de los productos.

Creamos nuevos puestos de trabajo. Monitoreo exhaustivo, práctico y más preciso de comportamiento de las especies que habitan el invernadero y las condiciones que se encuentra el invernadero.

5.3.-Iluminación.

LED COB.

El LED COB corresponde a las siglas "Chip on board" ("chip en la placa"), en el cual se han insertado multitud de LEDs en un mismo encapsulado.

Este tipo de LED se está imponiendo poco a poco en el mercado por encima del LED ultra brillante. El motivo principal es que nos proporciona más rendimiento lumínico: esto quiere decir que con la misma potencia y tamaño, el LED COB aporta más luz que el LED ultra brillante.

Esto dota al LED COB de ciertas ventajas:

- Al proporcionarnos más luz, no necesitamos concentrar tanto el haz de luz para conseguir suficiente intensidad lumínica. De esta manera, hay muchos productos con este tipo de LED que emiten con un ángulo de apertura de hasta 160°.

- El LED COB tiene un mayor IRC (índice de reproducción cromática) que el LED ultra brillante, por lo que conseguimos una luz de mayor calidad. En la mayoría de los casos, el IRC es mayor de 90.

- Elimina el efecto cebra entregando una iluminación continua como panel de luz.

5.4.-Reflector LED COB 30 Watts.

Especificaciones fabricante Reflector JWL.

Módulo de LED	LED COB
Color de la temperatura (CCT)	Blanco/ Cálido (2700-6500°k)
Luxes a un metro	788 ± 10 %
Flujo luminoso (lm)	3 300 lm
Eficacia luminosa	80 ± 10
Índice de rendimiento del color (IRC)	>75
Potencia total consumida	30 w ± 10 %
Tensión eléctrica entrada	110-240 VCA 50-60 HZ
Factor de potencia (FP)	>0.90
Controlador de LED	Controlador de corriente constante
Color exterior	Negro
Materiales	Aluminio colado, vidrio templado
Temperatura de operación	-30 °C hasta 60° C
Humedad ambiental	>95% RH
Vida útil	50000 horas
Código IP	I66
Angulo Apertura	120°

5.4.1.-Medicion.

- Reflector Alógeno 300W

ANGULO	LUXES	CANDELAS	LUMENS
90	1960	1960	3607
80	1280	1280	1881.59
70	1224	1224	1390.84
60	1245	1245	1048.03
50	1255	1255	738.81
40	1215	1215	460.4
30	1110	1110	237.65
20	419	419	40
10	79	79	1.89
0	12	12	0
		Total = 9406.21 lm	

Reflector LED COB 30W

ANGULO	LUXES	CANDELAS	LUMENS
90	681	681	1253.25
80	645	645	948.15
70	643	643	730.65
60	614	614	516.86
50	613	613	360.87
40	530	530	200.83
30	430	430	92.07
20	393	393	37.52
10	268	268	6.41
0	5	5	0
		Total = 4146.61	

$$Im = lux(m^2)$$

Pero $m = 1,$

$$m^2 = 1$$

$$Im = lux$$

constante de zona 0 – 10, 10 – 20

Reflector de halógeno de 300 W.

Cantidad de reflectores: 40 unidades.

Costo por unidad: \$120.00

Costo de 40 reflectores: $40 \text{ unidades} \times \$120.00 = \$4800.00$

Costo de filamento: \$40.00

Costo de 40 filamentos: $40 \text{ filamentos} \times \$40.00 = \$1600.00$

Costo total de 40 reflectores con su filamento: $\$4800.00 + \$1600.00 = \$6400.00$

Tiempo de vida de filamento: 1000hrs.

Horas que trabaja al día: 10hrs.

Horas que trabaja al mes: $10 \text{ hrs.} \times 30 \text{ dias} = 300 \text{ hrs.}$

Horas que trabaja al año: $300 \text{ hrs.} \times 12 \text{ meses} = 3600 \text{ hrs.}$

Cambio del filamento al año: $\frac{3600 \text{ hrs.}}{1000 \text{ hrs.}} = 3.6 \text{ filamentos}$ De 3 a 4 filamentos por reflector al año.

Total de repuestos de filamentos al año para 40 reflectores: $3 \text{ filamentos} \times 40 \text{ reflectores} = 120 \text{ filamentos}$

Costo de filamentos de repuesto por reflector al año: $3 \text{ filamentos} \times \$40.00 = \$120.00$

Costo total de filamentos de repuesto para 40 reflectores al año: $40 \text{ reflectores} \times \$120.00 = \$4800.00$

Costo total de inversión (considerando 40 reflectores con su filamento y 120 filamentos de repuesto):

40 reflectores con filamento = \$6400.00

120 filamentos de repuesto = \$4800.00

Total: \$11,200.00

Consumo de Watts al año: $40 \text{ reflectores} \times 300 \text{ Watts} = 12,000 \text{ Watts}$

$$\frac{12,000 \text{ Watts} \times 3600 \text{ hrs. al año}}{1000} = 43.2 \text{ kWatts/hora}$$

Reflector tipo LED COB de 30 W.

Cantidad de reflectores: 80 unidades.

Costo por unidad con LED incluido: \$800.00

Costo total de 80 reflectores con LED: $80 \text{ unidades} \times \$800.00 = \$64000.00$

Tiempo de vida de LED: 50000 horas.

Horas que trabaja al día: 10 horas.

Horas que trabaja al mes: $10 \text{ hrs.} \times 30 \text{ dias} = 300 \text{ hrs.}$

Horas que trabaja al año: $300 \text{ hrs.} \times 12 \text{ meses} = 3600 \text{ hrs.}$

Duración de LED: $\frac{50000 \text{ hrs.}}{3600 \text{ hrs.}} = 13.8 \text{ años de vida}$

Costo total de inversión (considerando 80 reflectores con LED con vida útil de 13 a 14 años)

80 reflectores con LED = \$64,000.00

Total: \$64,000.00

Consumo de Watts al año: $80 \text{ reflectores} \times 30 \text{ Watts} = 2,400 \text{ W}$

$$\frac{2,400 \text{ Watts} \times 3600 \text{ hrs. al año}}{1000} = 8.64 \text{ kW/h}$$

Proceso de Medición

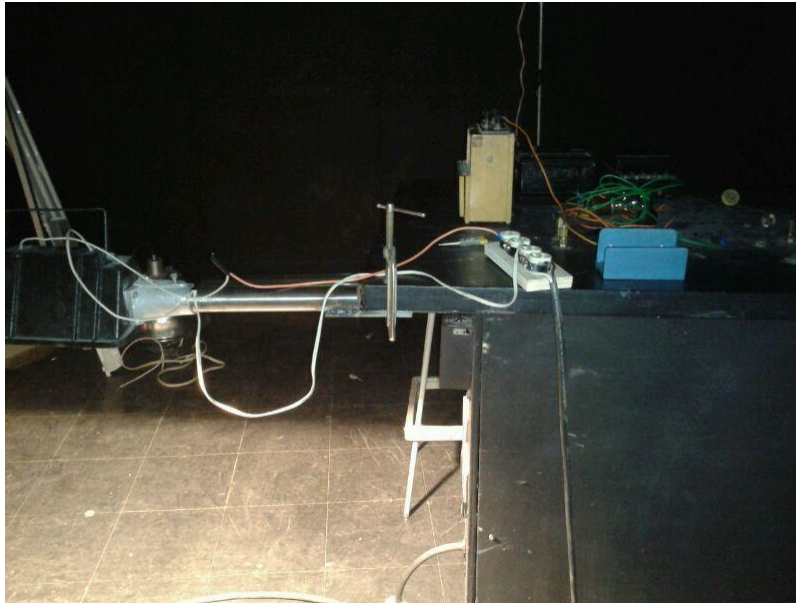


Fig. 5.2. Configuración del reflector.



Fig. 5.3. Luxómetro a 1 metro de distancia de la fuente luminica.



Fig. 5.4. Medición del reflector.

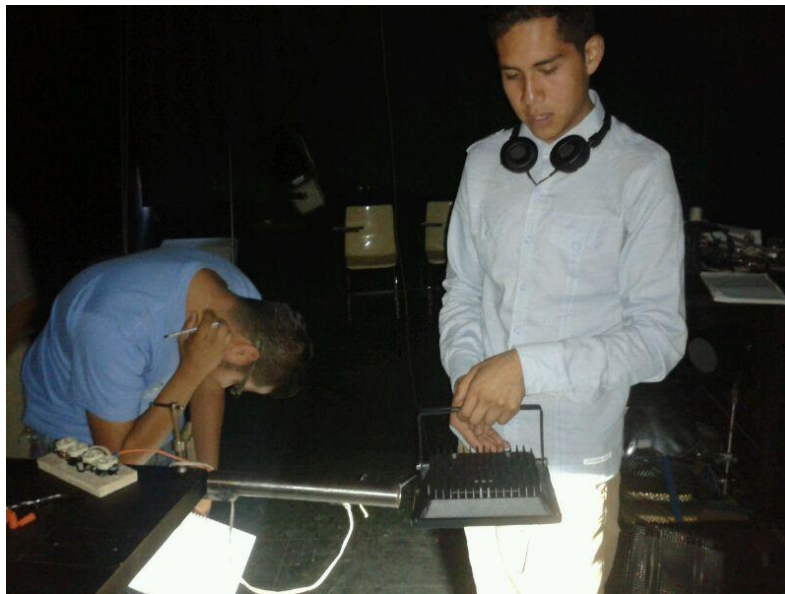


Fig. 5.5. Recopilación de datos reflector LED.

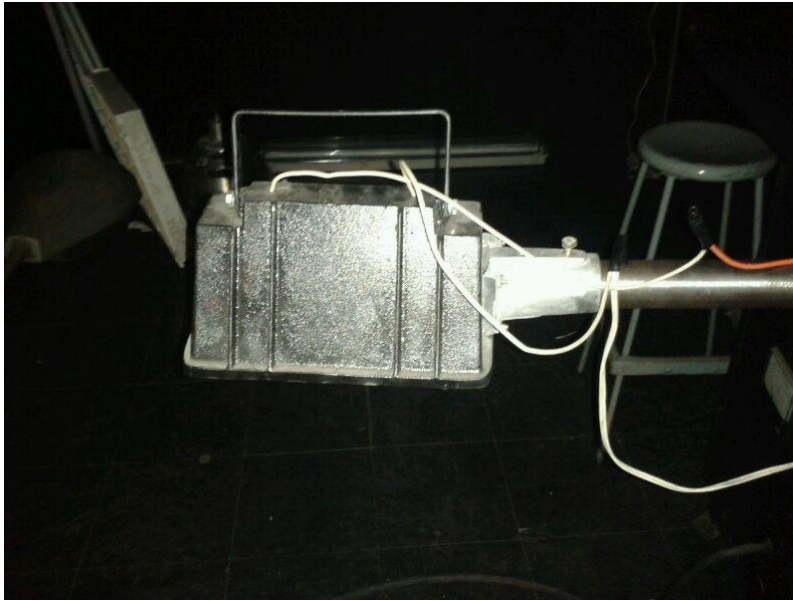


Fig. 5.6. Reflector Halógeno.

5.5.- Costos.

Expresa factores técnicos de la producción para fines de registro contable. Es la suma de esfuerzo y recursos que son necesarios invertir para producir un artículo o bien costo es lo que se desplaza o sacrifica para obtener el producto elegido.

El costo de inversión en aspecto fabril, expresa los factores técnicos e intelectuales de la producción, el de sustitución manifiesta las consecuencias obtenidas por la alternativa elegida.

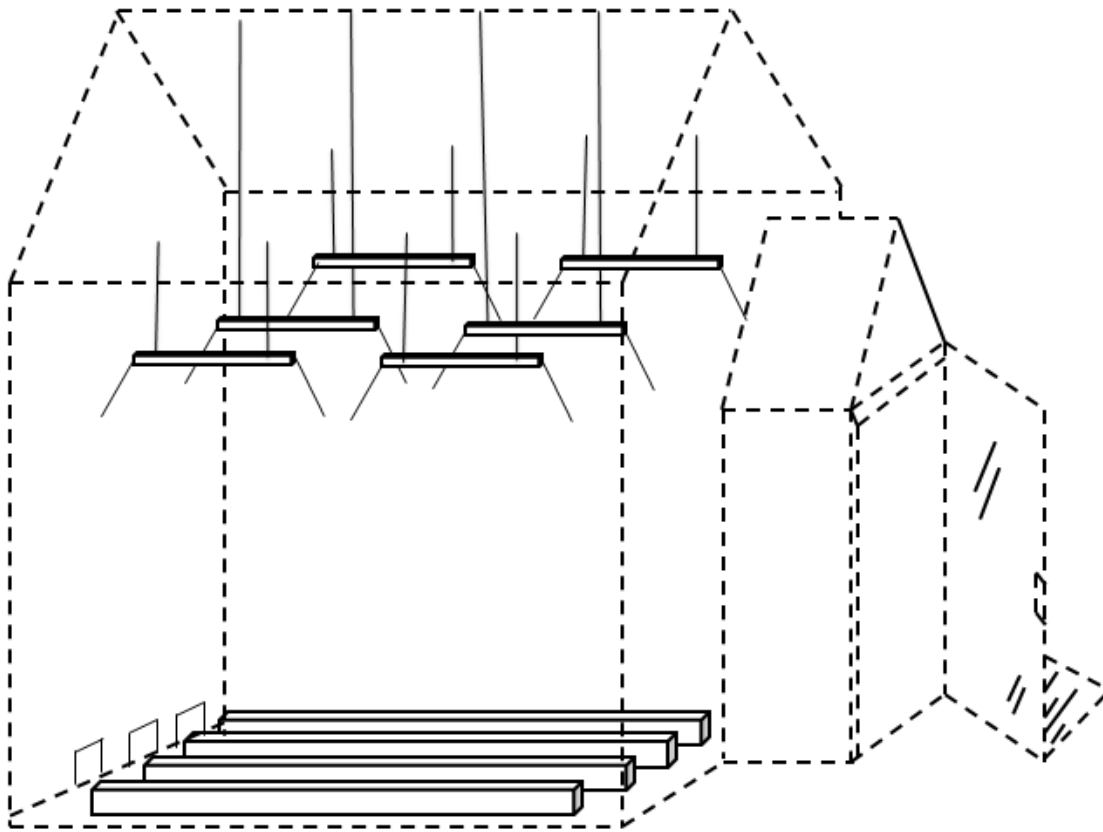
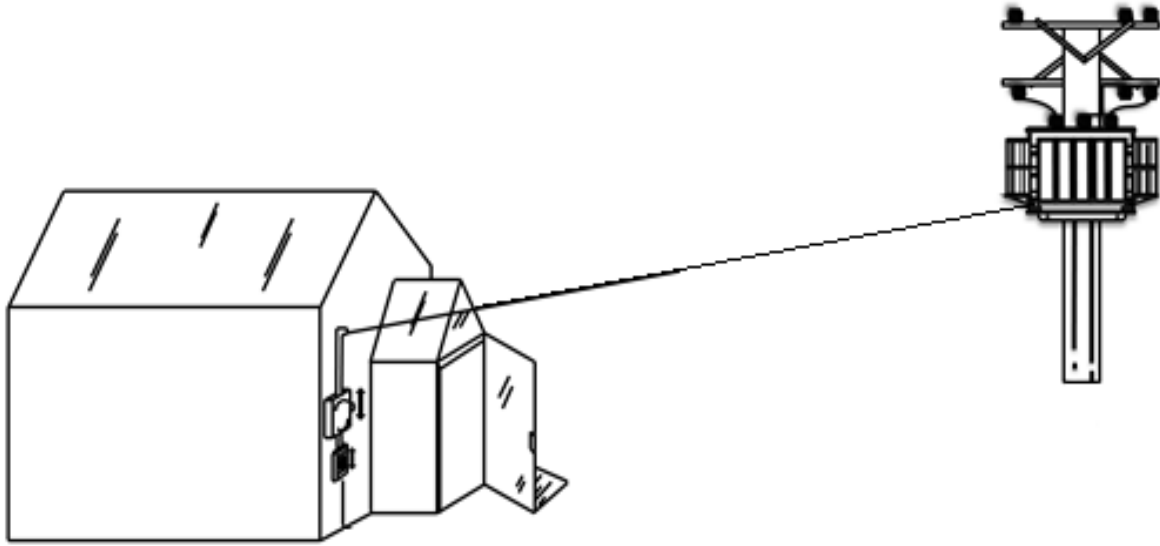
5.5.1.-Precios menudeo.

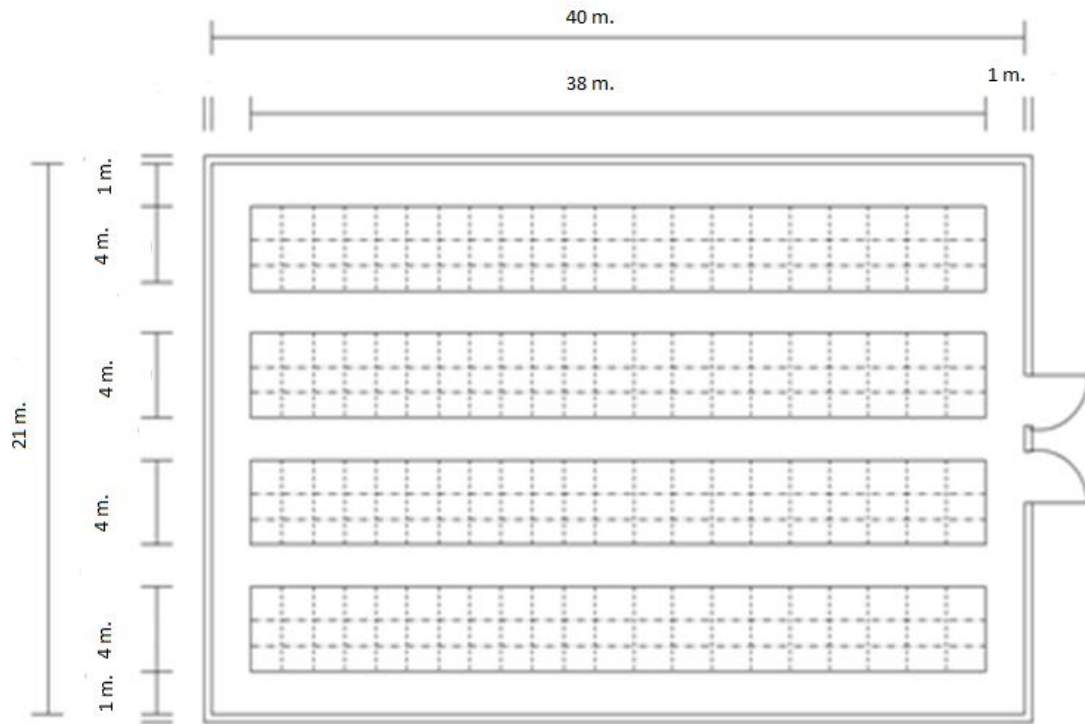
PRODUCTO	MARCA	DESCRIPCIÓN	NUMERO DE PIEZAS	PRECIO	PRECIO TOTAL
Fotocelda	TORK	Intensidad 10 A Tension 127 A	1 pieza	\$110.00 MXN/	\$110.00 MXN.
Sensor TSL2561	SENSIRION	Salida: I 0 Consumo de energía: 8.6uW T rango de funcionamiento: -40 a 125 ° C T respuesta: 5 segundos	1 pieza	\$220.00 MXN.	\$220.00 MXN.
Contactos	BTICINO	Toma de corriente dúplex bticino.	1pieza	\$200.00 MXN.	\$200.00 MXN.
Cable THW	CONDU MEX	Conductor de cobre suave sólido o cableado clase B. aislamiento de poli cloruro de vinilo (PVC) tipos THW-LS/THHW-LS 90°C, 600V, en colores	1 pieza	\$625.00 MXN.	\$625.00 MXN.
Pastilla Termomagnética	SQUARED	Cortacorriente de 30 A 1 polo	1 pieza	\$80,00	\$80.00 MXN.
Reflector LED COB	JWL	Reflector LED COB 30W	1 pieza.	\$800.00	\$800.00
Total				\$2,035.00	

5.5.2.-Precios mayoreo.

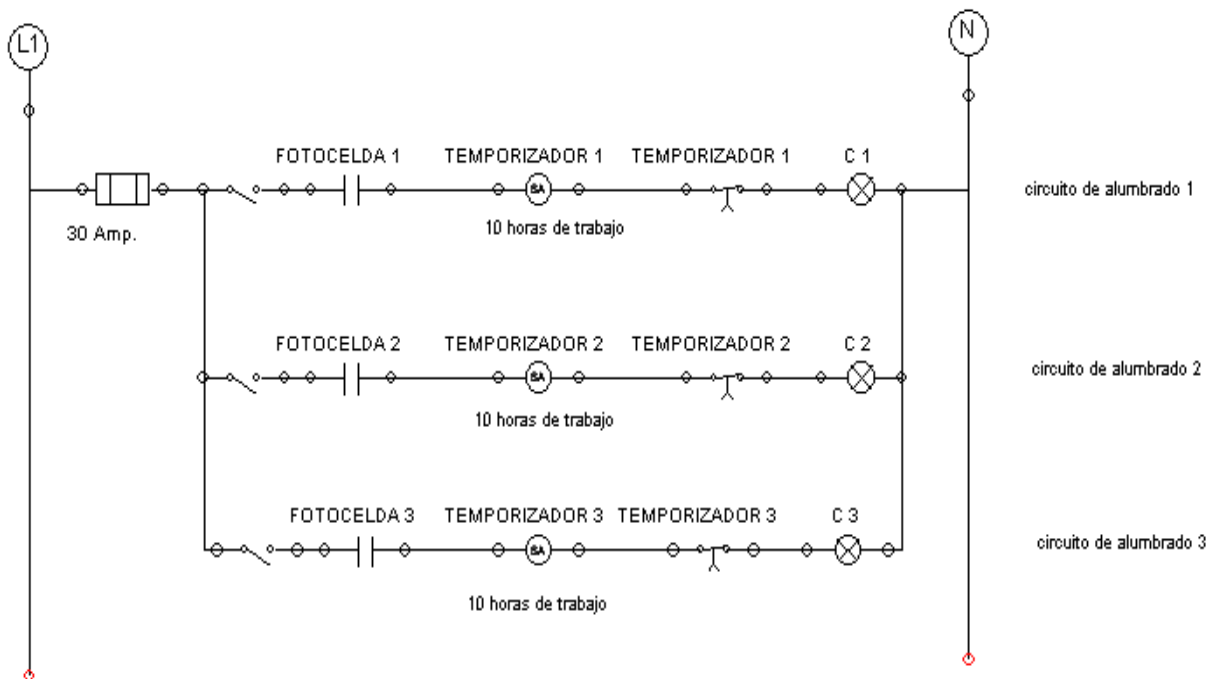
PRODUCTO	MARCA	DESCRIPCIÓN	NUMERO DE PIEZAS	PRECIO	PRECIO TOTAL
Fotocelda	TORK	Intensidad 10 A Tension 127 A	3 piezas	\$110.00 MXN/	\$110.00 MXN.
Sensor TSL2561	SENSIRION	Salida: I 0 Consumo de energía: 8.6uW T rango de funcionamiento: -40 a 125 ° C T respuesta: 5 segundos	3 piezas	\$220.00 MXN.	\$220.00 MXN.
Contactos	BTICINO	Toma de corriente dúplex bticino.	12 piezas	\$200.00 MXN.	\$200.00 MXN.
Cable THW	CONDU MEX	Conductor de cobre suave sólido o cableado clase B. aislamiento de poli cloruro de vinilo (PVC) tipos THW-LS/THHW-LS 90°C, 600V, en colores	10 piezas	\$625.00 MXN.	\$625.00 MXN.
Pastilla Termomagnética	SQUARE D	Cortacorriente de 30 A 1 polo	3 piezas	\$80,00	\$80.00 MXN.
Reflector LED COB	JWL	Reflector LED COB 30W	84 piezas.	\$800.00	\$800.00
Total					\$96,113.00

5.6.- Diseño.

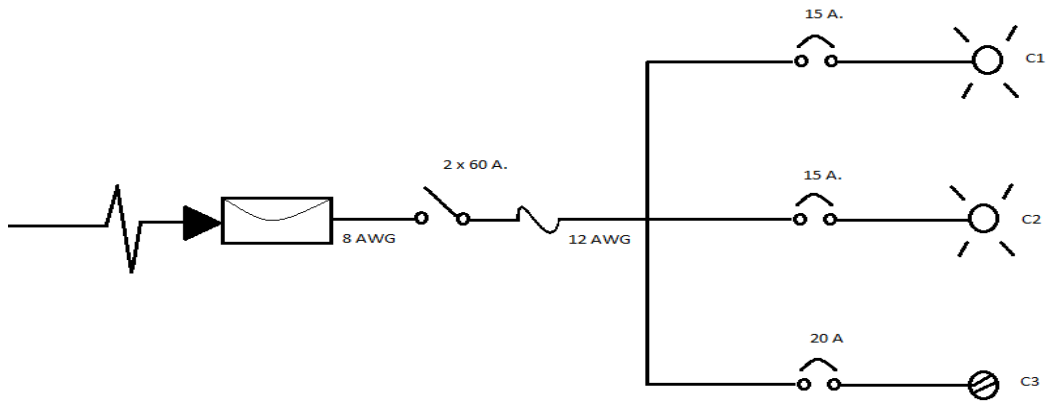




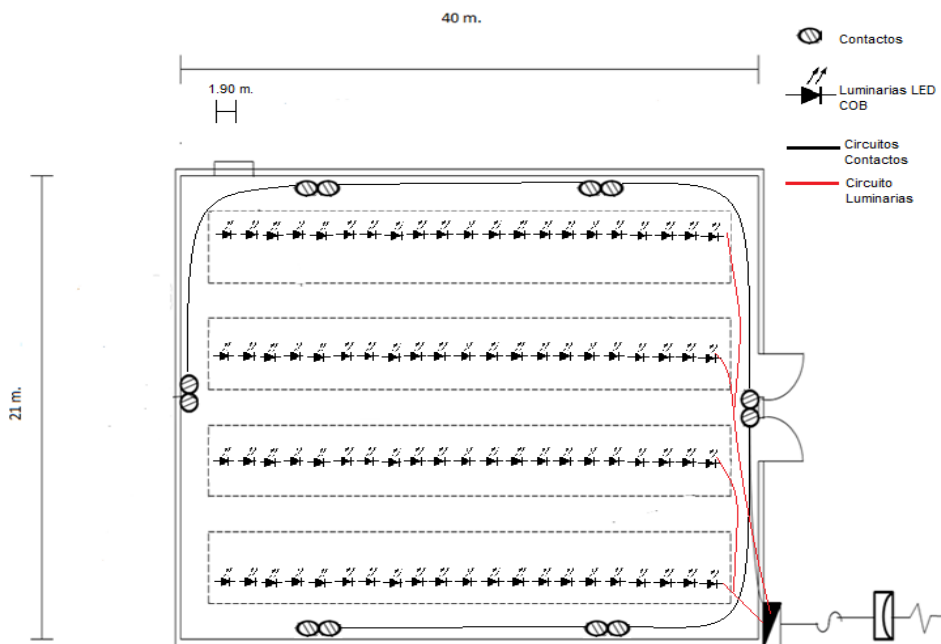
5.7.-Diagrama de control.



5.8.-Diagrama unifilar.



5.9.-Plano Eléctrico.



5.10.-Memoria de cálculo.

Carga instalada.

Luminarios 84x30x1.25 W= 3150 W

Contactos 12 x (162 W)= 1944 W

El 162 W es en base al artículo 220-3 de la NOM. Calculo de circuitos derivados c) otras cargas-todas las construcciones 7) otras salidas 180VA.

Carga instalada: Σ cargas totales=3150+1944= 5094 W

Carga Instalada				
No. Circuito	☀ Luminarios 30W	⊖ Contactos 162W	Potencia Fase A	Potencia Fase B
1	42		1260	
2	42		1260	
3		12		1944
Total	84	12	2520	1944

Factor de demanda del 90%

Potencia demandada = (5094W) (0.90) = **4585W**

Alimentación 1φ-3H.

Circuito derivado para luminarios y contactos.

Luminarios:

Protecciones de 20A = 1828 W, 15A = 1371 W ya que son cargas continuas estos valores son respecto a un 80% en base al artículo 210-23 a)

$$N^{\circ}CD_{20A} = \frac{3150 W}{1828 W} = 1.72 \rightarrow 2$$

$$N^{\circ}CD_{15A} = \frac{3150 W}{1371 W} = 2.29 \rightarrow 2$$

Tomando las protecciones de 20 A tendremos, un termo magnético con 1 o 2 circuitos para luminarios

Contactos:

Protecciones de 20A = 1828 W, 15A = 1371 W

$$N^{\circ}CD_{20A} = \frac{1944 W}{1828 W} = 1.06 \rightarrow 1$$

$$N^{\circ}CD_{15A} = \frac{1944 W}{1371 W} = 1.41 \rightarrow 1.5$$

Tomando las protecciones de 15 A tendremos, un termo magnético con 1 o 2 circuitos para contactos.

Calculo de conductor para acometida

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5094W}{127V} = 40.09A$$

De a cuerdo con la tabla 310-16 el calibre del conductor será de 8.37 mm² (8AWG) tipo THHW a 75 °C.

Calibre de alimentadores para tablero de luminarios y contactos:

Luminario:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{3150W}{127V} = 24.80A$$

De a cuerdo con la tabla 310-16 el calibre del conductor para luminarios será de 3.31 mm² (12AWG) tipo THHW a 75 °C.

Contactos:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1944W}{127V} = 15.30A$$

De a cuerdo con la tabla 310-16 el calibre del conductor será de 2.08 mm² (14AWG) tipo THHW a 75 °C

5.11.-Estimación de consumo y facturación anual respecto a las tarifas de CFE en el mes de noviembre.

Tarifa H-M (2012 - 2013)

Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más

1.- Aplicación

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

2.- Cuotas aplicables en el mes de noviembre de 2013.

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base.

Región	Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt - hora de energía de punta	Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt - hora de energía de base
Baja California	\$ 251.12	\$ 2.1336	\$ 1.1211	\$ 0.8809
Baja California Sur	\$ 241.35	\$ 1.7119	\$ 1.5558	\$ 1.1009
Central	\$ 174.01	\$ 2.0451	\$ 1.2416	\$ 1.0378
Noreste	\$ 159.98	\$ 1.8888	\$ 1.1526	\$ 0.9442
Noroeste	\$ 163.39	\$ 1.8999	\$ 1.1437	\$ 0.9583
Norte	\$ 160.76	\$ 1.9024	\$ 1.1638	\$ 0.9466
Peninsular	\$ 179.80	\$ 2.0004	\$ 1.1665	\$ 0.9608
Sur	\$ 174.01	\$ 2.0026	\$ 1.1863	\$ 0.9871

3.- Mínimo mensual

El importe que resulta de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la demanda contratada.

4.- Demanda contratada

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

5.- Horario

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

6.- Periodos de punta, intermedio y base

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

7.- Demanda facturable

La demanda facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI \times \max (DI - DP, 0) + FRB \times \max (DB - DPI, 0)$$

Donde:

- DP es la demanda máxima medida en el periodo de punta
- DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio
- DB es la demanda máxima medida en el periodo de base
- DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio
- FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Región	FRI	FRB
Baja California	0.141	0.070
Baja California Sur	0.195	0.097
Central	0.300	0.150
Noreste	0.300	0.150
Noroeste	0.300	0.150
Norte	0.300	0.150
Peninsular	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que definen las demandas facturables, el símbolo "max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

8.- Energía de punta, intermedia y de base

Energía de punta es la energía consumida durante el periodo de punta.

Energía intermedia es la energía consumida durante el periodo intermedio.

Energía de base es la energía consumida durante el periodo de base.

9.- Depósito de garantía

Será de 2 veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

Con lo visto anteriormente tenemos que de lunes a viernes de forma diaria el consumo es de:

Horario	Demanda (kw)	Periodo y precio por KW/h	Costo \$
0-6	420.4565	Base 1.0378	43.634
6-12	893.46985	Intermedio 1.2416	110.933
12-18	893.46985	Intermedio 1.2416	110.933
18-20	525.5705	Punta 2.0451	107.48
22-24			
20-22	262.78525	Intermedio 1.2416	32.627
suma			405.607

De forma anual tenemos que:

Costo diario= \$405.607

Por semana (semana de 6 días de trabajo):

Costo semanal = (\$405.607)(6)= \$2433.642

Por mes (ya que un mes tiene 4 semanas):

Costo mensual= (\$2433.642)(4)= \$9734.568

Anual (un año consta de 12 meses):

Costo anual= (\$9734.568)(12)= \$116814.816

***NOTA**

Con un consumo aproximado de esta forma como se mostró en la tabla si el consumo es mayor se realizara la corrección, de igual manera si es menor el consumo.

5.12.-Tabla de recuperación de Insumos

Inversión	\$116,116.00
Número de plantas por canaleta	60 plantas
Número de canaletas	4 canaletas
Precio por planta	\$300.00
Precio por todas las plantas	\$72,000.00
Precio de venta de plantas al año	\$288,000.00
Precio de venta de plantas a los 5 años	\$1,440,000.00

Marco Teórico

- [1] Gilberto Enríquez Harper, “Manual práctico del alumbrado” Limusa Noriega Editoriales 2007
- [2] Lincoln Taiz & Eduardo Zeiger (2006) Fisiología Vegetal
- [3] Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-030-ENER-2011 Disponible en:
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5230537&fecha=20/01/2012
- [4] Ing. Villar Yépez José Arnulfo, “Apuntes de Fundamentos de la Iluminación” ESIME Zacatenco 2012
- [5] Norma Oficial Mexicana NMX-J-SEDE-2005
- [6] Ing. Telésforo Trujillo Sotelo, ”Apuntes de Instalaciones eléctricas en baja tensión” ESIME Zacatenco 2011
- [7] Tarifas y costos al usuario de la compañía suministradora, Disponible en : www.cfe.gob.mx
› CFE › Casa › Información al cliente