

56
24-



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROPUESTA DE ALUMBRADO CON ENERGIA SOLAR
PARA ESTACIONAMIENTOS Y CIRCUITOS VIALES
DE CIUDAD UNIVERSITARIA**

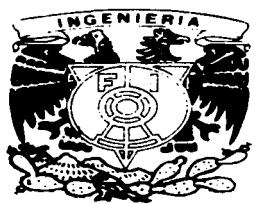
T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA INGENIERIA ELECTRICA)**

PRESENTAN

**OCTAVIO FARFAN OLVERA
FERNANDO GONZALEZ MALVAEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:
ING. ERNESTO SUAREZ SPORT**



MEXICO, D.F.

ABRIL DE 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

POR MI RAZA HABLARÁ MI ESPIRITU.

Ante todo le doy gracias a mi casa Mater La Universidad Nacional Autónoma de México.

Mi querida y grandiosa casa de estudios te agradezco por todo lo que has logrado de mí. Por todas las enseñanzas universales que has dejado en mi corazón, en mi espíritu y en mi mente.

Mi respetada y bella casa de grandes y satisfactorios esfuerzos le doy millones de gracias a todos tus profesores encargados con gran preocupación y un gran amor a la docencia de mi educación y de mi formación profesional.

Mi añorada y aquilatada casa de mi formación te rindo este humilde tributo como muestra de mi gran respeto a tu colosal significado que representas para México y el resto del mundo La Formación de Hombres y Mujeres como Seres Pensantes Universales.



OCTAVIO FARFAN OLVERA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Dedico esta tesis a mis padres:

MAMÁ, te dedico este humilde trabajo de tesis como símbolo de un gran esfuerzo por salir adelante en esta vida.

Tus grandes esfuerzos, tus grandes sacrificios, tus grandes esperanzas no fueron en vano. Ya que Tú siempre me has enseñado que el quiere puede no importando que tan grande sea el objetivo, no importando cuanto tiempo me lleve alcanzarlo lo importante es hacerlo con inteligencia y gran paciencia y sobre todo con un gran amor a lo que se hace.

Quisiera decirte muchas cosas que tengo aquí adentro de mi ser , en mi corazón, en mi mente.

Quisiera gritar a los cuatro vientos cuanto te amo, cuanto te respeto y sobre todo cuanto te admiro. Por tu belleza, por tu inteligencia, por tu fortaleza, por tu integridad, por tu humildad, por tus flaquezas, por el enorme amor a mi padre, por el gran amor a tus hijos y nietos, por tantas y tantas cosas que me han ayudado a impulsar mi formación como ser humano, y que me han ayudado a darme cuenta de lo grandioso que es la vida.

Te doy mil gracias por haberme dado la oportunidad de estudiar acosta de miles de sacrificios, cansancios y desesperaciones tuyos.

Sin ti probablemente no lo hubiera logrado. **GRACIAS MAMÁ.**

PAPÁ, te dedico esta tesis como agradecimiento de tus esfuerzos, por tu amor hacia uno de tus hijos que lucha por que te sientas cada día más orgulloso de él.

El gran amor que le tienes a tu maravillosa familia es una gran enseñanza que guardo en todo mi ser. Por que la solides de una gran nación se encuentra en la fortaleza de sus familias.

Sin ti probablemente no sería tan feliz con mi familia. **GRACIAS PAPÁ.**



Su hijo **OCTAVIO.**

A Ruth:

Tu gran cariño hacia mí ha sido un gran impulso para seguir superandome en la vida.

Siempre pensé antes de casarnos que ibas a ser una maravillosa compañera, pero me he equivocado. Sí, me he equivocado rotundamente, ya que aparte de ser una maravillosa compañera eres una gran mujer, con un gran espíritu de superación.

Mil gracias te doy por toda tu paciencia, mil gracias te doy por todos tus consejos, mil gracias te doy por todas tus esperanzas, mil gracias te doy por todos los días de motivaciones, mil gracias te doy por ser como tu eres, mil gracias te doy por tu gran amor a tu casa, mil gracias te doy por tu amor y sobre todo un millón de gracias te doy por creer en mí. **TE AMO.**

A todos mis hermanos y cuñados:

Agradezco a todos mis hermanos, cuñados y sobrinos por todos esos días de añoranza y felicidad que he pasado con ellos.

Lulú.	Rodrigo.
Amado.	Silvia.
Ofe.	Lupe.
Beto.	Rodolfo
Hortencia.	Marcos.
Jorge.	Jazmín.
Norma.	
Lalo.	

A mis grandes amigos:

A todos mis amigos que sin ellos hubiera sido muy monótono y aburrido mi paso por la escuela, les agradezco su solidaridad y amistad sin igual. En forma especial quiero ofrecerles este espacio a los siguientes amigos:

Manuel Castillo E.	Adriana Vargas C.	Josefina Acevedo H.
Susana González G.	Victoria Ramírez N.	Heriberto Temimilpa
Mónica Aguilar G.	Miriam Ramírez G.	Raúl Cervantes C.
Gerardo Aguilar R.	Pedro Gúzman V.	Aurora Hernández S.
Fernando Vazquez B.	Fernando González M.	



OCTAVIO.

Dedico esta tesis :

A tí madre, por ser una mujer tan maravillosa y bondadosa. Te agradezco tus enseñanzas porque sin ellas no sería lo que soy, gracias.

A tí padre, por tu manera tan especial de enseñarme a luchar para alcanzar lo que quiero.

A mí esposa, por todo el amor y paciencia que me ha brindado y porque gozo de la fortuna de haberla encontrado en mi camino.

A mí hijito, con todo el amor y por ser lo más bello que me ha ocurrido en la vida, y porque su presencia da luz y alegría a cada segundo de mi vida.

A mis hermanos, por su amor y apoyo que siempre he sentido.

A todos mis maestros y amigos que me han enseñado tantas cosas a lo largo de mí vida.

FERNANDO GONZALEZ MALVAEZ

AGRADECIMIENTOS:

Mil agradecimientos a todas aquellas personas e instituciones por su valiosa cooperación para la realización de este trabajo, que sin ellos no se hubiera podido realizar. En especial a las siguientes personas e instituciones:

Ing. Ernesto Suárez Sport.

Ing. Augusto Sánchez.

Ing. Martín Frutis.

Cía. Condux.

P.U.E. (Programa Universitario de Energía).

U.N.A.M.

**PROPUESTA DE ALUMBRADO CON ENERGIA SOLAR
PARA ESTACIONAMIENTOS Y CIRCUITOS VIALES DE
CIUDAD UNIVERSITARIA.**

TEMARIO

Objetivo.

Introducción.

1.- Sistemas de generación fotovoltaicos

1.1 Elementos

A. Celdas y Módulos Solares

- A.1 La celda solar**
- A.2 El módulo solar.**
- A.3 Arreglo de módulos solares.**

B. Bancos de Baterías.

- B.1 Conceptos básicos.**
- B.2 Curva de estado de carga vs voltaje, a la carga y a la descarga.**
- B.3 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de baterías.**

C. El recurso solar

- C.1.- Horas equivalentes de máxima insolación.**
- C.2.- Radiación directa, difusa, global.**
- C.3.- Mapa de insolación.**
- C.4.- Trayectoria solar vs latitud del lugar.**

1.2 Dimensionamiento

- A.- Balance de energía.**
- B.- Cálculo del arreglo solar.**
- C.- Cálculo de energía consumida.**
- D.- Cálculo del banco de baterías.**
- E.- Especificación del control de carga.**
- F.- Especificación del inversor CD/CA.**

2.- Luminarias con alimentación fotovoltaica.

2.1 Antecedentes

2.2 Tipos y características

3.- Levantamiento físico del sistema de alumbrado existente de estacionamientos y circuitos viales en Ciudad Universitaria.

3.1 Luminarias y postes instalados

3.2 Niveles de iluminación

3.3 Consumo de energía

4.- Proyecto del alumbrado con sistemas fotovoltaicos.

4.1 Diagrama esquemático

4.2 Cálculos y parámetros de diseño

4.3 Diagramas de alumbrado

4.4 Instalación física

4.5 Pruebas de operación

5.- Mantenimiento en un sistema fotovoltaico.

5.1 Preventivo

5.2 Correctivo

6.- Estudio costo-beneficio.

7.- Proyecto ejecutivo.

Conclusiones.

Bibliografía

OBJETIVO

Proponer un proyecto de alumbrado para estacionamientos y circuitos viales en Ciudad Universitaria que sustituya la alimentación existente por un sistema de generación fotovoltaico, empleando la infraestructura instalada

INTRODUCCION

El avance tecnológico de nuestra sociedad es cada vez más rápida y compleja, pero el costo de estas grandes maravillas creadas con un gran ingenio y creatividad por el hombre es cada vez más alto. Ya que las sociedades están olvidándose de la interacción de la que formamos parte con la naturaleza, y nos estamos alejando cada vez más de esta relación. No tener una conciencia más abierta con relación a las fuentes energéticas, nos lleva a un vertiginoso e imparable agotamiento de estos recursos naturales.

La facultad de ingeniería trata de darles a sus alumnos una formación académica a través de su cuerpo docente, pero esta formación no solamente se sostiene con lo abstracto de las ciencias, sino también se basa en la formación de una conciencia relacionada con la interacción del hombre con la naturaleza. Con esto el alumno toma conciencia de que debe de buscar nuevas y mejores alternativas de suministro de energía; por mencionar un ejemplo el área de la electricidad.

La alternativa solar es un recurso que desde hace mucho tiempo se ha estado planteando como una fuente de suministro energético elemental a futuro. Las investigaciones en este campo con el tiempo a tenido un ascenso exponencial, ya que el hombre al visualizar un negro destino para las actuales y principales fuentes energéticas está gastando cada vez más recursos económicos y científicos en la investigación de este recurso natural y sobre todo inagotable.

En base al trabajo científico de desarrollo, en donde se evalúan nuevos materiales y tecnologías de fabricación, es posible prever que en el lapso de esta misma década los costos disminuirán 20 a 30 % con el consiguiente incremento en la cantidad y magnitud de las aplicaciones. En el largo plazo el uso de los sistemas fotovoltaicos será más y más extensivo, no solo debido a su disminución en costos, sino también por el aumento que seguramente experimentarán los energéticos no renovables como el carbón, petróleo, según vayan siendo más y más difíciles de extraer.

Por otro lado, la conciencia de una tecnología benigna al medio ambiente será cada día más relevante y seguramente la comparación entre alternativas energéticas desde el punto de vista costo-impacto ambiental, dará un lugar importante a la conversión fotovoltaica de la energía solar.

Se describe a continuación un estudio para dimensionar y costear la sustitución de la alimentación del sistema de alumbrado de circuitos viales y estacionamientos en Ciudad Universitaria por un sistema de alimentación fotovoltaica a baterías en forma sencilla y rápida. El procedimiento no es preciso ($\pm 15\%$) pero permite una estimación preliminar que sirva de base para avanzar en la factibilidad de la opción solar fotovoltaica si el sistema solar es

grande y puede ser un cálculo suficiente si el sistema incluye solo algunos módulos solares.

El objetivo primordial:

- a) Aprovechar la infraestructura existente del alumbrado de Ciudad Universitaria para implantar un sistema solar
- b) Desarrollar un documento accesible de entender e introducirse, para la implantación, descripción de los principales componentes y características generales del sistema de alumbrado "público".
- c) Proporcionar datos técnicos para el cálculo e instalación y su respectivo mantenimiento de un sistema de alumbrado fotovoltaico.

CAPITULO 1
SISTEMAS DE GENERACION FOTOVOLTAICA

1.1.- ELEMENTOS

A. Celdas y Módulos solares.

A.1 La celda solar.

La celda solar más comúnmente empleada consiste en una oblea de silicio cristalino de menos de medio milímetro de espesor y con dimensiones hasta de 15x15 cm. obtenida a partir de un lingote de silicio ultrapuro. La corriente fotovoltaica es proporcional al área iluminada de la celda solar. A máxima iluminación solar (1 kW/m²) se tienen 3 amperes de corriente por cada 100 cm². El voltaje que se mide es máximo cuando no hay un circuito eléctrico externo conectado a la celda solar y se le denomina voltaje de circuito abierto, este voltaje no es útil pues la corriente extraída de la celda solar es cero y por tanto la potencia es cero.

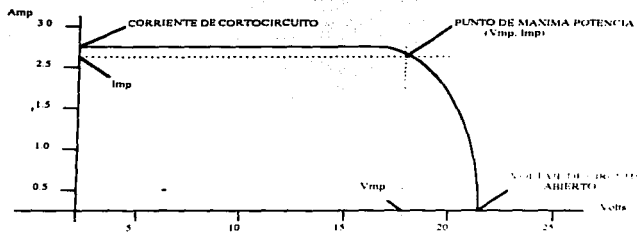
Existe un valor de voltaje al cual se extrae una corriente tal que el producto de ambos (Potencia) es el máximo de cualquier otro par de valores de corriente-voltaje. Este es el punto de potencia máxima. El punto de potencia máximo no significa que la corriente o el voltaje sea el mayor, sino que el producto de ambos es el que tiene el mayor valor respecto a los demás.

A.2 El módulo solar.

El módulo solar es la unidad de generación fotovoltaica mas pequeña que se dispone comercialmente. Consiste en un agrupamiento de celdas solares, interconectadas entre si y laminadas entre hojas de plástico y vidrio para protegerlas del medio ambiente, con terminales para conectar el cableado al exterior.

Las celdas solares en el módulo, se interconectan usualmente en serie para elevar su voltaje, ya que por si mismas entregan un voltaje demasiado pequeño (0.5 volts en el punto de potencia máximo para cualquier aplicación práctica). Ha sido costumbre agrupar entre 30 y 36 celdas solares para dar el voltaje de carga de una batería convencional de 12 volts más las pérdidas de voltaje en el circuito que va desde los módulos solares a baterías, pasando por el control de carga.

Cada módulo solar tiene sus características propias de corriente y voltaje en función del nivel de insolación y de la temperatura de operación; las curvas corriente-voltaje muestran todas las características, como generador eléctrico de un módulo solar de las que hemos hablado hasta aquí.



Efecto de la insulación: Si el voltaje al que se opera el módulo solar es el de potencia máxima o inferior, la corriente solar es casi proporcional al nivel de insulación, es decir, si la insulación baja a la mitad, así también lo hace la corriente.

Efecto de la temperatura: El voltaje del punto de máxima potencia disminuye al aumentar la temperatura. Se debe seleccionar el módulo cuyo voltaje de máxima potencia coincida con el voltaje de la batería, considerando la temperatura de las celdas solares. La temperatura de las celdas solares es 20° a 25° C mas alta que la temperatura ambiente.

Si el voltaje a máxima potencia del módulo esta justo entonces cuando el voltaje de la batería o las caídas de voltaje entre módulo y batería aumenten o la temperatura suba mas alla de lo esperado la corriente solar disminuirá a pesar de que haya buena insulación.

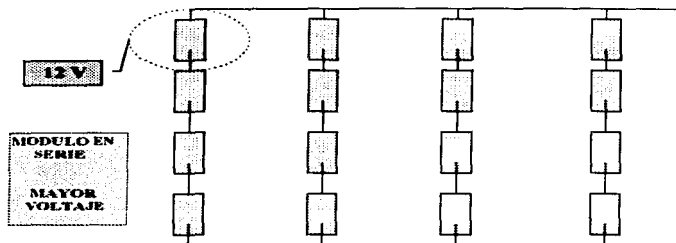
A.3 Arreglos de módulos solares.

Para obtener voltajes de salida más altos, los módulos solares se interconectan en serie. El conjunto de módulos solares en serie se denomina Panel. La corriente de un panel es la misma que la de un módulo, pues al estar en serie, el flujo que sale de un módulo tiene que pasar necesariamente por todos ellos.

Como lo usual es tener módulos para cargar baterías de 12 volts, al ponerlos en serie se tendrá el voltaje para cargar baterías de 24, 36, 48 volts, etc. Las curvas corriente-voltaje de un panel serán similares en forma a las de un módulo solar, excepto que escaladas proporcionalmente en el voltaje (eje horizontal).

Para obtener corrientes de salida más altas los módulos solares o los paneles se conectan en paralelo entre sí. El voltaje del conjunto es el mismo que el de un solo componente, pero la corriente de cada uno de ellos se suma.

La figura muestra un ejemplo de un arreglo de 16 módulos solares conectando en paralelo cuatro paneles, cada uno de ellos formado por 4 módulos en serie.



Si cada módulo entrega 3 amperes a un voltaje nominal de 12 volts, entonces este arreglo entregaría 48 volts (4×12 volts) a 12 amperes (4×3 amperes). De la manera descrita se pueden hacer arreglos solares hasta de cientos de módulos fotovoltaicos.

B.- Bancos de baterías

B.1.- Conceptos básicos.

Un banco de baterías, del tipo empleado en los sistemas fotovoltaicos, es un conjunto de celdas electroquímicas, conectadas generalmente en serie para obtener el voltaje deseado y que son susceptibles de almacenar energía eléctrica en forma química (carga), cederla a un equipo en forma de electricidad (descarga) y volverla a recuperar.

En la práctica existen dos tipos de celdas electroquímicas empleadas: plomo-ácido y níquel-cadmio. Por lo anterior, se detalla en este capítulo únicamente la celda plomo-ácido (plomo-calcio), tipo de batería DELCO 2000.

Características:

- Construcción de rejilla forjada. Larga duración.
- Menos interconexiones.
- Mayor confiabilidad.
- Menos pérdida de potencia.
- Mayor energía por menor costo.
- No requiere mantenimiento.
- Nunca necesita reponer electrolito
- Peso liviano.
- Tamaño para sistemas compactos.

Cálculos y recomendaciones:

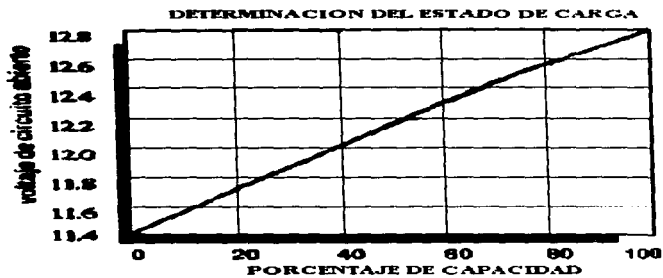
Las aplicaciones de la batería están determinadas por la carga conectada a la batería. Una vez que la carga está establecida el nivel de capacidad de Amper-Horas (A-Hr) se puede determinar por dos métodos:

- 1.- Calculando la corriente que se consume
 - 2.- Mediante la lectura de la capacidad de la batería. Por ejemplo Una batería con un consumo de 25 A que opera a 25°C tiene aproximadamente una capacidad nominal de 80 A-Hr.
- La profundidad del desgaste diario no debe exceder el 15% del nivel de la capacidad de A-Hr de la batería para una vida prolongada.
 - La batería debe mantener un mínimo de 50% de condición de carga durante las peores condiciones de operación debido al clima
 - Se pueden usar para obtener las condiciones correctas de funcionamiento: en paralelo para aumentar los A-Hr y en serie para aumentar el voltaje.
 - El mejor funcionamiento se consigue entre las temperaturas de 5°C a 35°C.
 - El voltaje de carga es de 15.5 V a 27°C. Por cada grado centígrado de incremento o disminución, suba o baje el voltaje 33 mV

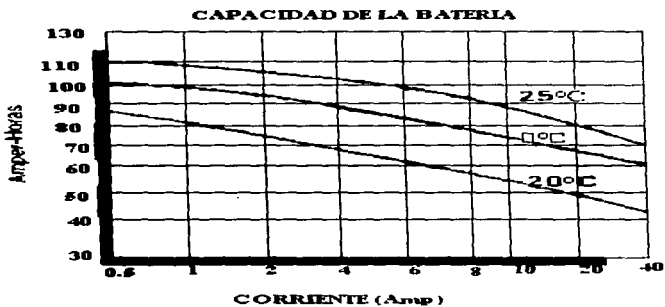
B.2 .-Curva de estado de carga v.s. voltaje.

Es importante conocer el voltaje para un estado de carga dado ya que los controles de carga en un sistema solar se basan en lecturas de voltaje para decidir si una batería está cargada totalmente y también para protegerla cuando está descargada

Curva de voltaje a la carga:



Capacidad de la batería:



- Observar que se muestran varias curvas, correspondiente a diferentes velocidades o razones de carga. La velocidad está expresada en el número de horas (C/20, C/8, etc.) que tomaría recargar la batería con la corriente dada, donde el cociente es precisamente el número de horas.

Para obtener la razón de carga a la que se está recargando una batería, simplemente divida su capacidad nominal (ampers-horas) entre la corriente inyectada (amperes).

- Las razones de carga típica para baterías en sistemas fotovoltaicos cuando se tiene la insolación máxima, se sitúa entre C/10 hasta C/30, siendo éstas últimas las más usuales. Estas razones de carga resultan de la relación que guarda el número de módulos solares con el tamaño del banco de baterías.

- Observar que una batería de este tipo (plomo/antimonio-ácido) está 100% cargada a 25°C, para una razón de carga de C/20, cuando se alcanza un voltaje de 2.35 volts por celda.

Para una batería tipo plomo/calcio-ácido el voltaje debe incrementarse a 2.55 volts.

Siempre es conveniente exceder ligeramente este voltaje, para tener gasificación en el electrolito y evitar que este se "estratifique", es decir, que el ácido quede arriba permanentemente.

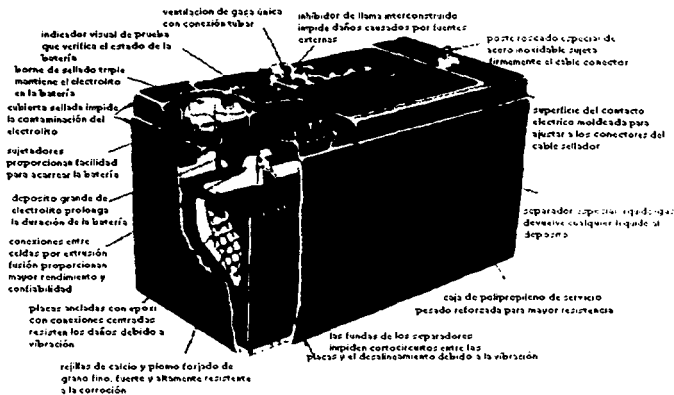
- En un sistema es usual que las baterías tengan varios días de "autonomía", es decir, pueden respaldar el suministro al consumo en ausencia total del sol durante ese período.

Esto significa que las razones de descarga son muy lentas, mayores a 24 horas (1 días). Por tanto, el voltaje es relativamente constante.

- Por ejemplo, una celda que está iniciando su descarga a 10 horas (C/10), tiene un voltaje de 2.03 volts y cuando alcanza el 80% de descarga su voltaje baja únicamente a 1.9 volts.

En un sistema fotovoltaico, identificar la curva de descarga de las baterías es importante, pues de ella se deriva el voltaje al cual se debe desconectar el suministro cuando la descarga ha alcanzado una cierta profundidad, para proteger a la batería de sulfatación irreversible.

- Las baterías requieren menor voltaje de carga completa cuando la temperatura se incrementa, pues las reacciones químicas se aceleran. En especial la gasificación debida a la electrólisis del agua se incrementa con la temperatura y la pérdida de agua se acelera.



B.3.- Ventajas y Desventajas de los diferentes tipos de baterías

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Automotriz abierta	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo - Buena tolerancia a altas temperaturas - Disponible localmente 	<ul style="list-style-type: none"> - Vida corta (menos de 2 años) - Poca tolerancia a descargas profundas - Requiere añadir agua - Autodescarga importante conforme envejece
Automotriz libre de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo - No requiere añadir agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Vida corta (menos de 2 años) - Nula tolerancia a descargas profundas - Poca tolerancia a altas temperaturas - Disponibilidad limitada

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Industrial de tracción (montacargas)	<ul style="list-style-type: none"> - Costo medio - Buena tolerancia a descargas profundas - Buena tolerancia a temperaturas altas - Vida media (5-8 años) 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponible solo bajo pedido - Requiere añadir agua (de 3 a 6 meses)
Estacionaria abierta	<ul style="list-style-type: none"> - Buena tolerancia a descargas profundas - Vida media-alta (6-10 años) - Vaso transparente permite conocer su estado interno 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo alto - Disponible solo bajo pedido - Requiere añadir agua (3-6 meses)

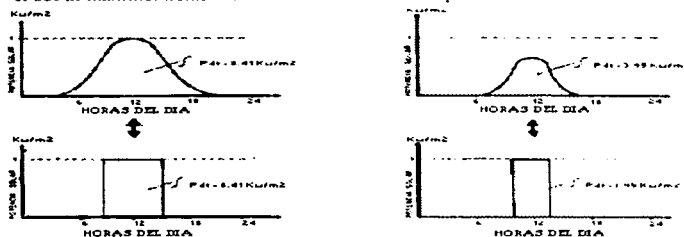
En resumen cada tipo de batería tiene sus oportunidades y sus limitaciones. Lo importante es conocer lo que se puede esperar en la vida real. Actualmente, se tiene una mejor idea de lo que puede resultar de un tipo de batería en un sistema fotovoltaico pero todavía se desconoce con precisión muchos detalles. Por ello, la experiencia práctica es importante.

C.- El recurso solar

En un día despejado con el sol en incidencia perpendicular (mediodía) la potencia solar es 1 Kw/m^2 aproximadamente

C.1.-Las horas-pico

- En un día despejado de Verano, la energía acumulada durante todo el día es hasta 7.5 Kw-H/m^2 .
- Observar que la energía acumulada durante todo un día equivale a tener 7.5 horas el sol al máximo. Estas horas se denominan horas-pico



CONCEPTO DE HORAS-PICO

- Las horas-pico corresponden al periodo en que el sol debería haber estado al máximo para acumular la energía de un día dado.
- Las horas-pico son un concepto de equivalencia, no significa que el sol vaya a salir tal número de horas. En un día nublado la radiación puede ser tan baja como 1.6 Kw-H/m^2 , es decir, equivale a 1.6 horas-pico, aún cuando en realidad el sol nunca haya estado en el máximo.

C.2.- Radiación Directa, Difusa y Global

- Radiación Directa. Es aquella que recibe una superficie directamente del sol sin desviarse de su trayectoria.
- Radiación Difusa. Es aquella que recibe una superficie por refracción y reflexión de la luz del sol en su paso por la atmósfera. En un día nublado, la radiación solar captada por un módulo es difusa únicamente, ya que la radiación directa está obstruida por las nubes.
- Radiación Global. Es la energía solar total recibida por una superficie dada por la suma de la radiación directa y la radiación difusa.
- Como referencia daremos dos datos.

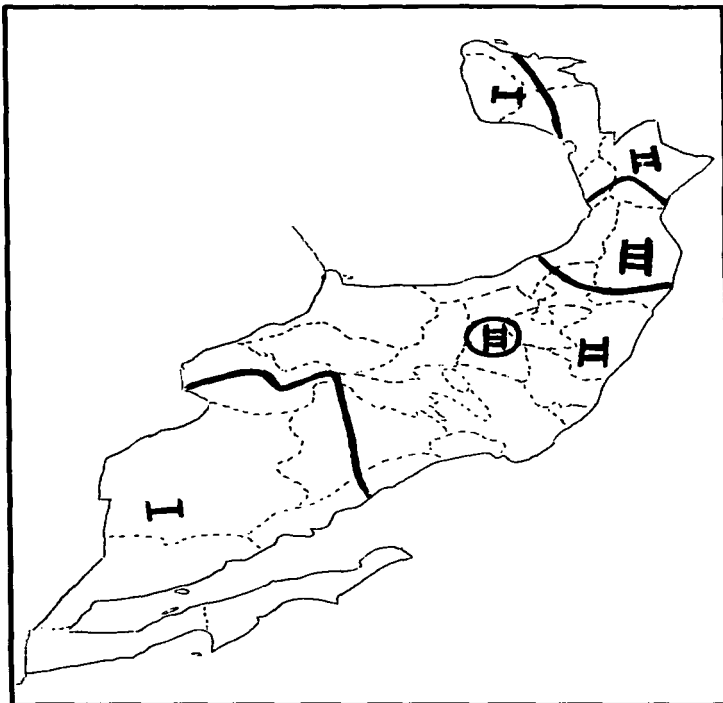
Radiación día Despejado: 1 kw/m^2 máximo.

Radiación día Nublado: 0.10 Kw/m^2 típica.

Lo anterior resulta en que mientras en un día despejado se obtienen hasta 7.5 horas-pico, en un día nublado total es difícil tener más de 1.8 horas-pico.

C.3.- Mapa de insolación

- La insolación en los mapas se expresa usualmente como el valor promedio diario para el periodo considerado.



HORAS DE ENCENDIDO NOCTURNO LUMINARIAS SOLARES

LAMPARA	ZONA	75 W	100 W	150 W	225 W	300 W	375 W
36 WATTS V.S.B.P. ó 39 WATTS FLUORESCENTE	I	5 horas	7 horas	10 horas	T.N	T.N	T.N
	II	4 horas	5.5 hora	8.5 horas	T.N	T.N	T.N
	III	3 horas	4.5 hora	6.5 horas	10 horas	T.N	T.N
66 WATTS V.S.B.P.	I	3 horas	4 horas	6 horas	9 horas	1 N	T.N
	II	N.R	3.5 horas	5 horas	8 horas	10 horas	T.N
	III	N.R	N.R	4 horas	6 horas	8 horas	10 horas

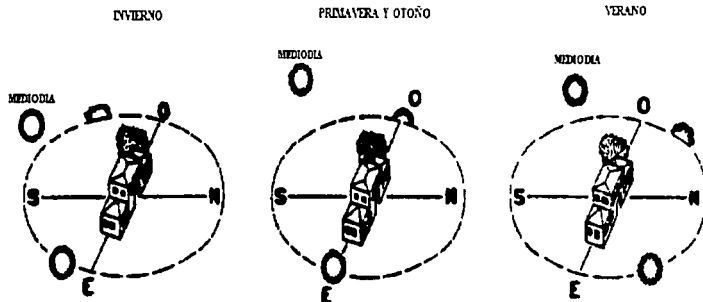
N.R. = NO RECOMENDABLE

T.N. = TODA LA NOCHE

C.4.- Trayectoria solar vs. la Latitud del lugar

La figura muestra como varia la trayectoria del sol a lo largo del año para una localidad en el Hemisferio Norte.

Estas variaciones son debidas al cambio de inclinación del eje de rotación de la tierra respecto al plano de la orbita de la tierra alrededor del sol. que ademas dan lugar a las estaciones del año.



- En el Invierno el sol sale por el Sureste (E-23°-S) toma una trayectoria inclinada respecto a la horizontal (23°+ Latitud del lugar) y se oculta por el Suroeste (W-23°-S)
- Conforme avanza el año la trayectoria del sol se levanta y la subida se mueve hacia el Este y el ocaso hacia el Oeste. En el Equinoccio de Primavera la salida es por el Este y el ocaso el Oeste exactamente.
- Hacia el Verano el sol sale hacia el Noreste, se oculta por el Noroeste y su trayectoria es perpendicular a la superficie de la tierra.

1.2.- DIMENSIONAMIENTO

Se describe a continuación un procedimiento para dimensionar y costear un sistema fotovoltaico a baterías en forma sencilla y rápida. El procedimiento no es preciso (+/- 15%) pero permite una estimación preliminar que sirva de base para avanzar en la factibilidad de la opción solar fotovoltaica si el sistema incluye sólo algunos módulos solares.

A.- Balance de energía

El sistema se diseña para que la energía generada en promedio diariamente por los módulos solares, en el mes más desfavorable sea igual a la energía diaria consumida por los equipos a alimentar.

B.- Cálculo del arreglo solar

$$M = \frac{Ec}{Im \times Vm \times Hp \times Nbat} \dots A$$

Donde:

- M - Número de módulos solares que se requieren.
 Ec - Energía consumida diariamente por las cargas (w-hr/día)
 Im - Corriente de un módulo solar a máxima insolación (kw/m²) al voltaje de carga del banco de baterías. Incluyendo caídas de voltaje en el cableado
 Vm - Voltaje promedio de operación del módulo solar una vez conectado al banco de baterías, por lo que el voltaje del banco es el que lo determina.
 Hp - Insolación para la Cd. de México, se considerarán los datos del Mapa de Insolación en su equivalente a horas pico.
 Nbat - Eficiencia de carga del banco de baterías. 0.98 para baterías del tipo ácido-plomo inundadas con aleación de calcio.

Observar que la fórmula indica el número de módulos necesarios pero no cómo deben conectarse. La conexión depende del voltaje de batería seleccionado a 12 volts se conectan en paralelo, a 24 volts se hacen pares en serie y luego se interconectan en paralelo y así sucesivamente.

C.- Cálculo de la energía consumida (Ec):

Es la suma de la energía consumida a lo largo de un día por cada una de las cargas conectadas al sistema.

$$E_c = P_1 \times t_1 + P_2 \times t_2 + \dots + P_n \times t_n \quad (\text{watts-hora}) \dots B$$

Donde:

Pi = Potencia de la carga (elementos conectados: lámpara, balastro, etc.) expresada en watts.

ti = Tiempo de operación diaria de la carga expresado en horas. Este tiempo se controla mediante un detector de voltaje en los módulos, al declinar el sol el voltaje de los módulos decrece y el detector activa un temporizador a un voltaje de módulos predeterminado y ajustable, el temporizador se encarga de desconectar las lámparas cuando ha transcurrido el tiempo preestablecido y asegura un control de la energía consumida por las lámparas cada noche.

D.- Cálculo del banco de baterías

El banco de baterías se determina indicando el número de días que operaría el equipo a cero insolación, es decir, directamente del banco. Este valor se conoce como autonomía (Au).

$$B = \frac{Au \times E_c}{V_B \times fu \times C_B} \quad (\text{amper-horas}) \dots C$$

Donde:

B - Número de baterías que se requieren

C_B - Capacidad de descarga de cada batería del banco.

E_c - Energía consumida diariamente por los equipos alimentados (watts-hora)

Au - Días de autonomía del banco a insolación nula, por experiencia en otros sistemas en la Cd. de México se consideran 4 días de autonomía

V_B - Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías 12 V

fu - Fracción de la capacidad total de la batería que se usa para dar la autonomía de diseño del sistema, evitando que las baterías se descarguen totalmente. Se utiliza 0.5 para baterías plomo-ácido con aleación de calcio.

E.- Especificación del control de carga:

Se especifica por tres datos básico:

1. - El voltaje nominal de banco de baterías.
- 2.- El tipo de baterías a utilizar con lo que se definen los niveles de voltaje de operación de control.
- 3.- La corriente máxima que generarán los módulos y la corriente máxima que demandarán los equipos alimentados.

Controlador- Medidor (Modelo CMCX-12/15/20)

Descripción

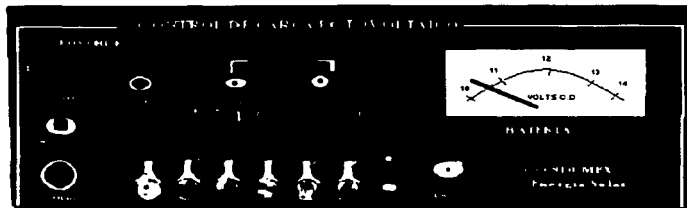
El controlador de carga con medidor de voltaje, modelo CMCX-12/15/20 proporciona en forma eficiente la protección y señalización adecuada para sistemas fotovoltaicos que operan con baterías, tanto para los aparatos conectados como a las baterías.

El controlador de carga consta de un alimentador por relevador en serie hacia los módulos solares y otro para desconexión de las cargas alimentadas, por bajo voltaje de batería. Incluye indicadores luminosos de batería normal, batería baja y modulo en carga.

El controlador es fabricado y distribuido por CONDUMEX division de Energias Alternas.

Características

- ⇒ Voltaje nominal: 12 volts
- ⇒ Corriente máxima de módulos solares : 15 amp.
- ⇒ Corriente máxima a las cargas alimentadas: 20 amp
- ⇒ Voltaje máximo permisible: 22 volts.
- ⇒ Niveles de voltaje de operación (baterías plomo-acido)
 - * Desconexión de módulos: (batería cargada): 14.6 +/- 0.3 V
 - * Reconexión de módulos: 12.8 +/- 0.3 V
 - * Desconexión de cargas por bajo voltaje de batería: 11.6 +/- 0.2 V
 - * Reconexión de cargas (automática): 13.2 +/- 0.2 V
- ⇒ Interruptor para seleccionar la desconexión automática por bajo voltaje (Normal) o uso de emergencia.
- ⇒ Protección contra transitorios de voltaje por Varistor (MOV).
- ⇒ Medidor de voltaje con escala expandida de 10 a 15 volts.
 - * Precisión: +/- 5% de la escala.
 - * Codificación de colores:
 - ROJO = Batería con menos de 25 % de carga
 - AMARILLO = Batería con 25 o 50 % de carga
 - VERDE = Batería con más de 50 % de carga



Niveles de Voltaje de Operación

Los valores típicos de operación del sistema fotovoltaico serán entonces.

PARAMETROS	SISTEMA 12 Volts	SISTEMA 24 Volts	SISTEMA 48 Volts
Desconexión de módulos solares	14 a 15.5	28 a 31	56 a 62
Voltaje de flotación	13.5 a 13.4	27 a 28	54 a 56
Reconexión de módulos	12.8 a 13.4	25.6 a 26.8	51.2 a 53.6
Reconexión al recuperarse la batería	13.2 a 13.8	26.4 a 27.6	52.8 a 55.2
Desconexión por bajo voltaje de baterías	11.4 a 11.8	22.8 a 23.6	45.6 a 47.2

F.- Especificación del inversor CD/CA :

Si el sistema incluye un inversor para alimentar los equipos en C.A., entonces la potencia del mismo sería la suma de la potencia demandada por todas las cargas que puedan estar operando simultáneamente.

Debe además, cuidarse que el inversor sea capaz de suministrar la corriente de arranque de cualquiera de ellas. En especial los motores de inducción pueden consumir en el arranque varias veces la potencia nominal.

CAPITULO 2
LUMINARIAS CON ALIMENTACION FOTOVOLTAICA

2.1 .-ANTECEDENTES

Una iluminación de buena calidad y adecuada cantidad puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminarias, clasificadas con arreglo a la distribución vertical y horizontal de luz. La selección particular depende en parte de las características físicas de la zona, del tipo de uso a realizar y de las condiciones de mantenimiento que se desean conseguir.

El objetivo principal del alumbrado público, se cifra en producir la cantidad y calidad de iluminación requerida para una segura, rápida y cómoda visibilidad por la noche.

En el alumbrado público se utilizan fuentes de luz de filamento, de mercurio y fluorescentes, y todas ellas proporcionan excelentes resultados cuando se usan apropiadamente con una adecuada (entre otros factores) luminaria.

El método IES-USASI (antiguamente ASA) ha establecido para la clasificación de luminarias los criterios siguientes:

- 1.- Distribución vertical de luz.
- 2.- Distribución lateral de luz.
- 3.- Control de la distribución de luz por encima de la máxima intensidad luminosa.

2.2 .-TIPOS Y CARACTERISTICAS

Descripción

Luminaria para iluminación pública de caminos, calles, parques y jardines que emplea un voltaje de 12, 24, 48 volts C.D. como fuente de alimentación, tales como sistemas fotovoltaicos, generadores eólicos, etc para encender una lámpara de vapor de sodio de baja presión (VSBP), de alta eficiencia y larga vida útil mayor a 5000 horas.

La luminaria ha sido diseñada enfatizando la eficiencia tanto eléctrica como luminica y su confiabilidad. Consiste de las siguientes partes principales:

- Carcaza ligera de plástico resistente a los rayos U V y a los impactos
- Difusor de plástico transparente con acabado prismático para optimizar su rendimiento y distribución luminica.
- Balastro electrónico de alta eficiencia, operando a 12 volts C D
- Lámpara tipo tubo de vapor de sodio baja presión, marca Philips, de la serie SON-E de alta eficiencia.

Especificaciones

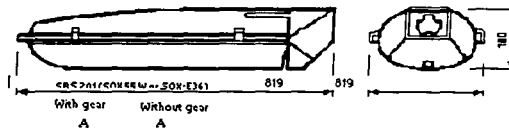
	LUMIX 12/36	LUMIX 12/66
Potencia nominal tubo	36 watts	66 watts
Voltaje de operación	10 a 15 volts C.D	10 a 15 volts C.D
Consumo de corriente	3 amp.	6 amp.
Flujo luminoso (promedio)	5800 lumens	9600 lumens
Eficiencia de balastro	78 %	78 %
Indice específico de luminaria	4.79	4.56
Rendimiento total	76 %	78 %
Dimensionamiento (cm) (largo, alto, ancho)	59 X 16 X 18	82 X 18 X 28
Peso (kg)	3.2	6
Forma onda de salida	Senoidal	Senoidal



SRS 201 Streetlighting luminaire

Classifications
 Lamp compartment: IP 54
 Electrical insulation class I
 Compliance with IEC 598 and EN 60598

Dimensions



SRS 201(SOX55W or SOX-E36)

819

819

Especificaciones Técnicas

A. Lámpara/Balastro

TIPO	POTENCIA	LUMENS	VOLTAJE C.D	CORRIENTE
Fluorescente	13 w	900	12 V	1.2 A
	26 w	1800	12 V	2.4 A
	36 w	1900	12 V	3.0 A
	72 w	5800	12 V	4.0 A
Vapor de sodio baja presión (V.S.B.P)	18 w	1800	12 V	1.5 A
	36 w	5800	12 V	3.2 A
	50 w	6800	12 V	1.5 A
	70 w	9600	12 V	4.0 A
Vapor de sodio alta presión (V.S.A.P)	35 w	2150	24 V	3.0 A
	50 w	3800	24 V	3.5 A
	70 w	5800	24 V	4.0 A

En todos los casos los balastos son electrónicos, estado sólido, alta eficiencia, en corriente directa.

Lámpara de Descarga de Sodio Baja Presión.

- ◊ Las lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión (VSBP) son las más eficientes que existen en el mercado de iluminación a nivel mundial.
- ◊ El tubo de descarga, en forma de U, tiene cavidades a todo lo largo para que ahí se deposite el sodio, impidiendo que cubra internamente al vidrio, con lo que se limitaría el flujo luminoso. La descarga eléctrica entre los electrodos se establece con la ayuda de una mezcla de gases de arranque que incrementan la temperatura haciendo que el sodio se volatilice y emita luz visible.
- ◊ El bulbo exterior está diseñado para aislar térmicamente al tubo de descarga manteniéndolo a altas temperaturas. Esta recubierto internamente por una película reflectora de calor que contribuye a la alta eficiencia de la lámpara.
- ◊ La luz emitida por las lámparas de VSBP es monocromática (589nm), de alta sensibilidad al ojo humano, prácticamente sin rendimiento ni temperatura de color.
- ◊ Para su operación requieren del uso de un balastro que proporcione las características eléctricas adecuadas.

Aplicaciones

- ◊ Por su alta eficiencia, las lámparas de VSBP son la mejor alternativa para ahorro de energía y alumbrado de seguridad, donde se requieren de largos periodos de encendido sin importar la reproducción cromática de los objetos iluminados.
- ◊ Las lámparas de VSBP son las de menor costo de operación que ninguna otra lámpara. De bajo consumo de energía, no producen radiación ultravioleta y generan poco calor.
- ◊ Por su luz monocromática se tiene una mayor agudeza visual y una mejor definición de contrastes; inclusive con un menor flujo luminoso se distinguen mejor los objetos. Además, prácticamente no hay brillo, evitándose deslumbramientos y su luz no atrae insectos.
- ◊ Ejemplos de aplicaciones son:

Alumbrado público
 Alumbrado de carreteras
 Alumbrado de seguridad
 Túneles, Patios, Estacionamientos
 Hoteles, Bodegas, etc.

Datos Eléctricos y Técnicos

⇒ Posición de operación

SOX-E 18w, 36w, 55wHorizontal

SOX-E 90w, 135w, 180wHorizontal

Flujo luminoso al final de
 la vida útil100%
 Brillo10 cd/cm²
 Temperatura de color1700 K
 Acabado del bulboClaro
 BaseBY 22
 Máxima temperatura del bulbo150°C
 Máxima temperatura de la base150°C

Tipo SOX-E	Potencia lámpara (W)	Volts lámpara (V)	Corriente lámpara (amps)	Flujo luminoso (lum)	Longitud máxima (mm)	Tiempo encendido (min)	Vida útil (hrs)
18 w	18	57	0.35	1770	216	15	22000
36 w	36	70	0.60	5800	310	7	22000
55 w	55	109	0.59	8000	425	7	24000
90 w	90	112	0.94	13500	528	9	24000
135 w	135	164	0.95	22500	775	9	24000
180 w	180	240	0.91	32500	1120	9	18000

KEY TO ILLUSTRATION

A Alyde BC cap

B Triple coil cathode

C U bend non-staining glass discharge tube

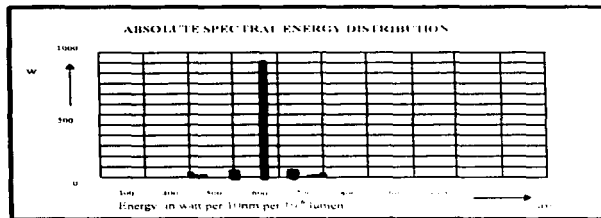
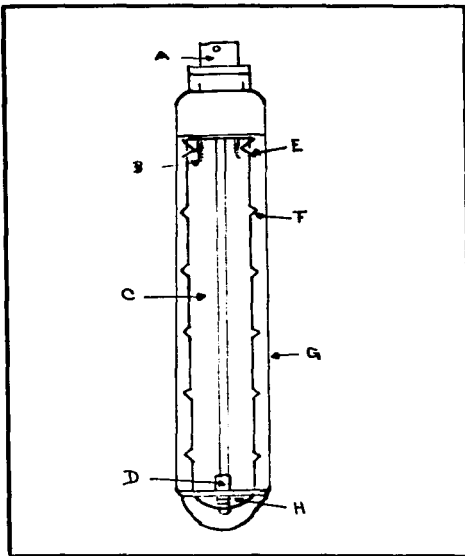
D Discharge tube support assembly

E Discharge tube supports

F Sodium retaining dimples

G Outer glass envelope with internal heat reflecting layer

H Bend heat insulating cap



CAPITULO 3
LEVANTAMIENTO FISICO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO
EXISTENTE DE ESTACIONAMIENTOS Y CIRCUITOS VIALES EN
CIUDAD UNIVERSITARIA.

El presente capítulo tiene como propósito efectuar, un estudio del equipo del sistema de alumbrado de vialidades y estacionamientos de C.U. A fin de proporcionar elementos técnicos de decisión que pudieran ser considerados dentro de un programa de ahorro y uso racional de la energía eléctrica por medio de energía solar.

A.- Metodología

Circuitos viales

Clave	Nombre	Descripción
C.V.1	Estadio Olímpico	Cto. localizado alrededor del Estadio 68
C.V.2	Circuito Escolar	Cto. que abarca desde Rectoría hasta el Inst. de Investigaciones Biomédicas
C.V.3	Circuito Exterior A	Cto. que abarca desde la Coordinación de C.C.H's hasta el I.M.A.S
C.V.4	Circuito Exterior B	Cto. que abarca desde el Centro de Instrumentación hasta la planta de tratamiento de aguas residuales
C.V.5	Circuito de la Investigación Científica	Cto. que abarca desde Posgrado de Contaduría hasta Facultad de Veterinaria
C.V.6	Circuito Interior A	Cto. que abarca desde Fac. de Medicina hasta la entrada de los Talleres de Impresión
C.V.7	Circuito Interior B	Cto. que abarca desde Fac. Economía hasta Fac. Psicología
C.V.8	Circuito Ecológico	Cto. que rodea a la reserva ecológica norte
C.V.9	Circuito Mario de la Cueva	Cto. que abarca desde el Instituto de Investigaciones Antropológicas hasta la Av. Insurgentes Sur
C.V.10	Circuito Zona Cultural A	Cto. que abarca desde la Hemeroteca Nacional hasta la Av. del I.M.A.N
C.V.11	Circuito Zona Cultural B	Cto. que abarca desde Universum hasta el Cto Mario de la Cueva
C.V.12	Circuito Ecológico B	Cto. que rodea a la reserva ecológica sur hasta la Av. Llanuras

Estacionamientos

Clave	Nombre	Descripción
E.1	Est. Casa Club del Académico	Est. de la Casa Club del Académico
E.2	Est. Direc. Gral. Obras y Serv.	Est. de la Direc. Gral. de Obras y Serv. Generales
E.3	Est. Paradero Trolebuses	Est. Paradero de Transporte Público a un costado del Estadio 68
E.4	Est. Zona Comercial	Est. de la zona comercial
E.5	Est. Arquitectura	Est. de la Facultad de Arquitectura
E.6	Est. Ingeniería A	Est. de profesores de la Fac. Ingeniería sobre el circuito escolar
E.7	Est. Ingeniería B	Est. de estudiantes de la Fac. de Ingeniería y la unidad de posgrado
E.7*	Est. C. E. L. E.	Est. del C. E. L. E.
E.8	Est. Zona Deportiva	Est. frente a las oficinas de Fútbol Americano
E.9	Est. Instituto de Ingeniería	Est. del Instituto de Ingeniería
E.10	Est. Química	Est. de la Fac. de Química
E.11	Est. Posgrado de Contaduría	Est. de Posgrado de F. C. A.
E.12	Est. Ciencias A	Est. Sur de la Fac. de Ciencias
E.13	Est. Ciencias B	Est. Poniente de la Fac. de Ciencias
E.14	Est. Edificio 5 de Química	Est. del Edificio 5 de la Fac. de Química
E.15	Est. Investigaciones Nucleares	Est. de Labs. de Aparat. y Materiales Nucleares
E.16	Est. Instituto de Física	Est. del Instituto de Física
E.17	Est. Instituto de Geografías	Est. del Instituto de Geografías
E.18	Est. Desarrollo Infantil	Est. del Centro de Desarrollo Infantil junto a Posgrado de Odontología
E.19	Est. Veterinaria A	Est. Oriente de la Fac. de Veterinaria
E.20	Est. Veterinaria B	Est. Poniente de la Fac. de Veterinaria
E.21	Est. Coord. C. C. H.'s	Est. de la Coordinación de C. C. H.'s
E.22	Est. Estadio de prácticas	Est. del estadio de prácticas
E.23	Est. Frontón Cerrado	Est. del Frontón Cerrado
E.24	Est. Contaduría	Est. de la Fac. de Contaduría
E.25	Est. Anexo de Ingeniería A	Est. de profesores del anexo de Ingeniería
E.26	Est. Anexo de Ingeniería B	Est. de estudiantes del anexo de Ingeniería

Clave	Nombre	Descripción
E.27	Est. Posgrado de Ingeniería	Est. de la D.E.P.F.I.
E.28	Est. Biblioteca Posgrado de Ing.	Est. de la Biblioteca e Instituto de Ingeniería
E.29	Est. I.I.M.A.S	Est. del I.I.M.A.S.
E.30	Est. Centro de Instrumentos	Est. del Centro de Instrumentos
E.31	Est. D.G.S.C.A	Est. del D.G.S.C.A
E.32	Est. Instituto de Materiales	Est. del Inst. de Investigaciones en Materiales
E.33	Est. Astronomía	Est. del Instituto de Astronomía
E.34	Est. Instituto de Química	Est. del Instituto de la Fac. de Química
E.35	Est. Psiquiatría	Est. del Inst. de Psiquiatría y Salud Mental
E.36	Est. Medicina A	Est. oriente de la Fac. de Medicina
E.37	Est. Medicina B	Est. Norte de la Fac. de Medicina
E.38	Est. Odontología	Est. de la Fac. de Odontología
E.39	Est. Economía	Est. de la Fac. de Economía
E.40	Est. Derecho	Est. de la Fac. de Derecho
E.41	Est. Filosofía y Letras	Est. de la Fac. de Filosofía y Letras
E.42	Est. Ciencias Políticas A	Est. Oriente de la Fac. de Ciencias Políticas
E.43	Est. Ciencias Políticas B	Est. Sur de la Fac. de Ciencias Políticas
E.44	Est. TV UNAM	Est. de TV UNAM
E.45	Est. Invest. Jurídicas	Est. del Instituto de Investigaciones Jurídicas
E.46	Est. Biblioteca Nacional y Sala Nezahualcoyotl	Est. de la Biblioteca Nacional y Sala Nezahualcoyotl
E.47	Est. Instituto de Geofísica	Est. del Instituto de Geofísicas
E.48	Est. Teatro -Foro	Est. del Teatro y Foro J. Ruiz de Alarcón y Sor J. Inés de la Cruz
E.49	Est. Instituto de Filosóficas	Est. del Instituto de Investigaciones Filosóficas
E.50	Est. Universum	Est. del Universum
E.51	Est. Dirección de Literatura	Est. de la Dirección de Literatura
E.52	Est. Patronato Universitario	Est. del Patronato Universitario

Características y arreglos existentes de los sistemas viales y estacionamientos

CIRCUITOS VIALES

clave	distribución interpostal (m)	ancho de arroyo (m)	ancho de cascallo (m)	distancia poste-arroyo L ₁ -L ₂ (m)	distancia poste-arroyo L ₂ -L ₃ (m)	altura de montaje (m)	longitud de brazo (m)	poste No. de brazo	No. poste
A	30	12		0.50		9	2.50	2	46
B	30	12		0.50		9	2.50	1	91
CV 1 C	30	12		0.50		9	2.50	2	19
D	32	10		0.50		9	2.50	1	33
E	32	10		0.50		9	2.50	1	40
F	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	12
CV 2 A	25	9		0.60		9	2.40	1	41
B	25	9		0.60		9	2.40	2	54
CV 3 A	30	9		0.50		9	2.50	1	83
B	30	9		0.50		9	2.50	2	12
CV 4	30	9		0.50		9	2.50	1	77
CV 5 A	30	9		0.50		9	2.50	1	97
B	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	10
CV 6 A	25	8.5		0.60		9	2.40	2	28
B	25	8.5		0.60		9	2.40	1	24
CV 7 A	25	9		0.60		9	2.40	1	15
B	25	9		0.60		9	2.40	2	33
CV 8	30	11		0.30		10	2.40	1	75
CV 9 A	30	12		0.50		9	2.50	1	26
B	30	9		0.65		10	2.50	1	106
CV 10	40	8		0.30		9	2.40	1	58
CV 11	40	8		0.30		9	2.40	1	24
CV 12	30	9	0.40	0.40		9	2.40	1	36

ESTACIONAMIENTOS

clave	distribución interpostal (m)	ancho de arroyo (m)	ancho del casullo m (m)	distanci a poste arroyo L-Lu (m)	distancia poste arroyo Lm-Lv (m)	altura de montaje (m)	longitud del brazo (m)	poste No. de brazo	No. poste
E 1	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	5
E 2	25	12		0.50		9	2.40	1	8
E 3	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	8
E 4	25	12		0.50		9	2.40	2	5
E 5	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	4
E 6	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	4
E 7	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	6
E 7'	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	3
E 8 A	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	8
E 8 B	25	12		0.50		9	2.40	2	15
E 9	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	2
E 10 A	42	10	1.20	0.60		15	0.50	2	4
E 10 B	25	12		0.50		15	2.40	2	4
E 11	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	7
E 12	30	9		0.40	0.40	9	2.40	2	13
E 13	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	16
E 14	30	9		0.40	0.40	9	2.40	2	9
E 15 A	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	6
E 15 B	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	5
E 16	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	4
E 17	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	2
E 18	32	8	0.80	0.40		12	0.50	2	4
E 19	25	12		0.50		9	2.40	2	2
E 20	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	9
E 21	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	7
E 22	25	12		0.50		9	2.40	2	3
E 23	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	8
E 24	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	8
E 25	30	9		0.40	0.40	9	2.40	2	13
E 26	25	12		0.50		9	2.40	1	3
E 27	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	3
E 28	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	2
E 29	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	3
E 30	25	12		0.50		9	2.40	1	5
E 31	25	12		0.50		9	2.40	2	5
E 32 A	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	2
E 32 B	25	9		0.50	0.50	9	2.40	1	4
E 33	25	9	1.00	0.50		9	2.50	2	4

clave	distribución interpostal (m)	ancho de arroyo (m)	ancho del camello m (m)	distanci a poste arroyo L ₁ -L ₂ (m)	distancia poste arroyo L ₂ -L ₃ (m)	altura de montaje (m)	longitud del brazo (m)	poste No. de brazo	No. poste
E 34	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	5
E 35	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	8
E 36	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	2
E 37	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	19
E 38	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	4
E 39	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	8
E 40	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	3
E 41 A	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	16
E 41 B	25	9		0.50	0.50	9	2.50	2	6
E 42	25	9		0.50	0.50	9	2.50	2	8
E 43	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	6
E 44	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	8
E 45	31	11	0.80	0.40		9	2.50	2	3
E 46	25	12		0.50		9	2.40	2	4
E 47	25	12		0.50		9	2.40	4	8
E 48 A	25	9		0.50	0.50	9	2.40	4	6
E 48 B	25	12		0.50		9	2.40	4	4
E 49	47	12	1.00	0.50		9	0.50	2	5
E 50 A	47	12	1.00	0.50		9	0.50	2	3
E 50 B	47	12	1.00	0.50		9	0.50	4	2
E 51	25	9	0.60	0.50	0.50	9	2.40	2	5
E 52	25	9		0.50	0.50	9	2.40	2	4

3.1.- LUMINARIAS Y POSTES INSTALADOS

A.- Inventario del equipo

a.- Luminarias y lámparas

Circuitos vehiculares

No.	TIPO DE LUMINARIA	LAMPARA	POTENCIA
38	O.V-25 Balastro Integral	V.M	250
183	O.V-25 Balastro Integral	V.M	400
40	O.V-25 Balastro Remoto	V.M	250
194	O.V-25 Balastro Remoto	V.M	400
33	O.V-25 Balastro Integral	V.S.A.P	250
467	O.V-25 Balastro Remoto	V.S.A.P	250
106	OCEAN Balastro Integral	V.S.A.P	250
193	OCEAN Balastro Integral	V.S.A.P	400

Estacionamientos

No.	TIPO DE LUMINARIA	LAMPARA	POTENCIA
48	O.V-25 Balastro Integral	V.M	400
20	O.V-25 Balastro Remoto	V.M	250
36	O.V-25 Balastro Remoto	V.M	400
116	O.V-25 Balastro Integral	V.S.A.P	250
282	O.V-25 Balastro Remoto	V.S.A.P	250
54	O.V-25 Balastro Remoto	V.S.A.P	400
142	OCEAN Balastro Integral	V.S.A.P	400
34	OCEAN Balastro Integral	V.S.A.P	250
20	OCEAN Balastro Integral	A.M	1000
4	SAM 1100 Balastro Integral	V.S.A.P	400
12	SAM 1100 Balastro Remoto	V.S.A.P	250

◊ Teniendo una existencia total de luminarias de 2022, que se utilizan con diferentes tipos de lámparas y capacidades los cuales se mencionan en la tabla siguiente

NOTA 1: Se tienen 124 luminarias tipo SAM 1100 con lámparas de A.M de 100 W con alturas de más de 15 metros las cuales están montadas en 22 postes de 4 brazos y en 18 postes de 2 brazos.

Se tienen 4 luminarias tipo SAM 1100 con lámparas de V.S.A.P de 400 W con alturas de más de 15 metros las cuales están montadas en 2 postes de 2 brazos

Por lo que en total se tienen 128 luminarias, que no se contabilizaron por tener alturas de más de 15 metros, ya que los sistemas fotovoltaicos no están diseñados para estas alturas.

NOTA 2: En los casos de E.10 y E.28 las alturas son de más de 15 metros por lo que se hará una pequeña modificación en la implantación de la luminaria solar. Por tratarse de estacionamientos que no se pueden quedar fuera del estudio.

NOTA 3: Menos del 7 % del total de luminarias instaladas están compuestas por 7 tipos diferentes, por lo que no representan un potencial de ahorro importante. Por lo que en algunos casos se contabilizaron con el parámetro de su lámpara instalada, ya solamente se utilizará el poste en donde están montadas éstas.

TIPO	ZONA	LAMPARA	POSTE
VAPOR DE MERCURIO 400 W	CIRCUITO VEHICULAR ESTACIONAMIENTOS	377 84	321 44
VAPOR DE MERCURIO 250 W	CIRCUITO VEHICULAR ESTACIONAMIENTOS	78 20	59 10
VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 400 W	CIRCUITO VEHICULAR ESTACIONAMIENTOS	193 200	193 80
VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION 250 W	CIRCUITO VEHICULAR ESTACIONAMIENTOS	606 444	467 230
ADITIVOS METALICOS 1000 W	CIRCUITO VEHICULAR ESTACIONAMIENTOS	0 20	0 10
TOTAL DE LAMPARAS		2022	1414

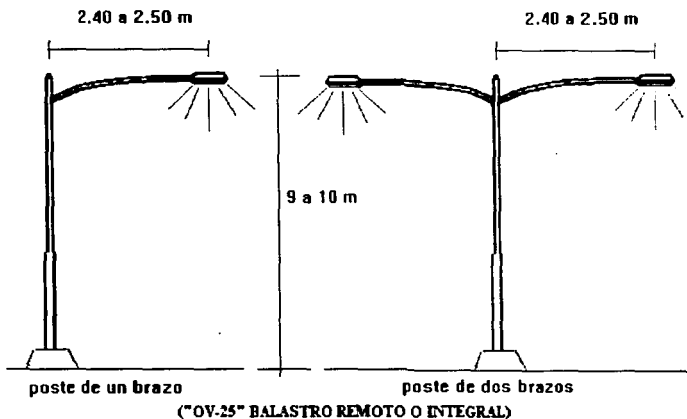
Tipos de luminarios instalados

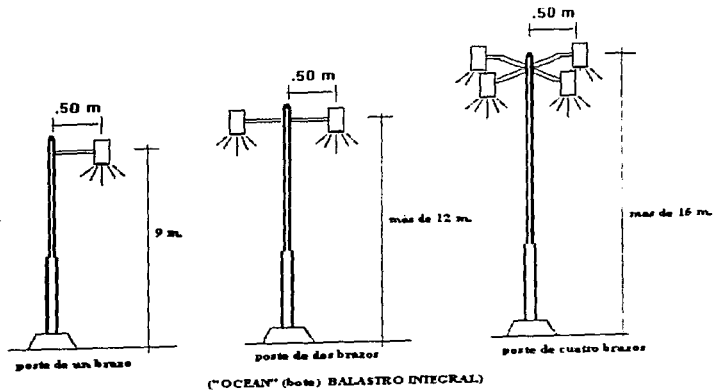
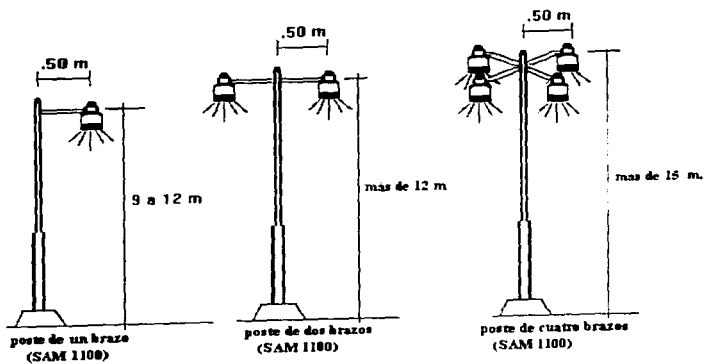
- ♣ El luminario instalado tipo "OV" corresponde al luminario fabricado en fundición de aluminio en arena para balastro remoto, con portalámparas para una sola posición, con reflector de aluminio acabado Alzak, con empaque de hule silicona y un refractor de borosilicato, para lámpara de vapor de mercurio.
- ♣ El luminario tipo OCEAN (BOTE) es un luminario cilíndrico con cuerpo de lámina, protegido contra la corrosión, con reflector de aluminio acabado Alzak, con portalámparas para una sola posición y sin alguna cubierta difusora, o refractor.
- ♣ El luminario tipo SAM 1100 está compuesto de un cabezal de aluminio fundido en arena que forma la parte superior del luminario, en el cual se aloja el balastro y un reflector de lámina de aluminio con acabado Alzak en la parte interior, donde se aloja la lámpara adicional a un refractor abieno circular de acrílico o vidrio (dependiendo del fabricante), en disposición vertical.

b.- Postes:

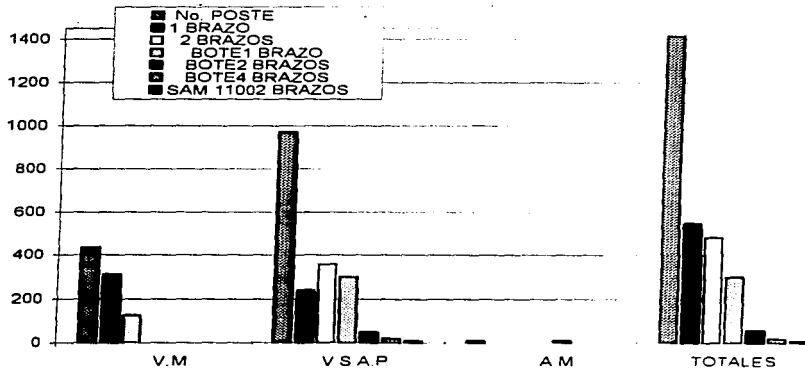
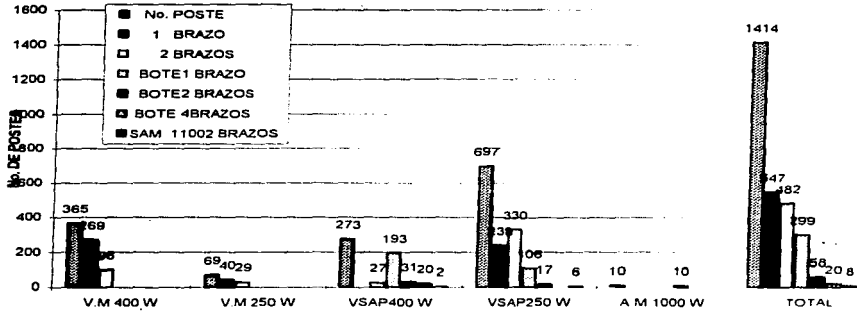
TIPO DE LAMPARA	No. POSTE	1 BRAZO	2 BRAZOS	BOTE 1 BRAZO	BOTE 2 BRAZOS	BOTE 4 BRAZOS	SAM 1100 2 BRAZOS
V.M	434	309	125				
V.S.A.P	970	238	357	299	48	20	8
A.M	10				10		
TOTALES	1414	547	482	299	58	20	8

POTENCIA LAMPARA	No. POSTE	1 BRAZO	2 BRAZOS	BOTE 1 BRAZO	BOTE 2 BRAZOS	BOTE 4 BRAZOS	SAM 1100 2 BRAZOS
V.M 400 W	365	269	96				
V.M 250 W	69	40	29				
VSAP400 W	273		27	193	31	20	2
VSAP250 W	697	238	330	106	17		6
A.M 1000 W	10				10		
TOTAL	1414	547	482	299	58	20	8





POSTES



3.2.-NIVELES DE ILUMINACION

A.- Iluminación medida.

Circuitos viales

CLAVE	TIPO DE ARREGLO	TIPO DE LUMINARIO	TIPO Y POTENCIA DE LA LAMPARA	ILUMINACION PROMEDIO (LUX)	
C.V.1	A	Unilateral	OV-25 B.I	V.M 400 W	8.025
	B	Unilateral	OV-25 B.I	V.M 400 W	7.8
	C	Unilateral	OV-25 B.I	V.M 250 W	8.025
	D	Unilateral	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	7.9
	E	Unilateral	OV-25 B.R	V.M 250 W	8.025
	F	B. M.I	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	9.4
C.V.2	A	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	11.125
	B	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	11.125
C.V.3	A	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	9.7
	B	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	9.7
C.V.4	Unilateral	OV-25 B.R	V.M 400 W	6.8	
C.V.5	A	Unilateral	OV-25 B.R	V.M 400 W	7.9
	B	B. M.I	OV-25 B.R	V.M 400 W	5.8
C.V.6	A	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	10.3
	B	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	11.1
C.V.7	A	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.2
	B	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.5
C.V.8	Unilateral	BOTE B.I	V.S.A.P 400 W	7.8	
C.V.9	A	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.7
	B	Unilateral	BOTE B.I	V.S.A.P 250 W	20.83
C.V.10	Unilateral	BOTE B.I	V.S.A.P 400 W	11.2	
C.V.11	Unilateral	BOTE B.I	V.S.A.P 400 W	10.8	
C.V.12	Tresbolillo	BOTE B.I	V.S.A.P 400 W	9.8	

B.M.I = BILATERAL MONTAJE INTERMEDIO

Estacionamientos

Clave	Tipo de arreglo	Tipo de luminario	Tipo y potencia de la lampara	Iluminacion promedio (lux)
E.1	B. M.I	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.4
E.2	Unilateral	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	7.9
E.3	Bilateral opuesto	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	12.8
E.4	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	6.8
E.5	B. M.I	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	8.4
E.6	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	6.07
E.7	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	6.07
E.7'	B. M.I	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	7.9
E.8 A	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.3
B	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.7
E.9	B. M.I	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	7.8
E.10 A	B. M.I	SAM 1100	A.M 1000 W	10.2
B	Unilateral	SAM 1100	A.M 1000 W	10.3
E.11	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.M 250 W	7.3
E.12	Tresbolillo	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	12.8
E.13	Bilateral Opuesto	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	13.5
E.14	Tresbolillo	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	12.9
E.15 A	Bilateral Opuesto	OV-25 B.I	V.M 400 W	10.8
B	B. M.I	OV-25 B.I	V.M 400 W	11.2
E.16	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 400 W	12.8
E.17	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 400 W	6.7
E.18	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 400 W	9.5
E.19	Unilateral	OV-25 B.R	V.M 400 W	5.4
E.20	B. M.I	OV-25 B.I	V.M 400 W	9.7
E.21	B. M.I	OV-25 B.R	V.M 400 W	10.3
E.22	Unilateral	OV-25 B.R	V.M 250 W	8.3
E.23	Bilateral Opuesto	OV-25 B.I	V.S.A.P 250 W	10.3
E.24	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	11.8
E.25	Tresbolillo	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	12.8
E.26	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.4
E.27	B. M.I	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.9
E.28	B. M.I	SAM 1100	A.M 1000 W	10.5
E.29	B. M.I	OV-25 B.R	V.S.A.P 400 W	9.7
E.30	Unilateral	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	8.3
E.31	Unilateral	OV-25 B.R	V.M 400 W	6.9
E.32 A	B. M.I	OV-25 B.I	V.M 400 W	9.8
B	Bilateral Opuesto	OV-25 B.I	V.M 400 W	10.9
E.33	B. M.I	OV-25 B.R	V.M 400 W	11.25

Clave	Tipo de arreglo	Tipo de luminario	Tipo y potencia de la lampara	Iluminacion promedio (lux)
E.34	B. M.I	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	12.3
E.35	B. M.I	OV-25 B.R	V.S.A.P 400 W	10.3
E.36	B. M.I	SAM 1100	V.S.A.P 400 W	11.4
E.37	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	12.8
E.38	B. M.I	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	9.2
E.39	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.S.A.P 400 W	10.5
E.40	B. M.I	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	11.3
E.41 A	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.S.A.P 250 W	10.2
B	Bilateral Opuesto	SAM 1100	V.S.A.P 250 W	9.8
E.42	Bilateral Opuesto	OV-25 B.R	V.S.A.P 400 W	9.6
E.43	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 400 W	8.3
E.44	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 400 W	9.4
E.45	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 400 W	8.5
E.46	Unilateral	OCEAN	V.S.A.P 250 W	7.7
E.47	Unilateral	OCEAN	V.S.A.P 400 W	12.8
E.48 A	Bilateral Opuesto	OCEAN	V.S.A.P 400 W	12.8
B	Unilateral	OCEAN	V.S.A.P 400 W	12.8
E.49	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 250 W	10.2
E.50 A	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 250 W	9.6
B	B. M.I	OCEAN	V.S.A.P 400 W	11.3
E.51	Bilateral Opuesto	OCEAN	V.S.A.P 250 W	8.7
E.52	Bilateral Opuesto	OCEAN	V.S.A.P 400 W	9.8

B.M.I = BILATERAL MIXTURE INTERMEDIO

3.3.- CONSUMO DE ENERGIA

TIPO DE LAMPARA	POTENCIA (W)	No. DE LAMPARAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL (KW)
V.M	400	461	230.5
V.S.A.P	400	393	196.5
V.M	250	98	30.6
V.S.A.P	250	1050	328.1
A.M	1000	20	25
TOTAL POTENCIA NOMINAL KW		2022	810.8

Este cálculo se efectúa por medio de la siguiente fórmula, mas el 25 % del consumo de las lámparas, por concepto de pérdidas de energía en los equipos del sistema, tales como transformadores, balastos, conectores, cables, etc.

$$C. \text{ Energía} = [\text{No. lamp} \times (\text{watts}/1000)] + 25 \%$$

TIPO DE LAMPARA	POTENCIA (W)	No. DE LAMPARAS	ENERGIA CONSUMIDA TOTAL MWH
V.M	400	461	1009.6
V.S.A.P	400	393	860.7
V.M	250	98	134.5
V.S.A.P	250	1050	1519.3
A.M	1000	20	109.5
TOTAL ENERGIA CONSUMIDA		2022	3633.5

Este cálculo se efectúa por medio de la siguiente fórmula, considerando un promedio de 12 horas de servicio por día multiplicado por 365 días del año de facturación.

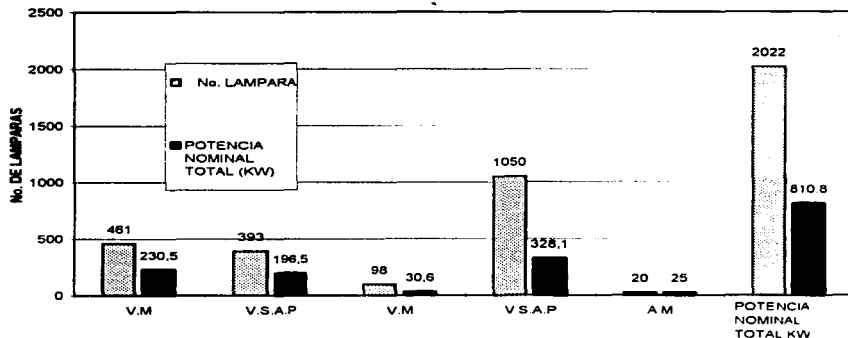
$$C. \text{ Energía} = [\text{No. lámp.} \times (\text{watts}/1000) \times \text{No. hrs. de uso diario} \times \text{No. de días de uso}] + 25\%$$

Donde:

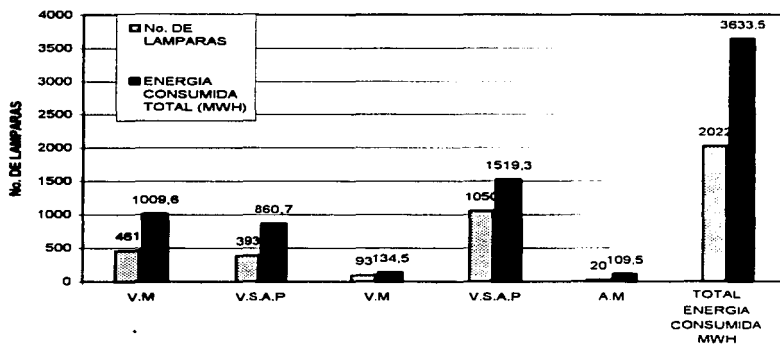
C. Energía = Consumo de energía

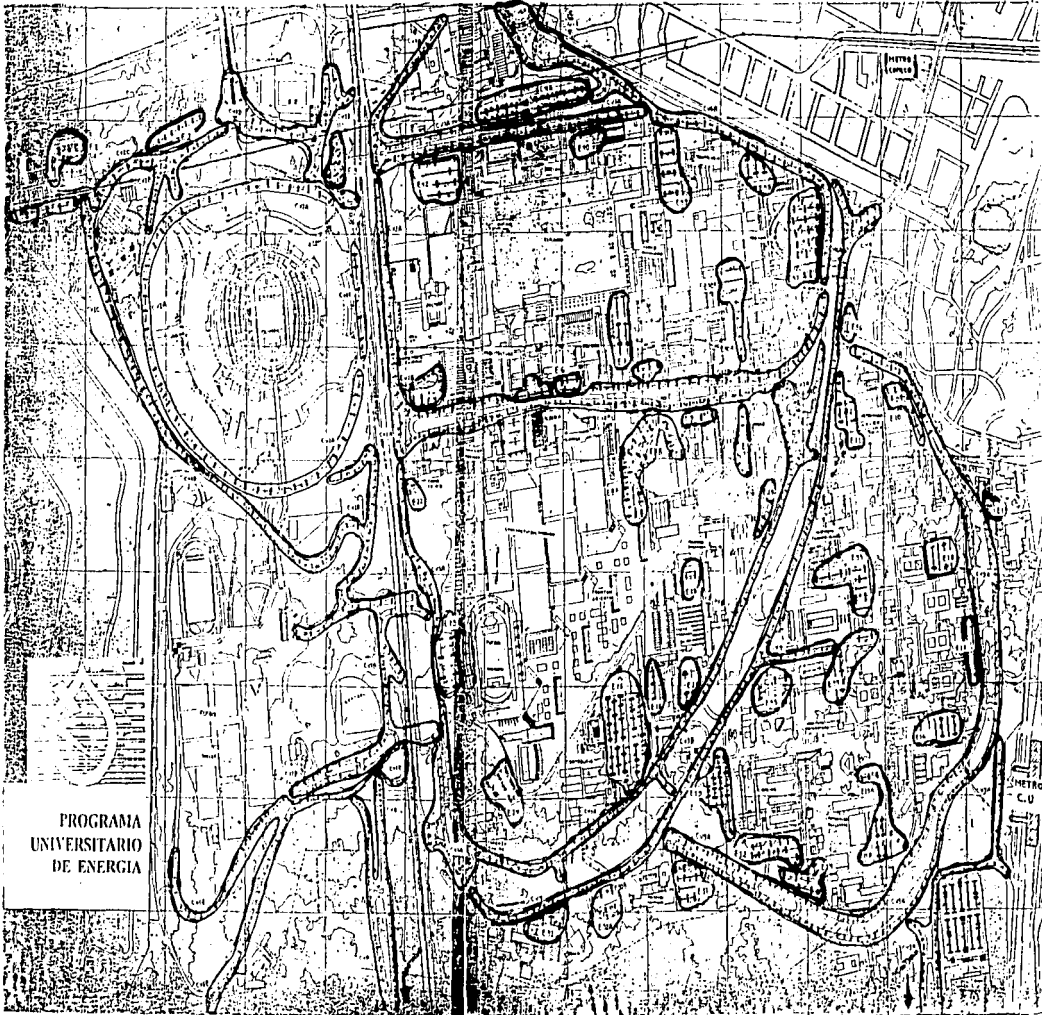
No. lámp. = Número de lámparas

POTENCIA NOMINAL TOTAL (KW)



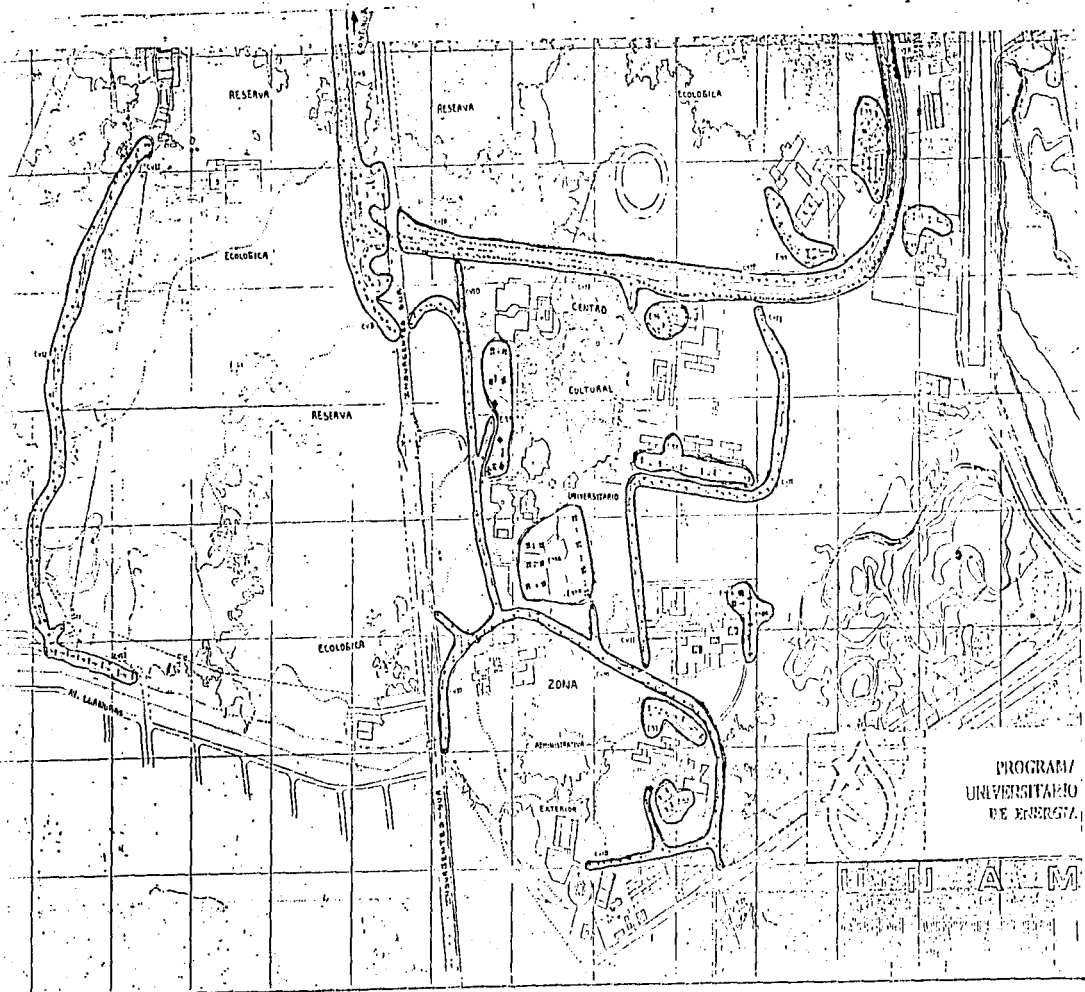
ENERGIA CONSUMIDA TOTAL (MWH)





PROGRAMA
UNIVERSITARIO
DE ENERGIA

METRO
C.U.



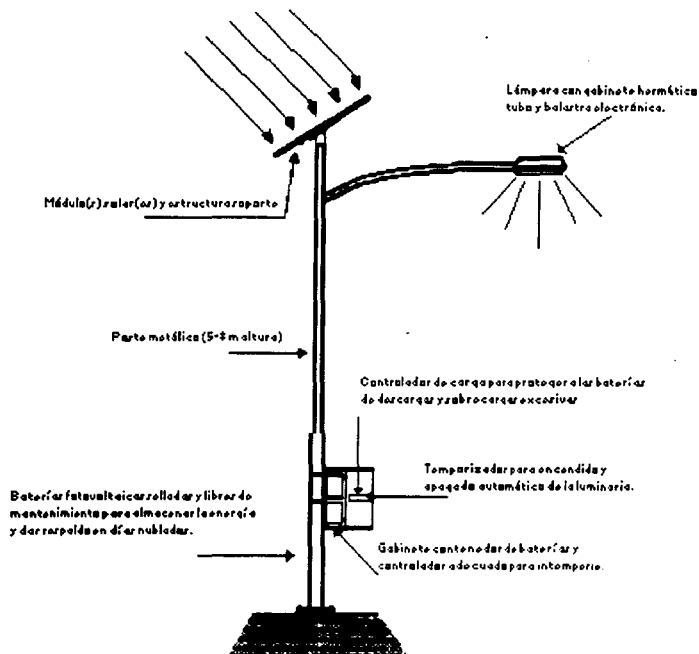
PROGRAM/
UNIVERSITARIO
DE ENERGIA

U N I V E R S I T A T A R I A

CAPITULO 4
PROYECTO DEL ALUMBRADO CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

4.1.- DIAGRAMA ESQUEMATICO

Como ya se había mencionado el sistema solar fotovoltaico para alumbrado exterior, mejor conocido como luminaria solar, es una excelente alternativa ecológica para iluminación. Toda luminaria solar contiene los siguientes componentes:



4.2.- CALCULOS Y PARAMETROS DE DISEÑO

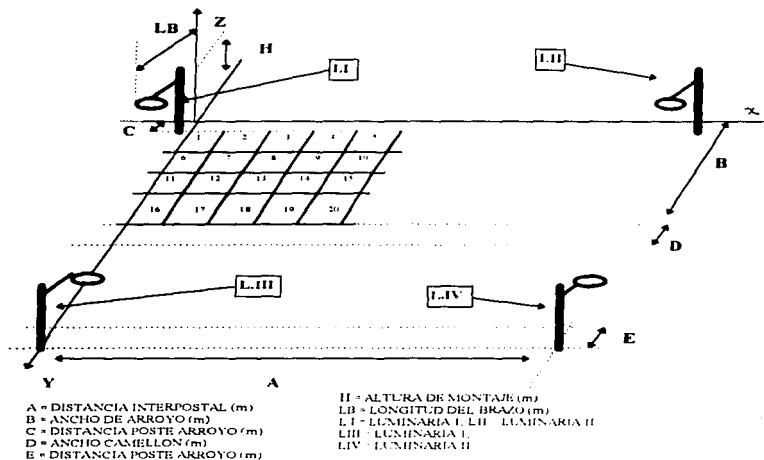
Cálculo de iluminación

Para los cálculos se utilizó un procedimiento que a partir de algunos ensayos se calcula la iluminación para varios puntos de un plano horizontal. Esto permite asegurar que se tiene cierto nivel luminoso en los puntos analizados. Se procede como sigue:

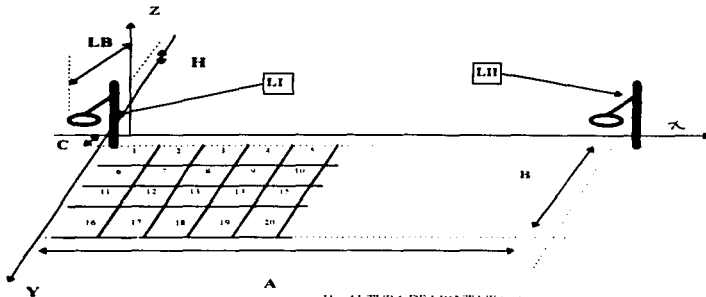
- Se subdivide la superficie objeto del proyecto en rectángulos iguales de áreas suficientemente pequeñas, de tal forma que pueda considerarse que la iluminación es uniforme en el interior de estas superficies.
- Se calcula el nivel de iluminación medio (E) en el interior de cada una de estas áreas, considerando la iluminación que aportan todas las luminarias (algunas se pueden despreciar)

Las figuras siguientes es el caso para un "ARREGLO UNILATERAL, BILATERAL OPUESTO, BILATERAL MONTAJE INTERMEDIO, TRESBOLILLO

ARREGLO BILATERAL OPUESTO



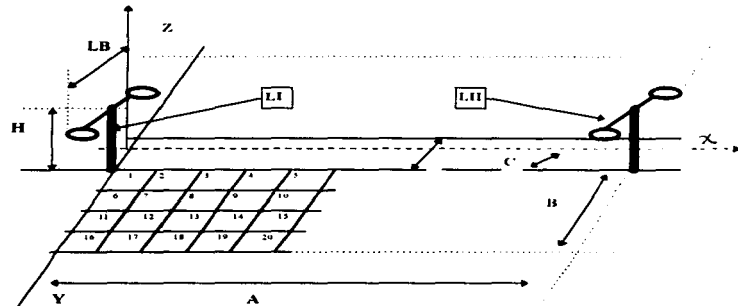
ARREGLO UNILATERAL



A = DISTANCIA INTERPOSTAL (m)
B = ANCHO DE ARROYO (m)
C = DISTANCIA POSTE ARROYO (m)

H = ALTURA DE MONTAJE (m)
LB = LONGITUD DEL BRAZO (m)
L.I = LUMINARIA I
L.II = LUMINARIA II

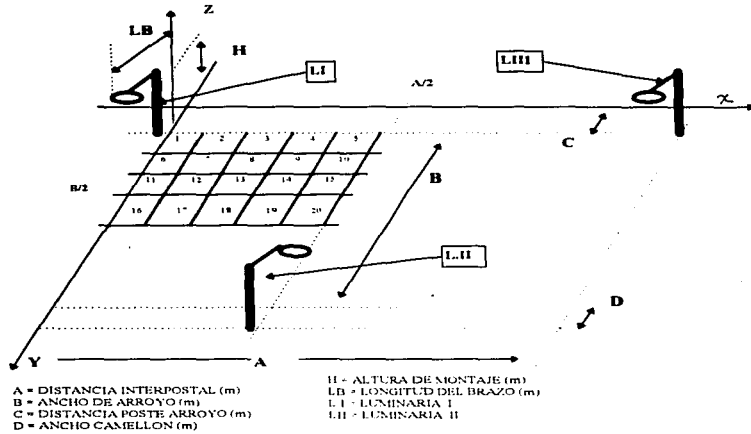
ARREGLO BILATERAL MONTAJE INTERMEDIO



A = DISTANCIA INTERPOSTAL (m)
B = ANCHO DE ARROYO (m)
C = DISTANCIA POSTE ARROYO (m)
D = ANCHO DEL CAMELLON (m)

H = ALTURA DE MONTAJE (m)
LB = LONGITUD DEL BRAZO (m)
L.I = LUMINARIA I
L.II = LUMINARIA II

ARREGLO TRESBOLILLO



De acuerdo al sistema cartesiano que se ilustra se puede ubicar el punto central de cada elemento de área mediante sus coordenadas correspondientes, al igual que las dos luminarias.

Así, las coordenadas de L.I Y L.II serán:

(X, Y, Z)

L.I (0, LB, H)

L.II (A, LB, H)

y para el punto 2 por ejemplo:

P2 (3A/20, C+B/8, 0)

Ahora para el cálculo de iluminación en cada elemento de área se utiliza la ecuación:

$$E = (I \cdot \cos \theta) / D^2 \dots 1$$

Donde:

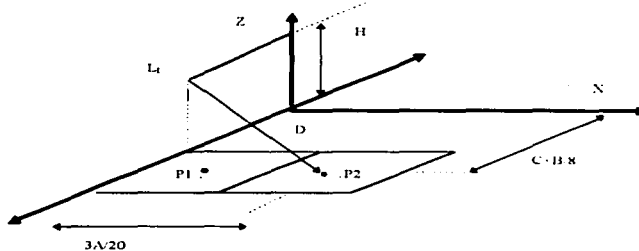
E = iluminación (lux)

I = intensidad luminosa del haz de cada luminaria (Lumen)

θ = ángulo que forman el eje vertical de cada luminaria y la recta que une la luminaria correspondiente con el punto central del elemento de área (grados).

D = distancia entre la luminaria y el elemento de área (m)

Se puede visualizar mejor con la siguiente ilustración:



Así, la distancia entre L1 y P2 será:

$$D = \sqrt{(XLI - XP2)^2 + (YLI - YP2)^2 + (ZLI - ZP2)^2}$$

y el ángulo θ

$$\theta = \text{áng.} \cdot \cos (H/D)$$

De la misma manera se puede obtener la iluminación que aporta la luminaria LII al punto 2 y la suma será la iluminación en dicho punto. La aportación de otras luminarias del arreglo se puede considerar despreciables.

c) Se prepara una forma con la siguiente información:

- En la primera columna se identificarán los elementos de área conforme al arreglo.
- En las siguientes columnas se colocan las distancias que existen entre las luminarias y los puntos centrales de cada elemento de área.

- En las siguientes columnas se especifican los ángulos que forman el eje vertical de cada luminaria con la recta que une la luminaria correspondiente con el centro del elemento de área.
- Las siguientes columnas se llenan con la iluminación que llega al elemento de área desde cada luminaria, calculada según la fórmula 1.
- Finalmente, en la última columna se acumula la iluminación aportada por las luminarias al centro de cada uno de los elementos.

Entonces la iluminación promedio será igual a la suma de todas las aportaciones en la última columna entre el número de elementos considerados.

$$E_{prom.} = E_i/n \dots\dots 2$$

Se obtienen los valores máximo y mínimo de iluminación y se calcula la relación de uniformidad de acuerdo a:

$$R.U = E_{min.}/E_{max.} \dots\dots 3$$

Para efectuar los cálculos en este trabajo se generó un programa empleando la hoja de cálculo EXCEL V.5 siguiendo los pasos descritos y los resultados se presentan a continuación.

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO UNILATERAL

ZONA (CLAVE) CVI A, CV I B, CV I C.

DATOS:

DISTANCIA INTERPOSTAL (m)
 ANCHO DE ARROYO (m)
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m)
 ALTURA DE MONTAJE (m)
 LONGITUD DEL BRAZO (m)
 INTENSIDAD LUMINOSA (Lm)

A= 10.00
 B= 12.00
 C= 0.40
 H= 9.00
 LB= 2.50
 I= 1800 (cd)

LUMINARIA

LAMPARA
 VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
 MOD. SON E-34 PHILIPS

SEÑAL DE ARRA	DISTANCIA (m)		ANGULO		LUMINACION (Lm)		LUMINACION (Lm) I = B
	I	B	I	B	I	B	
1	9.144	29.993	10.177	72.174	68.278	1.973	70.212
2	10.080	27.459	26.768	76.867	30.862	2.638	53.602
3	11.731	24.233	39.895	80.206	13.117	3.865	36.001
4	13.842	21.485	49.145	85.233	19.681	5.263	24.688
5	16.216	18.803	56.136	81.805	12.196	7.850	20.627
6	9.435	29.983	17.457	75.212	62.160	1.917	64.009
7	10.365	27.148	39.530	76.830	17.156	2.809	39.768
8	11.949	24.342	41.185	68.110	10.523	3.614	34.137
9	14.016	21.610	50.116	65.188	18.877	4.172	24.049
10	16.402	18.968	58.720	61.641	11.431	6.72	19.005
11	19.002	16.751	61.911	75.762	41.709	1.263	14.262
12	11.420	27.476	17.961	70.951	15.051	2.189	17.411
13	12.999	24.828	18.756	68.746	24.117	4.111	27.727
14	14.866	22.165	52.684	66.023	18.852	4.805	20.764
15	17.190	18.952	68.243	63.568	10.140	6.900	17.420
16	12.402	31.043	11.474	71.154	27.165	4.117	26.039
17	13.109	28.116	16.637	74.369	21.176	2.299	24.436
18	13.616	25.849	41.367	68.857	17.429	3.063	20.934
19	16.181	21.061	66.205	67.129	12.122	4.266	16.779
20	18.270	20.587	60.889	64.076	8.559	5.963	14.542

Eprom (Lm) = 32.586

Emax (Lm) = 70.233

Emin (Lm) = 14.542

R.U = Emax/Emax = 0.20

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO UNILATERAL.

ZONA (CLAVE) : CV I B, CV I E

DATOS
 DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 12.00
 ANCHO DE ARROYO (m) B= 10.00
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C= 0.60
 ALTURA DE MONTAJE (m) H= 9.00
 LONGITUD DEL BRAZO (m) LB= 2.50
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 800/100

LUMINARIA
 LAMPARA
 VAPOR DE SODIO BAJA PRECION
 MOD. SON E-16 PHELPS

ELEMENTO DE AREA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (LUX)		ILUMINACION (LUX) E = E1
	E	E'	E	E'	E	E'	
1	0.181	11.716	11.182	5.415	67.861	1.636	60.000
2	10.233	28.663	28.141	7.790	18.481	3.217	54.898
3	12.072	25.664	21.793	8.836	20.674	3.094	52.760
4	14.183	22.480	17.298	10.020	17.907	2.874	51.081
5	17.002	16.786	10.019	12.941	10.620	2.719	47.180
6	9.289	11.747	11.326	7.331	63.111	1.631	66.662
7	10.313	28.698	29.431	7.721	18.320	2.206	49.228
8	12.154	25.682	22.227	8.988	20.074	1.981	52.153
9	14.462	22.724	17.116	10.668	17.276	1.819	51.018
10	17.041	16.876	10.162	13.188	10.311	1.688	47.150
11	10.019	11.979	26.298	7.852	41.593	1.503	61.190
12	11.015	28.949	18.187	7.887	19.091	2.172	51.213
13	12.737	25.980	14.019	8.720	24.264	2.282	58.216
14	14.955	23.041	11.002	10.707	14.606	1.268	54.874
15	17.481	20.189	8.013	13.146	9.722	0.918	58.008
16	11.304	12.194	17.218	7.869	19.118	1.516	61.071
17	12.176	28.412	22.312	7.182	28.914	2.052	50.967
18	11.796	26.481	19.118	7.031	21.084	2.311	52.886
19	11.811	21.618	11.165	8.703	13.141	1.262	57.124
20	18.237	20.876	10.429	14.416	8.406	0.744	54.861

Eprom (LUX)= 33.055

R.U. = Emax/Eprom = 0.208

Emax (LUX)= 69.099

Eprom (LUX)= 14.140

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO UNILATERAL

ZONA (CLAVE): CV18, CV11

DATOS
 DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 10.00 LUMINARIA
 ANCHO DE ARROYO (m) H= 4.00 LAMPARA
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C= 0.10 VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
 ALTURA DE MONTEAJE (m) H= 10.00 MOD. SON.E.36
 LONGITUD DEL BRAZO (m) L1= 2.40
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 150000

ELEM. DE AREA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (lm/m2)		ILUMINACION (LUX)
	I	II	I	II	I	II	
1	10.227	39.109	12.858	75.263	3.5726	0.653	21.700
2	11.214	35.457	31.181	71.619	16.108	1.307	17.199
3	14.824	31.642	48.172	71.657	20.121	1.831	22.152
4	17.240	27.878	64.446	69.980	11.120	2.677	11.990
5	20.421	24.191	80.981	65.181	6.815	1.097	10.712
6	10.218	19.308	12.170	75.280	6.088	0.653	21.698
7	11.007	18.612	31.245	71.616	16.245	1.307	17.547
8	14.171	14.616	48.116	71.671	20.182	1.832	22.211
9	17.228	20.871	64.318	68.974	11.141	2.679	11.921
10	20.612	24.181	80.976	65.554	6.824	1.101	10.728
11	10.612	19.401	19.106	75.28	16.664	0.948	19.611
12	12.017	18.556	31.681	71.667	14.122	1.260	14.713
13	14.836	11.784	46.156	71.671	10.277	1.831	11.705
14	17.247	28.007	64.011	69.011	10.122	2.679	11.928
15	20.704	24.134	81.256	65.711	6.811	1.102	10.717
16	11.114	19.588	27.999	71.677	17.106	0.94	19.481
17	12.610	18.777	17.704	71.709	26.574	1.287	29.422
18	16.967	17.001	18.018	71.701	17.209	1.750	19.089
19	17.889	28.281	66.011	69.291	10.112	2.563	12.694
20	21.166	24.618	81.401	66.074	6.116	1.869	9.981

Egreen (Lux) 26.028

Emax (Lux) 55.009

Emin (Lux) 9.985

RLU = Emax Emax = 0.182

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO UNILATERAL

ZONA (CLAVE): CV 2 A, CV 2 B, CV 4 A, CV 6 B, CV 7 A, CV 7 B

DATOS.

DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 25.00 LUMINARIA
 ANCHO DE ARROYO (m) H= 9.00 LAMPARA
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C= 0.00 VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
 ALTURA DE MONTAJE (m) H= 9.00 MOD. NON E-16
 LONGITUD DEL BRAZO (m) L= 2.40
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 1800.00

REEM. DE ARRA	DISTANCIA (m)		ANCHO		ILUMINACION (Lux)		ILUMINACION (Lux)
	I	II	I	II	I	II	
1	9.111	25.107	8.970	55.259	69.010	1.191	72.161
2	9.797	25.787	22.946	67.056	65.917	1.242	66.355
3	10.478	26.466	18.811	68.371	19.144	3.750	11.220
4	12.571	18.589	41.278	61.081	26.279	4.158	11.101
5	14.423	16.447	51.190	56.821	17.199	41.132	29.431
6	9.222	25.447	12.564	65.289	65.860	1.168	66.224
7	9.876	26.113	21.139	75.027	61.989	1.218	65.062
8	11.070	20.838	34.606	62.137	18.480	5.751	13.211
9	12.611	18.643	34.651	61.134	21.782	5.057	13.819
10	18.493	16.509	41.611	56.064	17.148	11.602	28.719
11	9.819	25.881	21.060	68.488	54.478	1.091	67.834
12	10.473	23.192	30.760	67.172	14.416	1.078	16.811
13	11.606	21.147	39.147	61.912	11.191	6.820	18.911
14	13.122	18.966	46.807	61.870	21.102	7.674	10.783
15	14.906	16.873	52.859	57.761	14.761	10.865	26.254
16	10.910	26.114	14.572	69.810	39.874	2.941	15.008
17	11.488	23.866	18.121	67.841	14.132	1.861	18.271
18	12.579	21.667	11.081	65.187	26.541	5.117	11.673
19	13.945	19.548	18.006	62.181	19.219	6.492	26.211
20	15.434	17.521	54.857	59.090	1.876	9.708	25.162

Eprom (Lux) 42.096

R.L = Emus Ermas = 9.324

Emas (Lux) = 2.193

Emas (Lux) 23.162

Calculo de Iluminacion para Arreglo Unilateral

ZONA(Clave) CV 3 A, CV 3 B, CV 4, CV 3 A, CV 3 A

DATOS

DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 30.00 LUMINARIA
 ANCHO DE ARROYO (m) B= 9.00 LAMPARA
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C= 0.50 VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
 ALTURA DE MONTAJE (m) H= 9.00 ACID. SON E-14
 LONGITUD DEL BRAZO (m) LB= 2.70
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 18000

ELEMENTO DE AREA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lm)		ILUMINACION I = B
	I	II	I	II	I	II	
1	9.166	29.960	19.921	72.482	67.583	1.953	69.737
2	10.100	27.000	26.991	76.871	50.601	1.638	63.799
3	11.748	24.219	39.996	68.214	32.192	1.001	45.857
4	14.857	21.495	49.997	65.227	19.618	0.566	28.878
5	16.519	18.815	56.164	61.223	12.198	0.312	20.062
6	19.227	29.919	12.701	75.163	66.443	1.919	68.163
7	10.156	27.077	27.601	76.986	49.873	1.610	62.162
8	11.766	24.272	40.272	68.218	31.809	0.930	46.833
9	13.898	21.521	49.639	65.279	19.447	0.575	27.883
10	16.283	18.825	56.446	61.473	12.091	0.360	19.890
11	9.818	30.105	23.822	72.466	64.159	1.911	67.072
12	10.663	27.281	32.763	76.719	42.668	1.278	48.235
13	12.243	24.603	42.786	68.451	29.031	0.838	31.652
14	14.297	21.781	50.983	65.501	17.862	0.512	22.912
15	16.622	19.141	57.222	61.683	11.251	0.341	14.803
16	10.812	30.459	13.962	72.911	60.845	1.811	67.812
17	11.652	27.672	39.429	71.670	42.668	1.261	47.661
18	13.106	24.931	46.631	68.842	23.153	0.687	28.833
19	14.975	22.229	53.203	66.158	14.188	0.412	18.888
20	17.279	19.662	60.961	62.801	10.159	0.298	14.661

E_{prom} (Lux)= 36.118

R_U = E_{max}/E_{min} = 0.246

E_{max} (Lux)= 69.737

E_{min} (Lux)= 16.993

CALCULO DE ILLUMINACION PARA ARREGLO EN LA FERAL

ZONA (CLAVE) CVR

DATOS

DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 10.00 LUMINARIA
 ANCHO DE ARROYO (m) B= 11.00 LAMPARA
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C= 0.10 VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
 ALTURA DE MONTAJE (m) H= 10.00 MOD. SON E-14
 LONGITUD DEL BRAZO (m) LB= 2.40
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 5000 lm

ELEM. DE	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lux)		ILUMINACION (Lux)
	I	II	I	II	I	II	
AREA							
1	10.114	10.212	9.449	70.671	45.666	2.103	47.772
2	10.960	27.450	5.870	68.593	43.898	2.815	16.117
3	12.421	24.633	16.969	66.049	29.547	1.886	11.127
4	13.218	21.827	16.163	62.868	18.084	0.902	21.356
5	16.816	19.107	43.511	48.804	12.197	0.604	21.546
6	19.313	10.271	13.441	70.710	42.881	2.093	44.973
7	11.817	27.468	26.267	68.648	11.827	2.709	11.626
8	12.662	24.702	17.842	66.123	28.568	1.848	12.812
9	14.641	22.008	46.919	62.974	18.382	0.841	21.921
10	16.922	19.400	53.774	48.971	11.970	2.944	19.913
11	11.183	30.579	26.488	76.012	11.476	2.729	11.618
12	11.968	27.808	13.290	68.820	13.900	2.888	16.598
13	13.381	25.081	41.640	66.502	24.208	1.676	27.487
14	15.260	22.429	49.077	61.522	16.302	1.141	21.143
15	17.444	19.879	54.072	48.941	10.880	2.847	18.274
16	12.605	31.127	17.490	71.260	28.563	1.921	10.880
17	11.299	28.404	41.344	66.188	24.656	2.511	27.187
18	14.590	25.746	46.731	67.187	18.874	1.508	22.711
19	16.416	23.171	52.266	64.313	11.303	1.862	18.000
20	18.409	20.708	63.087	61.127	6.208	6.311	14.828

Emin (Lux)= 16.966

Emax (Lux)= 37.770

Emed (Lux)= 15.828

R.C. = Emin/Emax = 0.271

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO UNILATERAL.

ZONA (CLAVE): CV9 B

DATOS

DISTANCIA INTERPOSTAL (m)	A=	30.00	LAMPARAS
ANCHO DE ARROYO (m)	B=	9.00	VAPOR DE SODIO BAJA PREISION
DISTANCIA POSTE-ARROYO (m)	C=	0.63	MOD. SOX E-16
ALTURA DE MONTAJE (m)	H=	10.00	
LONGITUD DEL BRAZO (m)	LH=	2.50	
INTENSIDAD LUMINOSA (Lm)	I=	100 (cd)	

ELEMENTO DE AREA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lm)		ILUMINACION (Lm) I + II
	I	II	I	II	I	II	
1	10.118	10.212	9.149	79.671	55.666	2.103	57.770
2	10.990	27.800	21.938	68.555	13.998	2.810	16.807
3	12.521	24.633	16.908	66.045	29.417	1.880	31.297
4	14.518	21.927	16.165	62.866	18.954	3.402	22.356
5	16.816	19.107	15.511	58.806	12.197	8.059	20.256
6	19.226	16.212	12.073	56.90	8.238	2.097	10.335
7	19.071	27.933	25.114	68.622	12.739	2.809	15.548
8	12.591	24.669	17.329	66.086	29.045	1.863	30.908
9	14.580	21.968	16.696	62.921	18.711	3.371	22.082
10	16.859	19.158	15.885	68.800	12.082	8.061	20.143
11	19.784	16.838	12.107	70.820	16.125	2.087	18.212
12	11.597	27.650	19.429	68.797	17.193	2.734	19.927
13	13.038	24.910	19.018	66.431	26.052	1.787	27.839
14	18.983	22.277	18.111	63.276	7.843	8.271	16.114
15	17.219	19.600	14.197	59.426	11.601	6.311	17.912
16	11.771	19.791	11.416	71.053	15.763	1.987	17.750
17	12.412	28.040	19.943	69.111	29.611	2.259	31.870
18	11.876	24.140	13.891	68.743	21.708	1.761	23.469
19	15.702	22.728	16.442	63.809	18.082	1.941	19.923
1* BAR	20.213	20.213	55.924	60.167	10.203	7.021	17.224

Eprom (Lux) 32.655

Emax (Lux) 57.770

Emin (Lux) 1.725

$$R.U = E_{min} E_{max} = 0.298$$

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO UNILATERAL

ZONA (CLAVE) E2, E4, E8 R, E10 R, E19, E22
E24, E30, E31, E46, E47, E48 R.

DATOS

DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 25.00
ANCHO DE ARROYO (m) H= 12.00
DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C= 0.50
ALTURA DE MONTAJE (m) H= 9.00
LONGITUD DEL BRAZO (m) L= 2.40
INTENSIDAD LUMINOSA (Lm) Is = 50000

LUMINARIA

LAMPARA VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
MOD. SON-E-16 PHILIPS

AREA DE AREA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lm/m ²)		ILUMINACION (Lux)
	I	II	I	II	I	II	
1	9.095	25.011	8.29°	69.249°	69.180	1.183	17.583
2	9.748	25.081	8.713°	67.010°	66.177°	1.245	60.424
3	10.065	25.092	11.913°	64.386°	65.000°	1.300	13.888
4	12.550	18.580	14.221°	61.028°	65.141°	9.138	18.181
5	14.413	16.438	21.358°	56.803°	17.236°	11.731	29.187
6	9.451	25.241	18.771°	65.156°	61.834°	1.127	64.971
7	10.091	21.223	26.886°	67.156°	60.808°	1.168	35.973
8	11.262	20.690	36.948°	64.571°	58.749°	1.688	12.218
9	12.819	18.757	45.603°	61.326°	24.781°	5.910	12.652
10	14.840	16.638	52.663°	57.243°	16.623°	11.144	27.970
11	16.471	26.008	32.819°	69.774°	62.816°	2.987	49.497
12	11.244	23.747	36.828°	67.239°	56.721°	3.899	60.621
13	12.105	21.830	42.595°	65.001°	28.113°	5.224	13.237
14	11.749	19.602	49.000°	62.162°	20.102°	7.189	27.240
15	10.687	17.162	58.756°	58.756°	14.132°	10.471	24.121
16	12.411	24.814	33.957°	70.189°	26.677°	5.707	16.661
17	13.001	24.228	46.193°	68.969°	21.788°	8.100	27.240
18	13.826	22.086	60.701°	66.278°	14.114°	10.878	23.868
19	15.216	20.476	68.117°	63.917°	14.818°	10.066	20.901
20	16.779	18.748	87.561	60.972°	11.051°	9.181	16.242

E_{prom} (Lux) = 17.832

R.U. = E_{max} / E_{min} = 0.265

E_{max} (Lux) = 72.565

E_{min} (Lux) = 19.232

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO BILATERAL MONTAJE INTERMEDIO

ZONA (CLAVE) CV1 F, E1, E3, E9, E10 A, E15 B, E18, E19, E20, E21,
E23, E19, E32 A, E33, E38

LUMINARIA
LAMPARA
VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
MOD. SOX E-16 PHILIPS

DATOS
DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 25.000
ANCHO DE ARROYO (m) B= 9.000
DISTANCIA PONTE-ARROYO (m) C= 0.500
ALTEZA DE MONTAJE (m) H= 6.000
LONGITUD DEL BRAZO (m) LH= 2.500
INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 3000000

ELEV. DE AREA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lux)		SUMACION (Lux)
	I	II	I	II	I	II	
1	9.129	25.413	9.622	49.238	58.625	1.180	1.180
2	9.789	23.093	23.164	67.063	55.648	1.230	4.934
3	10.992	20.811	35.039	64.183	39.302	5.87	15.094
4	12.283	18.596	44.316	61.055	26.202	9.117	33.319
5	14.034	16.457	51.529	56.846	17.060	11.712	26.072
6	9.190	25.435	11.666	49.278	67.258	1.172	57.131
7	9.846	23.118	23.931	67.080	54.680	1.224	38.903
8	11.041	20.849	35.414	64.150	38.760	5.764	44.224
9	12.627	18.627	44.482	61.007	25.828	8.277	33.002
10	14.477	16.491	51.587	56.924	17.220	11.639	28.860
11	9.781	25.655	23.077	49.164	55.755	1.093	38.846
12	10.402	23.360	30.093	67.130	46.238	1.099	50.473
13	11.947	21.112	38.553	64.767	33.633	5.248	38.902
14	13.063	18.926	46.161	61.608	23.105	7.360	31.075
15	14.856	16.820	52.713	57.669	15.921	10.653	26.971
16	10.870	26.069	37.716	49.803	41.206	2.667	44.422
17	11.187	23.813	37.559	67.760	35.389	1.866	39.244
18	12.133	21.412	41.624	65.190	27.161	6.171	32.352
19	13.850	19.483	49.505	62.187	19.909	7.956	26.668
20	15.559	17.432	54.659	58.956	13.859	9.820	23.679

Eprom (Lux) 42.489

R.U. = Emis Lumin

Emax (Lux) 71.876

Emm (Lux) 23.679

Calculo de Iluminacion para Arreglo Bilateral Montaje Intermedio

ZONA CLAVE: E16, E17, E17, E24, E35, E36, E40, E43, E44, E45

DATOS
 DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 31.000
 ANCHO DE ARROYO (m) B= 11.000
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C= 0.000
 ALTURA DE MONTAJE (m) H= 8.000
 LONGITUD DEL BRAZO (m) L1= 2.500
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 180000

LUMINARIA
 LAMPARA
 VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
 MODO: SON E-16 PHILIPS

FILERA DE ARRA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lm)		ILUMINACION (Lm)
	I	II	I	II	I	II	
1	9.181	30.819	10.744	73.012	67.831	7.748	69.579
2	10.156	27.844	27.405	71.149	49.829	2.414	52.243
3	11.899	24.942	40.816	68.818	30.983	3.363	34.346
4	14.116	22.100	50.187	65.916	18.568	4.849	23.417
5	16.617	19.383	57.207	62.048	11.278	7.269	14.547
6	19.344	16.861	61.820	57.383	6.777	11.776	8.149
7	22.331	14.518	65.105	51.931	4.138	17.169	4.115
8	25.609	12.341	67.079	45.982	2.416	24.535	1.883
9	29.212	10.341	67.806	40.109	1.472	34.766	1.132
10	33.174	8.519	67.183	34.318	1.115	48.161	0.711
11	37.539	6.871	65.213	28.513	1.001	64.720	0.512
12	42.349	5.397	61.923	22.681	1.162	85.118	0.419
13	47.641	4.091	57.326	16.931	1.699	110.161	0.357
14	53.452	2.953	51.501	11.312	2.312	141.161	0.316
15	59.819	1.982	44.600	6.136	3.027	178.988	0.288
16	66.781	1.201	36.882	2.707	3.911	233.611	0.261
17	74.379	0.604	28.405	1.119	5.074	307.141	0.241
18	82.660	0.262	19.200	0.282	6.630	401.161	0.226
19	91.670	0.116	10.211	0.076	8.619	519.161	0.211
20	101.450	0.041	5.423	0.020	11.109	666.161	0.200

E_{prom} (Lm) 32.828

E_{max} (Lm) 69.677

E_{min} (Lm) 14.509

R.U = $\frac{E_{min}}{E_{max}}$ = 0.208

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO BILATERAL MONTAJE INTERMEDIO

ZONA (CLAVI): E14, E17, E27, E34, E35, E36, E48, E43, E44, E45

DATOS

DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A+ 11.000
 ANCHO DE ARROYO (m) B+ 11.000
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C+ 0.400
 ALTURA DE MONTAJE (m) H+ 4.000
 LONGITUD DEL BRAZO (m) L1+ 2.500
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I 1800/1000

LUMINARIA

LAMPARA
 VALOR DE SODIO BAJA PRESION
 MODELO SON-E-16 PHILIPS

AREA DE	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lux)		ILUMINACION (Lux)
	I	II	II'	I'	I	II	
1	9.181	10.803	10.545	10.212	67.803	1.746	69.627
2	10.156	27.824	27.605	51.149	49.829	2.414	52.244
3	11.899	24.942	40.846	48.848	10.983	1.164	18.148
4	14.174	22.080	50.187	65.946	18.560	4.849	23.409
5	16.617	19.293	57.205	62.198	11.276	1.269	18.545
6	9.144	10.861	14.820	13.842	63.771	1.775	65.549
7	10.131	27.918	29.403	51.191	47.115	2.199	49.314
8	12.048	25.913	41.476	69.912	28.818	3.113	31.931
9	14.242	22.181	50.908	68.036	18.072	1.729	22.802
10	16.724	19.186	57.411	62.118	11.119	1.163	16.274
11	10.105	11.143	29.143	51.213	47.264	1.721	49.982
12	11.199	28.251	16.223	11.123	17.162	2.184	33.378
13	12.801	24.948	45.126	59.213	21.846	1.991	28.837
14	14.884	22.470	52.781	66.110	14.812	1.434	20.242
15	17.278	19.862	58.609	63.056	10.127	0.662	16.788
16	11.833	11.701	40.184	51.507	18.603	1.849	18.453
17	12.519	28.848	14.104	11.818	24.974	2.774	28.751
18	14.060	24.042	50.200	69.782	14.780	2.046	21.826
19	17.980	23.116	58.721	67.296	12.743	1.418	16.941
20	18.227	20.000	60.411	68.223	8.620	0.849	14.470

Eppm (Lux) 32.828

Ems (Lux) 69.477

Emin (Lux) 14.509

R. L. - Erms Emms

1.208

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO BILATERAL MONTAJE INTERMEDIO

ZONA (CLAVE) E49, E50 A, E50 B

DATOS

DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 17.000
 ANCHO DE ARROYO (m) H= 12.000
 DISTANCIA POSTE-ARROYO (m) C= 0.500
 ALTURA DE MONTAJE (m) H= 9.000
 LONGITUD DEL BRAZO (m) L1= 0.500
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 8000lm

LUMINARIA

LAMPARA
 VAPOR DE SODIO BAJA PRESION
 MOTO SON-D-66 PHILIPS

EJEAL DE AREA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lux)		ILUMINACION (Lux) I = Σ
	I	II	I	II	I	II	
1	9.422	15.473	17.211	78.810	62.810	0.552	62.961
2	11.243	16.979	18.693	77.521	11.081	0.766	11.806
3	13.875	16.412	19.771	75.690	15.855	1.081	16.936
4	18.811	11.881	61.816	71.601	7.852	1.613	9.463
5	23.034	27.813	67.000	70.815	1.271	2.534	6.805
6	16.323	48.770	28.424	58.000	07.513	0.842	17.898
7	12.286	41.198	32.902	77.381	28.136	07.747	28.902
8	15.470	36.638	53.421	74.748	11.100	1.080	15.160
9	19.283	32.164	62.378	71.771	7.280	1.266	8.486
10	23.422	27.730	67.402	71.084	1.083	2.188	6.708
11	11.949	48.181	11.331	78.747	10.589	0.531	11.129
12	11.673	41.632	48.833	77.815	20.421	07.231	21.138
13	16.963	37.110	67.132	76.274	11.227	1.018	12.445
14	20.185	32.716	63.532	71.012	6.335	1.380	7.824
15	24.178	28.381	68.146	71.811	1.693	2.281	5.977
16	14.028	46.741	51.089	78.899	18.911	07.511	19.423
17	15.281	42.276	41.868	77.708	13.878	07.691	14.624
18	18.147	17.466	60.268	76.250	8.733	07.093	9.609
19	21.491	13.534	65.242	71.432	6.259	1.381	6.641
20	14.270	29.337	69.136	72.122	1.233	2.072	5.101

Eprom (Lux) 18.624

R.U. EmaxEmax 0.084

Emax (Lux) 62.961

Emax (Lux) 8.307

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARRIBO BILATERAL OPUESTO

ZONA (CLAVE): E1, E2, E7, E2A, E11, E13, E15 A, E15, E24, E31 B
 E7, E29, E41 A, E41 B, E42, E48 A, E51, E52 B

DATOS
 DISTANCIA INTERPORTAL (m) A = 17.00
 ANCHO DE ARROYO (m) B = 4.50
 DIST. POSTE-ARROYO L1-L2 (m) C = 0.50
 ANCHO CAMELON (m) D = 0.00
 DIST. POSTE ARROYO L2-L3 (m) E = 0.50
 ALTURA DE MONTAJE (m) H = 4.00
 LONGITUD OZ. MONTAJE (m) L = 2.00
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I = 1800.00

REPLANTE AREA	DISTANCIA (m)				ANCHO (m)				ILUMINACION (lm)				ILUMINACION (Lux)	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1 + 2 + 3 + 4	1 + 2 + 3 + 4
1	9.184	17.423	11.194	28.224	11.488	49.274	18.481	49.970	87.180	1.771	17.217	2.894	110.868	
2	9.861	19.116	11.719	27.987	11.843	47.887	18.947	47.593	34.746	1.258	17.269	1.791	87.068	
3	11.018	20.841	12.242	27.750	12.201	46.516	19.413	47.100	18.408	0.746	17.320	1.324	78.742	
4	11.623	18.616	14.373	28.483	12.558	45.152	20.512	41.457	27.970	0.081	18.314	0.811	49.261	
5	14.449	16.889	12.821	17.984	11.916	26.977	22.329	28.151	17.213	11.648	11.862	9.476	51.000	
6	9.008	22.389	10.734	21.948	8.018	49.247	11.046	49.723	48.754	1.186	18.129	2.081	112.847	
7	9.402	21.074	11.112	22.704	21.612	47.087	14.191	47.484	24.278	1.217	17.941	1.920	112.164	
8	10.906	20.749	12.211	21.691	14.782	42.180	12.470	47.232	19.657	1.401	18.298	1.774	78.742	
9	12.224	18.777	14.870	18.148	16.202	41.022	14.822	42.240	28.162	0.412	17.006	1.707	67.474	
10	14.408	14.417	14.880	17.312	11.164	26.707	18.211	24.574	17.392	17.394	11.129	11.706	78.742	
11	9.112	22.414	10.047	22.747	4.777	48.240	24.192	48.158	48.912	1.140	17.484	1.947	112.164	
12	9.783	21.081	10.831	21.672	21.211	46.081	12.181	47.154	44.947	0.277	18.001	1.676	112.164	
13	10.984	20.818	11.744	21.211	17.087	44.187	11.152	48.271	12.271	1.401	17.381	1.411	67.474	
14	12.826	18.794	12.246	18.064	14.148	41.079	17.272	41.810	28.149	1.114	17.146	1.711	78.742	
15	11.816	16.874	13.011	18.064	11.413	26.477	11.250	14.000	17.112	17.708	17.370	10.874	51.000	
16	9.312	21.480	8.621	21.984	14.874	44.111	20.499	49.412	44.645	1.174	16.611	1.311	112.164	
17	9.861	21.167	10.270	22.291	12.270	47.140	18.491	47.270	22.812	1.188	16.472	1.311	108.827	
18	11.167	20.878	11.491	21.017	16.047	44.490	17.491	44.472	47.094	1.220	17.181	1.412	67.474	
19	12.717	18.487	12.947	18.461	14.948	41.104	17.491	41.489	17.181	1.949	16.064	1.402	67.474	
20	14.370	16.778	14.740	14.712	11.740	17.078	12.198	17.447	16.949	11.496	16.246	11.417	51.000	

Espora (Lux) = 84.391

Esmo (Lux) = 129.729

Esmo (Lux) = 31.496

SI = 1.00000000

II = 1.00000000

CALCULO DE ILUMINACION PARA ARREGLO EN TRESBOLILLO

ZONA (CLAVE) CV12, E12, E14, E22

DATOS

DISTANCIA INTERPOSTAL (m) A= 10.000
 ANCHO DE ARROYO (m) B= 9.000
 DISTANCIA POSTE-ARROYO LI (m) C= 0.400
 DISTANCIA POSTE-ARROYO LII (m) D= 0.400
 ALTURA DE MONTAÑE (m) H= 9.000
 LONGITUD DEL BRAZO (m) L1= 2.400
 INTENSIDAD LUMINOSA (lm) I= 50.000

SEÑAL DE AREA	DISTANCIA (m)		ANGULO		ILUMINACION (Lm)		ILUMINACION (Lm) I = U
	I	II	I	II	I	II	
1	9.237	17.855	12.909	58.262	6.6240	9.815	76.053
2	10.824	15.251	27.625	53.823	19.707	14.706	262.313
3	11.803	13.368	10.315	67.680	11.721	21.853	43.228
4	13.062	11.645	38.861	41.112	1.8231	10.625	30.038
5	14.289	11.167	56.159	16.292	1.2170	17.496	49.626
6	9.129	17.073	9.662	58.186	6.8101	10.490	70.091
7	10.067	14.815	25.620	52.560	11.162	16.055	87.217
8	11.720	12.862	19.810	61.601	12.129	24.523	56.265
9	11.813	11.370	49.411	17.724	1.9721	15.133	33.151
10	14.228	10.558	56.117	11.524	1.2213	14.152	36.297
11	9.103	16.767	10.733	67.513	6.7612	11.668	70.000
12	10.094	14.449	26.918	51.174	10.739	17.103	28.022
13	11.714	12.481	19.970	43.684	12.241	27.107	38.138
14	13.853	10.899	49.483	11.333	1.9135	10.121	29.255
15	14.245	10.059	66.158	26.360	1.2176	14.941	31.769
16	9.128	16.517	15.230	66.970	6.8122	11.686	70.117
17	10.217	14.064	28.583	50.530	10.413	18.169	26.482
18	11.875	12.109	40.738	11.801	1.1176	26.100	200.177
19	13.862	10.518	48.872	11.666	1.9169	14.861	26.111
20	14.140	9.624	66.670	20.552	1.1264	18.343	20.115

Egom (Lux)= 63.835

Emax (Lux)= 79.091

Emin (Lux)= 49.549

$$R. U = E_{min} E_{max} = 0.427$$

▲ Cálculo del sistema fotovoltaico

1.- Cálculo del arreglo solar

Para determinar el número de módulos solares que se requiere para alimentar las luminarias se utilizará las ecuaciones **A** y **B** (cap. "Dimensionamiento").

◆ Para un poste con un brazo una luminaria

De la ecuación **B**

$$t = 11 \text{ hrs.}$$

$$E_c = (36w + 6w) \times 11 \text{ hrs.} = \underline{462 \text{ W-hr/día}}$$

$I_m = 4.4 \text{ Amp.}$ a máxima insolación

$V_m = 13.9 \text{ V}$

$H_p = 4 \text{ hr-pico}$ (de acuerdo al Mapa de Insolación)

donde

I_m y V_m son corriente y voltaje del módulo respectivamente. V_m es el voltaje promedio de operación del módulo solar una vez conectado al banco de baterías. Bajo condiciones normales de operación el controlador desconecta los módulos del banco cuando alcanza un voltaje de 15 volts y los recolecta cuando se tiene un voltaje de 12.8 V en el banco, por lo que el promedio es de 13.9 V.

Para el tipo de baterías ácido-plomo inundadas y con aleación de calcio.

$N_{bat.} = 98 \%$

Así, de la ecuación **A**:

$$M = \frac{462}{4.4 \text{ Amp.} \times 13.9 \text{ V} \times 4 \text{ hr.} \times 0.98} = \underline{1.93}$$

Por lo que se requieren **2 módulos** para alimentar una luminaria con un lámpara de 36 W.

La energía que proporcionan los 2 módulos a las baterías sera:

$$E_m = 2 \times (4.4 \times 13.9 \times 4 \times 0.98) = \underline{479.5 \text{ W-hr}}$$

- ◆ Para un poste con dos brazos, dos luminarias:

$$E_c = 2 [(36 \text{ w} + 6 \text{ w}) \times 11 \text{ hrs.}] = \underline{924 \text{ W-hr.}}$$

$$I_m = 4.4 \text{ A}$$

$$V_m = 13.9 \text{ V}$$

$$H_p = 4 \text{ hr-pico}$$

$$N_{bat.} = 98 \%$$

$$M = \frac{924 \text{ w-hr}}{4.4 \text{ A} \times 13.9 \text{ V} \times 4 \text{ hr-p} \times 0.98} = \underline{3.88}$$

Por lo que se requieren **4 módulos** para alimentar 2 luminarias con lámparas de 36 W. La energía que proporcionan los 4 módulos a las baterías será:

$$E_m = 4 \times (4.4 \times 13.9 \times 4 \times 0.98) = \underline{959 \text{ W-hr}}$$

2.- Cálculo del banco de batería

Se propone utilizar baterías DELCO modelo S2000 del tipo plomo-ácido inundadas con alcalión de calcio, selladas y libres de mantenimiento. Este tipo de baterías nos ofrecen bajo costo y una vida útil de 5.5 años a un nivel de descarga del 10 % de su capacidad nominal.

Características de la batería:

$$\text{Voltaje} = 12 \text{ V}$$

$$\text{Capacidad} = 115 \text{ A-Hr}$$

$$\text{ciclos de} = 2000 \text{ ciclos (al 10 \% de descarga) descarga}$$

- ◆ Para un poste con un brazo, una luminaria:

Así, de la ecuación C:

$$E_c = 462 \text{ w-hr/día}$$

$$A_u = 4 \text{ días}$$

$$V_B = 12 \text{ V}$$

$$F_u = 0.5$$

$$C_B = 115 \text{ A-Hr}$$

Así

$$B = \frac{4 \text{ días} \times 462 \text{ w-hr/día}}{12 \text{ V} \times 115 \text{ A-hr} \times 0.5} = \underline{2.68}$$

Se requieren 3 baterías para alimentar una luminaria y ofrecer 4 días de autonomía.

La capacidad total del banco será:

$$C = 3 \times (12 \text{ V} \times 115 \text{ A-hr}) = \underline{4140 \text{ W-hr}}$$

◆ Para un poste con dos brazos, dos luminarias:

$E_c = 924 \text{ W-hr}$

$A_u = 4 \text{ días}$

$V_B = 12 \text{ V}$

$F_u = 0.5$

$C_B = 115 \text{ A-hr}$

Así

$$B = \frac{4 \text{ días} \times 924 \text{ W-hr/día}}{12 \text{ V} \times 115 \text{ A-hr} \times 0.5} = \underline{5.36}$$

Se requieren 6 baterías para alimentar dos luminarias y ofrecer 4 días de autonomía.

La capacidad total del banco será:

$$C = 6 \times (12 \text{ V} \times 115 \text{ A-Hr.}) = \underline{8280 \text{ W-Hr.}}$$

3.- Especificación del control de carga.

Para seleccionar el control de carga es necesario especificar :

1.- Voltaje nominal del banco de baterías

2.- Niveles de voltaje de operación del control

3.- La corriente máxima que generarán los módulos y la corriente máxima que demandarán las luminarias.

◆ Para un poste con un brazo, una luminaria

1.- Voltaje nominal del banco : $V = 12 \text{ Volts.}$

2.- Niveles de voltaje de operación del control:

- Desconexión de módulos (baterías cargadas) 15 V

- Reconexión de módulos a baterías 12.8 V

- Desconexión de la carga por bajo voltaje de baterías 11.8 V

- Reconexión de la carga (baterías recuperadas) 13.2 Volts.

3.- Corriente máxima generada por la carga:

$$I_m = 2 \times 4.4 \text{ Amp} = \underline{8.8 \text{ A.}}$$

Corriente máxima demandada por la carga:

$$I_c = 42 \text{ W} / 12 \text{ V} = \underline{3.5 \text{ A}}$$

Se propone emplear el controlador de carga modelo CMCX-12/15/20 F.

♦ **Para un poste con dos brazos, dos luminarias:**

- 1.- Voltaje nominal del banco: $V = 12 \text{ volts}$
- 2.- Niveles de voltaje de operación del control:
Los mismos que en el caso de un poste con un brazo.
- 3.- Corriente máxima generada por los módulos:

$$I_m = 4 \times 4.4 \text{ A} = \underline{17.6 \text{ A}}$$

Corriente máxima demandada por la carga:

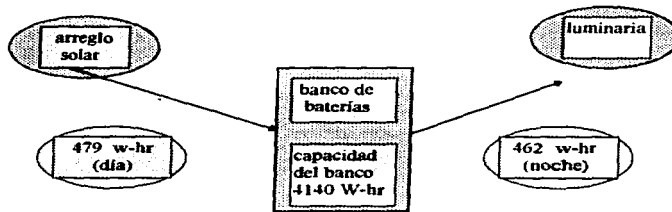
$$I_c = 84 \text{ W} / 12 \text{ V} = \underline{7 \text{ A}}$$

Se propone emplear el controlador de carga modelo CMCX-12/30/30 F.

4.- Operación del sistema.

Se puede explicar la operación del sistema empleando las siguientes analogías con diagramas de bloques:

A.- Operación normal de un sistema con una luminaria.

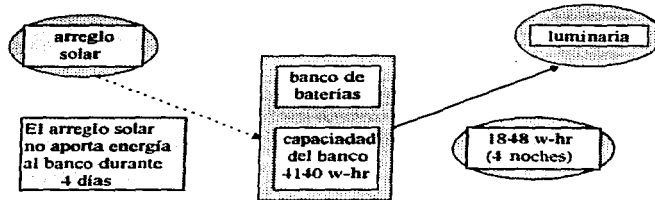


Se observa que durante la noche la luminaria consume 462 W-hr del banco de baterías, lo cual representa una descarga de

$$\underline{462 \text{ W-hr} / 4140 \text{ W-hr} = 0.11}$$

o sea el **11 %** de la capacidad total del banco con lo cual se asegura la vida establecida de las baterías.

B.- Operación ocasional de un sistema con una luminaria



Se observa que el banco es capaz de alimentar a la luminaria durante 4 noches sufriendo una descarga de

$$1848 \text{ W-hr} / 4140 \text{ W-hr} = 0.446$$

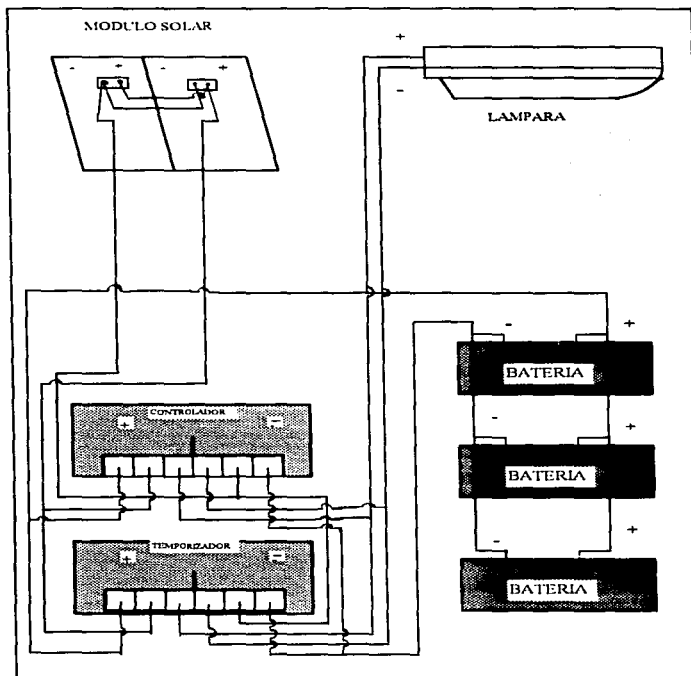
o sea **44.6 %** de su capacidad total sin recibir aportaciones del arreglo solar. Este tipo de operaciones son poco frecuentes y producen un acortamiento a la vida útil de las baterías, aún así el sistema tiene la capacidad de funcionar y mantener alimentada a la luminaria.

Al calcular el banco de baterías se utilizó el factor F_u en la ecuación **C** y se consideró igual a 0.5, es decir, se aplica para asegurar que el banco no sufra descargas de más del 50 %, de otra forma el número de baterías del banco disminuye en el cálculo y para dar la autonomía se tendría que sujetar el banco a descargas mayores al 50 % de su capacidad lo que ocasionaría una disminución muy fuerte en su vida útil.

4.3.- DIAGRAMAS DE ALAMBRADO

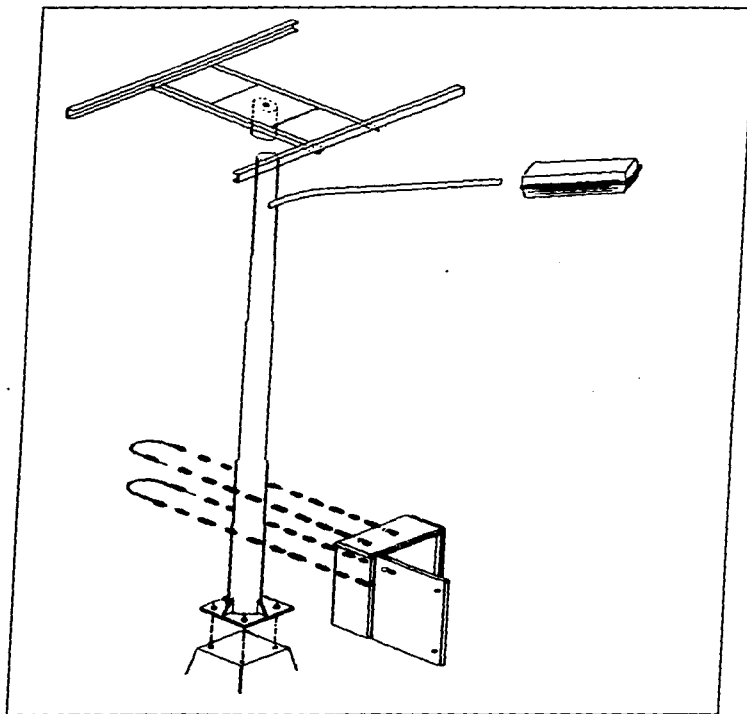
En seguida se muestran los diagramas de alambrado.

Conexión del módulo, lámpara, baterías, controlador y timer. En el caso de dos luminarias la conexión seguirá igual en el controlador y timer, y se aumentarán tres baterías y una luminaria más.



4.4.- INSTALACION FISICA

A continuación se mostrará en la siguiente figura la forma de instalar un sistema fotovoltaico.



4.5.- PRUEBAS DE OPERACION

Existen tres pruebas fundamentales para determinar el estado del sistema.

- **Medir la corriente del arreglo solar y la insolación en el mismo plano y al mismo tiempo.**

La corriente medida se comparará con el valor teórico:

$$I = \frac{M \times I_m \times INS}{1,000 \times NS}$$

Donde:

M = Número de módulos solares

I_m = Corriente pico del módulo solar a 14.3 volts a la temperatura de la celda solar (50 ° C usualmente)

INS = El valor de insolación expresado en watts/m²

NS = Número de módulos solares en serie en cada panel NS = 1 para 12 volts

NS = 2 para 24 volts, etc.

Si el valor medido es menor al valor teórico debe revisarse el cableado de los módulos y la cantidad de las conexiones y elementos de paso en el control de carga.

- **Simular la operación del control de carga:**

Se desconecta el control de carga del resto del sistema y se coloca una fuente de voltaje variable en las terminales de batería del mismo. Se simulan las variaciones de voltaje en el rango esperado y se observa que el control efectúa la conmutación de estados según lo especificado.

En el campo no siempre es posible realizar esta prueba, e incluso algunos tipos de controlador requieren un procedimiento diferente. Por ello, es mejor observar que el control efectúe sus funciones en el sistema mismo. Para simular la descarga de las baterías se pueden desconectar temporalmente los módulos solares.

Si el control de carga no efectúa correctamente su operación se debe revisar su circuitería electrónica.

- **Evaluar la capacidad de la batería:**

No se puede saber de antemano la capacidad real de una batería que ha pasado tiempo operando en un sistema fotovoltaico. La lectura de densidad es un indicativo pero no asegura que se tenga el banco en buenas condiciones.

Por ello, la única alternativa es descargar las baterías, inclusive con la misma carga alimentada y verificar que entregue la autonomía esperada.

Antes de iniciar la prueba se debe asegurar que el control de carga ya este limitando la corriente de los módulos, indicando que el banco de baterías está cargado.

CAPITULO 5
MANTENIMIENTO EN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

El mantenimiento en un sistema fotovoltaico correctamente diseñado e instalado debe ser mínimo. Si la necesidad de reparaciones es frecuente o el sistema se corta repetidamente se debe revisar nuevamente el diseño y verificar que la instalación corresponda lo especificado tanto en materiales como en acabados.

Operación

Con el objeto de prestar un servicio eficiente y confiable al menor costo posible, se recomienda que personas capacitadas realicen las siguientes acciones:

- a) Medición de los niveles de iluminación en las avenidas y estacionamientos.
- b) Elaboración de programas de evaluación y diagnósticos de la operación del alumbrado.
- c) Realización de estudios de aplicación de materiales y equipos actualizados para el mejoramiento del sistema.

Paralelamente con las acciones mencionadas, es necesario efectuar las siguientes funciones:

- . Planeación
- . Administración
- . Abastecimiento y almacenamiento
- . Reaprovechamiento de materiales

⇒ Planeación

Las principales actividades de planeación que deben realizarse son:

- . Mantener actualizada la información del sistema mediante la realización de registros de existencias de equipos y materiales instalados, fechas de instalación y reposición.
- . Estudios de aplicación de materiales y equipos actualizados para el mejoramiento del sistema.

⇒ Administración

Las actividades administrativas que deben efectuarse:

- . Mantener actualizados los registros de costos de equipo y materiales de los diferentes fabricantes.
- . Elaborar presupuestos para la operación, modificación, ampliación y mantenimiento de los sistemas.

⇒ Abastecimiento y almacenamiento

- . Determinación de necesidades de materiales, equipos para la operación y mantenimiento de los sistemas.
- . Elaboración de requisiciones para la adquisición de equipos y materiales.
- . Control de existencias en almacén de equipos y materiales nuevos, reaprovechables y desechables.

⇒ **Reaprovechamiento de materiales**

Desde el punto de vista económico, es muy importante la recuperación y reaprovechamiento de equipos y materiales. Cuando un equipo se ha dañado por el uso o ha sido dañado alguno de sus componentes por elementos externos, es normal y recomendable efectuar la reparación para la cual es indispensable contar con refacciones. Sin embargo, hay ocasiones en que no es posible repararlo, por lo que el equipo se debe retirar de operación y almacenar en un área de desperdicio, especialmente en lo referente a luminarias, postes, soportes, etc. Estos equipos y materiales pueden reconstruirse o aprovecharse para equipos que lo ameriten.

5.1 PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo en un sistema fotovoltaico es sencillo y tiene efectividad si se sigue con cuidado, de acuerdo a las recomendaciones.

⇒ **Mantenimiento en luminarias**

- a) Limpiar el refractor, reflector y fotocelda: Se recomienda, si las condiciones ambientales no son malas, que ésta se lleve a cabo una vez al año para mantener el nivel de iluminación en los valores establecidos.
- b) Revisión de portalámpara, aditamento de montaje, accesorios, fotocelda. Se recomienda anualmente.

⇒ **Mantenimiento a módulos solares**

- a) Comprobar corriente del arreglo solar a las baterías cada vez que se inspeccione el sistema. Periodicidad 3 a 6 meses.
- b) Comprobar que la corriente consumida por la carga alimentada sea igual o inferior a los valores de diseño.
- c) Comprobar funcionamiento de controladores, alarmas, etc.
- d) Limpiar superficie de módulos con trapo seco o fibra plástica. En especial, quitar suciedad gruesa que sombrece las celdas. Periodicidad 3 a 6 meses o más según la experiencia.
- e) Revisar terminales de módulos y conexiones a la intemperie cada 6 meses. Se recomienda hacer las primeras revisiones al mes y 3 meses de instalar el sistema.

⇒ **Mantenimiento a baterías**

- a) Comprobar cada 3 meses el nivel del electrolito: Completar con AGUA DESTILADA, si es necesario (especialmente en Verano). Eventualmente la experiencia indicará si se puede extender el periodo de revisión.
- b) Comprobar homogeneidad en densidad de electrolito en cada celda del banco. Debe asegurarse la densidad máxima nominal se alcance cuando el control de carga fotovoltaica haya llegado a su voltaje de carga completa (desconexión de módulos solares).
- c) Limpiar y engrasar terminales de baterías anualmente. Revisión visual cada 3 meses.

- d) Prueba de Capacidad. Esta prueba es indispensable si se quiere saber el estado real de la batería, especialmente en los tipos de celda "sellados" donde la densidad de electrolito no se puede medir.
- f) Sustituir baterías de acuerdo a lo plancado. No esperar a que fallen. Recordar que existe un efecto de pérdida de eficiencia en retener la carga. La mejor prueba para saber si la batería está usable aún es efectuar una prueba de descarga.

5.2 CORRECTIVO

- a) Sustituir módulos rotos o dañados de sus terminales por unos equivalentes.
- b) Sustituir luminarias rotas o dañadas, así como todo sus accesorios si estos también lo requieren.
- c) Sustituir cables dañados o con efecto de corrosión ambiental.
- d) Sustituir celdas de baterías dañadas (visualmente) o que no retengan la carga (baja densidad de electrolito). Las celdas malas en un banco de baterías pueden detectarse durante la prueba de descarga pues serán las de menor voltaje.
- f) El mantenimiento a los postes, herrajes, cajas de baterías es en especial pintarlos anualmente, y reemplazarlos si se amerita.

Elaboración de programa de inspección y mantenimiento

Para conseguir que el servicio del sistema fotovoltaico sea eficiente, es necesario efectuar periódicamente inspecciones a las instalaciones, las cuales permiten detectar las fallas que existen y proceder a su arreglo.

Lógicamente, las fallas que se presentan varían en cantidad y magnitud, de acuerdo con factores ambientales como el aire, polvo, lluvia, etc., las cuales afectarán en una u otra forma la operación del sistema de alumbrado fotovoltaico.

El encargado de planear el mantenimiento debe programar la inspección periódica, y con base en ello formular una "ORDEN DE INSPECCION".

De acuerdo con esta orden se hace el recorrido para verificar y reportar los siguientes conceptos:

- . Lecturas de niveles de iluminación
- . Luminarias sucias o dañadas
- . Lámparas apagadas
- . Controles defectuosos
- . Daños en equipos y/o materiales del sistema eléctrico
- . Postes dañados, necesidad de pintura, etc.

Una vez que se cuenta con este reporte de inspección, se programa el mantenimiento mediante una ORDEN DE TRABAJO para arreglar los daños reportados. Esta tarea puede incluso consistir en la reposición del material o equipo dañado, como sucede en caso de ACCIDENTES O VANDALISMO.

CAPITULO 6
ESTUDIO COSTO-BENEFICIO

El objetivo del presente estudio es determinar los beneficios que trae la sustitución de la alimentación convencional en el alumbrado de Ciudad Universitaria por un sistema de generación fotovoltaico.

Primero se determinarán los costos que se generarán al implementar el sistema fotovoltaico, a continuación se determinan los beneficios, considerados como aquellos costos que dejarán de aplicarse al sustituir la alimentación del alumbrado y por último se hará el análisis costo-beneficio y se expondrán las conclusiones de este análisis.

⊗ **Consideraciones para efectos del presente estudio:**

- Se aplicará la técnica de valor presente
- Se hará el análisis a pesos constantes del año cero
- El periodo de análisis es igual a la vida útil del sistema fotovoltaico
- Los precios del sistema fotovoltaico son precios de lista de CONDUMEX División de Energías Alternas en el mes de Octubre de 1996
- El precio de la energía eléctrica (KW-Hr) es el que especifica C.F.E. para alumbrado público en la tarifa 5 para el mes de Octubre de 1996
- El costo del recambio de las lámparas es su precio de lista más un porcentaje por instalación y mantenimiento de la luminaria

⊗ **Costos que se generan al implementar el sistema fotovoltaico:**

De acuerdo a lo que se ha tratado en capítulos anteriores, tenemos que para sustituir la alimentación de un poste con un solo brazo y que actualmente tiene montadas luminarias con lámparas ya sea de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 400 W o de vapor de mercurio de 400 W, se requiere de un sistema fotovoltaico compuesto de los siguientes elementos a los siguientes precios

Precios del equipo solar para alimentar un poste con un brazo y una luminaria

2	Módulos fotovoltaicos modelo PC4 JF	\$ 6,301.29
2	Baterias Delco 2000	\$ 707.30
1	Control de carga CMCX-12/15/20F	\$ 417.00
1	Gabinete metálico para dos baterias	\$ 202.70
1	Timer electrónico	\$ 350.00
1	Luminaria con lámpara SOX-E36	\$ 442.45
1	Juego de herrajes, arneses y accesorios	\$ 378.71
	Instalación, prueba y puesta en operación	\$ 1,600.00
	TOTAL	\$ 10,399.45

y para sustituir la alimentación de un poste con dos brazos que actualmente tiene montadas luminarias con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 400 W, de vapor de mercurio de 250 W y de 400 W o de aditivos metálicos de 1000 W se requiere un sistema fotovoltaico con los siguientes elementos y con los siguientes precios:

Precios del equipo solar para alimentar un poste de dos brazos y dos luminarias.

4	Módulos fotovoltaicos modelo PC4 JF	\$ 12.602 58
5	Baterias Delco 2000	\$ 1.828 25
1	Control de carga CCX-12/30/30F	\$ 1.190 00
1	Gabinete metálico para cuatro baterias	\$ 292 86
1	Gabinete metálico para dos baterias	\$ 202 70
1	Timer electrónico	\$ 350 00
2	Luminaria con lámpara SOX-E36	\$ 884 90
1	Juego de herrajes, arneses y accesorios	\$ 662 74
	Instalación, prueba y puesta en operación	\$ 2.987 22
	TOTAL	\$ 21.001,25

El tipo de lámpara que sustituye a las que actualmente se encuentran instaladas y que es compatible con la alimentación de tipo fotovoltaico es una lámpara de vapor de sodio de baja presión modelo SOX-E36 marca Philips, con una vida útil de 24 000 horas (aproximadamente 6 años con un régimen de uso de 12 horas al día). El precio comercial de esta lámpara es de \$117 30.

Las vidas útiles que especifican los fabricantes para los elementos del sistema se indican a continuación.

• Módulos fotovoltaicos	20 años
• Baterias	4 años
• Lámparas SOX-E36	6 años

A excepción de las baterias y las lámparas la vida útil del sistema fotovoltaico es de 20 años, por lo que ésta es considerada como la duración del periodo de analisis. En base a lo anterior se puede plantear un flujo de caja que represente los costos que se aplican a la operación del sistema fotovoltaico a lo largo de su vida útil.

Año	Concepto
0	Inversión inicial para instalación del sistema fotovoltaico
4	Reemplazo de baterias
6	Reemplazo de lámparas
8	Reemplazo de baterias
12	Reemplazo de baterias y lámparas
16	Reemplazo de baterias
18	Reemplazo de lámparas.

Se hace la observación de que en los años que no se indican anteriormente los costos que se generan son nulos, es decir, por las características del sistema fotovoltaico a lo largo de su vida útil no se requiere mantenimiento por lo que los únicos elementos sujetos a desgaste, y que generan costos adicionales, son las lámparas de vapor de sodio de baja presión (V.S.B.P.) y los bancos de baterías

En base a lo que se ha expuesto anteriormente hemos diseñado un cuadro para determinar y poder visualizar el flujo de los costos globales, este cuadro se presenta al final de este capítulo.

⊗ Beneficios que se generan al implementar el sistema fotovoltaico.

Como se indicó anteriormente, consideraremos a los beneficios como aquellos costos que se dejarán de aplicar al sustituir la alimentación convencional del alumbrado por un sistema fotovoltaico, estos beneficios son por eliminación del consumo de energía eléctrica, por la eliminación del reemplazo de lámparas que actualmente se encuentran montadas y del mantenimiento de luminarias existentes

Basándonos en el levantamiento físico presentado en el capítulo 3 y en una investigación de precios, se tienen los siguientes datos para las diferentes luminarias instaladas según el tipo de lámpara que contienen.

Luminaria en poste de un solo brazo:

Tipo de lámpara	Potencia nominal	Consumo anual de energía por una lámpara	Vida útil de la lámpara	Reemplazo de lámparas y mtto. de luminaria
V.S.A.P.	400 W	2190.00 KW-hr	5.5 años	\$ 104.00
V.S.A.P.	250 W	1368.75 KW-hr	5.5 años	\$ 115.00
V.M.	400 W	2190.00 KW-hr	5.5 años	\$ 163.00
V.M.	250 W	1358.75 KW-hr	5.5 años	\$ 148.00

Luminaria en poste de dos brazos:

Tipo de lámpara	Potencia nominal	Consumo anual de energía por 2 lámparas	Vida útil de la lámpara	Reemplazo de lámparas y mtto. de luminarias por poste.
V.S.A.P.	400 W	4380.00 KW-hr	5.5 años	\$ 208.00
V.S.A.P.	250 W	2737.50 KW-hr	5.5 años	\$ 230.00
V.M.	400 W	4380.00 KW-hr	5.5 años	\$ 326.00
V.M.	250 W	2737.50 KW-hr	5.5 años	\$ 296.00
A.M.	1000 W	10950.00 KW-hr	2.7 años	\$ 364.00

La vida útil de las lámparas fue obtenida del "Catálogo General de Especificaciones 1996" de Philips Iluminación.

El flujo de caja que representa los beneficios generados anualmente se compone del consumo anual de energía eléctrica a lo largo del periodo de análisis, a partir del año 1, más el costo de reemplazar las lámparas en los años en que esto ocurra, de acuerdo a su vida útil.

Al final de este capítulo presentamos una matriz que nos indica los beneficios globales que se obtienen al instalar el sistema fotovoltaico y sustituir el tipo de alimentación convencional que actualmente opera, consideramos el precio de **1 KW-hr = 50.72798** según la tarifa 5, aplicada por C.F.E. para el alumbrado público en Octubre de 1996.

⊗ Análisis Costo-Beneficio

Para propósitos de éste análisis hemos implementado una tabla en la hoja de cálculo Excel Versión 5.0 que nos permite determinar la tasa interna de rendimiento (TIR) anual sobre la inversión inicial que se requiere para la instalación del sistema fotovoltaico, esta tasa de rendimiento nos proporcionará elementos para poder decidir si es conveniente o no llevar a cabo la sustitución del tipo de alimentación en el alumbrado de Ciudad Universitaria, desde el punto de vista económico.

Esta tabla contiene las siguientes columnas:

- En la primera se indican los años del periodo de análisis.
- En la segunda se especifican los costos globales anuales que se generarán por la instalación del sistema fotovoltaico.
- En la tercera columna se indican los beneficios globales obtenidos en cada año
- En la cuarta se calcularon los beneficios globales netos anuales (BNn) como un flujo de caja, utilizando la siguiente expresión:

$$\text{BENEFICIOS GLOBALES NETOS} = \text{BENEFICIOS GLOBALES} - \text{COSTOS GLOBALES}$$

- En la quinta columna se calcula ($VPn / BNn, TIR\%, n$), llamado factor de pago único, cantidad compuesta (valor futuro).
- La sexta columna contiene el valor presente (VPn) de los beneficios globales netos (BNn), obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$VPn = BNn (VPn / BNn, TIR\%, n)$$

donde:

VPn = Valor presente del beneficio neto obtenido en el año "n".

BNn = Beneficio neto obtenido en el año "n".

TIR = Tasa interna de rendimiento.

n = Número de periodos de interés.

El factor $(VPn / BNn, TIR\%, n)$ se calcula como:

$$(VPn / BNn, TIR\%, n) = (1 + TIR)^{-n}$$

Se observa que la única incógnita en las dos ecuaciones anteriores es la TIR y para obtenerla es necesario hacer cálculos de prueba y error basándonos en el siguiente criterio:

$$VPN = 0$$

Dónde VPN es el valor presente neto obtenido de sumar el valor presente de los beneficios netos desde el año cero hasta el último año del periodo de análisis, es decir:

$$0 = VPN = BN_0(1 + TIR)^0 + BN_1(1 + TIR)^{-1} + BN_2(1 + TIR)^{-2} + \dots + BN_n(1 + TIR)^{-n}$$

Al encontrar la TIR que cumpla con la ecuación anterior se obtiene el rendimiento interno que ofrece la inversión inicial. Para facilitar la obtención de la TIR hemos graficado el VPN a diferentes tasas de interés, lo que muestra entre que valores se hace cero y a partir de esto se efectúan los cálculos de prueba y error. Al del capítulo se especifica la gráfica y la hoja de cálculo que se realizaron, también se incluye una matriz que señala los flujos de caja para el pago de inversión y los rendimientos anuales obtenidos.

Hasta aquí hemos determinado la $TIR = 9\%$ que se obtiene sobre la inversión global inicial, es decir, al sustituir el sistema de alumbrado completo (a excepción del alumbrado que se compone de postes con dos y cuatro luminarias de más de 1.5 m, debido a que se requiere hacer un proyecto de iluminación completo para ubicar nuevos postes con alimentación fotovoltaica), pero resulta claro que los beneficios obtenidos no son los mismos para los diferentes tipos de luminarias de acuerdo al tipo de lámparas que portan. Así, se obtienen mayores beneficios al sustituir una lámpara de 1000 W que al hacerlo con una de 250 W. A continuación se hace una comparación entre las tasas internas de rendimiento obtenidas al sustituir los diferentes tipos de luminarias.

Tipo y potencia de la lámpara	Brazos por poste	Postes instalados	Inversión inicial por poste para inst. el sist. fotov.	TIR % Sobre la inversión inicial
V.S.A.P. 400 w	1	193	\$ 10,399.45	17.76%
V.S.A.P. 250 w	1	344	\$ 10,399.45	7.74%
V.M. 400 w	1	269	\$ 10,399.45	17.44%
V.S.A.P. 400 w	2	60	\$ 21,001.25	16.76%
V.S.A.P. 250 w	2	353	\$ 21,001.25	8.09%
V.M. 400 w	2	96	\$ 21,001.25	16.83%
V.M. 250 w	2	29	\$ 21,001.25	8.15%
A.M. 1000 w	2	10	\$ 21,001.25	47.16%
GLOBAL		1354	\$ 19,890,641.70	9%

éstos resultados se han obtenido aplicando el método utilizado anteriormente

Conclusiones

Hemos obtenido una tasa interna de rendimiento (TIR) global de 9 %, esta tasa resulta atractiva si consideramos que para desarrollar proyectos de este tipo la obtención de recursos es por medio de créditos contratados con el extranjero, estos créditos generan un costo por pago de intereses de entre 5% y 10% según datos publicados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en diferentes fechas de 1996 del Diario Oficial de la Federación. Tomando como base el costo del dinero para financiar éste proyecto podemos concluir que resulta conveniente efectuar ésta inversión.

Vale la pena señalar que los beneficios económicos obtenidos con la ejecución de éste proyecto se amplían si tomamos en cuenta que:

- Se aumenta la capacidad eléctrica instalada por la eliminación de la carga que actualmente representa el alumbrado de Ciudad Universitaria
- Los KW-Hr liberados se pueden aplicar a otras actividades económicas que generen a su vez nuevos recursos.

BENEFICIOS GLOBALES GENERADOS AL INSTALAR EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

POSTE DE UN BRAZO			POSTE DE DOS BRAZOS					
VSAP 400	VSAP 250	VM 400	VSAP 2 X 400	VSAP 2 X 250	VM 2 X 400	VM 2 X 250	A.M. 2 X 1000	Ipny Pol. (Watts) de tiempo en
193	344	269	60	353	96	79	10	Puntos instalados
1.594,28	998,42	1.594,00	3.188,55	1.992,85	3.188,55	1.992,60	7.971,38	Costo de cada instalacion
194,00	115,00	183,00	208,00	230,00	328,00	296,00	364,00	Manejo de tiempo en
5,5 años	5,5 años	5,5 años	5,5 años	5,5 años	5,5 años	5,5 años	7,7 años	Modo Off de tiempo en

ANO	FILIO DE CASH DE LOS BENEFICIOS GLOBALES								TOTAL BENEFICIOS
D									
1	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
2	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
3	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	83.353,81	2.421.296,69
4	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
5	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
6	327.767,31	382.329,38	472.654,28	203.793,14	784.664,37	337.397,03	66.369,37	83.353,81	2.658.328,69
7	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
8	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
9	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	83.353,81	2.421.296,69
10	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
11	327.767,31	382.329,38	472.654,28	203.793,14	784.664,37	337.397,03	66.369,37	83.353,81	2.658.328,69
12	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
13	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
14	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	83.353,81	2.421.296,69
15	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
16	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
17	327.767,31	382.329,38	472.654,28	203.793,14	784.664,37	337.397,03	66.369,37	83.353,81	2.658.328,69
18	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69
19	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	83.353,81	2.421.296,69
20	307.695,31	342.769,38	428.807,28	191.313,14	703.474,37	308.101,03	57.785,37	79.713,81	2.417.659,69

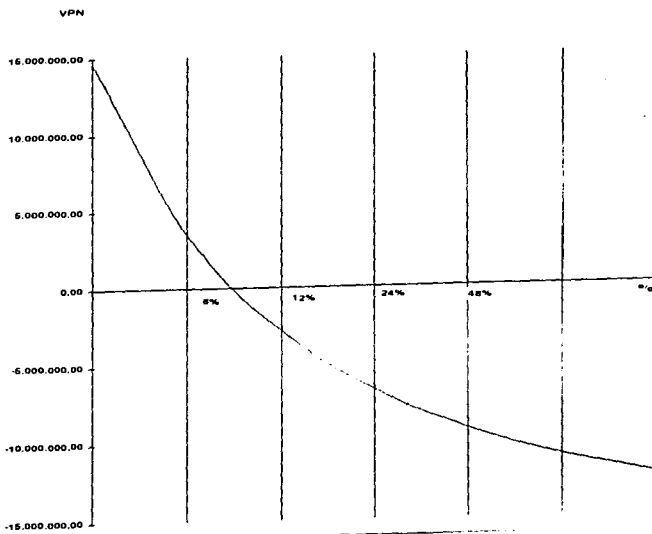
ANALISIS COSTO-BENEFICIO

AÑO	COSTOS SISTEMA FOTOVOLTAICO	BENEFICIOS	BENEFICIOS NETO	VALOR PRESENTE	
				IR	IR + V
0	10 890 841.89		10 890 841.89	1 0000	10 890 841.89
1		2 417 859.89	2 417 859.89	0.9213	2 227 409.17
2		2 417 859.89	2 417 859.89	0.8488	2 052 129.84
3		2 421 299.99	2 421 299.99	0.7820	1 892 400.13
4	1 671 984.80	2 417 859.89	845 894.89	0.7206	609 307.61
5		2 417 859.89	2 417 859.89	0.6628	1 604 794.18
6	223 104.80	2 858 328.89	2 435 224.09	0.6116	1 489 251.10
7		2 417 859.89	2 417 859.89	0.5634	1 362 182.76
8	1 671 984.80	2 417 859.89	845 894.89	0.5191	438 087.72
9		2 421 299.89	2 421 299.89	0.4782	1 157 955.89
10		2 417 859.89	2 417 859.89	0.4400	1 086 230.27
11		2 858 328.89	2 858 328.89	0.4059	1 079 100.32
12	1 785 069.40	2 417 859.89	822 890.29	0.3740	232 841.47
13		2 417 859.89	2 417 859.89	0.3448	833 024.93
14		2 421 299.89	2 421 299.89	0.3174	768 828.03
15		2 417 859.89	2 417 859.89	0.2926	707 078.59
16	1 571 984.80	2 417 859.89	845 894.89	0.2694	227 872.04
17		2 858 328.89	2 858 328.89	0.2482	669 974.31
18	223 104.80	2 417 859.89	2 421 299.89	0.2287	591 938.82
19		2 421 299.89	2 421 299.89	0.2107	510 199.80
20		2 417 859.89	2 417 859.89	0.1941	469 344.80
				VALOR PRESENTE NETO=	0.00

FLUJOS DE CAJA PARA PAGO DE INVERSION Y RENDIMIENTOS

AÑO	BENEFICIOS NETOS	INVERSION NO RECUPERADA AL PRINCIPIO DEL AÑO	RENDIMIENTO SOBRE INVERSION NO RECUPERADA	PAGO DE LA INVERSION AL FINAL DEL AÑO	INVERSION NO RECUPERADA AL FINAL DEL AÑO
0	-10 890 841.89				
1	2 417 859.89	10 890 841.89	1 098 926.75	718 732.94	19 171 908.75
2	2 417 859.89	10 171 908.76	1 637 537.39	780 122.34	18 391 786.41
3	2 421 299.89	18 391 786.41	1 701 804.47	850 395.27	17 541 391.19
4	845 894.80	17 541 391.19	1 408 269.35	862 674.48	18 103 985.64
5	2 417 859.89	18 103 985.64	1 584 007.03	883 651.79	17 330 313.88
6	2 435 224.09	17 330 313.88	1 480 240.52	884 983.97	18 375 330.25
7	2 417 859.89	18 375 330.25	1 498 872.18	1 018 987.63	16 358 342.78
8	845 894.80	16 358 342.78	1 311 837.00	485 842.11	15 822 284.80
9	2 421 299.89	15 822 284.89	1 351 434.89	1 069 895.07	14 752 419.88
10	2 417 859.89	14 752 419.88	1 280 053.94	1 157 895.78	13 594 814.10
11	2 858 328.89	13 594 814.10	1 161 178.90	1 487 149.79	12 097 868.31
12	822 890.29	12 097 868.31	1 035 302.28	410 211.99	12 508 378.30
13	2 417 859.89	12 508 378.30	1 068 382.68	1 340 277.11	11 160 099.19
14	2 421 299.89	11 160 099.19	953 126.27	1 468 163.42	9 986 936.78
15	2 417 859.89	9 986 936.78	827 235.49	1 549 924.20	8 101 011.57
16	845 894.80	8 101 011.57	691 934.70	1 53 750.19	7 947 261.39
17	2 858 328.89	7 947 261.39	678 801.53	1 979 527.16	5 987 774.23
18	2 194 655.09	6 987 774.23	509 723.44	1 084 631.95	4 267 492.38
19	2 421 299.89	4 267 492.38	365 816.29	2 055 483.40	2 227 409.18
20	2 417 859.89	2 227 409.18	100 250.53	2 227 409.18	0.01

VPN A DIFERENTES TASAS DE RENDIMIENTO



CAPITULO 7
PROYECTO EJECUTIVO

Este estudio nos servirá para tener un criterio de evaluación económica global: para saber si el proyecto es factible de llevarlo a cabo.

COSTOS QUE GENERA EL SISTEMA CONVENCIONAL

COSTO DE LAMPARA/MANTENIMIENTO			
TIPO DE LAMPARA	No. DE LAMPARAS	COSTO POR LAMPARA/MANTENIMIENTO	COSTO TOTAL
V.M 400 W	461	\$ 163.00	\$ 75.143
V.M 250 W	98	\$ 148.00	\$ 14.504
V.S.A.P 400 W	393	\$ 104.00	\$ 40.872
V.S.A.P 250 W	1050	\$ 115.00	\$ 120.750
A.M 1000 W	20	\$ 182.00	\$ 3.640
TOTAL	2022		\$ 254.909

COSTO DEL CONSUMO ANUAL DE ENERGIA				
TIPO DE LAMPARA	No. DE LAMPARAS	CONSUMO DE ENERGIA (MWH)	COSTO DE LA ENERGIA (KWH)	COSTO TOTAL DE LA ENERGIA
V.M 400 W	461	1009.59	\$ 0.7279	\$ 734.880 56
V.M 250 W	98	134.14	\$ 0.7279	\$ 97.640 50
V.S.A.P 400 W	393	860.67	\$ 0.7279	\$ 626.481 70
V.S.A.P 250 W	1050	1437.19	\$ 0.7279	\$ 1.046.130 60
A.M 1000 W	20	109.5	\$ 0.7279	\$ 79.705 05
TOTAL	2022	3551.08		\$2.584.838.41

COSTO GLOBAL DEL SISTEMA CONVENCIONAL				
TIPO DE LAMPARA	No. DE LAMPARAS	COSTO TOTAL LAMP./MITO.	COSTO TOTAL ANUAL DE LA ENERGIA	COSTO TOTAL
V.M 400 W	461	\$ 75.143	\$ 734.880 56	\$ 810.023 56
V.M 250 W	98	\$ 14.504	\$ 97.640 50	\$ 112.144 50
V.S.A.P 400 W	393	\$ 40.872	\$ 626.481 70	\$ 667.353 70
V.S.A.P 250 W	1050	\$ 120.750	\$ 1.046.130 60	\$ 1.166.880 6
A.M 1000 W	20	\$ 3.640	\$ 79.705 05	\$ 83.345 05
TOTAL	2022	\$ 254.909	\$ 2.584.838.41	\$2.839.747.41

COSTO QUE GENERA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

PRECIOS DEL EQUIPO SOLAR PARA ALIMENTAR UN POSTE CON UN BRAZO Y UNA LUMINARIA		
No.	EQUIPO	COSTO
2	Módulo fotovoltaico modelo PC4JF	\$ 6,301.29
2	Baterías Delco 2000	\$ 707.30
1	Control de carga CMCX-12/15/20 F	\$ 401.00
1	Gabinete metálico para dos baterías	\$ 202.70
1	Timer electrónico	\$ 350.00
1	Luminaria con lámpara SOX-E36	\$ 442.45
1	J. de herrajes, arneses y accesorios	\$ 378.71
	Instalacion, prueba y puesta en operacion	\$ 1,600.00
TOTAL		\$10,399.45

PRECIOS DEL EQUIPO SOLAR PARA ALIMENTAR UN POSTE CON DOS BRAZOS Y DOS LUMINARIAS		
No.	EQUIPO	COSTO
4	Módulo fotovoltaico modelo PC4JF	\$ 12,602.58
5	Baterías Delco 2000	\$ 1,828.25
1	Control de carga CMCX-12/30/30F	\$ 1,190.00
1	Gabinete metálico para dos baterías	\$ 202.70
1	Gabinete metálico para cuatro baterías	\$ 292.86
1	Timer electrónico	\$ 350.00
2	Luminarias con lámpara SOX-E36	\$ 884.90
1	J. de herrajes, arneses y accesorios	\$ 662.74
	Instalacion, prueba y puesta en operacion	\$ 2,987.22
TOTAL		\$ 21,001.25

COSTO GLOBAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO				
TIPO DE LAMPARA PARA CAMBIAR	No. DE POSTE	No. DE BRAZO DEL POSTE	COSTO DE EQUIPO A INSTALAR	COSTO TOTAL
V.M 400 W	269	1	\$ 10,399.45	\$ 2,797,452.05
V.S.A.P 400 W	193	1	\$ 10,399.45	\$ 2,007,093.85
V.S.A.P 250 W	344	1	\$ 10,399.45	\$ 3,577,410.80
V.M 400 W	96	2	\$ 21,001.25	\$ 2,016,120.00
V.M 250 W	29	2	\$ 21,001.25	\$ 609,036.25
V.S.A.P 400 W	60	2	\$ 21,001.25	\$ 1,260,075.00
V.S.A.P 250 W	353	2	\$ 21,001.25	\$ 7,413,441.25
A.M 1000 W	10	2	\$ 21,001.25	\$ 210,012.50
TOTAL		1354		\$ 19,890,641.70

**Tabla de comparación
Sistema Convencional vs. Sistema Fotovoltaico**

AÑO	COSTO INVERSIÓN S. CONVENCIONAL INICIO DEL AÑO	INV. TOTAL S. CONVENCIONAL FINAL DEL AÑO	COSTO INVERSIÓN S. FOTOVOLTAICO INICIO DEL AÑO	PAGO INVERSIÓN S. FOTOV. FINAL DEL AÑO
0	\$ 2,839,747.41		\$ 19,890,641.69	
1		\$ 3,146,440.13		\$ 19,171,908.75
2		\$ 3,486,255.66		\$ 18,391,786.41
3		\$ 3,862,771.28		\$ 17,541,391.19
4		\$ 4,279,950.57	\$ 1,571,964.80	\$ 18,193,965.64
5		\$ 4,742,185.23		\$ 17,330,313.88
6	\$ 225,922.00	\$ 5,672,361.27	\$ 223,104.60	\$ 16,375,330.32
7		\$ 5,821,810.09		\$ 15,356,342.78
8		\$ 6,450,565.60		\$ 15,822,284.89
9		\$ 7,147,226.67		\$ 14,752,419.88
10		\$ 7,919,127.14		\$ 13,594,814.10
11		\$ 8,774,392.89		\$ 12,097,664.31
12	\$ 225,922.00	\$ 10,495,483.40	\$ 1,795,069.40	\$ 12,508,376.30
13		\$ 10,772,006.27		\$ 11,153,099.19
14		\$ 11,935,382.94		\$ 9,690,935.78
15		\$ 13,224,404.30		\$ 8,101,011.57
16		\$ 14,652,639.97	\$ 1,571,964.80	\$ 7,947,251.39
17		\$ 16,235,125.09		\$ 5,967,724.23
18	\$ 225,922.00	\$ 19,419,632.52	\$ 223,104.60	\$ 4,282,892.58
19		\$ 19,931,278.60		\$ 2,227,409.18
20		\$ 22,083,856.70		\$ 0.0000

* Esta tabla contiene las siguientes columnas

1ª columna indica los años del periodo de análisis

2ª columna especifica el costo de la inversión neta del sistema convencional al principio del año. En esta columna se especifican los años donde se hace el reemplazo de lámparas.

3ª columna indica la inversión total del sistema convencional al final del año, calculandose con el valor futuro (VF_n), obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$VF_n = VP(VF/VP, i\%, n) = VP(1 + i\%)^n$$

donde:

VF_n = Valor futuro del costo neto obtenido en el año "n"

VP = Valor presente del costo total del sistema obtenido en el año "n"

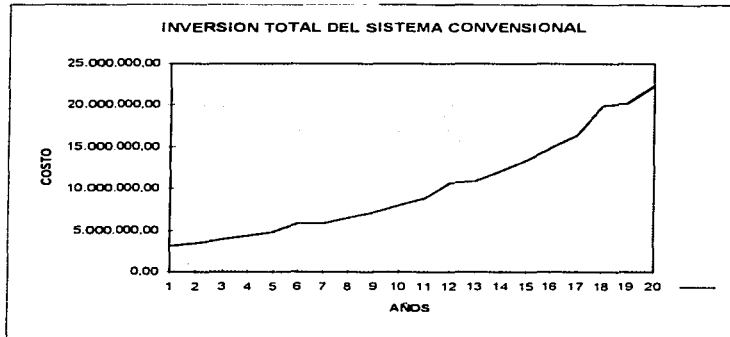
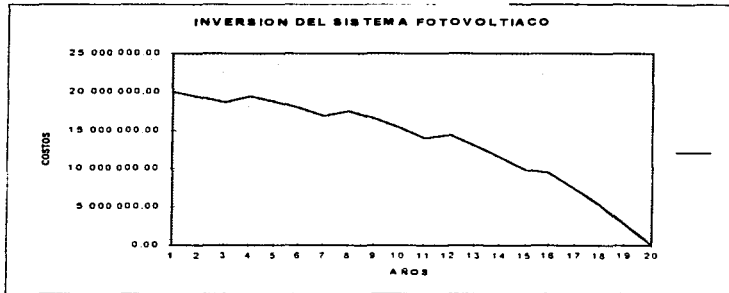
i% = Interés porcentual del incremento del costo de la energía durante 10 años (1990-1999). En este caso i = 10.8 %

n = Número de periodos de interés.

4ª columna indica el costo de la inversión del sistema fotovoltaico al principio del año.

5ª columna indica el pago de la inversión del sistema fotovoltaico al final del año.

GRAFICAS DE INVERSION SISTEMA CONVENCIONAL VS. SISTEMA FOTOVOLTAICO



Conclusión.

En las dos gráficas se aprecia el incremento y decremento de los costos de inversión de los sistemas convencional y fotovoltaico respectivamente durante un periodo de 20 años.

Año

Observación

0	Costos de la inversión de los sistemas convencional y fotovoltaico respectivamente.
1	Inicio de los incrementos y decrementos de las inversiones de los sistemas convencional y fotovoltaico respectivamente.
19	Pago de la inversión del sistema fotovoltaico al final del año.
20	Inicio de los beneficios totales de la utilización de la energía solar al inicio del año.

CONCLUSIONES

El cuidado del ambiente resulta ser un aspecto fundamental de la explotación y uso de los recursos energéticos. Las cada vez más estrictas restricciones ambientales han planteado un reto a la ingeniería mexicana para la obtención de soluciones que den resultados efectivos. Es necesario que se haga un mayor esfuerzo de coordinación entre entidades del sector empresarial, gubernamental y académico, y una mayor atención a los aspectos normativos y de auditorías, como también, se dé un impulso decisivo a los proyectos de investigación multidisciplinarios en este campo.

Buscando un equilibrio tecnológico y pensando en un programa balanceado de fuentes primarias de energía que tengan una visión futurista, sería conveniente dar más apoyo y poner mayor énfasis en otras fuentes alternativas cuyas tecnologías y potenciales son ya una realidad, como son la energía solar, energía eólica, etc. adicionalmente se requiere un apoyo más decidido a las fuentes alternativas para la electrificación con nuevos y creativos proyectos en las zonas rurales en donde el costo del uso de la energía eléctrica por medios convencionales resulta elevado.

El uso eficiente de la energía se sustenta en la factibilidad de desarrollar nuevos esquemas de equilibrio entre los recursos energéticos y la demanda de servicios y bienes para las poblaciones de nuestro país sobre todo las regiones más desprotegidas. En este sentido, al fomentar el desarrollo de fuentes no convencionales de generación de energía, dadas las características del territorio y sus valores naturales (Propuesta de alumbrado con energía solar) se motivará la participación académica universitaria para abrir nuevas y mejores opciones de uso de los recursos naturales inagotables, todo ello enmarcado en las bases de la filosofía del desarrollo sustentable con las mejores intenciones medioambientales.

La Propuesta de alumbrado con energía solar para estacionamientos y circuitos viales de Ciudad Universitaria (entre otras alternativas) costata la importancia que tiene el sector energetico y el impulso que está recibiendo el aprovechamiento de los recursos naturales y el suministro de servicios públicos para la población y la actividad económica del país. Este impulso refleja el interés por parte de un grupo cada vez más grande y participativo de ingenieros del sector privado, gubernamental y educativo. Este último grupo (docente) tiene un mayor interés por las nuevas generaciones de ingenieros; que en el momento tienen la responsabilidad de su formación profesional, de introducirlos y motivarlos a desarrollar proyectos de problemas poco comunes (futuristas).

La Propuesta de alumbrado con energía solar para estacionamientos y circuitos viales de Ciudad Universitaria es un trabajo sustentado por el gran interés por parte de los alumnos y el director de este trabajo de tesis, para introducirse formal y

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

seriamente en el desarrollo de un proyecto factible para el uso neto de la energía solar enfocado a un servicio comunitario (Ciudad Universitaria). Desarrollándose este trabajo, la Universidad Nacional Autónoma de México en coordinación con la Facultad de Ingeniería sería la primera institución en desarrollar y poner en servicio un sistema de alumbrado con energía solar de grandes dimensiones.

El estudio desarrollado en este trabajo tiene como objetivo primordial aprovechar la infraestructura existente del alumbrado de Ciudad Universitaria, como ya se ha mencionado el procedimiento no es preciso +/- 15 % ; pero nos permite desarrollar una base de factibilidad para implantar el sistema solar.

Otro de los objetivos de este trabajo es de desarrollar un documento accesible de entender e introducirse, para el desarrollo de la implantación de un sistema solar, y de la descripción de los principales componentes y características generales del sistema de alumbrado "público" por alimentación solar. Así como proporcionar los datos técnicos para el cálculo e instalación del sistema solar y su respectivo mantenimiento, que en lo personal esté último es de suma importancia.

El presente trabajo no es una guía de diseño de sistemas de alumbrado público con alimentación de energía solar, sino la descripción práctica de sus principales componentes, considerando los aspectos que influyen en los costos de instalación y mantenimiento.

Con la **Propuesta de alumbrado con energía solar para estacionamientos y circuitos viales de Ciudad Universitaria** además de obtenerse un sistema de alumbrado eficiente y rentable aprovechando un recurso natural inagotable no sólo se logrará el objetivo antes planteado sino también los siguientes beneficios.

- ▲ Obtener un total ahorro en el pago exclusivo por consumo de energía convencional para el alumbrado de circuitos viales y estacionamientos, disminuyendo así el consumo de energía eléctrica total que requiere Ciudad Universitaria.
- ▲ Contar con un documento que describa, en forma práctica y teórica, las características principales y requisitos que debe cumplir la implantación de un sistema de alumbrado público con alimentación fotovoltaica.
- ▲ Tener las bases para aplicar los criterios y procedimientos prácticos actualizados con el fin de elevar la eficiencia y reducir los costos de instalación, operación y mantenimiento de un sistema de alumbrado con alimentación fotovoltaica.
- ▲ Contar con información que sirva como auxiliar para la selección y compra de equipos y materiales.
- ▲ Conocer los métodos y procedimientos actualizados para el cálculo e instalación del sistema solar, controlar los tiempos de operación y aprovechar al máximo la luz natural para el sistema de alumbrado.

A continuación se dará un resumen de todos los capítulos desarrollados:

- Los capítulos 1 y 2 dan un bosquejo generalizado de la forma en que se compone un sistema fotovoltaico, los elementos que lo componen: celdas y módulos solares, banco de baterías, recurso solar. También cómo se dimensiona un sistema solar, balance de energías, cálculo del arreglo, de la energía consumida y del banco de baterías del sistema solar, especificación del controlador de carga y del inversor. Con la finalidad que la persona no familiarizada con los conocimientos elementales del funcionamiento y constitutivo de un sistema solar, pueda comprender los procedimientos teóricos y prácticos que se tomaron para el desarrollo de este trabajo.
- En el capítulo 3 cabe mencionar que el levantamiento aquí expuesto no es el real por dos razones fundamentales. Primero: en el caso de circuitos viales no se tomaron en cuenta los pasos a desnivel, en los estacionamientos no se contabilizaron los reflectores y en unos caso los postes de más de 12 metros de altura. Ya que el objetivo es utilizar la infraestructura existente (postes) Segundo como es sabido la Universidad tiene una constante ampliación de todas sus instalaciones; en este caso la Universidad construye, amplía y remodela nuevos y necesarios circuitos viales y estacionamientos. Por lo que la existencia aquí mencionada varía y variará conforme pase el tiempo.
- En el capítulo 4 se muestran los diagramas esquemáticos y de alambrado que todo sistema de iluminación público solar contiene. Cálculos y parámetros de diseño, cálculo de iluminación, arreglo interpostal (en este estudio fueron Arreglo bilateral opuesto, arreglo unilateral, arreglo bilateral montaje intermedio, arreglo tresbolillo), se muestran unas tablas para saber la intensidad de iluminación de cada arreglo interpostal. Se muestra la instalación física del sistema fotovoltaico y por último las pruebas de operación.
- En el capítulo 5 desde el punto de vista personal es el más importante, ya que para que el sistema opere con una eficiencia mayor, el mantenimiento en todos los componentes del sistema solar es tan indispensable que no debe de haber pretexto alguno para no hacerlo o retardarlo.
- En el capítulo 6 los costos mostrados y manejados en el presente trabajo van a llegar a variar conforme la inflación económica lo demande, pero este capítulo está enfocado de tal forma que el usuario de este trabajo tenga una amplia idea de como tomar los criterios de decisión para un estudio específico de costos y beneficios sobre un análisis económico en ingeniería.
- El capítulo 7 nos muestra la forma de variación creciente y decreciente de los dos sistemas en estudio (fotovoltaico y convencional) y también se tomo bajo un análisis económico en ingeniería. Nos damos cuenta que el sistema convencional tiene un crecimiento global del 5 %, y el sistema fotovoltaico tiene un reducción global del 5 %, respecto a sus costos de inversión.

Cabe notar que actualmente la inversión en un sistema fotovoltaico es muy elevado, pero su reducción dependerá de nuevas y mejores tecnologías en el área de la investigación solar, como también en la cada vez más elevada demanda de uso de este tipo de recurso de suministro de energía eléctrica. Estos factores absorberán de manera considerable los costos totales de todos los sistemas fotovoltaicos futuros

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ◊ **Los Sistemas Fotovoltaicos (Curso de Introducción)**
División Energías Alternas
Condumex Méx. 1995
- ◊ **Energía Solar (Bases y Aplicaciones)**
C.C Cobarg
- ◊ **Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría**
Jorge Chapa Carreón
Editorial Limusa.
- ◊ **Estudio de ahorro y uso racional de la energía eléctrica en el sistema de alumbrado de vialidades y áreas exteriores de la Ciudad Universitaria.**
Proyectos Luminicos y Representaciones S.A de C.V
Méx. 1991
- ◊ **Manual de Alumbrado Público Municipal**
C.F.E Méx. 1990
- ◊ **Catálogo General de Especificaciones 1996**
Philips Iluminación 1996.
- ◊ **Manual de Alumbrado**
General Electric
Editorial Limusa.
- ◊ **Análisis Económico en Ingeniería**
Donald G. Newnam
2ª Edición.