

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



**“DISEÑO DE FAROLAS SOLARES PARA SISTEMA DE  
ILUMINACIÓN EXTERNA”  
(CASO PRÁCTICO: UNIVERSIDAD DON BOSCO)**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:  
MANUEL ALEJANDRO GONZALEZ ORTIZ**

**ASESOR  
ING. MOISES GUERRA**

**22 DE OCTUBRE 2010  
EL SALVADOR , CENTROAMERICA**

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



EVALUACION DEL TRABAJO DE GRADUACION

**“DISEÑO DE FAROLAS SOLARES PARA SISTEMA DE  
ILUMINACIÓN EXTERNA”  
(CASO PRÁCTICO: UNIVERSIDAD DON BOSCO)**

---

**ING. ANSELMO VALDIZON**

LECTOR

---

**ING. MOISES GUERRA**

ASESOR

---

**ING. ERICK BLANCO**

ADMINISTRADOR DEL PROCESO

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**

RECTOR

**ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA**

SECRETARIO GENERAL

**ING. YESENIA XIOMARA MARTINEZ**

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

**ING. ERNESTO GODOFREDO GIRON**

ASESOR

**ING. MOISES GUERRA**

LECTOR

**ING. ANSELMO VALDIZON**

ADMINISTRADOR

**ING. ERICK BLANCO**

## INDICE

INTRODUCCION. ....	11
CAPITULO I. ....	12
1. MARCO REFERENCIAL DEL PROYECTO DE FAROLA SOLAR. ....	12
1.1 Antecedentes de los sistemas Fotovoltaicos.....	12
1.2 Definición del Tema del Trabajo de Graduación. ....	18
1.3 Objetivos. ....	19
1.4 Importancia y Justificación. ....	19
1.5 Marco Teórico y Práctico.....	20
1.6 Alcances.....	28
1.7 Limitaciones .....	28
1.8 Metodología y Técnicas de Investigación.....	29
1.8.1 Consulta .....	29
1.8.2 Investigación de Campo .....	29
1.8.3 Técnicas de Investigación .....	29
2. UNIVERSIDAD DON BOSCO Y CRECIMIENTO ENERGETICO. ....	30
2.1 Antecedentes de la Universidad Don Bosco. ....	30
2.1.1 Descripción geográfica e infraestructura. ....	30
2.2 Historial del consumo Energía Eléctrica.....	32
2.2.1 Investigaciones de consumo de energía eléctrica en la Universidad Don Bosco. ....	32
2.2.2 Demanda Porcentual de Consumo de Energía Eléctrica por Rubro en Ciudadela Don Bosco. ....	33
2.3 Promedio de incremento de consumo de energía eléctrica para el periodo de abril 1999 hasta Noviembre del 2006.....	35
2.4 Demanda Estimada Total diaria de la Universidad Don Bosco. ....	38
2.5 Demanda Actual de Consumo Electrico (Kwh/mes) en la Universidad Don Bosco.....	39
2.7 Descripción de la Facturación Eléctrica. ....	44
2.8 Tarifa Aplicada a la Universidad Don Bosco por el consumo eléctrico.....	46
2.9 Objeto de Estudio.....	49

CAPITULO III .....	50
3. PROCESO DE DISEÑO Y COMPONENTES DE UNA FAROLA SOLAR. ...	50
3.1 Características Ambientales para la Farola Solar en la Universidad Don Bosco.....	51
3.2 Información para el dimensionamiento de la farola solar. ....	51
3.2.1 Energía Solar Directa. ....	51
3.2.2 Sistemas Fotovoltaicos.....	52
3.2.3 Insolación Máxima Hora- Pico.....	52
3.2.4 Ubicación de la Farola Solar. Orientación e inclinación.....	53
3.2.5 El Watt-Hora.....	54
3.2.6 Voltaje de Trabajo. ....	54
3.2.7 Selección de Luminaria. ....	55
3.3 Alumbrado Exterior en Universidad Don Bosco con Farola solar autónoma.....	57
3.3.1 Niveles de iluminación.....	59
3.3.2 Características del lugar de instalación.....	59
3.3.3 Construcción de un Módulo Fotovoltaico.....	60
3.3.4 Baterías solares.....	62
3.3.5 Controlador de Carga.....	63
3.3.6 Herrajes.....	63
3.4 Propuesta de la Farola Solar a utilizar en la Universidad Don Bosco.....	64
3.5 Descripción de los componentes de la farola solar. ....	71
3.6 Pasos para la instalación de la propuesta de Farola Solar Fotovoltaica (FLUJOGRAMA).....	72
3.7 Memoria de Cálculo para Farola Solar.....	75
3.7.1 Consumo de Energía de Luminaria Led Seleccionada. ....	75
3.7.2 Dimensionado del panel solar. ....	78
3.7.3 Dimensionado de batería. ....	79
3.7.4 Dimensionado del regulador de carga.....	80
3.7.5 Dimensionado de los conductores.....	81
3.7.6 Utilización de PLC como controlador de tiempo de uso. ....	82

CAPITULO IV.....	84
4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO DE FAROLA SOLAR.....	84
4.1 Determinación del número de Farolas Solares Fotovoltaicas a utilizar.....	84
4.2 Alternativas de solución para efectuar la evaluación económica de la propuesta de Farola Solar Fotovoltaica.....	92
4.2 Calculo de Costos para la propuesta de Farolas Solares para el sistema de iluminación exterior de la Universidad Don Bosco.....	98
RECOMENDACIONES.....	108
CONCLUSIONES.....	113
BIBLIOGRAFÍA.....	114
INDICE DE FIGURAS	

Figura 1. Funcionamiento de una celda solar.....	13
Figura 2. Ubicación de las celda solar en un panel o modulo solar.....	15
Figura 3. Descripción de panel solar fotovoltaico.....	15
Figura 4. Lámparas compacta.....	25
Figura 5. Tipos de lamparas Led.....	27
Figura 6: Instalaciones del campus universitario.....	32
Figura 7. Porcentaje del consumo de energía eléctrica para Ciudadela Don Bosco para el año 2000.....	34
Figura 8 : Demanda del consumo de energia electrica para el periodo de abril/99 hasta marzo/00.....	35
Figura 9. Demanda del consumo de energia electrica para el año 2006.....	36
Figura 10. Demanda de energia electrica para un dia laboral en el año 2006.....	38
Figura 11. Detalle de consumo electrico. Demanda de potencia en el tiempo.....	40

Detalle del consumo del mes de Octubre/2009.....	41
Figura 12. Demanda de energia electrica diaria para el mes de Octubre/2009.....	42
Figura 13. Demanda de energia electrica diaria para el mes de Diciembre/2009.....	43
Figura 14. Comportamiento de la demanda de potencia diaria para marzo/ 2010.....	44
Figura 15 .Comportamiento de Tarifas establecidas por SIGET para la distribuidora eléctrica CAESS.....	48
Figura 16 .Grafico de Horas Pico Solares.....	51
Figura 17 Posicionamiento de Luminaria en estructura para iluminación de exterior.....	53
Figura 18. Posicionamiento , inclinacion y ubicación del sol en las dos estaciones de El Salvador.....	54
Figura 19. Funcionamiento del sistema fotovoltaico en un día.....	58
Figura 20. Componentes del Sistema Fotovoltaico propuesto.....	59
Figura 21. Modelo de PLC LOGO 12/24RC.....	83
Figura 22. Lógica de programación interna del PLC.....	84
Figura 23. Parqueo de Estudiantes Frente a Magna C.....	85
Figura 24. Corredor de acceso entre edificio de Ortopedia y Magna C.....	86
Figura 25. Zona Verde entre edificio # 4 de Eléctrica y edificio # 5 . CITT.....	86
Figura 26. Zona Verde entre edificio #3 de Electrónica y edificio #4 de Eléctrica.....	86
Figura 27. Parqueo de estudiantes frete a edificio #4 de Eléctrica.....	87
Figura 28. Calle de acceso a Parqueo de Profesores del edificio EX - SUM.....	87

Figura 29. Construcción de nuevo edificio a un Costado del edificio de aulas C.....	88
Figura 32. Ruta de acceso hacia salida peatonal Frente al cantón El Limón. ....	89
Figura 33. Área verde frente a edificio Ex - SUM.....	90
Figura 34. Corredor de acceso hacia biblioteca frente a Capilla.....	90

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Cuadro Comparativo entre luminarias para exterior.....	22
TABLA 2 . CENSO DE CARGAS EN EL PERIODO DE ABRIL 1999 Y MARZO 2000. ....	35
TABLA 3: Censo de Cargas en el periodo de enero a noviembre del 2006.....	36
Tabla 4. Detalle de consumo electrico de la Universidad Don Bosco.(Octubre 2009 – Marzo 2010).....	39
Tabla 5 .Costos del consumo electrico del mes de Octubre/ 2009 de la Universidad Don Bosco.....	41
Tabla 6 .Costos del consumo electrico del mes de diciembre/2009 de la Universidad Don Bosco.....	42
Tabla 7 .Costos del consumo electrico del mes de marzo de la Universidad Don Bosco.....	43
TABLA 8. PLIEGO TARIFARIO DEL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 2003 Y EL 2010.....	47
Tabla 9. Tarifa aplicada por la distribuidora CAESS a la Universidad Don Bosco. ....	48
Tabla 10. Cuadro comparativo para determinar el consumo de watts hora por luminaria. ....	56

Tabla 11. Cuadro de datos para obtener el valor mínimo del panel solar fotovoltaico.....	79
Tabla 12. Cuadro de datos para obtener la capacidad de corriente de la batería.....	80
Tabla 13. Parámetros Obtenidos utilizando el conductor TSJ 2x14 Phelps Dodge.....	82
Tabla 14 Cuadro de datos para obtener el valor mínimo del panel solar fotovoltaico.....	92
Tabla 15. Cuadro de datos para obtener la capacidad de corriente de la batería.....	93
Tabla 17. Cuadro de datos para obtener la capacidad de corriente de la batería.....	95
Tabla 19. Cuadro de datos para obtener la capacidad de corriente de la batería.....	96
Tabla 20 Comparación de costos de componentes fijos de la farola solar.....	97
Tabla 21. Calculo de materiales para una farola solar.....	98
Tabla 22. Calculo de materiales para una farola solar.....	99
Tabla 23. Cuadro Comparativo por costos y consumo de luminarias.....	100
Tabla 24. Tasa promedio de aumento Anual.....	102
Tabla 25. Costos Total de la inversión inicial por proyecto.....	103
Tabla 26.Costo por Consumo anua para una luminaria de vapor de mercurio.....	103
Tabla 27. Análisis Económico de las inversiones por luminaria.....	104
Tabla 28. Costo de la inversión inicial por luminarias.....	105
Tabla 29. Costo total anual por Consumo de energía para las luminarias de vapor de mercurio.....	105

Tabla 30. Análisis Económico de las inversiones por luminaria.....	106
Tabla 31. Representación del valor económico en el tiempo.....	107
Tabla 32. Costo anual por consumo de potencia eléctrica de las 67 unidades de luminaria de vapor de mercurio y luminaria con tecnología Led. ....	108

## Anexos

- Anexo 1. Cronograma de Actividades para el desarrollo del Diseño de Farolas Solares para sistema de iluminacion externa.
- Anexo 2. Pliego Tarifario de la Superintendencia General de Electricidad Telecomunicaciones para cada una de las empresas distribuidoras de energia electrica.
- Anexo 3. Hojas Técnicas de los componentes utilizados para la Farola Solar Fotovoltaica.
- Anexo 4. Cotización de Materiales.
- Anexo 5. Campus de la Universidad Don Bosco. Ubicación de las luminarias existentes y de la propuesta de Farolas Solares.
- Anexo 6. Datos Técnicos para Multiconductores Flexible TSJ.
- Anexo 7. Lineamientos de una planta productora de farolas solares para generar una empresa productiva y competitiva.

## INTRODUCCION.

Actualmente el costo de energía eléctrica en la Universidad Don Bosco se ha incrementado debido al incremento del pliego tarifario, por lo que se busca establecer acciones concretas para reducir los costos de la facturación eléctrica, una de las alternativas para el ahorro de energía eléctrica es la aplicación de la energía solar para la iluminación externa del campus.

La farola solar fotovoltaica es un sistema autónomo de iluminación ya que genera la energía eléctrica que consume. Su funcionamiento es automático y está controlado por un controlador de tiempo que regule parámetros tales como: las horas de operación del sistema, voltaje de trabajo de la batería de uso solar a emplear, etc. No requiere de ningún tipo de interconexión con la red eléctrica convencional, por lo tanto es inmune a apagones del servicio eléctrico convencional y su costo de operación es nulo, su mantenimiento es mínimo, se pueden instalar prácticamente en cualquier lugar lo que las hace ideal para lugares alejado de las líneas eléctricas convencionales, de muy difícil acceso y ó nuevas instalaciones.

El estudio de la propuesta de Farola Solar se fundamenta en la optimización de la iluminación externa debido a que actualmente se tiene una deficiencia en algunas aéreas del campus universitario. Por lo tanto, se requiere la instalación de luminarias para una mejor iluminación externa. La utilización de lámparas de vapor de mercurio genera un alto costo en el consumo de energía eléctrica, por lo que, la farola solar presenta una mejor opción a implementar, algunos beneficios de este tipo de proyectos con energía renovable es el ahorro en los costos de consumo de energía eléctrica y no genera contaminación al medio ambiente.

## **CAPITULO I.**

### **1. MARCO REFERENCIAL DEL PROYECTO DE FAROLA SOLAR.**

#### **1.1 Antecedentes de los sistemas Fotovoltaicos.**

Con la expansión en infraestructura de la Universidad y el aumento en la instalación de iluminación exterior, el gasto de energía eléctrica se ha incrementado, por lo que se busca establecer el uso de farolas solares para reducir los gastos de energía. Se hará el estudio de viabilidad de autogenerar energía eléctrica mediante el uso de sistemas solares fotovoltaicos para la iluminación externa de la Universidad Don Bosco.

Los sistemas fotovoltaicos utilizan la energía solar para transformarla directamente en electricidad, es decir, la conversión de una partícula luminosa con energía (fotón) en una energía electromotriz (voltaica)<sup>1</sup>.

Dichos sistemas pueden ser utilizados en toda circunstancia en que se requieran como una fuente de electricidad y exista disponibilidad de radiación solar, es decir, en cualquier zona geográfica. Son, generalmente, utilizados en lugares remotos, donde no existe factibilidad técnica, o resulta económicamente costoso abastecerse de electricidad desde una empresa generadora o distribuidora de electricidad.

Los sistemas fotovoltaicos están siendo cada vez más utilizados como fuente energética complementaria o como única fuente de energía, para abastecer de electricidad a hogares, construcciones y para distintos usos en distintos sectores industriales y residenciales. Así, los sistemas fotovoltaicos pueden ser utilizados para señalización nocturna en cruces ferroviarios o de tránsito, para la extracción de agua de pozos profundos, para usos médicos, electrificación de alambrados, iluminación pública, para abastecer de corriente

---

<sup>1</sup> <http://es.wikipedia.org>

a estaciones repetidoras de telecomunicaciones en lugares remotos, entre otros múltiples usos.

El funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos es basado en la captación de los rayos solares lo cual se logra mediante celdas fotovoltaicas conocidas popularmente como “paneles solares” o “celdas solares”.

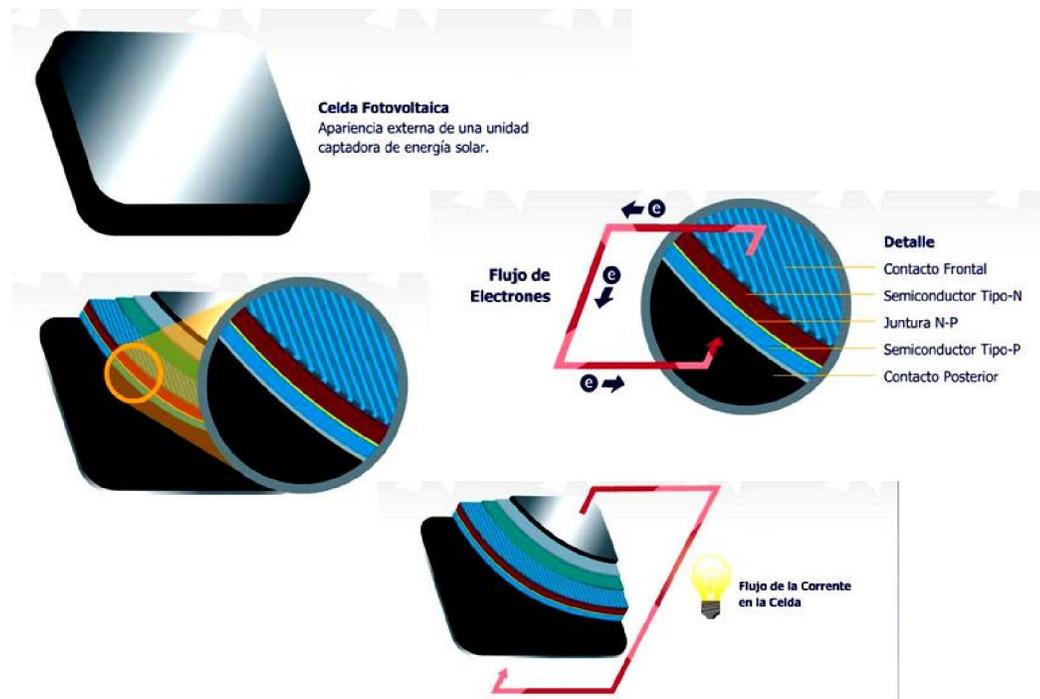


Figura 1. Funcionamiento de una celda solar.

La figura 1 es la estructura básica de los paneles solares que está constituida por dos semiconductores ubicados uno frente a otro. El proceso comienza cuando los rayos del sol traspasan la cubierta protectora transparente resistente a impactos que cubren los paneles solares. Una vez que éstos entran en contacto con el semiconductor con carga negativa, ubicados en la parte superior de los paneles solares, los electrones son golpeados y sacados de los átomos del semiconductor. Estos electrones son forzados, a través de un circuito externo, hacia el semiconductor positivo ubicado en la parte inferior de los paneles solares. En cuanto los electrones

entran en contacto con el semiconductor éstos son forzados nuevamente al semiconductor negativo; formando un flujo que genera la electricidad.

Los sistemas fotovoltaicos son dimensionados a la medida de las necesidades de cada proyecto. Para generar la electricidad requerida es necesario formar un conjunto de paneles solares. Para ello, se construyen estructuras donde son interconectados paneles solares formando un "módulo solar". A su vez varios de ellos son interconectados para conformar un "arreglo solar".

La corriente continua (CC) generada por los paneles solares se mueve a través de los módulos solares para almacenarse en baterías de ciclo profundo. Éstas tienen la finalidad de acumular la corriente generada por los paneles solares y suministrarla cuando sea requerida bajo todo tipo de condiciones. Los sistemas fotovoltaicos están dotados con un regulador de voltaje ubicado entre los paneles solares y las baterías de ciclo profundo el cual evita que se produzcan sobrecargas de electricidad.

Los sistemas fotovoltaicos generan "corriente continua" (CC). Sin embargo, el tipo de corriente utilizada por los electrodomésticos es "corriente alterna" (AC). Por ello, los sistemas fotovoltaicos vienen provistos de un inversor de voltaje, el cual permite transformar la electricidad generada por los paneles solares en corriente alterna que es la misma energía que se obtiene de la red pública tradicional y con la que funcionan la mayoría de los artefactos eléctricos.

### **Funcionamiento de los paneles solares.**

Los paneles solares son el principal componente de los sistemas fotovoltaicos solares, están constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo (figura 2), de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. A continuación diseño de un panel solar:

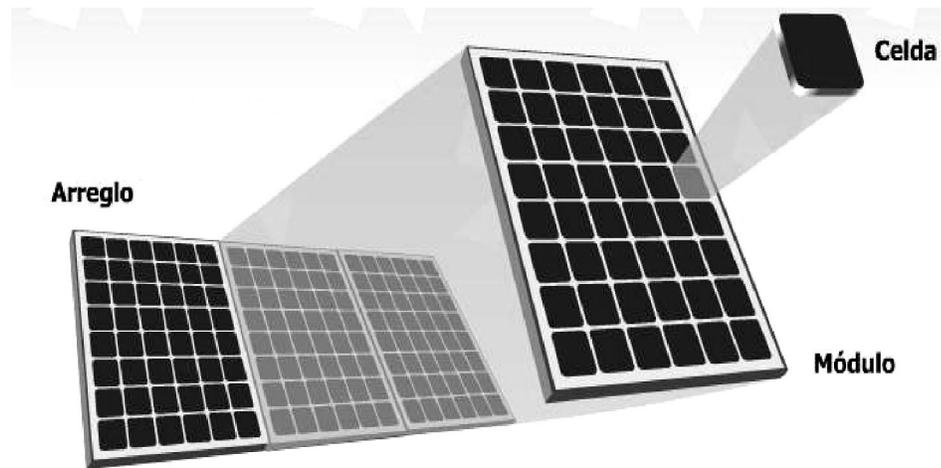


Figura 2. Ubicación de las celda solar en un panel o modulo solar.

## EL PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

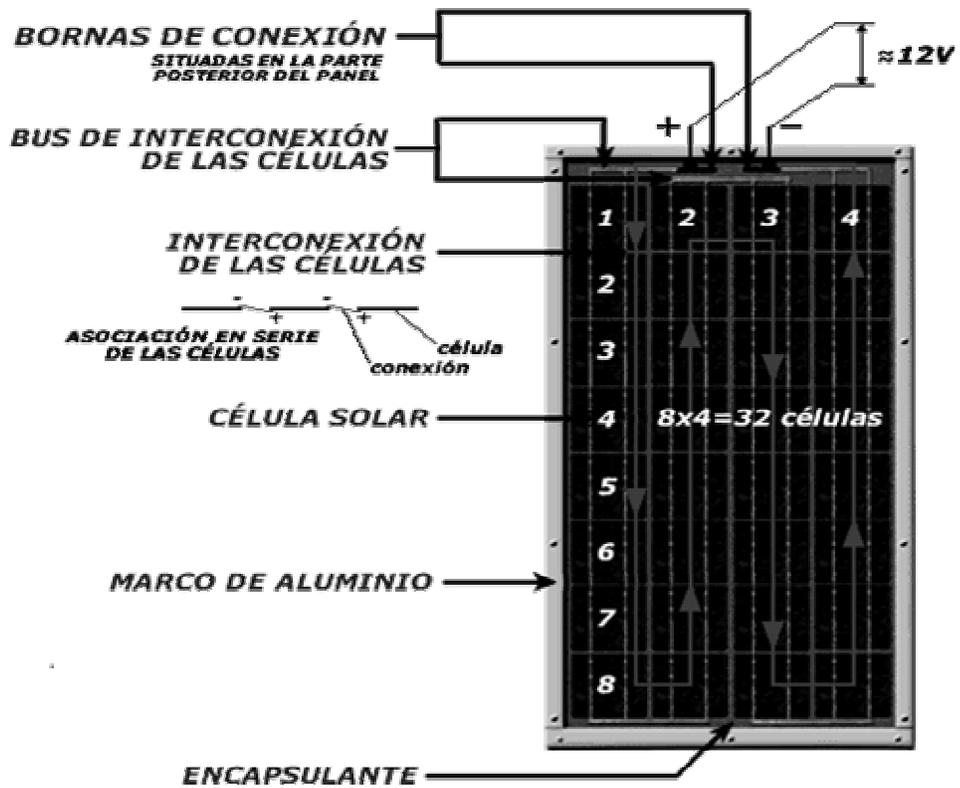


Figura 3. Descripción de panel solar fotovoltaico.

El proceso de conversión de energía comienza cuando los rayos del sol chocan y son captados por las dos placas de silicio, u otro material conductor, uno de los cuales actúa con carga negativa (del tipo “n”) y el otro con carga positiva del tipo “p”. Una vez que los rayos son captados estos ionizan los átomos del silicio de las placas separando así las cargas positivas de las cargas negativas (electrones). Mientras las cargas positivas se desplazan hacia el terminal positivo los electrones se desplazan hacia el negativo. Al atraerse naturalmente las cargas, éstas son forzadas a desplazarse hacia el terminal opuesto a través del conductor que une ambas placas, generando así la generación de un ciclo continuo de generación de electricidad.

La electricidad generada en las celdas o paneles solares se desplaza a través de cada panel solar y a través de los arreglos solares para ser utilizada por aparatos eléctricos o para ser almacenada para su uso posterior en una batería de ciclo profundo.

Existen tres factores que determinan la capacidad de un panel solar para generar electricidad:

- 1) El material de las placas.
- 2) El tamaño del panel solar.
- 3) El nivel de insolación o intensidad de la luz del sol al que este expuesto el panel solar.

Los paneles solares construidos en base a silicio del tipo monocristalino tienen una eficiencia de conversión de energía solar a electricidad que varía entre un 13% y 16% pudiendo incluso llegar a alcanzar un 25% de eficiencia. En el caso de de los paneles solares construidos en silicio policristalino la eficiencia de conversión es menor al 20%. Finalmente, la capacidad que tenga un panel solar en generar electricidad es directamente proporcional a la dimensión del panel solar y directamente proporcional a la intensidad de insolación o luz solar donde se instale el módulo solar.

En general, una celda solar de silicio monocristalino de 1 dm<sup>2</sup> produce aproximadamente 0.5 voltios. Esto equivale a generar anualmente entre 80 y 150 kWh; dependiendo de la zona geográfica donde se instale el panel solar.

Para mejorar el potencial de generación de energía de un panel solar es mantener la superficie del panel solar libre de polvo y otros elementos que puedan interferir con la entrada de los rayos del sol en el panel. La labor de mantenimiento es simple y basta con mojar las celdas con agua y/o pasar un paño seco sobre la superficie del panel solar. Las labores de mantenimiento de un panel solar son particularmente recomendables previo al invierno para asegurar la máxima eficiencia en la captación de los rayos solares. Desde un punto de vista más técnico, la capacidad de generación de energía de un panel solar es mayor mientras más expuesto esté a la energía solar y que el ángulo en que chocan los rayos del sol sobre el módulo solar sea lo más perpendicular posible. Por ello, para incrementar la efectividad de captación de los rayos solares es posible dotar al módulo solar con un mecanismo que le permita seguir el movimiento del sol captando así los rayos solares en todo momento.

El principal problema al que se exponen los paneles solares son los efectos dañinos que puede provocar el agua en los paneles, conexiones y sellos. Para evitar potenciales daños se deben seguir tres simples acciones para asegurar un buen funcionamiento de los paneles solares:

- 1) Instale los paneles solares con cierta inclinación, nunca horizontal. Esto permite que el agua escurra por la gradiente y no se acumule sobre los módulos solares.
- 2) Asegúrese que exista un espacio de libre circulación de aire debajo de los paneles solares.
- 3) Mantenga los paneles solares secos y limpios. Para ellos basta pasar un paño limpio y seco sobre los módulos solares. En caso de detectarse fisuras en el marco que rodea un panel solar puede sellarlo con silicona.

## **Utilización de los paneles solares y arreglos solares.**

Los paneles solares son dispositivos diseñados para captar la energía solar y convertirla en energía eléctrica para ser utilizada por distintos aparatos electrónicos. Así, por ejemplo, es factible encontrar calculadoras, relojes, computadores portátiles, celulares e incluso autos que funcionan gracias a la electricidad generada por los paneles solares.

Tradicionalmente, los paneles solares han sido utilizados para proveer electricidad a lugares remotos donde el costo de proveer de electricidad desde una compañía de distribución eléctrica resulta demasiado caro.

Adicionalmente, desde sus inicios, los paneles solares han sido utilizados como alternativa para proveer de energía eléctrica a viviendas y construcciones. Dado el escenario energético actual, la energía solar se ha posicionado entre las principales fuentes renovables de energía por lo que su instalación en casas y otras construcciones ha crecido en forma exponencial a nivel mundial

El uso de paneles solares en distintos sectores es ilimitado. En la actualidad es factible encontrar soluciones en base a energía solar en áreas tan diversas como:

- a) Iluminación solar autónoma en lugares remotos.
- b) Señalización de tránsito.
- c) Cercos eléctricos para uso agrícola para el control y seguridad de ganado.
- d) Señalización nocturna y de apoyo para la navegación (faros y boyas).

### **1.2 Definición del Tema del Trabajo de Graduación.**

“Diseño de farolas solares para sistemas de iluminación externa”. (Caso práctico: Universidad Don Bosco)

### **1.3 Objetivos.**

#### **Objetivo General**

Diseñar y evaluar la viabilidad técnica-económica del uso de farolas solares para la iluminación exterior en zonas faltas de luz. (Caso práctico Universidad Don Bosco)

#### **Objetivos Específicos**

- I. Diseñar el sistema de distribución fotovoltaico independiente en las áreas necesitadas de iluminación.
- II. Diseñar el sistema de iluminación exterior.
- III. Desarrollar la evaluación financiera del proyecto.
- IV. Elaboración de un artículo técnico del Diseño de Farolas Solares para la Iluminación Exterior.

### **1.4 Importancia y Justificación.**

#### **Importancia.**

- I. Proyección hacia la viabilidad de producción empresarial de farolas solares como equipo de diseño propio que pueda utilizarse como iluminación externa.
- II. Innovación en el diseño de control autónomo para iluminación externa.
- III. Diseñar un prototipo de luminaria externa controlada por energía fotovoltaica como base fundamental para procesos de producción de este tipo de equipos.
- IV. Utilización de tecnologías nuevas para la iluminación externa, dando como resultado un ahorro en el consumo energético.

## **Justificación.**

- I. Actualmente no se ha realizado un estudio del uso de paneles solares para iluminación exterior en la Universidad Don Bosco.
- II. La energía solar es una fuente de energía renovable; una fuente de energía inagotable y sustentable en el tiempo. Adicionalmente, al ser la energía solar una fuente de energía limpia, no emite contaminantes al medio ambiente. Producto de la sobreexplotación de los recursos no renovables, y la preocupación por las externalidades que ellas generan como lo es efecto invernadero y el avance del sobrecalentamiento global, por lo que en la actualidad muchas empresas estudian la factibilidad de implementarla en beneficio del medio ambiente y beneficios económicos.
- III. Las características de los sistemas fotovoltaicos que son de un voltaje de alimentación muy bajo haciéndolo un sistema mucho mas seguro y de fácil mantenimiento.
- IV. El resultado de la utilización de la tecnología led es un 75 % de ahorro en el consumo de energía eléctrica.

## **1.5 Marco Teórico y Práctico.**

En el alumbrado de exteriores, el requerimiento de energía eléctrica se produce en horas donde falta la luz natural. Por ello, la generación fotovoltaica resulta muy adecuada, pues evita la dependencia de la red eléctrica convencional y tanto su generación como su consumo se adaptan perfectamente al ciclo solar: mientras que por el día se genera y almacena la energía, por la noche se utiliza. Para realizar estas instalaciones existen dos opciones:

- I. Centralizar la captación y acumulación.

II. Los puntos de luz tengan autonomía propia.

Cada una de las opciones expuestas resultan adecuadas a determinadas circunstancias y cuentan con unas características diferenciadas que a continuación se exponen:

<b>CENTRALIZADA</b>	<b>AUTÓNOMA</b>
Requiere de gran espacio para situar el sistema de captación y acumulación que reúna las condiciones idóneas de insolación.	Al incorporar generación y consumo, todo el sistema viene en la misma unidad.
Deben realizarse canalizaciones para el paso de tubos y cables.	El dimensionado del soporte y su cimentación, deben tener en cuenta que hay una superficie mucho mayor expuesta a la fuerza del viento.
Una avería puede provocar el fallo de toda la instalación.	El fallo en un punto de luz no afecta al resto, pues son independientes.
La ampliación de la instalación puede requerir de espacios adicionales dedicados, así como la sustitución de elementos (captadores, baterías) por otros de mayor potencia.	No existen problemas para ampliar la cobertura de la red. No obstante, la potencia de las lámparas no puede ser muy elevada (hasta 50 W), pues mayores potencias requerirían de un sistema de captación con dimensiones y precios excesivos.

Tabla 1. Cuadro Comparativo entre luminarias para exterior.

## **Eficiencia Luminosa**

La eficacia luminosa, relación entre el número de lúmenes que produce una lámpara y el número de vatios que consume, la característica de las lámparas más importante a la hora de la elección.

## **Características de la Iluminación solar para exterior.**

Existen equipos en el mercado capaces de funcionar sin problemas durante una o varias noches y de recargarse totalmente durante el día con cualquier tiempo atmosférico (nublado o soleado).

Aparte de la funcionabilidad existen otros aspectos a considerar para garantizar la adecuación del equipo y su durabilidad. Entre los factores a considerar, son fundamentales:

- 1) **Resistencia a los rayos UV** – En caso de utilización de materiales plásticos en la fabricación, estos deben ser estables a la acción de los rayos ultravioletas. Los rayos ultravioletas son componente de la radiación natural del Sol que puede debilitar las estructuras plásticas hasta hacerlas opacas y quebradizas. Existen plásticos capaces de resistir a los rayos UV, cuyo empleo debe exigirse. De no resistir los rayos ultravioletas la luminaria se rompería y quedaría inutilizada en cuestión de meses.
- 2) **Impermeabilidad** – La carcasa externa del equipo ha de ser impermeable para evitar que el agua de lluvias alcance los circuitos electrónicos y los inutilice arruinando el equipo.
- 3) **Resistencia a las altas y a las bajas temperaturas** – El equipo ha de ser capaz de funcionar y de demostrar estabilidad

mecánica tanto en condiciones de altas como de bajas temperaturas.

En periodos cálidos el pavimento de color negro puede alcanzar temperaturas de hasta 70 o más grados centígrados. En invierno y por la noche la temperatura puede también descender a varios grados bajo cero, dependiendo de la zona climatológica. El proceso repetido de dilatación por el calor y contracción por el frío puede acabar debilitando una estructura no preparada para soportar estos cambios.

También un factor a tener en cuenta es la estabilidad del acumulador ante las bajas temperaturas. Las baterías a base de ácidos pueden llegar a congelarse y a arruinarse. Esto depende de la temperatura mínima que se alcance y del nivel de carga que tenga la batería en ese momento. Cuanta más carga tenga la batería más bajo será su punto de congelación. Lamentablemente el momento en el que la temperatura ambiente y el punto de carga de la batería son más bajos coinciden poco antes del amanecer.

En cualquier caso el fabricante debe especificar claramente los parámetros de temperaturas en los que el equipo es capaz de trabajar.

### **Tipos de lámparas de bajo consumo.**

Las nuevas tendencias a nivel mundial señalan que la calidad de vida futura dependerá de la capacidad humana para aprovechar mejor los recursos que le son dados. Dentro de este marco, el ahorro de energía es una preocupación global que no debería ser ignorada.

Hace más de una década que las lámparas de Bajo Consumo irrumpieron en la escena del mercado eléctrico, y aún hoy continúan incorporando nuevas tecnologías para ofrecer el mejor rendimiento, sin dejar de tomar en cuenta el ahorro energético y el diseño.

En el estudio de farola solar se evaluaron 2 tipos de lámparas de bajo consumo. Los que se presentan a continuación:

**a) Lámpara compacta fluorescente o CFL.**

La lámpara compacta fluorescente o CFL (sigla del inglés compact fluorescent lamp) es un tipo de lámpara fluorescente que se puede usar con casquillos de rosca Edison normal (E27) o pequeña (E14). También se la conoce como:

- Ø Lámpara ahorradora de energía.
- Ø Lámpara de luz fría.
- Ø Lámpara de bajo consumo.
- Ø Bombilla de bajo consumo.



#### Figura 4. Lámparas compacta<sup>2</sup>

En comparación con las lámparas incandescentes (figura 4), las CFL tienen una vida útil mayor y consumen menos energía eléctrica para producir la misma iluminación. Las lámparas fluorescentes utilizan entre 60% y 80% menos de electricidad que las incandescentes.

Las CFL tienen una duración media de unas 8000 horas de funcionamiento. La duración media de una lámpara incandescente está entre 500 y 2000 horas de funcionamiento dependiendo de su exposición a picos de tensión y a golpes y vibraciones mecánicas, además de la calidad de la propia lámpara. Esto mejora en los nuevos modelos.

Las CFL consumen aproximadamente una cuarta parte de la potencia de las incandescentes. Por ejemplo, una CFL de 15 W produce la misma luminosidad que una incandescente de 60 W, es decir, que el rendimiento luminoso de la CFL es de aproximadamente 60 lúmenes/W.

Las CFL en vez de tener un filamento que se calienta con la electricidad y eso produce luz, como sucede en las incandescentes, las lámparas fluorescentes tienen dos partes importantes: un tubo relleno de gas con un balastro electrónico o magnético.

Al presionar el botón de encendido, la energía eléctrica del balastro pasa a través del gas causando que este emita luz ultravioleta. Esa luz excita la capa de fósforo que hay dentro del tubo, que es el que emite la luz visible.

Presentadas mundialmente a principios de los años ochenta, las ventas de las lámparas CFL se han incrementado constantemente debido a las mejoras en su funcionamiento y la reducción de sus precios. El más importante avance en la tecnología de las lámparas fluorescentes (incluidas las CFL) ha sido el reemplazo de los balastos magnéticos o cebadores (transformadores usados para su encendido) por los del tipo electrónico. Este reemplazo ha

---

<sup>2</sup> <http://www.afinidadelectrica.com.ar>

permitido la eliminación del efecto de "parpadeo" y del lento encendido tradicionalmente asociados a la iluminación fluorescente, así como un ahorro de peso de la propia lámpara.

Las lámparas compactas fluorescentes utilizan un 80% menos de energía (debido principalmente a que producen mucho menos calor) y pueden durar hasta 12 veces más, ahorrando así dinero en la factura eléctrica. Este porcentaje mejora con cada nuevo modelo.

Las lámparas CFL se fabrican para uso con corriente alterna y con corriente continua. Estas últimas suelen usarse para la iluminación interna de las caravanas (casas rodantes) y en luminarias activadas por energía solar. En algunos países, se suelen usar estas últimas como reemplazo de las linternas a base de queroseno.

**b) Lámpara LED.**

El Diodo emisor de luz, también conocido como LED (acrónimo del inglés de Light-Emitting Diode) emite luz con un consumo muy inferior y tiene una duración mucho mayor que los de las lámparas incandescentes y otras de bajo consumo. Con 8 horas al día en funcionamiento duraría 25 años el módulo de Leds.



a 5. Tipos de lamparas Led.<sup>3</sup>

Figur

### Principales ventajas de la tecnología LED.

1. **80-90% más eficacia:** consume un 80-90% menos electricidad que una bombilla corriente de similares características.
2. **Larga vida:** La vida media de una lámpara LED es de 100.000 horas, frente a las 1000 de una bombilla estándar. Esto supone 35 años a 8 horas diarias de uso.
3. **Ecológicas:** No contienen tungsteno como las bombillas normales, ni mercurio como la iluminación fluorescente, son reciclables y cumplen con la normativa europea de sustancias contaminantes.
4. **No emiten calor:** A diferencia de una bombilla estándar, la tecnología LED no desperdicia energía en crear calor, lo cual permite instalar luz en sitios muy complejos, con poco espacio o en sitios enemigos de calor.

---

<sup>3</sup> <http://www.salobre.net>

5. **Sin mantenimiento:** Al tener una vida larga, los productos LED no necesitan ningún mantenimiento. Esto es especialmente importante en entornos en el que es difícil o complicado cambiar bombillas o llevar a cabo mantenimiento.

### **1.6 Alcances.**

- I. Diseñar un modelo de iluminación externa cuya fuente de energía sea un panel solar independiente, que permita autogenerar energía eléctrica.
- II. Formular una evaluación económica para conocer la rentabilidad del uso de paneles solares para iluminación exterior. Y costo beneficio para cualquier sector interesado en instalar este tipo de luminarias.
- III. Conocimiento técnico-económico para la toma de decisión y puesta en marcha del proyecto respectivo.

### **1.7 Limitaciones**

Se diseñara un prototipo de farola solar en base a las necesidades:

#### **De Sector**

- ∅ El diseño para la iluminación externa con el uso de paneles solares se realizara en la Universidad Don Bosco.

#### **Económica**

- ∅ Se cuenta con los recursos económicos únicamente de la Universidad Don Bosco.

#### **Tiempo**

- ∅ El tiempo de estudio para el diseño de farolas solares se distribuirá en un periodo de 7 meses.

#### **Implementación**

- Ø La Universidad Don Bosco será la responsable de los costos que incurra con el diseño de panel solar para la iluminación exterior propuesto y su implementación.

### **1.8 Metodología y Técnicas de Investigación.**

El proyecto de diseño de farolas solares se desarrollara de la siguiente forma:

#### **1.8.1 Consulta**

Medios utilizados para obtención de información:

##### **Fuentes de Primarias.**

- Ø Ingenieros electricistas y encargados administrativos de la Universidad Don Bosco.
- Ø Personal con conocimientos en instalaciones solares, profesores y técnicos.

##### **Fuentes Secundarias.**

- Ø Consulta Bibliográfica: Tesis, Internet, Libros.

#### **1.8.2 Investigación de Campo**

Se realizará un diagnóstico de la situación actual mediante visitas de campo para analizar las áreas que requieren iluminación de acuerdo a esto elaborar la solución más factible, mediante el uso de paneles solares.

#### **1.8.3 Técnicas de Investigación**

Se hará uso de distintas herramientas para la obtención de información, que a continuación se detallan:

- a) Cálculos para las especificaciones técnicas de lámparas para iluminación con paneles solares.

- b) Evaluación de los diseños de faroles solares que logren los objetivos definidos.
- c) Informe técnico.

## **CAPITULO II**

### **2. UNIVERSIDAD DON BOSCO Y CRECIMIENTO ENERGETICO.**

#### **2.1 Antecedentes de la Universidad Don Bosco.**

##### **2.1.1 Descripción geográfica e infraestructura.**

La Universidad Don Bosco se ubica geográficamente en el municipio de Soyapango, departamento de San Salvador, uno de los núcleos industriales más importante del país y sector de rápido crecimiento poblacional.

Integrada al complejo educativo pastoral denominado “Ciudadela Don Bosco”, obra que se extiende en un área de 33 manzanas y que es dirigida por los Salesianos de Don Bosco; la Universidad busca ser parte del esfuerzo de promoción humana, cristiana y social que se realiza de manera conjunta a través de los diversos sectores que componen la obra, entre ellos: el Centro de Formación Profesional (CFP), el Oratorio Centro Juvenil Salesiano. El Colegio Don Bosco, la Parroquia San Juan Bosco y la Universidad Don Bosco de la

cual forma parte el Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología (CITT).

La infraestructura del Campus universitario está conformada por:

- 1) Edificio de Rectoría.
- 2) Edificio de aulas A.
- 3) Edificio de aulas B.
- 4) Edificio de aulas C
- 5) Magna A.
- 6) Magna B.
- 7) Magna C.
- 8) Taller de Electrónica
- 9) Taller de Eléctrica
- 10) Taller de Meteorología
- 11) Edificio de Cómputo.
- 12) Taller de Mecánica
- 13) Un edificio para maestría y laboratorio de comunicaciones.
- 14) El edificio de la Biblioteca Rafael Meza Ayau.
- 15) La Capilla Universitaria.
- 16) El edificio de Usos Múltiples y Cafetería.
- 17) Las áreas deportivas.
- 18) Extensos espacios de área verde.
- 19) Parqueo con capacidad para más de 580 automóviles.
- 20) Ortesis y Prótesis

Se ha finalizado en el año 2010 la construcción de un nuevo edificio y se han mejorado algunos caminos para fácil acceso, reforestando mejor los lugares existentes y el traslado de la biblioteca a un nuevo edificio.

**Mapa del Campus de la universidad Don Bosco.**



Figura 6: Instalaciones del campus universitario. <sup>4</sup>

## **2.2 Historial del consumo Energía Eléctrica.**

### **2.2.1 Investigaciones de consumo de energía eléctrica en la Universidad Don Bosco.**

Basados en los censos de carga de estudios previos realizados a partir del año 2000, de las investigaciones se obtienen los resultados siguientes:

1. Año 2000: El primer registro de censo de carga encontrado es la Tesis “Estudio para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Ciudadela Don Bosco” Septiembre de 2000, el cual consistió en la elaboración de un censo de carga e identificación de las cargas críticas dentro de la Ciudadela. Como punto relevante durante el periodo abril de 1999 a febrero del 2000, el comportamiento de energía de la Ciudadela presentaba una demanda de arrastre mucho mayor que la demanda real de consumo. Es decir, se estaba pagando por energía no utilizada o costo por arrastre, el cual considera el promedio de los dos consumos máximos de potencia en periodo de horas de puntas, y éste

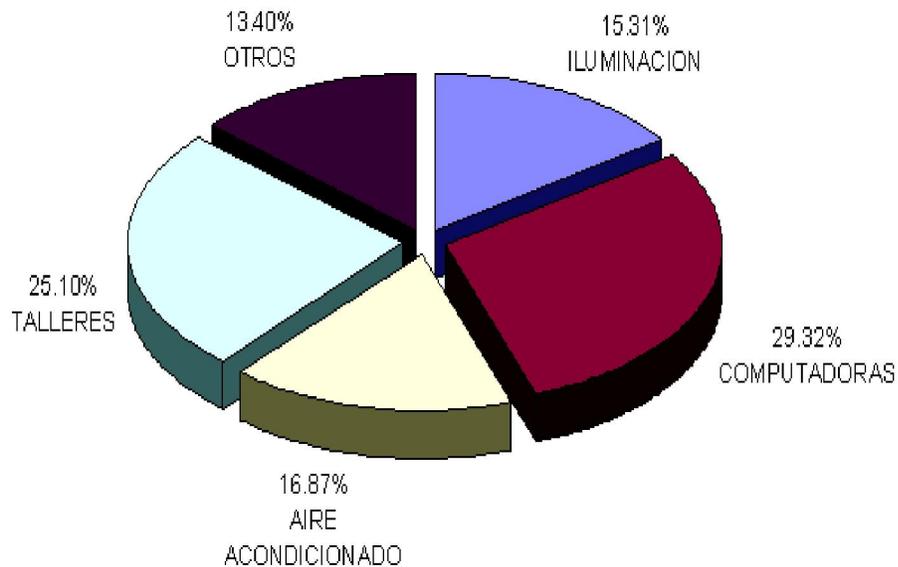
---

<sup>4</sup> Fuente: Portal de la Universidad Don Bosco. <http://www.udb.edu.sv>

resultado es cobrado durante el resto de los siguientes meses fuera de punta.

2. Año 2006 : El segundo censo de carga fue realizado con la Tesis “Diseño y Propuesta de Un Sistema Inteligente de Generación de Energía Eléctrica por Medio de Módulos Fotovoltaicos con Capacidad de Conexión en Paralelo al Circuito alimentador para ser Aplicado en el Edificio EX-SUM de la Universidad Don Bosco”.
3. Año 2007: El tercer censo de carga fue realizado en el año de 2007 con la tesis “Análisis Técnico - Económico del Comportamiento de Variables Eléctricas que Inciden en la Facturación y Consumo de Energía Eléctrica en el Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología (CITT)”. Estudiando una de las posibilidades para reducir el consumo eléctrico, donde se determino que este era uno de los sectores con más demanda.

### 2.2.2 Demanda Porcentual de Consumo de Energía Eléctrica por Rubro en Ciudadela Don Bosco.



**Figura 7. Porcentaje del consumo de energía eléctrica para Ciudadela Don Bosco para el año 2000.<sup>5</sup>**

El ahorro energético es primordial para la universidad Don Bosco debido a la construcción de nuevos edificios y rutas de acceso para cubrir de una mejor manera la demanda de estudiantes, siendo obligatoria la instalación de luminarias por seguridad y comodidad, en el uso del campus universitario.

Por lo tanto al tener el escenario anterior, el consumo de energía eléctrica crece. Al planificar un ahorro en cualquiera de estos rubros mencionados en la figura 7, para la reducción en dicho consumo de energía eléctrica, el rubro de iluminación es del 15.31% siendo un porcentaje considerable y una posibilidad de ahorro y eficiencia.

---

<sup>5</sup> Fuente: Trabajo de Graduación. "Estudio para el Uso Eficiente de la Energía en la Ciudadela Don Bosco, Septiembre 2000"

### 2.3 Promedio de incremento de consumo de energía eléctrica para el periodo de abril 1999 hasta Noviembre del 2006.

Consumo de Energía Eléctrica para el periodo abril de 1999 a marzo del 2000.

Consumo de Energía Eléctrica en Ciudadela Don Bosco de Abril-1999 a Marzo -2000					
Mes	Consumo total de energía (kWh/mes)	Demanda de arrastre (kW)	Demanda real (kW)	Excedente	
				Potencia (kW)	Valor monetario (\$)/mes
Abr-99	71040	320	312	8	\$32,33
May-99	76680	324	324	0	\$0,00
Jun-99	73680	324	288	36	\$145,48
Jul-99	84120	336	336	0	\$0,00
Ago-99	71760	336	336	0	\$0,00
Sep-99	91200	360	360	0	\$0,00
Oct-99	96600	360	336	24	\$96,99
Nov-99	72120	360	312	48	\$193,97
Dic-99	71400	360	252	108	\$436,44
Ene-00	70920	360	240	120	\$484,94
Feb-00	83760	360	312	48	\$193,97
Mar-00	95640	336	336	0	\$0,00
Promedio	79910			Total	\$1.584,13

TABLA 2 . CENSO DE CARGAS EN EL PERIODO DE ABRIL 1999 Y MARZO 2000. <sup>6</sup>

Grafico del Comportamiento de la demanda de energía eléctrica para el periodo de abril 1999 a Marzo del 2000.

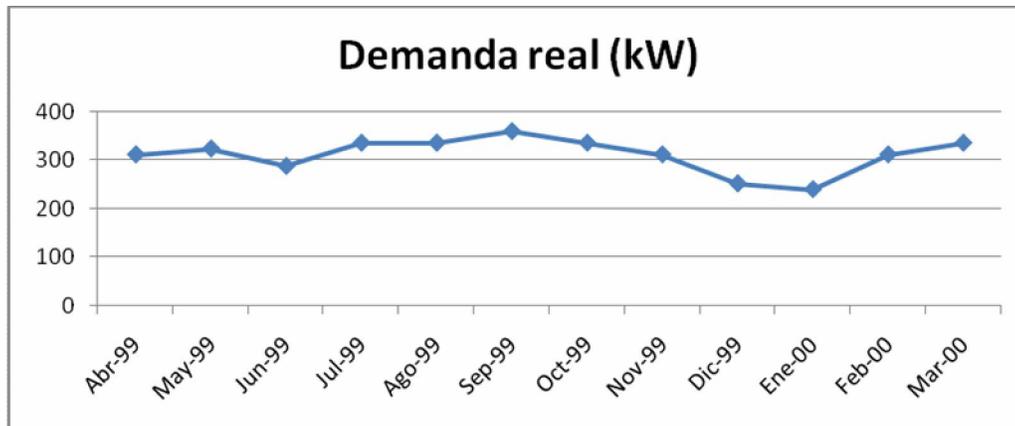


Figura 8 : Demanda del consumo de energia electrica para el periodo de abril/99 hasta marzo/00.

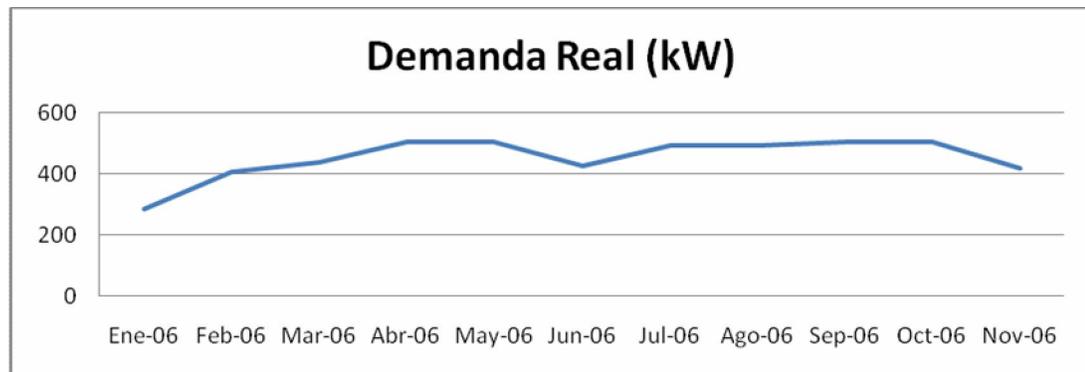
<sup>6</sup> Fuente: Trabajo de Graduacion. "Estudio para el Uso Eficiente de la Energia en la Ciudadela Don Bosco, Septiembre 2000"

**Consumo de Energía Eléctrica para el periodo de enero a Marzo del año 2006.**

Consumo de Energía Eléctrica de Enero a Noviembre de 2006					
Mes	Consumo total de energía (kWh/mes)	Demanda de arrastre (kW)	Demanda Real (kW)	Excedente	
				Potencia (kW)	Valor monetario (\$/mes)
Ene-06	56430	484	286	198	\$958.30
Feb-06	93940	484	407	77	\$372.67
Mar-06	112750	440	440	0	\$0.00
Abr-06	120670	506	506	0	\$0.00
May-06	98010	506	506	0	\$0.00
Jun-06	103290	506	429	77	\$372.67
Jul-06	113630	506	495	11	\$53.24
Ago-06	110011	506	495	11	\$53.24
Sep-06	137698	506	506	0	\$0.00
Oct-06	122782	506	506	0	\$0.00
Nov-06	101640	506	418	88	\$425.91
Promedio	106441			Total	\$2,236.04

**TABLA 3: Censo de Cargas en el periodo de enero a noviembre del 2006.<sup>7</sup>**

**Grafico del Comportamiento de la demanda de energía eléctrica para el periodo de ENERO A NOVIEMBRE DEL AÑO 2006.**



**Figura 9. Demanda del consumo de energía eléctrica para el año 2006.<sup>8</sup>**

<sup>7</sup> Fuente: Trabajo de Graduación. “Estudio para el Uso Eficiente de la Energía en la Ciudadela Don Bosco, Septiembre 2000”.

<sup>8</sup>Fuente: Trabajo de Graduación. “ Diseño y Propuesta de Un Sistema Inteligente de Generación de Energía Eléctrica por Medio de Módulos Fotovoltaicos con Capacidad de Conexión en Paralelo al Circuito Alimentador para ser Aplicado en el Edificio EX -SUM de la Universidad Don Bosco”.

### **Comparación de la Potencia promedio. Tabla 2 y Tabla 3.**

Los periodos tiempo de estudio del consumo eléctrico son:

✓ **Periodo 1** : Desde Abril/99 hasta Marzo/00

Consumo Eléctrico: Potencia Promedio 79910 KWh/mes (Tabla 2).

✓ **Periodo 2** : Desde Enero/06 hasta Noviembre/06

Consumo Eléctrico: Potencia Promedio 106441 KWh/mes (Tabla 3).

Como indicador de consumo de energía eléctrica, se utilizo la potencia promedio para explicar el porcentaje de consumo eléctrico. El Periodo 1 tiene un consumo de 79910 KWh/mes. El Periodo 2 tiene un consumo de 106441 KWh/mes, La diferencia entre estos dos periodos seria de 26531 KWh/mes.

Al considerar como un 100% el consumo más alto que sería el periodo 2. Al aplicar la regla de tres simple obtenemos un porcentaje de 24.9% que representa el incremento en el consumo eléctrico entre ambos periodos.

### **Comparación de la potencia real (KWh). Figura 8 y Figura 9.**

La Potencia real de consumo de energía eléctrica para el periodo 1 (figura 8) se encuentra entre el rango de los 200 KW hasta 400 KW. Para el Periodo 2 (figura 9) se encuentra entre el rango de los 300 KW hasta los 500 KW.

Gráficamente se refleja que la potencia real consumida ha aumentado considerablemente. En un periodo muy corto de 6 años tiene mas del 100% de consumo de energía eléctrica del primer año, debido ha cambios en infraestructura, como lo es el salón de computo en el edificio B, distribución de cubículos de profesorado, nuevo edificio para biblioteca y salón de estudio, entre otros.

## 2.4 Demanda Estimada Total diaria de la Universidad Don Bosco.

El comportamiento diario de consumo energético de la Universidad Don Bosco se representa de la siguiente manera:

### DEMANDA TOTAL UDB (ESTIMADA)

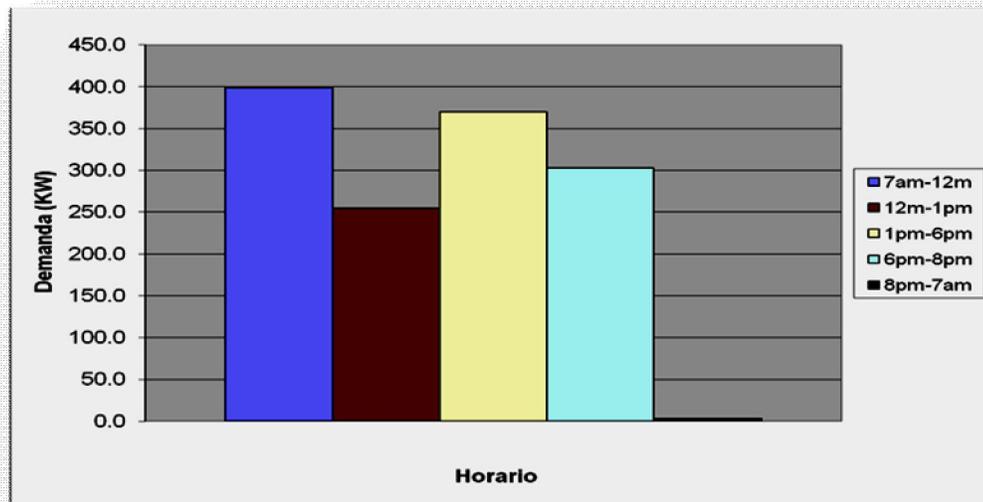


Figura 10. Demanda de energía eléctrica para un día laboral en el año 2006.<sup>9</sup>

Se observa (figura 10) un mayor consumo en tres intervalos de tiempo o etapas. Las etapas serían las siguientes :

- Primera etapa 7am a 12 m
- Segunda etapa 1pm a 6pm
- Tercera etapa de 6pm a 8pm.

La figura 10 en el horario vespertino (7am a 12 m) hay un mayor consumo que tiene un valor promedio de consumo de 400 Kwh, a medio día (12m a 1 pm) se utiliza más de la mitad del horario vespertino, con un valor de 250

<sup>9</sup> Fuente> Trabajo de Graduación. "Diseño y Propuesta de Un Sistema Inteligente de Generación de Energía Eléctrica por Medio de Módulos Fotovoltaicos con Capacidad de Conexión en Paralelo al Circuito alimentador para ser Aplicado en el Edificio EX-SUM de la Universidad Don Bosco Año 2006.

Kwh. En el horario diurno (1pm a 6pm), se tiene un consumo de 375 Kwh y en el horiaro nocturno (6pm a 8pm), un consumo de 300 Kwh.

## 2.5 Demanda Actual de Consumo Electrico (Kwh/mes) en la Universidad Don Bosco.

Comportamiento Consumo Electrico para periodo desde octubre 2009 hasta Marzo 2010, tomando en cuenta los 3 rangos de facturacion que son :

- Hora punta (18:00 – 22:59)
- Hora valle (23:00- 4:59)
- Hora resto(5:00-17:59)

### Consumo Electrico para periodo desde octubre 2009 hasta Marzo 2010

DETALLE DE CONSUMO							
		OCTUBRE 2009	NOVIEMBRE 2009	DICIEMBRE 2009	ENERO 2010	FEBRERO 2010	MARZO 2010
Hora Punta: (18:00 - 22:59)	<b>PUN</b>	9405	9350	6105	11055	13310	11275
Hora Valle: (23:00 - 04:59)	<b>VAL</b>	6765	6985	5280	6655	7315	6710
Hora Resto: (05:00 - 17:59)	<b>RES</b>	61875	60500	35420	62315	76725	65945
<b>Consumo Kilowatt/Hora Total</b>		78045	76835	46805	80025	97350	83930
<b>DEMANDA (kWmáx)</b>	<b>DEM</b>	361	272	253	347	351	373

Tabla 4. Detalle de consumo electrico de la Universidad Don Bosco.(Octubre 2009 – Marzo 2010).<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Fuente: Entrevista con el Lic. Antonio Balmore Coreas Martínez.

### Grafico del Consumo Electrico de la Universidad Don Bosco

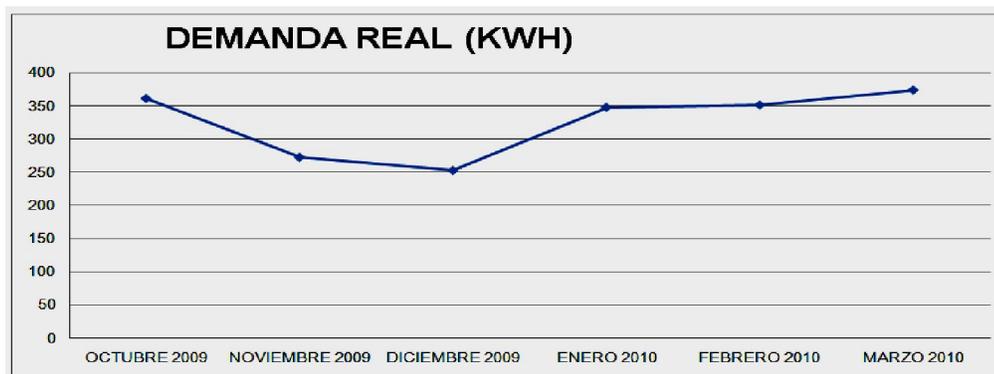


Figura 11. Detalle de consumo electrico. Demanda de potencia en el tiempo.

La tendencia del consumo electrico (Tabla 4) de la Universidad Don Bosco para Octubre 2009 refleja un consumo de 361 Kwh debido a que es la finalizacion del ciclo de estudio (Ciclo II/2009), disminuyendo para los meses de Noviembre y Diciembre que es el comienzo del interciclo o ciclo III/2009 donde la cantidad de estudiantes es mucho menor, generando un consumo de 253 Kwh.

Al inicio del año 2010 de Enero hasta Marzo se vuelve a generar un aumento en el consumo electrico por del ciclo I/2010 teniendo un consumo en Marzo 2010 de 373 Kwh.

En la Figura 11 se observa el comportamiento del periodo comprendido desde octubre 2009 hasta Marzo del 2010. Donde el rango de consumo minimo va desde los 250 Kwh hasta un maximo de 400 Kwh. Donde el promedio de consumo electrico se estima mayor de 350 Kwh en los ciclo I y II que se desarrollan en el año.

El consumo del ciclo III es minimo pero no deja de ser considerable ya que tiene un estimado mayor de 250 Kwh.

En el horario Nocturno que comprende de 6pm – 11pm es notable el aumento en el consumo electrico. Presentando el menor consumo en Octubre

del 2009 con un valor de 9405 Kwh y un mayor consumo en Febrero del 2010 con un valor de 13310 Kwh.

En el horario Nocturno se puede observar que tambien se utilizan los edificios como parte de la iluminacion externa , cada lado de los edificios estan instaladas 4 lamparas de 4 candelas lo que aumenta el consumo electrico debido a que no se cubre la demanda de iluminacion con las lamparas de vapor de mercurio que estan instaladas actualmente. referencia

Al utilizar farolas solares se tendra un ahorro de energia considerable, que en un futuro se podria analizar la factibilidad de utilizar la energia solar para la alimentacion de la iluminacion externa de los edificios .

## 2.6 Costo del consumo electrico mensual para la Universidad Don Bosco en los 3 rangos de Facturacion Electrica.

### Detalle del consumo del mes de Octubre/2009.

OCTUBRE 2009		
HORARIO	KWH	COSTO
Hora Punta: (18:00 - 22:59)	9405	\$ 1,419.34
Hora Valle: (23:00 - 04:59)	6765	\$ 792.27
Hora Resto: (05:00 - 17:59)	61875	\$ 9,385.76

SUB-TOTAL

\$ 11,597.36

DEMANDA (kWmáx)	361	\$ 1,213.63
-----------------	-----	-------------

TOTAL

\$ 12,810.99

Tabla 5 .Costos del consumo electrico del mes de Octubre/ 2009 de la Universidad Don Bosco.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Datos del contenido de Tabla 4.

## Grafico del Consumo Electrico de la Universidad Don Bosco

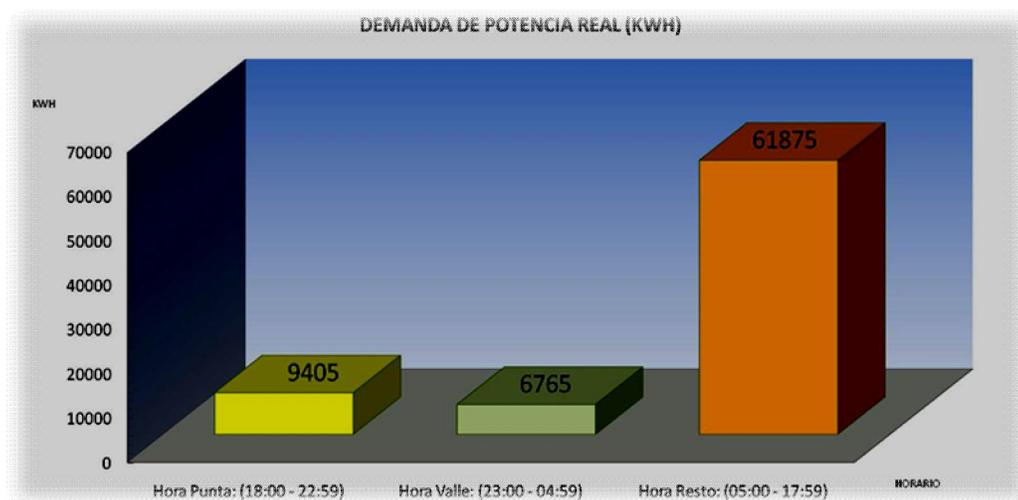


Figura 12. Demanda de energía eléctrica diaria para el mes de Octubre/2009.

### Detalle del consumo del mes de Diciembre/2009.

DICIEMBRE 2009		
HORARIO	KWH	COSTO
Hora Punta: (18:00 - 22:59)	6105	\$ 828.15
Hora Valle: (23:00 - 04:59)	5280	\$ 541.58
Hora Resto: (05:00 - 17:59)	35420	\$ 4,560.93

SUB-TOTAL \$ 5,930.66

DEMANDA (kWmáx)	253	\$ 848.55
-----------------	-----	-----------

TOTAL \$ 6,779.21

Tabla 6 .Costos del consumo eléctrico del mes de diciembre/2009 de la Universidad Don Bosco.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Datos del contenido de Tabla 4.

## Grafico del Consumo Electrico de la Universidad Don Bosco

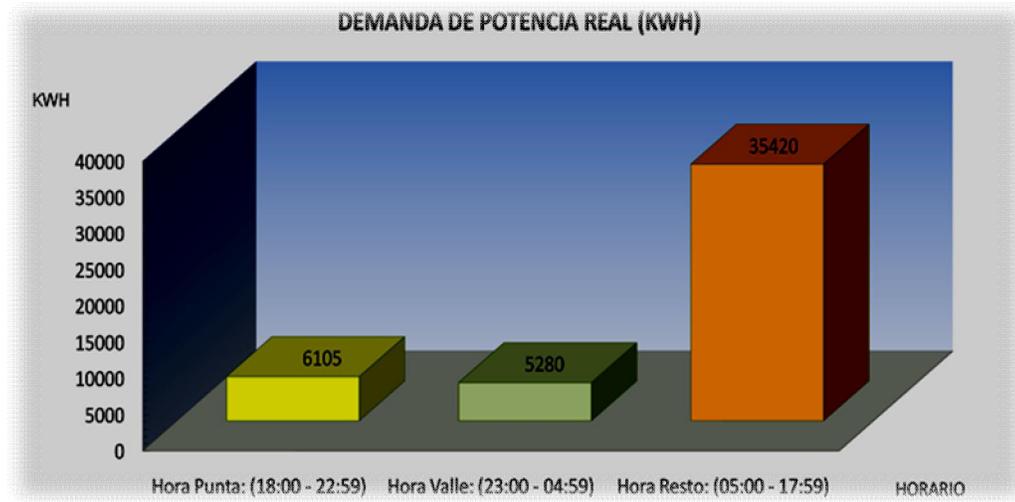


Figura 13. Demanda de energía eléctrica diaria para el mes de Diciembre/2009.

### Detalle del consumo del mes de Marzo/2010.

MARZO 2010		
HORARIO	KWH	COSTO
Hora Punta: (18:00 - 22:59)	11275	\$ 1,529.47
Hora Valle: (23:00 - 04:59)	6710	\$ 688.26
Hora Resto: (05:00 - 17:59)	65945	\$ 8,491.54

SUB-TOTAL \$ 10,709.27

DEMANDA (kWmáx)	373	\$ 1,254.20
-----------------	-----	-------------

TOTAL \$ 11,963.47

Tabla 7 .Costos del consumo eléctrico del mes de marzo de la Universidad Don Bosco.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Datos del contenido de Tabla 4.

## Grafico del Consumo Electrico de la Universidad Don Bosco

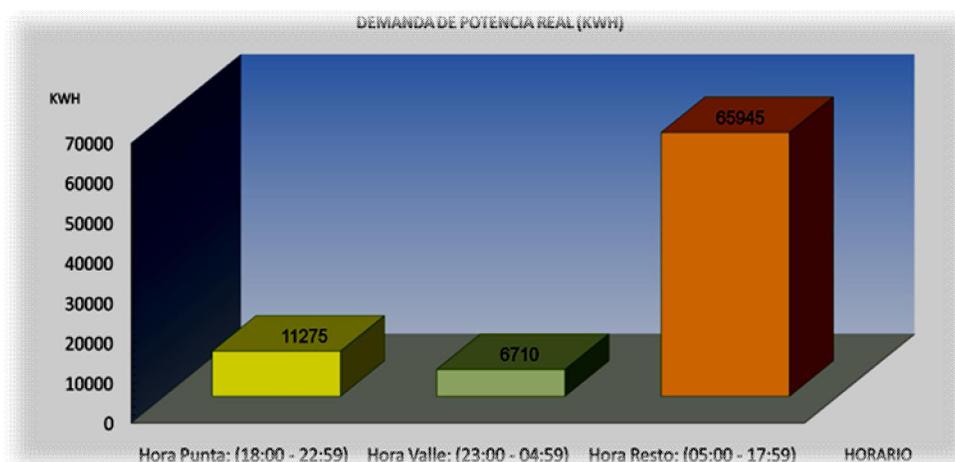


Figura 14. Comportamiento de la demanda de potencia diaria para marzo/ 2010.

El análisis del consumo eléctrico para el periodo desde octubre 2009 hasta Marzo 2010, genera el costo total por consumo eléctrico de :

- a) Octubre 2009: \$ 12,810.99 (Tabla 5)
- b) Diciembre 2009: \$6,779.21 (Tabla 6)
- c) Marzo 2010: \$11,963.47 (Tabla 7)

El costo promedio estimado tomando en cuenta los periodos de mayor facturación es de \$12,387.33 para todo el año.

### 2.7 Descripción de la Facturación Eléctrica.<sup>14</sup>

Los principales cargos por el consumo de la energía eléctrica son:

- a) Cargo por energía en hora punta: Pago mensual que el usuario hace, resultante de multiplicar los kWh consumidos en el mes durante las horas punta por la tarifa establecida.

<sup>14</sup> <http://www.aeselsalvador.com>

- b) Cargo por energía en hora resto: Pago mensual que el usuario hace, resultante de multiplicar los kWh consumidos en el mes durante las horas resto por la tarifa establecida.
- c) Cargo por energía en hora valle: Pago mensual que el usuario hace, resultante de multiplicar los kWh consumidos en el mes durante las horas valle por la tarifa establecida.
- d) Cargo por atención al cliente: Pago mensual por los servicios administrativos que se le prestan al usuario.
- e) Sub-Total: Es la suma de los cargos que la distribuidora hace por consumo eléctrico, atención al cliente y uso de la red, e IVA.
- f) Sub-Total Gravado: La suma de los cargos sin IVA.
- g) Abono Cliente Corporativo: Es el descuento a aquel gran cliente que posee varias entidades, todas facturando a la compañía distribuidora y que debido a ello compra a la misma la energía en bloque.
- h) Cuenta pendiente: Valor de la factura anterior. Se aplica cuando el cliente no canceló la cuenta anterior.
- i) Valor Alcaldía: Es la suma de todos los servicios municipales que se le cobran a través de su recibo.

En el estado de cuenta, se detalla la capacidad de suministro contratada, su fecha de inicio de vigencia, número del medidor y su multiplicador, lecturas anteriores y actuales en kwh, kw entregados y de suministro, cargos por atención al cliente, por energía, por uso de la red y por sanciones al factor de potencia, así como por energía no servida. Este estado de cuenta sirve para que el cliente lleve su propio historial de consumo. Para la facturación del consumo energético de los clientes a los cuales se les ha aplicado las tarifas de Medianas y Grandes Demandas; dependerá de los horarios tarifarios, definidos de la manera siguiente:

- 1) Punta: de las 18:00 a las 22:59 horas.
- 2) Valle: de las 23:00 a las 04:59 horas.
- 3) Horas restantes o Resto: de las 05:00 horas a las 17:59 horas.

### **2.8 Tarifa Aplicada a la Universidad Don Bosco por el consumo eléctrico.**

A continuación un estudio presentado por la SIGET, para la empresa que proporciona el suministro eléctrico de la Universidad Don Bosco cuyo nombre es Distribuidora eléctrica CAESS, cuyos datos son proyecciones del año 2003 hasta el presente año.

BANDA	PRECIO VIGENTE DESDE 10/ JUN/03	PRECIO VIGENTE DESDE 10/ DIC/03	PRECIO VIGENTE DESDE 10/ JUN/04	PRECIO VIGENTE DESDE 10/ DIC/04
	US\$/MWh	US\$/MWh	US\$/MWh	US\$/MWh
VALLE	51.15	47.21	56.22	52.82
RESTO	65.59	70.61	71.38	66.85
PUNTA	80.29	70.66	76.34	85.13
TOTAL	66.75	66.92	70.21	68.87

BANDA	PRECIO VIGENTE DESDE 10/ JUN/05	PRECIO VIGENTE DESDE 10/ DIC/05	PRECIO VIGENTE DESDE 10/ JUN/06	PRECIO VIGENTE DESDE 10/ DIC/06
	US\$/MWh	US\$/MWh	US\$/MWh	US\$/MWh
VALLE	53.50	58.21	90.12	72.90
RESTO	75025	79.00	90.26	93.96
PUNTA	90.83	80.84	90.02	97.82
TOTAL	75.29	75.73	91.59	91.20

BANDA	PRECIO VIGENTE DESDE 12/ OCT/07	PRECIO VIGENTE DESDE 12/ ABR/08	PRECIO VIGENTE DESDE 12/ AGO/08(*)	PRECIO VIGENTE DESDE 12/ OCT/08 (*)
	US\$/MWh	US\$/MWh	US\$/MWh	US\$/MWh
VALLE	72.90	72.90	94.42	94.42
RESTO	93.96	93.96	114.38	114.38
PUNTA	97.82	97.82	117.75	117.75
TOTAL	91.10	91.28	111.7	111.7

BANDA	PRECIO VIGENTE DESDE 12/ ABR/09	PRECIO VIGENTE DESDE 12/ OCT/12	PRECIO VIGENTE DESDE 12/ ABR/10
	US\$/MWh	US\$/MWh	US\$/MWh
VALLE	112.42	98.47	126.95
RESTO	145.62	123.61	150.94
PUNTA	144.87	130.22	152.41
TOTAL	139.71	120.73	147.07

TABLA 8. PLIEGO TARIFARIO DEL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 2003 Y EL 2010.<sup>15</sup>

**Grafico del comportamiento del costo semestral desde Junio/03 hasta abril/10.**

<sup>15</sup> <http://www.siget.gob.sv>

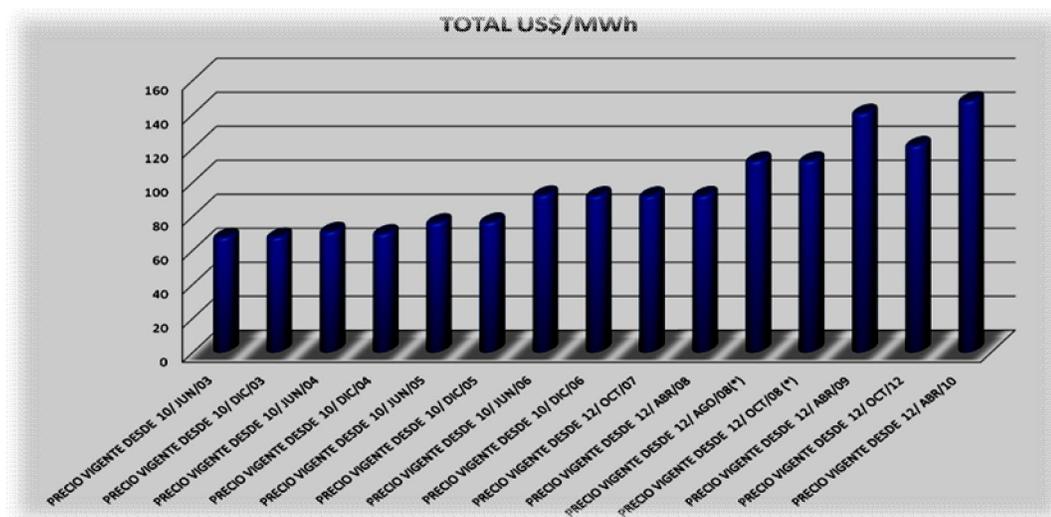


Figura 15 .Comportamiento de Tarifas establecidas por SIGET para la distribuidora eléctrica CAESS.

La tarifa aplicada a la Universidad Don Bosco es el apartado de la SIGET que corresponde a grandes demandas vigente desde 12 de abril del 2010.

III. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)		
MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO		
		CAESS
Cargos de Comercialización:		
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	10.260164
Cargos de Energía:		
Energía en Punta	US\$/kWh	0.158767
Energía en Resto	US\$/kWh	0.157232
Energía en Valle	US\$/kWh	0.132243
Cargos de Distribución:		
Potencia:	US\$/kW-mes	3.338026

Tabla 9. Tarifa aplicada por la distribuidora CAESS a la Universidad Don Bosco.<sup>16</sup>

Las tablas anteriores muestran la tendencia hacia un incremento en las tarifas según datos proyectados por SIGET. Además de considerar el crecimiento de la infraestructura de la Universidad Don Bosco, que genera mayor consumo de energía eléctrica, por lo que es necesario adoptar medidas de ahorro de energía eléctrica. Frente a la necesidad de implementar medidas de ahorro de energía eléctrica se propone una mejora de la iluminación existente con la implementación de farolas solares autónomas, para suplir la

<sup>16</sup> <http://www.siget.gob.sv>

necesidad de luz exterior sustituyendo la energía eléctrica por el uso de la energía solar mediante paneles solares.

## **2.9 Objeto de Estudio.**

La iluminación es uno de los rubros en el uso de energía en la Universidad Don Bosco con un porcentaje de 15.31% en el costo de consumo de energía eléctrica (figura 7). Un porcentaje sobresaliente en dicho consumo, el cual se puede aplicar el uso de las farolas solares para una optimización de la iluminación externa y un ahorro en el consumo eléctrico. Por lo que la iluminación es un punto a analizar para el uso eficiente de la energía eléctrica. Ya que al utilizar luminarias solares independientes a la red, se está cumpliendo con las necesidades de la demanda que va en aumento junto con la ampliación de las instalaciones de la Universidad, por lo que genera un considerable ahorro.

Según el horario de consumo eléctrico diario de la universidad Don Bosco mostrados en la figura 10 se tiene que en el periodo de 6 pm- 8 pm se tiene un consumo bastante grande si se compara con el consumo en el periodo de 1pm - 6pm, se observa que en 2 horas nocturnas se consume lo de 5 horas diurnas, por lo que en las horas nocturnas podemos optimizar la iluminación usando las farolas solares independientes de la red eléctrica. Las luminarias actuales no cubren con la demanda necesaria por lo que en algunas áreas de la universidad no poseen iluminación o es deficiente, como resultado de la construcción de nuevas edificaciones se demanda un aumento en tales luminarias. El presente trabajo de graduación pretende reforzar esta demanda de luminarias haciendo uso de luminaria solar independiente de la red eléctrica, en busca de un mejor ahorro en el consumo de energía y la eficiencia de iluminación en las áreas de la Universidad como la zona de parqueo, casetas, etc.

## CAPITULO III

### 3. PROCESO DE DISEÑO Y COMPONENTES DE UNA FAROLA SOLAR.

El diseño ingenieril de farola solar en la universidad Don Bosco posee varios factores que se deben tomar en cuenta para su realización. Los factores a considerar son:

- a) **Intensidad:** El ojo y cerebro interactúan de tal manera que su rango de adaptabilidad a las variaciones de iluminación es muy amplio. Esto resulta en una percepción subjetiva de la brillantez de un objeto.
- b) **Dirección:** La luz puede ser suave o fuerte, y provenir de una infinidad de ángulos. La calidad de la luz puede depender de donde viene. Una iluminación uniforme dará luz suave con un mínimo de sombras y contrastes. Por el otro lado, una luz fuerte puede resultar en zonas con iluminación concentrada y concentraciones marcadas de sombras y contraste.
- c) **Color:** Debido a que la evolución de nuestra especie tomo lugar bajo el sol, la sensibilidad del ojo humano coincide en gran medida con el espectro de la luz solar. A esto se debe que el ojo sea tan sensible al amarillo verdoso. En si, el color de los objetos no reside en éstos sino en la interacción del ojo y el cerebro.
- d) **Visibilidad:** La visibilidad de un objeto depende de su tamaño, luminancia, contraste, tiempo de observación y la habilidad del observador para ver.
- e) **Confort:** Se debe adecuar la iluminación al tipo de la tarea, su duración, las edades de los observadores y los tipos de objetos a iluminar, a fin de diseñar una instalación adecuada.
- f) **Variedad:** A fin de asegurar la seguridad de los observadores, es necesario aumentarla uniformidad de la instalación.
- g) **Costos:** Al seleccionar una instalación de iluminación deben considerarse dos tipos de costos, los de la adquisición del equipo y los

de su operación. Es posible que el costo de operación justifique adquirir un equipo con un valor inicial alto, por los ahorros que esto significarían durante la vida de la instalación.<sup>17</sup>

### **3.1 Características Ambientales para la Farola Solar en la Universidad Don Bosco.**

Las condiciones climáticas pueden afectar el comportamiento y durabilidad del Sistema Fotovoltaico. Considerando las condiciones climáticas promedio que presenta El Salvador proporcionadas por el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET<sup>18</sup>), se asumen las condiciones climáticas en su peor escenario por lo que los rangos a tomar en cuenta para el diseño de farola solar fotovoltaica son:

- Ø Humedad relativa: 80 %
- Ø Rango de temperaturas ambiente: -5°C a 40°C
- Ø Velocidad máxima del viento: 80 km/h

### **3.2 Información para el dimensionamiento de la farola solar.**

#### **3.2.1 Energía Solar Directa.**

La energía solar se manifiesta en un espectro que se compone de radiación ultravioleta, visible e infrarroja. Al llegar a la Tierra, pierde primero su parte ultravioleta, que es absorbida por una capa de ozono que se presenta en el límite superior de la atmósfera.

Ya en la atmósfera, la parte infrarroja se pierde ya sea por dispersión al reflejarse en las partículas que en ella se presentan o al llegar a las nubes, que

---

<sup>17</sup> <http://www.bekolite.com>

<sup>18</sup> <http://www.snet.gob.sv>

son capaces de reflejar hasta un 80% de la radiación solar que a ellas llega. El resto llega a la superficie, ya sea de manera directa o indirectamente como reflejo de las nubes y partículas en la atmósfera. La radiación solar que llega a la superficie terrestre se puede transformar directamente en electricidad o calor

### 3.2.2 Sistemas Fotovoltaicos.

Se basa en el aprovechamiento de la Radiación Solar (fotones), que al impactar una Celda Fotovoltaica genera electricidad. La radiación promedio del Sol sobre la tierra es aproximadamente de 1000 Watts/m<sup>2</sup>/hora, variable de acuerdo a las estaciones del año, latitud, condiciones climáticas, orográficas, orientación y horario.

### 3.2.3 Insolación Máxima Hora- Pico.

El Panel al estar fijo recibe los Rayos del Sol inclinados al amanecer, aumentando el ángulo durante la mañana para recibirlos perpendicularmente al mediodía para luego ir disminuyendo durante el atardecer. Durante todo el día el panel recibe una Insolación Variable que va aumentando y disminuyendo progresivamente. Esa Insolación varía desde los 0 Watts hasta llegar a los 1000 Watts al mediodía para luego ir decreciendo a 0 Watts.

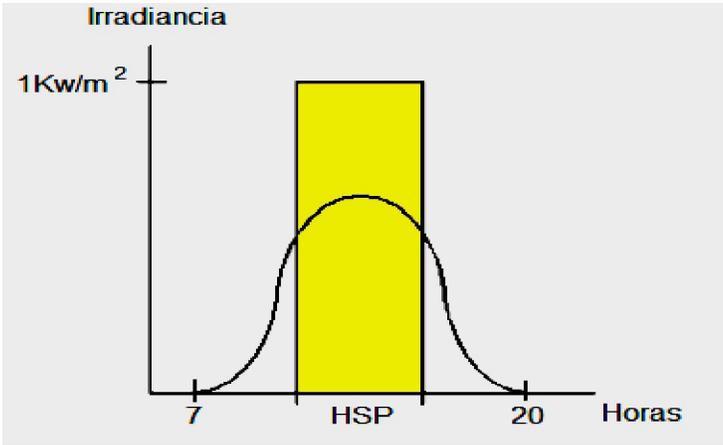


Figura 16. Gráfico de Horas Pico Solares.

El día Solar tiene generalmente unas 12 horas, pero de esas horas aproximadamente la mitad tienen Máxima Insolación o Luminosidad. (IM)

generalmente entre las 10.00 a 16.00 Hs. Cada Área Geográfica de la Tierra tiene un valor medido en Horas de Máxima Insolación a 1000 Watts por metro cuadrado.

El campus de la Universidad Don Bosco se encuentra en un área con insolación equivalente a 5 horas pico (HSP), es decir, el equivalente a tener una irradiación de 1 kW por metro cuadrado por 5 horas.

### 3.2.4 Ubicación de la Farola Solar. Orientación e inclinación.

- Ø **Ubicación.** Para obtener el mejor rendimiento se instalan en lugares donde no haya obstáculos que produzcan sombras en el horario de luminosidad pico.

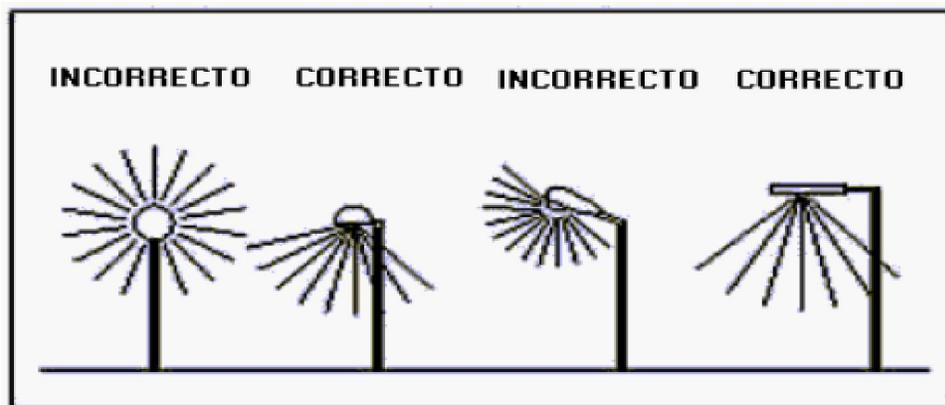


Figura 17 Posicionamiento de Luminaria en estructura para iluminación de exterior.

- Ø **Orientación.** Enfrentar el panel hacia el Norte. En áreas con obstáculos montañosos, buscar la media entre la salida del sol y su puesta.
- Ø **Inclinación.** El sol está bajo en el mes de invierno y alto en Verano. Por ello conviene cambiar la inclinación siempre agregándole 10 Grados a la latitud del lugar. Puede ser efectuado 2 veces al año.

Optimizando estos 3 parámetros, se obtendrá el mejor rendimiento energético.

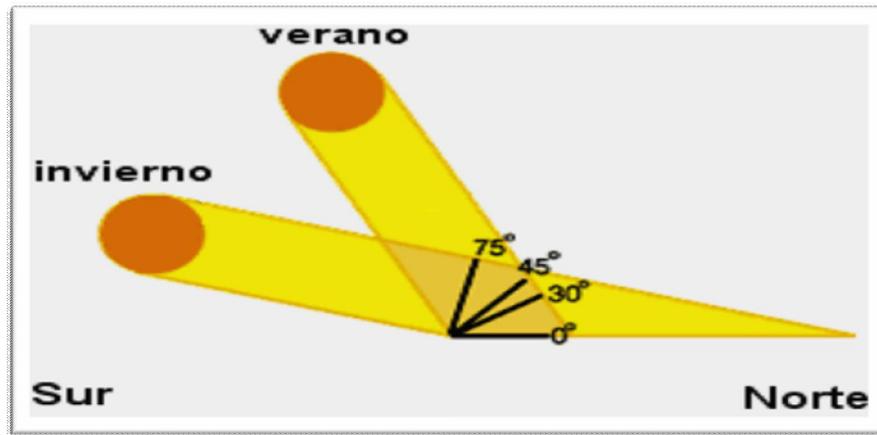


Figura 18. Posicionamiento , inclinación y ubicación del sol en las dos estaciones de El Salvador.

Los paneles solares son orientados hacia el sur con un ángulo de 15 grados con respecto a la horizontal, dado que El Salvador se encuentra aproximadamente a 14 grados de latitud norte.<sup>19</sup>

### 3.2.5 El Watt-Hora.

Cuando la potencia que se disipa en una carga se calcula en términos del tiempo, se puede determinar la cantidad de energía consumida por la carga. Si se entrega un Watt durante 1 segundo, la energía consumida en este tiempo es igual a un Joule. Por lo tanto al Joule también se le llama Watt-segundo. En los cálculos de potencia eléctrica, también se utilizan el Watt-Hora o el Kilowatt-Hora, ya que con frecuencia son unidades más convenientes que el Watt-Segundo. Un Kilowatt-Hora representa 1000 Watts entregados durante una hora.

### 3.2.6 Voltaje de Trabajo.

El sistema completo, desde los módulos fotovoltaicos incluyendo las baterías, tendrá un voltaje de trabajo, el cual generalmente es de 12Volts, 24Volts, 36Volts ó 48Volts. Esta denominación es independiente del hecho que los módulos fotovoltaicos funcionarán con un voltaje levemente mayor, para poder cargar las baterías.

<sup>19</sup> <http://www.digestyc.gob.sv>

El sistema fotovoltaico de las farolas a utilizar, tendrá un voltaje de trabajo de 12 voltios, ya que la batería de ciclo profundo comercialmente es de 12 voltios. Otro de los aspectos a considerar es el costo que genera al utilizar un mayor voltaje de alimentación.

### **3.2.7 Selección de Luminaria.**

Para seleccionar la luminaria que se utilizara en la farola solar que funcionan en Corriente Continua (CC), se deberá completar los datos de la Tabla 10 y 11, en donde en la primera columna: "Consumidor, Descripción" debe ir el nombre de la luminaria. En la segunda columna: "Potencia en Watts" (A), deberá ir la Potencia propia del equipo en cuestión. En la tercera columna: "Horas de Servicio Promedio / Día" (B), deberá ir el número de horas (en promedio) que se espera tener el artefacto funcionando durante un día. En la cuarta columna deberán ir la(s) cantidad(es) (C) de artefacto(s) de este tipo que se contemplan en la instalación. En la quinta columna "Voltaje de operación" (D), Voltaje definido por el fabricante para el funcionamiento de la luminaria. En la sexta columna "Precio de la luminaria"(E), precio unitario de la luminaria definido por el distribuidor . En la séptima columna "Horas de uso" (F) , es decir la vida útil de la luminaria según el fabricante. En la octava columna "Lúmenes equivalente" (G), Lúmenes equivalentes proporcionados por el fabricante.

Finalmente una columna independiente: "Consumo en Watt-hora/Día", Sera el resultado de la multiplicación de:  $A \times B \times C$ , con lo que sumando todos los valores de esta última columna se obtendrá el Consumo total de equipos en Corriente Continua en Watt-Hora por Día.

Descripcion	A	B	C	AxBxC
	Potencia (Watts)	Horas de Servicio	Cantidad	Consumo de Watts Hora
LU2 integrated High Power Led Streelight	56	4	1	224
Lampara de Vapor de Mercurio	175	4	1	700

**Tabla 10. Cuadro comparativo para determinar el consumo de watts hora por luminaria.**

Descripcion	D	E	F	G
	Voltaje de Operación	Precio de la luminaria	Horas de uso	Lumens
LU2 integrated High Power Led Streelight	85-264 VAC 12-24VDC	\$ 544.85	50000	4200
Lampara de Vapor de Mercurio	220 V AC	\$ 80.62	24000	8500

**Tabla 11. Cuadro comparativo especificaciones técnicas y precio por luminaria.**

El criterio utilizado para la selección de la luminaria se basa en la luminaria existente en la Universidad Don Bosco que es de vapor de mercurio, con las siguientes características<sup>20</sup>:

- ü 8500 Lúmenes de iluminación.
- ü 198 watts de Potencia de consumo.
- ü 4 (6pm – 9 pm) Horas de Servicio al día.
- ü Voltaje de funcionamiento 220V corriente alterna.
- ü Precio de la luminaria \$ 80.62.
- ü 24,000 Horas de Uso.

<sup>20</sup> <http://www.sylvania.com/>

ü Consumo de Watts Hora por día: 700 Watts.

La luminaria a comparar para el proyecto de Farolas Solares es utilizando la tecnología LED, teniendo un menor consumo, menos perdidas, mayor eficiencia, mas horas de uso, al utilizar una alimentación de 12 voltios no es necesario el uso de inversores reduciendo considerablemente el costo de la instalación.

### **3.3 Alumbrado Exterior en Universidad Don Bosco con Farola solar autónoma.**

Una luminaria solar contiene básicamente tres elementos: el panel solar que transforma los rayos solares en electricidad, el sistema de almacenamiento y control que almacena la energía y regula su uso y por último el sistema de iluminación que dependiendo de los requerimientos se opta por tecnología de diodos emisores de luz (LEDS), inducción magnética ó vapor de sodio de baja presión. El presente trabajo se tomara la tecnología Led como luminaria de la farola solar.

Son muchos los factores positivos por los que utilizar dicha tecnología , se resumen en tres aspectos:

- 1) **Ahorro Energético:** La tecnología led reduce su consumo eléctrico en más de un 60%, frente a cualquier lámpara incandescente y un 40% frente a las lámparas fluorescentes.
- 2) **Luz Ecológica:** La luz led es completamente limpia y sin imperfecciones, obteniendo una amplia claridad de visión, además de una amplia aportación ecológica al gran problema mundial de contaminación iluminación, la falta de mercurio o material pesado en su fabricación; además su encendido es inmediato, sin necesidad de reactancias, balastos o similares para su encendido.

- 3) **Mayor Rendimiento:** el tiempo de vida útil de un LED , está entre las 50.000 y las 100.000 horas de vida, equivalente periodo de 10 a 15 años de vida para una lámpara o foco que utilice esta tecnología; manteniendo hasta un 70% de su flujo luminoso en comparación de las luces convencionales.

Las luminarias solares son sistemas unitarios independientes, diseñados para operar de manera autónoma al 100%, el panel fotovoltaico se integra una estructura metálica o poste, las baterías y el sistema de control se alojan en un gabinete ubicado en la parte superior del poste. La luminaria en si es la unidad completa de iluminación y consiste del foco, reflector - difusor y carcasa.

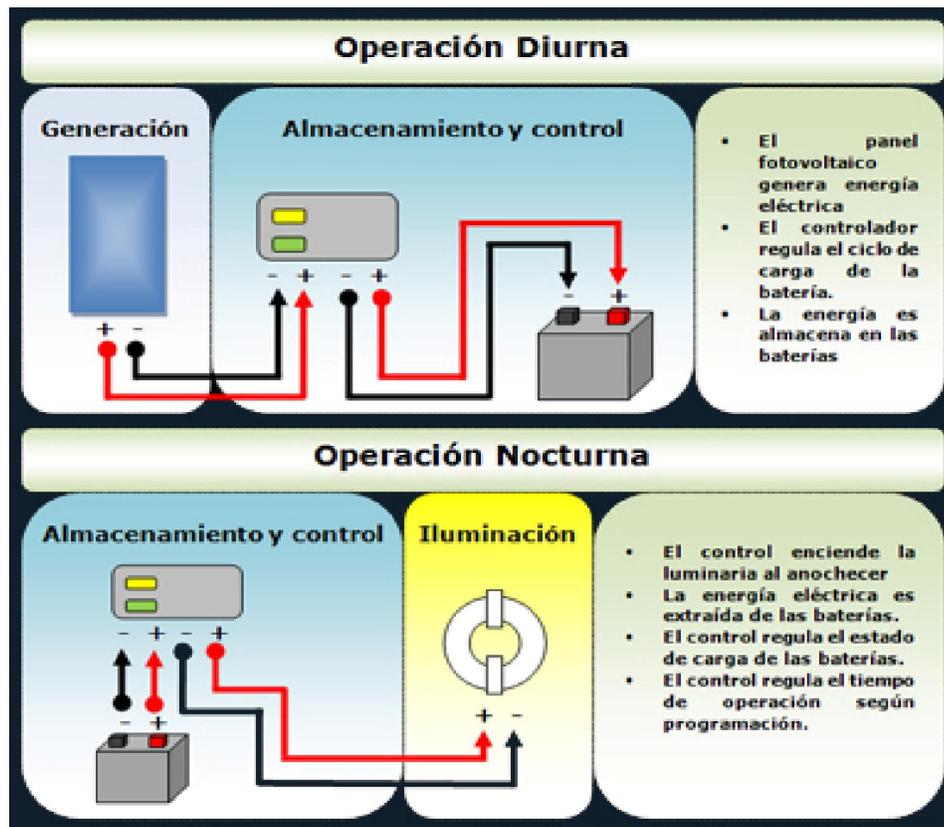


Figura 19. Funcionamiento del sistema fotovoltaico en un día.

### 3.3.1 Niveles de iluminación.

Las luminarias solares para alumbrado público proporcionan niveles de iluminación en promedio de 30 luxes, depende del modelo, altura de montaje y tipo de luminaria empleados este valor puede cambiar.

### 3.3.2 Características del lugar de instalación.

El panel fotovoltaico debe de orientarse al sur geográfico del lugar de instalación, estar libre de sombras prácticamente todo el día, ¿el área de instalación está libre de sombras o existen arboles, edificios, estructuras ó condiciones climatológicas que impidan una buena insolación? Existen condiciones particulares a tomar en consideración como pueden ser, temperaturas extremas, ambientes marinos ó fuertes vientos.

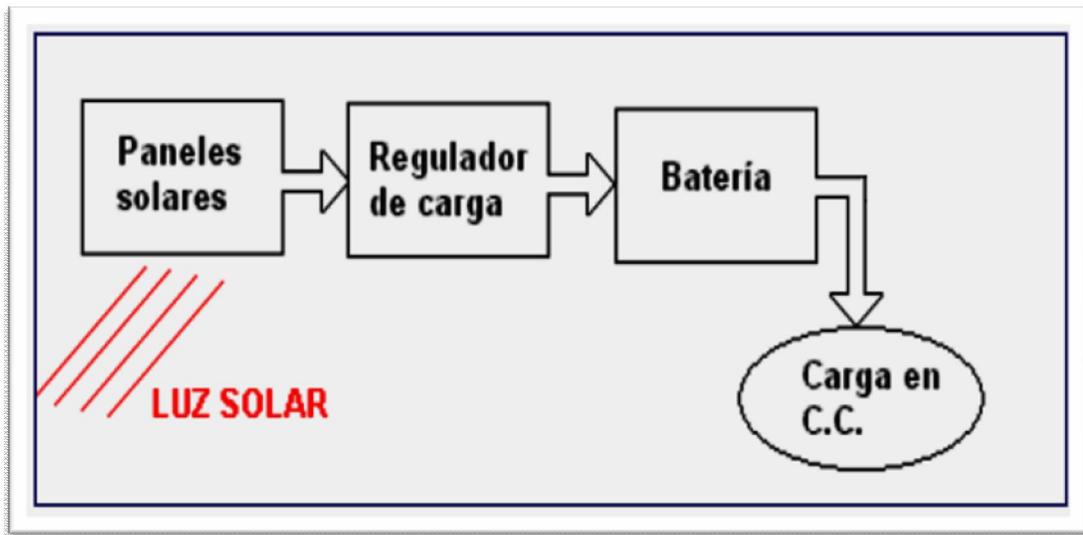


Figura 20. Componentes del Sistema Fotovoltaico propuesto.

En primer lugar la luz solar incide en los paneles o módulos fotovoltaicos formados por un material semiconductor de silicio cristalino que posee efecto fotoeléctrico, es decir, transforma (con un rendimiento aproximado del 18%), la luz solar en energía eléctrica continua de 12 voltios.

Posteriormente esa electricidad debe acumularse en una batería para disponer de energía durante periodos nocturnos o de poca irradiación solar (días nublados, o con niebla).

Entre los paneles solares y la batería es necesario incluir un regulador de carga de modo que cuando la batería está cargada (por medida de su tensión) el regulador cierre el aporte de energía desde los paneles solares a la batería, para impedir la sobrecarga de esta y por consiguiente el acortamiento de su vida útil.

Finalmente la energía por la batería (en forma de corriente continua) puede emplearse como tal en luminarias y otros equipos, si bien lo más habitual es transformar, por medio de un inversor, la corriente continua en alterna pero sería un incremento considerable en el costo final.

### **3.3.3 Construcción de un Módulo Fotovoltaico.**

#### **Modulo Fotovoltaico.**

Cada módulo fotovoltaico cuenta con una caja de conexión ubicada en su parte posterior, lo que permite realizar la conexión eléctrica del mismo. Algunos módulos cuentan con conectores hembra - macho de fábrica.

#### **Características eléctricas del módulo fotovoltaico.**

Los parámetros eléctricos que caracterizan a los módulos fotovoltaicos se describen a continuación

Ø **Isc ó Corriente de Cortocircuito:** Es la intensidad máxima de la corriente que se obtiene de un módulo fotovoltaico bajo determinadas condiciones. Corresponde al valor de la corriente obtenido por medio de un entre los bornes del módulo fotovoltaico, esto es provocando un corto circuito en el módulo fotovoltaico.

- Ø **Voc ó Voltaje a circuito abierto:** Es el voltaje máximo que se registra en un módulo fotovoltaico sin permitir que pase corriente alguna entre los bornes del módulo fotovoltaico, esto es a circuito abierto.
- Ø **Pmax ó Potencia máxima:** Su valor queda especificado por una pareja de valores de corriente y voltaje, comprendidos entre 0 e I<sub>sc</sub> así como 0 y Voc respectivamente para los cuales su producto sea máximo.

### **Panel fotovoltaico o Arreglo.**

Al conjunto de módulos fotovoltaicos se le denomina panel fotovoltaico ó arreglo. Los módulos fotovoltaicos que conforman un arreglo se pueden conectar entre sí en serie, paralelo o de forma mixta, para obtener el voltaje o amperaje requerido por el sistema. Esta modularidad hace que los sistemas fotovoltaicos se adapten a cualquier tipo de instalación, por pequeña o grande que esta sea.

Las características eléctricas del panel o arreglo fotovoltaico son las del módulo que lo conforma, tomando en consideración el cambio en la potencia, corriente ó voltaje de acuerdo a la configuración realizada, esto es, el número de módulos conectados en serie y en paralelo.

- Ø **Módulos en serie:** Cuando se conectan los módulos fotovoltaicos en serie se incrementa el voltaje del sistema. El voltaje final del sistema es la sumatoria de los voltajes individuales de cada módulo

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n.$$

- Ø **Módulos en paralelo:** Se conectan los módulos fotovoltaicos en paralelo para incrementar la corriente del sistema del sistema. La corriente final es la sumatoria de las corrientes individuales de cada módulo.

$$I_{\text{total}} = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n.$$

### **3.3.4 Baterías solares.**

El banco de baterías de un sistema de alumbrado público solar se encarga de proporcionar la energía eléctrica durante las horas de operación nocturna que tenga la luminaria.

Un aspecto importante a determinar para cualquier banco de baterías, es el tamaño del mismo, es decir, la cantidad de energía que este puede almacenar, cuanta más energía se requiera almacenar, de mayor tamaño será el banco de baterías, a menor cantidad de energía a almacenar menor será el tamaño del banco.

Un foco de mayor potencia iluminara un área mayor o nos proporcionara mayores niveles de iluminación, pero a su vez, consumirá una mayor cantidad de energía, lo que se traduce en un aumento del tamaño del banco de baterías, así como en la potencia instalada en el panel fotovoltaico. Las baterías son sensibles a la temperatura de trabajo ya que esta afecta de manera directa las reacciones electroquímicas que se dan dentro de las mismas.

Cuando las baterías se someten a temperaturas mayores a la ambiente las reacciones electroquímicas se aceleran y su vida útil disminuye, por el contrario, cuando las baterías se someten a bajas temperaturas se prolonga la vida útil, pero se corre el riesgo de congelamiento, debido a la variación de la concentración del ácido que posee una batería con el estado de carga de la misma, a mayor descarga, menor concentración y mayor riesgo de congelamiento.

La capacidad de una batería normalmente se especifica en amperes-hora junto con una hora de referencia como puede ser veinte horas, por ejemplo supongamos que una batería tienen los siguientes datos 200 Amperes hora y una referencia de 20 horas (200Ah@20hrs). Esto significa que la batería completamente cargada entrega 10 amperes por 20 horas. Estos datos los proporciona el fabricante.

### **3.3.5 Controlador de Carga.**

Las luminarias solares requieren de un controlador que regula el estado de carga y descarga de las baterías, así como enciende y apaga la luminaria según se programe.

Las principales funciones del controlador de carga son:

- Ø Previenen de una sobrecarga de las baterías por el panel fotovoltaico
- Ø Previenen una descarga excesiva de la batería por la luminaria, desconectándola por un valor bajo del voltaje de la batería.
- Ø Mantiene a la batería en su estado de máxima carga posible.
- Ø Controla el tiempo de operación de la luminaria solar.
- Ø Sirve como punto de interconexión entre el panel fotovoltaico, el banco de baterías y la luminaria solar.

### **3.3.6 Herrajes**

Son las piezas metálicas que se utilizan para unir y soportar los componentes de la luminaria solar con el poste metálico, son piezas especialmente fabricadas de acuerdo a la luminaria a instalar y las características que esta posea.

El soporte del panel normalmente se coloca en la punta del poste, este soporte posee una inclinación adecuada al lugar de instalación, la orientación de los módulos debe ser al sur.

El gabinete para las baterías se coloca en la parte baja del poste o debajo del panel fotovoltaico, normalmente se fabrican gabinetes para contener de una a 4 baterías, en el mismo gabinete se coloca un controlador de carga y se realiza la interconexión eléctrica de los componentes del sistema.

### **3.4 Propuesta de la Farola Solar a utilizar en la Universidad Don Bosco.**

La propuesta de la Farola Solar a utilizar esta diseñada en base a la luminaria externa existente la cual por lo general está compuesta de 3 elementos:

- 1) Pedestal: Es la base donde se instala la luminaria.
- 2) Postes y el brazo de luminaria: Son los elementos que le proporcionan la altura y soporte donde se realizara la instalación.
- 3) Luminaria y la fotocelda. Elemento emisor de luz y su controlador de encendido y apagado.

Basado en los componentes estándares mencionados anteriormente , el diseño debe tener en consideración , la ubicación y base del panel solar que generara la alimentación de la batería de ciclo profundo cuya función es almacenar la energía que utilizara la luminaria led en un tiempo de uso de 4 horas en el periodo de 6:00pm – 9:00 pm.

El sistema fotovoltaico estará protegido por un regulador de carga que permite el funcionamiento dentro de las especificaciones de trabajo, es decir, cuando la batería este en su valor minino de descarga o máximo de carga se protegerá, sobrecarga del sistema, cortocircuito de alguno de sus componentes.

Todo el sistema fotovoltaico estará controlado su encendido y apagado en el periodo de trabajo por un controlador lógico programable o PLC (Programmable Logic Controller sus siglas en inglés) que son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial. Se considero que por seguridad y eficiencia, todos los dispositivos mencionados como los componentes de la farola solar se instalen lo mas cerca posible. Por lo que se ubicaron en la parte superior del poste metálico para evitar posible hurto de sus elementos ya que la altura del poste será de 3 metros sobre el nivel del suelo. El mantenimiento será sencillo al estar todo sus componentes próximos,

además se genera una menor caída de tensión en los conductores al ser una distancia corta de cableado.

Con respecto al diseño estructural debe tener una base o marco en la parte superior del poste metálico para el panel fotovoltaico, teniendo en cuenta que en la parte trasera del panel debe estar descubierta para no retener agua lluvia y para su fácil acceso para el mantenimiento o cambio de panel fotovoltaico.

Seguido de una caja metálica cuyas medidas permitan la capacidad de almacenar el equivalente a las dimensiones de dos baterías de ciclo profundo aunque solo se utilizara una batería para el funcionamiento del sistema fotovoltaico. Así como también espacio donde se ubicara el controlador de carga y el controlador lógico programable (PLC), permitiendo la conexión o cableado eléctrico entre cada uno de ellos. En la parte inferior y superior de la caja metálica llevara ángulos refuerzo. Y su diseño favorece al mantenimiento e instalación. Contiguo a la caja metálica se ubicara el brazo donde se instalará la luminaria, por lo que el brazo es un tubo hueco con el espesor necesario para sostener la luminaria y que permita ubicarla en la distancia seleccionada. El poste metálico debe tener la capacidad de soportar el peso de la caja metálica con sus componentes en su interior, el brazo con la luminaria y el panel solar, por lo que se dispondrá de un espesor adecuado a el peso de todos los componentes mencionados y también tendrá un refuerzo en la parte inferior para una mayor estabilidad.

Se recomienda dos aspectos para el proceso de fabricación de la estructura metálica:

- 1) La estructura de soporte del panel solar, la caja metálica y el brazo de la luminaria estén debidamente soldados en la parte superior del poste metálico, como se muestra en el diseño.
- 2) Una vez construida la estructura donde se instalaran los componentes de la farola solar, esta deberá ser protegida con una base protectora antes de la pintura anticorrosiva.











### 3.5 Descripción de los componentes de la farola solar.

El proceso de producción para la farola solar constituye un proceso manual en su fabricación y en su ensamblaje, utilizando materia prima existente en el país, y componentes externos para su terminación.

Insumos a utilizar para la construcción de una farola solar:

- a) Caja metálica de protección para batería, controlador de carga y PLC.

Formada por 4 piezas con lamina Negra 1/8:

ü 3 Tapaderas: 2 Laterales y 1 frontal

Dimensiones: Base 40cm. Ancho 40cm

ü 1 Tapadera en forma de C:

Dimensiones: Base 40cm. Ancho 40cm. Alto 40cm.

ü 60 Pernos broca para sujetar tapaderas. Medida: 12x3/4"

Altura de instalación de la caja metálica: 2.60 m

- b) 2 Refuerzos de caja metálica superior.

Dimensiones: Ángulos 1/8"x2". Largo: 16.49cm

- c) 2 Refuerzos de caja metálica inferior.

Dimensiones: Ángulos 1/8"x2". Largo: 36.8cm

- d) Poste metálico.

Dimensiones: Altura: 301.5 cm. Diámetro: 5.08cm (2")

- e) Escuadras de refuerzo para base de poste:

Dimensiones: Base: 5cm. Altura: 5cm.

- f) Plataforma metálica para sujetar poste:

Dimensiones: Largo: 30cm. Ancho: 30cm

g) Brazo de soporte de lámpara

Dimensiones: Largo 1.83cm. Diámetro: 3.18cm (1 ¼")

ü 1 Cincho metálico

h) Marco metálico para panel solar:

Dimensiones: Ángulos 1/8"x2". Largo: 90cm. Ancho: 90cm

i) 3 Patas de soporte de marco de panel solar.

Dimensiones: Largo: 40 cm.

j) Batería

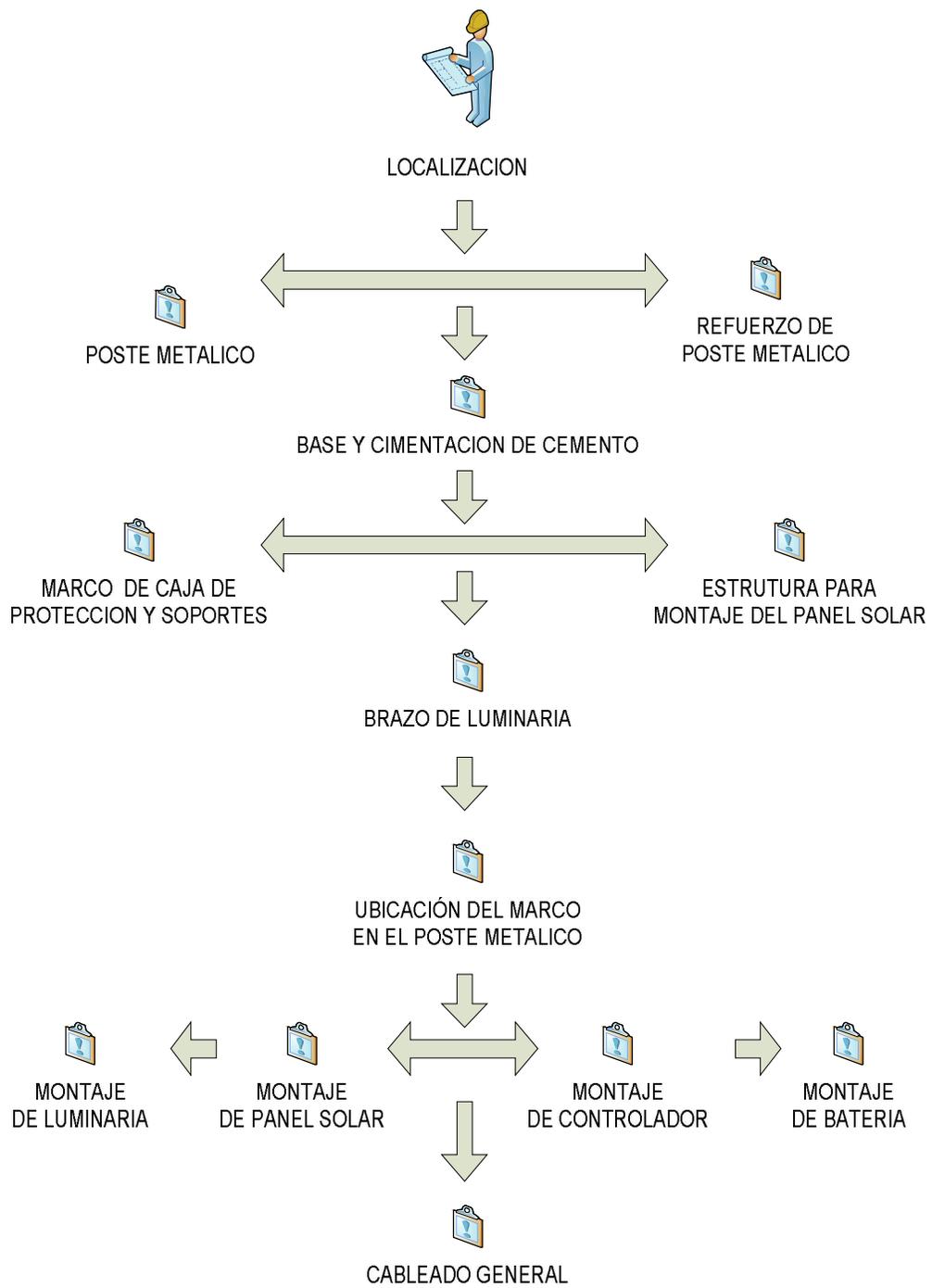
k) Controlador

l) Lámpara

### **3.6 Pasos para la instalación de la propuesta de Farola Solar Fotovoltaica (FLUJOGRAMA).**

A continuación se presenta un flujograma que representa gráficamente las distintas operaciones para efectuar la instalación del diseño propuesto de farola solar fotovoltaica, permitiendo visualizar de forma cronológica los pasos a seguir para el montaje del mismo.

**Flujograma para la instalación de la propuesta de Farola Solar  
Fotovoltaica.**



### 3.7 Memoria de Cálculo para Farola Solar.

#### 3.7.1 Consumo de Energía de Luminaria Led Seleccionada.

La propuesta de farola solar utilizara la luminaria Led descrita a continuación, con el fin de mejorar la iluminación exterior del campus de la Universidad Don Bosco. El tiempo de uso será de 4 horas diarias (6pm – 9pm), siguiendo el mismo patrón de las luminarias actuales.

Empresa distribuidora de la luminaria Led : Ingeniería Solar.

Modelo: LU2-Integrated High Power LED Streelight.

Características:

- ü 56 Watts de consumo de potencia.
- ü 4200 Lúmenes de intensidad luminosa.
- ü 50000 horas de uso.
- ü 75% de ahorro en consumo.
- ü Voltaje de alimentación 85-264VAC.
- ü Voltaje de alimentación 12 – 24 VDC.

Los cálculos a realizar son de acuerdo con las siguientes formulas:

Ø Consumo diario de energía por luminaria.

$P_L \times N_L = C_{de}$
$P_L$ =Potencia de luminaria
$N_L$ =Número de horas de uso por día.

Ø Se asumirá una eficiencia de la batería de un 75% en condiciones ideales.

Ø Energía entregada al panel solar diaria.

$N_{HSP} \times P_{PS} = P_e$
$N_{HSP}$ = Numero de HSP de UDB
$P_{PS}$ = Potencia del Panel Solar

Ø Energía eléctrica a obtener del panel solar.

$C_{de} \div \eta_{bat} = E_E$
$C_{de}$ = Consumo diario de energía de luminaria
$\eta_{bat}$ = La eficiencia de la batería

Ø Potencia mínima del panel solar.

$E_E \div N_{HSP} = P_{min}$
$N_{HSP}$ = Numero de HSP de UDB
$E_E$ = Energía eléctrica del panel solar

Ø Corriente que entrega el panel solar a la batería.

$P_{PS} \div V_S = C_{EP}$
$P_{PS}$ = Potencia del Panel Solar
$V_S$ = Voltaje del sistema fotovoltaico

Ø Consumo de corriente de la luminaria.

$P_L \div V_S = C_{CL}$
$P_L$ = Potencia de luminaria
$V_S$ = Voltaje del sistema fotovoltaico

Ø Corriente Almacenada en la batería diariamente.

$C_{EP} = C_{CL} = C_{ABAT}$
$C_{CL}$ = Corriente Luminaria
$C_{EP}$ = Corriente entregada por el panel solar

Ø Porcentaje descarga diaria de la batería.

$C_{ABAT} \div C_{EP} = P_{bat}$
$C_{EP}$ = Corriente entregada por el panel a la batería
$C_{ABAT}$ = Corriente almacenada en la batería diariamente

Ø Corriente en conductores.

$P_L \div V_S = C_c$
$P_L$ = Potencia de la luminaria
$V_S$ = Voltaje del sistema fotovoltaico

Ø Resistencia del conductor.

Según tabla de conductores dependiendo de su calibre (Anexo 6). Para el proyecto de farola Solar el tipo de conductor es TSJ 2 conductores calibre 14, marca Phelps Dodge International Corp.<sup>21</sup>

Ø Caída de Tensión en el conductor.

$C_c \times R_c = T_c$
$C_c$ = Corriente del conductor
$R_c$ = Resistencia del conductor

---

<sup>21</sup> <http://www.pdic.com>

Ø Porcentaje de caída de Tensión en el conductor.

$T_c \div V_s = P_{Tc}$
T <sub>c</sub> = Caída de tensión
V <sub>s</sub> = Voltaje del sistema fotovoltaico

### 3.7.2 Dimensionado del panel solar.

La potencia que produce el panel a lo largo del día es igual al producto de la potencia que produce el panel por las horas pico del sol (HSP). La potencia del panel es un dato que suministra el fabricante. Estos valores son los que se obtienen en las condiciones estándares de media que se corresponden con una irradiación de 1000W/m<sup>2</sup> y una temperatura de la célula de 25°C.

Entre los criterios a utilizar serán los siguientes:

- a) El tiempo de Funcionamiento de la Farola Solar será el mismo tiempo utilizado por las luminarias de Vapor de mercurio utilizadas en la UDB.
- b) La eficiencia de la batería se considerara de un 75 % en condiciones ideales, teniendo así un buen margen de seguridad para el cuidado de la batería.
- c) Las horas de irradiación Máxima en la Universidad Don Bosco es de 5 HSP.
- d) El voltaje de Funcionamiento del Sistema será de 12 Voltios de corriente continua para almacenar en la batería de ciclo profundo de igual cantidad de alimentación de funcionamiento.
- e) Al determinar la potencia mínima a utilizar del panel solar, se seleccionara un panel solar de mayor capacidad a la mínima teniendo en cuenta los valores o potencia de los paneles solares que se encuentre comercialmente.

- f) Al seleccionar el panel solar con la potencia a utilizar en el sistema , tener siempre en cuenta un factor de seguridad, que en el caso de estudio es del 100%

Datos conocidos o de entrada.

Resultado del análisis.

<b>Potencia de Luminaria</b>	<b>56</b>	<b>Watts</b>
Horas de uso	4	Horas
Eficiencia estimada de batería	75%	Porcentaje de batería en condiciones ideales
Consumo de Luminaria	224	Watts. Hora/día
Energía de consumo de luminaria	300	E
Consumo de Corriente de luminaria	25	AH/día
Voltaje de operación	12	Voltios
Tiempo de insolación de la UDB	5	horas (HSP)
Potencia mínima del Panel Solar	60	Watts

Tabla 11. Cuadro de datos para obtener el valor mínimo del panel solar fotovoltaico.

El Panel Fotovoltaico a utilizar en la farola solar será de 100 Watts.

### 3.7.3 Dimensionado de batería.

Para la elección de la capacidad de la batería debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Debemos acumular la energía suficiente para que en los periodos en que la climatología no es favorable pueda funcionar la instalación con toda normalidad, también deben quedar garantizado los picos de consumo superiores a la media.
- Se deben tener en cuenta las características de la batería en cuanto a los ciclos diarios de carga y descarga. La vida de una batería depende de la profundidad de los ciclos diarios de carga y descarga,

c) En el caso de estudio se tomara ciclos del 40% de descarga diaria de la batería.

Datos conocidos o de entrada.

Resultado del análisis.

Potencia Panel a Utilizar	100	Watts
Tiempo de insolación de la zona	5	horas (HSP)
Potencia Panel a Utilizar	500	Watts.Hora/día
Voltaje de operación	12	Voltios
Demanda de corriente	42	AH/día
Consumo de Corriente diaria de luminaria	25	AH/día
Demanda de corriente + Factor de seguridad	85	AH/día
Corriente Almacenada	17	AH/día
Porcentaje de descarga	40%	

Tabla 12. Cuadro de datos para obtener la capacidad de corriente de la batería.

La batería a utilizar será una batería de libre mantenimiento, de Gel, 12 voltios, 100 Amperios Hora, medidas estándar.

### 3.7.4 Dimensionado del regulador de carga.

Para la elección del regulador se debe tener en cuenta la tensión de las baterías y la intensidad máxima que proporcionan los paneles. Este dato lo proporciona el fabricante en la tabla de características. Como la diferencia de precio no es elevada siempre se suele sobredimensionar el regulador para intensidades mayores, de manera que se facilita el trabajo del regulador y nos permite hacer una ampliación de paneles en caso de necesidades posteriores.

Al utilizar el panel fotovoltaico de 100 watts, con una corriente máxima de 6.10 A y una corriente de cortocircuito de 6.80 A. El controlador a utilizar será de la marca PHOCO, modelo CML10A con una capacidad de 10 A.

### 3.7.5 Dimensionado de los conductores.

En este tipo de instalaciones por trabajar a bajas tensiones es fundamental el correcto cálculo de las secciones, para evitar caídas de tensión significativas que influyen negativamente en las cargas de las baterías.

Como norma general se debe procurar que la longitud de los conductores desde los paneles al regulador y de este a las baterías sea lo mas corta posible, además debe tener una sección suficiente por lo expuesto anteriormente. La potencia de la luminaria escogida para el tema en estudio es de 56 watts utilizando la tecnología LED, la cual posee entre sus características pocas perdidas y una alta eficiencia.

 Datos conocidos o de entrada.

 Resultado del análisis.

Potencia de Luminaria Led	56	Watts
Voltaje de operación	12	Voltios
Consumo de corriente Luminaria	25	AH/ día
Resistencia del conductor TSJ 2x14	0.00893	Ohms
Longitud del conductor	5	Metros
Caida de Tension	0.208	Voltios
Porcentaje de Caída de Tension	1.736	%

Tabla 13. Parámetros Obtenidos utilizando el conductor TSJ 2x14 Phelps Dodge.

### 3.7.6 Utilización de PLC como controlador de tiempo de uso.

PLC son unas siglas que pueden tener dos significados: Controlador lógico programable o Power Line Communication, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real.

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa, se tiene que saber que hay infinitudes de tipos de PLC. Los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan.

El modelo de PLC a utilizar es el LOGO 12/24RC, el cual tendrá el control de la corriente de activación de la luminaria, internamente el PLC trabaja mediante un programa que permite como hora de inicio del ciclo de trabajo las 18:00 horas y como hora de finalización o apagado 21:00 horas.

El dispositivo a utilizar posee una pantalla para la visualización de posibles fallas o alertas de funcionamiento del mismo.

El PLC es una herramienta práctica gracias a su diseño compacto y poco peso, requiere de menos accesorios y no necesita mantenimiento porque no sufre de desgaste.



Figura 21. Modelo de PLC LOGO 12/24RC

### Esquema de Programa a Utilizar del PLC

Para el funcionamiento de la Farola Solar el PLC, tendrá el control del periodo de trabajo que será el mismo horario de trabajo que tienen las lámparas de vapor de mercurio, el cual es de las 18:00 – 21:00 horas. El dispositivo tendrá una alimentación de 12 voltios que se tomara de la batería de ciclo profundo utilizada para el almacenamiento de carga.

A continuación se presenta un esquema de funcionamiento del PLC en el que se visualiza el ciclo de trabajo seleccionado, el cual tiene como lógica de programación un timer de entrada o contador de tiempo que esta conectado a una carga que representa a la luminaria a utilizar en la farola solar.

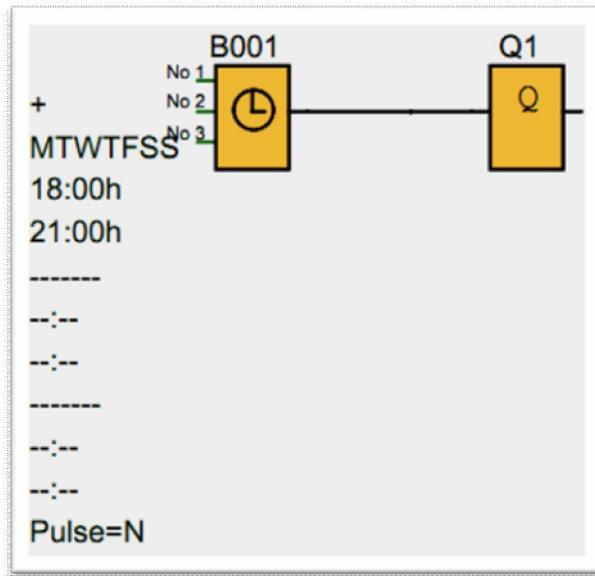


Figura 22. Lógica de programación interna del PLC.

## CAPITULO IV

### 4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO DE FAROLA SOLAR.

#### 4.1 Determinación del número de Farolas Solares Fotovoltaicas a utilizar.

Antes de realizar un cálculo sobre la propuesta de Diseño de Farolas Solares se realizó un recorrido del campus de UDB, donde se determinó que las áreas deficientes en la iluminación por lo que se consideraron la ubicación de 67 luminarias más. Por lo que se tomó como 67 el número de luminarias solares a considerar para el proyecto de farolas solares.

Se presenta a continuación las fotografías más representativas de las áreas del campus de la Universidad donde quedan espacios oscuros o faltos de iluminación:



**Figura 23. Parqueo de Estudiantes Frente a Magna C**



**Figura 24. Corredor de acceso entre edificio de Ortopedia y Magna C.**



**Figura 25. Zona Verde entre edificio # 4 de Eléctrica y edificio # 5 . CITT**



**Figura 26. Zona Verde entre edificio #3 de Electrónica y edificio #4 de Eléctrica**



**Figura 27. Parqueo de estudiantes frente a edificio #4 de Eléctrica.**



**Figura 28. Calle de acceso a Parqueo de Profesores del edificio EX - SUM.**



**Figura 29. Construcción de nuevo edificio a un Costado del edificio de aulas C.**



**Figura 30. Parqueo del edificio Ex -Sum**



**Figura 31. Ruta de acceso hacia salida peatonal Frente al cantón El Limón.**



**Figura 32. Ruta de acceso hacia salida peatonal Frente al cantón El Limón.**



**Figura 33. Área verde frente a edificio Ex - SUM**



**Figura 34. Corredor de acceso hacia biblioteca frente a Capilla.**

En el siguiente mapa se muestra la vista panorámica aérea que contiene la distribución de luminarias de vapor de mercurio y de las 67 farolas Solares a considerar para que haya una eficiencia de iluminación en el campus universitario. (Ver Anexo 4).



## 4.2 Alternativas de solución para efectuar la evaluación económica de la propuesta de Farola Solar Fotovoltaica.

Al obtener el número de farolas solares distribuidas en las diversas áreas que poseen una deficiencia de iluminación en el campus de UDB. Se evaluarán las alternativas para la selección de la luminaria a utilizar en la farola solar. En cada una de estas alternativas se evaluará las ventajas y desventajas que generen una eficiencia en el ahorro energético y rentabilidad.

**Alternativa 1.** Tiempo de horas de iluminación más prolongado al periodo utilizado por la Universidad Don Bosco.

Los parámetros seleccionados son: 8 horas continuas de la farola solar en el periodo de (6:00pm – 6:00am), utilizando en la farola solar una luminaria led de 56 watts, con un costo de \$ 545 dólares. El controlador de encendido y apagado será utilizando una fotocelda.

 Datos conocidos o de entrada.

 Resultado del análisis.

Potencia de Luminaria	56	Watts
Horas de uso	8	Horas
Eficiencia estimada de batería	75%	Porcentaje de batería en condiciones ideales
Consumo de Luminaria	448	Watts.Hora/día
Energía de consumo de luminaria	600	E
Consumo de Corriente de luminaria	50	AH/día
Voltaje de operación	12	Voltios
Tiempo de insolación de la UDB	5	horas (HSP)
Potencia mínima del Panel Solar	120	Watts

Tabla 14 Cuadro de datos para obtener el valor mínimo del panel solar fotovoltaico.

Al Modificar el periodo de tiempo de uso de la farola solar el consumo de la luminaria es alta con un valor de 448 Watts hora/día, y demanda una

corriente de 50 amperio hora por día. Dando como resultado una potencia mínima de panel de 120 watts, por lo que el panel solar a utilizar debe ser mayor al valor mínimo. Al considerar el factor de seguridad el panel solar que se utilizaría sería de 160 watts con un costo aproximado de \$ 1000 dólares.

 Datos conocidos o de entrada.

 Resultado del análisis.

Potencia Panel a Utilizar	160	Watts
Tiempo de insolación de la zona	5	horas (HSP)
Potencia Panel a Utilizar	800	Watts.Hora/día
Voltaje de operación	12	Voltios
Demanda de corriente	67	AH/día
Consumo de Corriente diaria de luminaria	50	AH/día
Demanda de corriente + Factor de seguridad	135	AH/día
Corriente Almacenada	17	AH/día
Porcentaje de Descarga	25%	

**Tabla 15. Cuadro de datos para obtener la capacidad de corriente de la batería.**

El panel solar de 160 watts estaría entregando 67 amperio hora a la batería, tomando en cuenta que la batería debe cubrir el 100% de amperios que entrega el panel solar, la capacidad debe ser mayor de 135 amperios hora. La capacidad que se encuentra comercialmente es hasta 100 amperios por lo que se utilizaría dos baterías de ciclo profundo por un costo aproximado de \$ 240 dólares.

El controlador de carga debe tener una capacidad de 10 amperios para cubrir demanda de corriente del sistema por lo que el costo de un controlador de carga con las especificaciones mencionadas, es de \$ 43 dólares.

La ventaja de esta alternativa es que posee un porcentaje de descarga de la capacidad de la batería de ciclo profundo es bastante óptimo ya que es de 25 % diario, por lo que el periodo de vida útil mucho mayor.

**Alternativa 2** Utilizando una luminaria que posea una cantidad de lúmenes cercano al valor de la luminaria de vapor de mercurio instalada en el campus universitario.

Los parámetros seleccionados son: potencia de luminaria 112 watts, periodo de uso de 4 horas, encendido y apagado controlado por PLC. El valor de la luminaria Led es de \$835 dólares.

 Datos conocidos o de entrada.

 Resultado del análisis.

Potencia de Luminaria	112	Watts
Horas de uso	4	Horas
Eficiencia estimada de batería	75%	Porcentaje de batería en condiciones ideales
Consumo de Luminaria	448	Watts.Hora/día
Energía de consumo de luminaria	600	E
Consumo de Corriente de luminaria	50	AH/día
Voltaje de operación	12	Voltios
Tiempo de insolacion de la UDB	5	horas (HSP)
Potencia mínima del Panel Solar	120	Watts

Tabla 16. Cuadro de datos para obtener el valor mínimo del panel solar fotovoltaico.

El consumo de la luminaria es de 448 watts hora/día, por lo que la potencia mínima del panel solar es 120 watts. El panel solar a utilizar es de 160 watts con un costo aproximado de \$ 1000 dólares.

 Datos conocidos o de entrada.

 Resultado del análisis.

Potencia Panel a Utilizar	160	Watts
Tiempo de insolacion de la zona	5	horas (HSP)
Potencia Panel a Utilizar	800	Watts.Hora/día
Voltaje de operación	12	Voltios
Demanda de corriente	67	AH/día
Consumo de Corriente diaria de luminaria	50	AH/día
Demanda de corriente + Factor de seguridad	135	AH/día
Corriente Almacenada	17	AH/día
Porcentaje de Descarga	25%	

**Tabla 17. Cuadro de datos para obtener la capacidad de corriente de la batería.**

Al analizar los datos del ciclo de trabajo correspondiente a 4 horas y un aumento en la potencia de la luminaria de 112 watts, que los parámetros son iguales a los obtenidos en la alternativa 1. Por lo que el precio de la luminaria de 112 watts es mayor que la luminaria de 56 watts.

Por lo que la variación a considerar en esta alternativa además del costo en la luminaria es obtener mayor intensidad luminosa.

**Alternativa 3** Selección de Luminaria que posee las condiciones optimas.

Los parámetros seleccionados son: potencia de luminaria 56 watts, periodo de uso de 4 horas, encendido y apagado controlado por PLC. El valor de la luminaria Led es de \$545 dólares.

 Datos conocidos o de entrada.

 Resultado del análisis.

Potencia de Luminaria	56	Watts
Horas de uso	4	Horas
Eficiencia estimada de batería	75%	Porcentaje de batería en condiciones ideales
Consumo de Luminaria	224	Watts.Hora/día
Energía de consumo de luminaria	300	E
Consumo de Corriente de luminaria	25	AH/día
Voltaje de operación	12	Voltios
Tiempo de insolacion de la UDB	5	horas (HSP)
Potencia mínima del Panel Solar	60	Watts

Tabla 18. Cuadro de datos para obtener el valor mínimo del panel solar fotovoltaico.

El consumo de la luminaria es de 224 watts hora/día, por lo que la potencia mínima del panel solar es 60 watts. El panel solar a utilizar es de 100 watts con un costo aproximado de \$ 519 dólares.

Datos conocidos o de entrada.

Resultado del análisis.

Potencia Panel a Utilizar	100	Watts
Tiempo de insolacion de la zona	5	horas (HSP)
Potencia Panel a Utilizar	500	Watts.Hora/día
Voltaje de operación	12	Voltios
Demanda de corriente	42	AH/día
Consumo de Corriente diaria de luminaria	25	AH/día
Demanda de corriente + Factor de seguridad	85	AH/día
Corriente Almacenada	17	AH/día
Porcentaje de Descarga	40%	

Tabla 19. Cuadro de datos para obtener la capacidad de corriente de la batería.

El panel solar de 100 watts estaría entregando 42 amperio hora a la batería, tomando en cuenta que la batería debe cubrir el 100% de amperios que entrega el panel solar, la capacidad debe ser mayor de 85 amperios hora.

El controlador de carga debe tener una capacidad de 10 amperios y su costo es de \$ 43 dólares.

La ventaja de esta alternativa es que posee un porcentaje de descarga de la capacidad de la batería de 40 % diario. Este es el porcentaje máximo de descarga de una batería de ciclo profundo para mantener la vida útil.

Componentes Fijos de la Farola Solar	Costos de instalacion		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Luminaria	\$ 545.00	\$ 835.00	\$ 545.00
Panel Solar	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 519.00
Bateria	\$ 240.00	\$ 240.00	\$ 120.00
Controlador de carga	\$ 43.00	\$ 43.00	\$ 43.00
<b>Total</b>	<b>\$ 1,828.00</b>	<b>\$ 2,118.00</b>	<b>\$ 1,227.00</b>

Tabla 20 Comparación de costos de componentes fijos de la farola solar.

El análisis de las tres alternativas del sistema solar fotovoltaico compara mediante sus componentes fijos de la farola solar, el costo instalación de cada uno de las alternativas para la iluminación exterior de la Universidad Don Bosco.

La alternativa numero dos con costo de instalación \$ 2118 dólares representa el 100% el costo de instalación de los componentes fijos. La alternativa numero uno representa el 14% de ahorro en los costos de instalación. Y la alternativa numero tres tiene un 42 % de ahorro en los costos de instalación.

Por lo que se puede concluir que la alternativa numero tres es la óptima ya que cumple con las condiciones necesarias para una buena iluminación en las áreas del campus universitario.

## 4.2 Calculo de Costos para la propuesta de Farolas Solares para el sistema de iluminación exterior de la Universidad Don Bosco.

### Costos de inversión.

Los costos de inversión que se analizaran serán los costos de instalación de las luminarias de vapor de mercurio y de la farola solar fotovoltaica.

La relación entre ambas luminarias se realizara bajo la el criterio que ambas luminarias se alimenten de la red eléctrica, por lo que en el caso de la farola solar esta no generara ningún cargo en la facturación del consumo eléctrico del campus universitario, debido a que se pretende independizar la farola solar fotovoltaica del uso de la red.

Para establecer el costo de instalación de la Farola Solar Fotovoltaica se tomaran los siguientes componentes para la elaboración (Ver anexo 3):

Precios materiales Farola Solar			
cantidad	DESCRIPCION	Precio Unitario	Precio con iva
1	Tubo Galvanizado liso 2 1/2''	\$ 53.17	\$ 60.08
1	Tubo Galvanizado liso 1 1/2''	\$ 22.38	\$ 25.29
1	Lamina Negra 2 x 1 m x 1/8''	\$ 48.67	\$ 55.00
1	Lamina Negra 2 x 1 m x 3/16''	\$ 76.55	\$ 86.50
1	Angulo G36 1/8'' x 2''	\$ 14.23	\$ 16.08
1	Bateria Sonnen 12 v 100A (GEL)	\$ 120.47	\$ 136.13
1	Luminaria LU2 56W	\$ 544.85	\$ 615.68
1	Panel solar 100 W	\$ 518.34	\$ 585.72
1	Controlador PHOCOS 10 A	\$ 42.42	\$ 47.93
1	Controlador de encendido y apagado (PLC)	\$ 120.00	\$ 135.60
100	Tornillo Golo.hex Punta Broca	\$ 4.38	\$ 4.95
1 mt	Cinta Bandit	\$ 1.35	\$ 1.53
3	Hebilla	\$ 0.31	\$ 1.05
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>1,771.55</b>

Tabla 21. Calculo de materiales para una farola solar.

Al comparar el costo de instalación de la Farola Solar Fotovoltaica con la luminaria existente, se estable que los componentes necesarios para la instalación de una lámpara de vapor de mercurio es la siguiente:

Precios materiales Lampara de vapor de mercurio de 175 Watts			
cantidad	Descripcion	Precio Unitario	Precio con iva
1	Tubo Galvanizado liso 2 1/2''	\$ 53.17	\$ 60.08
1	Luminaria Mercurio 175W /220 C Brazo y Foco	\$ 60.00	\$ 67.80
1	Lamina Negra 2 x 1 m x 3/16''	\$ 76.55	\$ 86.50
1	Fotocelda	\$ 6.40	\$ 7.23
1	Base para Foto celda	\$ 4.95	\$ 5.59
<b>Total</b>		<b>\$</b>	<b>227.21</b>

Tabla 22. Calculo de materiales para una farola solar.

Al analizar los costos de instalación de una lámpara de vapor de mercurio y una Farola Solar Fotovoltaica se tiene como resultado que el costo de inversión de la lámpara de vapor de mercurio es un valor aproximado del 13% con respecto al costo de una Farola Solar Fotovoltaica.

#### **Costos de operación y mantenimiento.**

Para el funcionamiento óptimo de la Farola Solar Fotovoltaica se requiere de vigilancia periódica del personal de mantenimiento. Cada 6 meses un chequeo de los componentes y cambio de la batería cada 4 años.

#### **Precio y Consumo de energía eléctrica.**

Se utiliza las tarifas vigentes determinadas por la SIGET para el 2010, aplicadas a la Universidad Don Bosco en la categoría de: Grandes Demandas. Tomando en especial la tarifa donde se utilizara las luminarias que es en periodo HORA PUNTA (18:00-22:59) que comprende a un monto de \$0.150913 de dólar de Estados Unidos De América.

Descripcion	Luminaria vapor de mercurio	Luminaria Led
Numero de horas de actividad en un dia	4	4
Numero de dias de actividad en el mes	26	26
Numero de meses de actividad en el año	12	12
Potencia de una luminaria (Watts)	198	56
Conversion a kilowatts	0.198	0.056
Consumo de potencia Mensual por luminaria (KWH/ mes)	21	6
Consumo de potencia Anual por luminaria (KWH/ año)	247	70
Precio Hora punta (18:00-22:59) para UDB	\$ 0.150913	\$ 0.150913
Costo total mensual por una luminaria	\$ 3.11	\$ 0.88
Costo total anual por una luminaria	\$ 37.29	\$ 10.55
Numero de luminarias	240	240
Costo total mensual por una luminaria	\$ 745.82	\$ 210.94
Costo total anual por una luminaria	\$ 8,949.89	\$ 2,531.28

**Tabla 23. Cuadro Comparativo por costos y consumo de luminarias.**

Considerando el número de 4 horas que se utilizara las luminarias de vapor de mercurio como la farola solar, se obtiene las siguientes observaciones:

- ü La potencia de las luminarias de vapor de mercurio es de 198 watts tomando en cuenta el consumo del balastro que se utiliza. Comparado con la farola solar que tiene una potencia de 56 W, la diferencia es de 142 Watts siendo un ahorro significativo en el consumo eléctrico.

- ü La diferencia de Kilowatts hora por mes es menor con la Farola Solar teniendo un valor de 6 Kwh /mes, donde la luminaria de vapor de mercurio es 4 veces mayor.
- ü El costo mensual por luminaria es de \$ 3.11 dólares para la de vapor de mercurio y de \$0.88 de dólar para la Farola Solar.
- ü Si se utilizara el mismo número de Farolas Solares que las luminarias de vapor de mercurio, por ejemplo se tienen 240 luminarias, la diferencia de los costos del consumo eléctrico anual sería de \$6,418.61 dólares.
- ü Considerando utilizar la luminaria con la alimentación de la red eléctrica, se tienen las observaciones anteriores. Ya que la propuesta es el diseño de Farola solar independiente de la red eléctrica, solo se tendría que considerar la inversión por luminaria y el mantenimiento.

#### **Vida útil del sistema**

El periodo de vida útil de la farola solar utilizada en el sistema de iluminación exterior de la Universidad Don Bosco se estima de 25 años. Se consideraron periodos adecuados para lograr la recuperación total de la inversión.

#### **Beneficio Económico**

El beneficio económico de la farola solar fotovoltaica se inicia con el análisis de la variación del pliego tarifario aplicado por la distribuidora CAESS a el campus universitario desde el año 2004 hasta el presente año. El porcentaje de variación a utilizar será el número entero superior para establecer un mejor escenario del valor económico comparado con el costo de una luminaria de vapor de mercurio.

La siguiente tabla muestra dicho pliego tarifario en sus tres categorías dando como resultado una tasa promedio de crecimiento anual. El año 2004 es el año de referencia por lo que después de ahí se puede determinar el porcentaje para los próximos años.

Año	PRECIO			Total	Tasa de crecimiento anual (%)
	Energía en punta \$/KWH	Energía en resto \$/KWH	Energía en valle \$/KWH		
2004	0.088222	0.069278	0.054735	0.212235	
2005	0.09106	0.088987	0.065569	0.245616	15.73%
2006	0.101366	0.097372	0.075547	0.274285	11.67%
2007	0.110181	0.105839	0.082117	0.298137	8.70%
2008	0.13341	0.12959	0.106976	0.369976	24.10%
2009	0.147543	0.140055	0.111565	0.399163	7.89%
2010	0.150913	0.151689	0.117113	0.419715	5.15%
<b>Total</b>					<b>73.23%</b>
<b>Tasa Promedio de aumento anual</b>					<b>12.21%</b>

Tabla 24. Tasa promedio de aumento Anual.<sup>22</sup>

La tasa promedio de crecimiento anual en la tarifa eléctrica que se utilizara para el estudio económico será el 13 %, también otra consideración es el valor agregado en el tiempo para cada uno de los elementos que son utilizados para la instalación de las luminarias, para el presente trabajo se establece una tasa de interés del 2% de aumento anual.

El costo total de la inversión inicial por luminaria está representado en la tabla 25, con la cual se realizara el estudio financiero de la farola Solar Fotovoltaica. Para la inversión del proyecto a lo largo del periodo de recuperación que es de 25 años , se realizaran en el caso de la luminaria de vapor 2 bombillos y 2 fotoceldas como cambios a realizar a lo larga de su vida util, y en el caso de a farola solar fotovoltaica se tendrá 6 cambios de batería de ciclo profundo.

<sup>22</sup> <http://www.siget.gob.sv>

Descripcion	Costo inicial por Proyecto	Elementos a cambiar en el periodo de 25 años		Costo Total Elementos de cambio	Monto Total por proyecto
Inversion Proyecto Luminaria de Vapor de Mercurio	\$ 227.21	2	Bombillos	\$ 34.46	\$ 261.67
		2	Fotoceldas		
Inversion Proyecto Farola Solar Fotovoltaica	\$ 1,771.55	6	Baterias	\$ 720.00	\$ 2,491.55

**Tabla 25. Costos Total de la inversión inicial por proyecto.**

Para la luminaria de vapor de mercurio se considerara el costo por consumo de energía eléctrica anual, la cual se presenta en la tabla 26. La tarifa electrica aplicada es de acuerdo al periodo de tiempo de uso el cual esta dentro de la categoría llama "Hora Punta".

Consumo de potencia KWH anual	247	Tarifa electrica Hora Punta	\$ 0.150913
Costo por consumo anual para una luminaria de Vapor de Mercurio			\$ <b>37.28</b>

**Tabla 26. Costo por Consumo anua para una luminaria de vapor de mercurio.**

Se construirá la siguiente tabla donde la primera columna es el número de años, la segunda es la tasa promedio de incremento anual , la tercera es costo por el consumo potencia multiplicado por la tarifa eléctrica con un aumento del 13% para la luminaria de vapor de mercurio, la cuarta columna es el consumo acumulado en el tiempo , la sexta es el valor de todos los componentes de una luminaria de vapor de mercurio considerando una tasa de incremento del 2% en el tiempo y la séptima es el costo anual por una luminaria mas el costo por consumo de potencia anual.

Por último la octava columna representa el valor de recuperación en el tiempo comparando la inversión en luminaria de vapor de mercurio y la farola solar Fotovoltaica, la novena columna es la inversión proyectada para la farola solar fotovoltaica tomando una tasa del 2% de incremento para la consideración de su valor agregado.

La tabla 27 representa el costo anual de consumo de una luminaria de vapor de mercurio, costo de instalación y valor agregado durante el periodo de vida útil, el cual es de 25 años, se efectúa la suma de los costos de consumo e instalación para obtener la inversión por proyecto de luminaria de vapor de mercurio, comparado con la farola solar fotovoltaica que es independiente de la red eléctrica, donde se tomara en cuenta solo el costo de instalación y su valor agregado, obteniendo una recuperación de la inversión en el año 21 que es de \$67.52 dolares.

Año	Tasa de crecimineto	Consumo Luminaria de Mercurio KWH/anual	Consumo Acumulado	Inv. Mercurio	Inversion Proyectada Mercurio	Recuperacion	Inversión proyectada LED
0	13%	0.00	0.00	261.67	261.67	-2229.88	2491.55
1	13%	37.28	37.28	266.90	304.18	-2237.20	2541.38
2	13%	42.13	79.41	272.24	351.65	-2240.56	2592.21
3	13%	47.60	127.01	277.69	404.70	-2239.36	2644.05
4	13%	53.79	180.80	283.24	464.04	-2232.89	2696.93
5	13%	60.78	241.58	288.90	530.49	-2220.38	2750.87
6	13%	68.69	310.27	294.68	604.95	-2200.94	2805.89
7	13%	77.62	387.89	300.58	688.46	-2173.55	2862.01
8	13%	87.71	475.59	306.59	782.18	-2137.07	2919.25
9	13%	99.11	574.70	312.72	887.42	-2090.22	2977.63
10	13%	111.99	686.69	318.97	1005.66	-2031.52	3037.19
11	13%	126.55	813.24	325.35	1138.59	-1959.34	3097.93
12	13%	143.00	956.24	331.86	1288.10	-1871.79	3159.89
13	13%	161.59	1117.83	338.50	1456.33	-1766.76	3223.09
14	13%	182.60	1300.43	345.27	1645.70	-1641.85	3287.55
15	13%	206.34	1506.76	352.17	1858.94	-1494.36	3353.30
16	13%	233.16	1739.92	359.22	2099.14	-1321.23	3420.36
17	13%	263.47	2003.39	366.40	2369.79	-1118.98	3488.77
18	13%	297.72	2301.11	373.73	2674.84	-883.70	3558.55
19	13%	336.42	2637.54	381.20	3018.74	-610.98	3629.72
20	13%	380.16	3017.70	388.83	3406.53	-295.79	3702.31
21	13%	429.58	3447.28	396.60	3843.88	67.52	3776.36
22	13%	485.43	3932.70	404.54	4337.24	485.36	3851.89
23	13%	548.53	4481.24	412.63	4893.86	964.94	3928.92
24	13%	619.84	5101.08	420.88	5521.96	1514.45	4007.50
25	13%	700.42	5801.50	429.30	6230.79	2143.14	4087.65

**Tabla 27. Análisis Económico de las inversiones por luminaria.**

El proyecto de farolas solares fotovoltaicas para el sistema de iluminación externa de la universidad Don Bosco estará compuesto por 67

luminarias siendo estas el número de área con déficit o falta de iluminación, por lo cual el cálculo de la inversión inicial para la luminaria de vapor de mercurio y farola solar fotovoltaica está representado en la siguiente tabla:

Descripción	Cantidad de luminaria	Costo inicial por una luminaria	Elementos a cambiar en el periodo de 25 años para una luminaria		Costo Total Elementos de cambio para una luminaria	Monto Total por proyecto
Inversion Proyecto Luminaria de Vapor de Mercurio	67	\$ 227.21	2	Bombillos	\$ 34.46	\$ 17,531.89
			2	Fotoceldas		
Inversion Proyecto Farola Solar Fotovoltaica	67	\$ 1,771.55	6	Baterias	\$ 720.00	\$ 166,933.85

**Tabla 28. Costo de la inversión inicial por luminarias.**

La luminaria de vapor de mercurio tendrá un costo total por consumo de energía por las 67 luminarias, donde el consumo de potencia anual se multiplica por la tarifa correspondiente a la hora punta, dando como resultado el costo total, representado en la tabla 29.

Consumo de potencia KWH anual	247	Tarifa Hora Punta	\$ 0.150913
Costo por consumo anual para una luminaria de Vapor de Mercurio			<b>\$ 37.28</b>
Cantidad de luminarias		67	Unidades
Total de Costo por consumo de luminarias de vapor de mercurio			<b>\$ 2,497.46</b>

**Tabla 29. Costo total anual por Consumo de energía para las luminarias de vapor de mercurio.**

Para determinar el tiempo de recuperación se tiene la tabla 30, la cual tiene como finalidad observar el comportamiento del costo de inversión en las luminarias a utilizar para el sistema de iluminación externo.

Año	Tasa de crecimiento	Consumo Luminaria de Mercurio KWH/año	Consumo Acumulado	Inv. Mercurio	Inversión proyectada Mercurio	Recuperación	Inversión proyectada LED
0	13%	0.00	0.00	17531.89	17531.89	-149401.96	166933.85
1	13%	2497.76	2497.76	17882.53	20380.29	-149892.24	170272.53
2	13%	2822.47	5320.23	18240.18	23560.41	-150117.57	173677.98
3	13%	3189.39	8509.62	18604.98	27114.60	-150036.94	177151.54
4	13%	3604.01	12113.63	18977.08	31090.71	-149603.86	180694.57
5	13%	4072.53	16186.16	19356.62	35542.78	-148765.68	184308.46
6	13%	4601.96	20788.12	19743.76	40531.88	-147462.75	187994.63
7	13%	5200.22	25988.34	20138.63	46126.97	-145627.55	191754.52
8	13%	5876.24	31864.58	20541.40	52405.98	-143183.63	195589.61
9	13%	6640.16	38504.74	20952.23	59456.97	-140044.44	199501.40
10	13%	7503.38	46008.11	21371.28	67379.39	-136112.04	203491.43
11	13%	8478.81	54486.93	21798.70	76285.63	-131275.63	207561.26
12	13%	9581.06	64067.99	22234.68	86302.66	-125409.82	211712.49
13	13%	10826.60	74894.59	22679.37	97573.96	-118372.78	215946.74
14	13%	12234.06	87128.64	23132.96	110261.60	-110004.07	220265.67
15	13%	13824.48	100953.13	23595.62	124548.74	-100122.24	224670.98
16	13%	15621.67	116574.79	24067.53	140642.32	-88522.08	229164.40
17	13%	17652.48	134227.28	24548.88	158776.15	-74971.54	233747.69
18	13%	19947.31	154174.58	25039.86	179214.44	-59208.21	238422.64
19	13%	22540.46	176715.04	25540.65	202255.69	-40935.41	243191.10
20	13%	25470.71	202185.75	26051.47	228237.22	-19817.70	248054.92
21	13%	28781.91	230967.66	26572.50	257540.15	4524.14	253016.02
22	13%	32523.56	263491.21	27103.95	290595.16	32518.82	258076.34
23	13%	36751.62	300242.83	27646.02	327888.86	64650.99	263237.87
24	13%	41529.33	341772.16	28198.94	369971.11	101468.48	268502.62
25	13%	46928.14	388700.30	28762.92	417463.23	143590.55	273872.67

**Tabla 30. Análisis Económico de las inversiones por luminaria.**

La inversión proyectada para la luminaria de vapor de mercurio en el inicio de los 25 años es de \$17531.89 dólares que al final del periodo de vida útil se tiene un valor aproximado de 8 veces el monto inicial obteniendo una diferencia de \$399,931 dólares. Con respecto a la farola solar fotovoltaica se tiene como inversión inicial de \$166,933.85 dólares que al final de la vida útil tiene un valor de \$273872.67 que es menor que 2 veces la inversión inicial, dando una diferencia de \$106,938 dólares.

Al final del periodo de vida útil se tiene un monto del costo total por consumo e instalación para la luminaria de vapor de mercurio (\$417,463.23) mucho mayor que la que se tiene con la farola solar fotovoltaica (\$273,872.67).

La recuperación de la inversión se observa en el año 21 con un monto de \$4,524.14 dolares, que para el final del periodo de vida útil (25 años) un total

de \$143,590.55. Lo que se obtiene para el año 25 es el valor del ahorro que se tiene al utilizar la farola solar, este monto final en términos de valor presente, se representa de la siguiente manera en la tabla 31.

Dicho valor presente es de \$87,522.87 que se tendría al inicio de la inversión para el año cero, es decir, al inicio del periodo de vida útil se tiene dicho monto que para el año 25 ha generado intereses dando como resultado un monto de \$143,590.55.

VALOR PRESENTE DE PAGO UNICO	
SPPW	
n	25
I ( Tasa de interes )	2%
S (Valor al final del periodo n)	\$143,590.55
P ( Valor presente)	\$87,522.87

Diagrama de Flujo en el periodo "n"

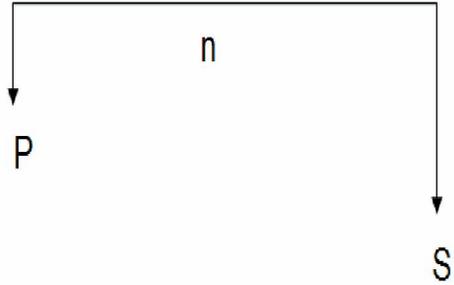


Tabla 31. Representación del valor económico en el tiempo.

En resumen, el beneficio económico de la instalación de farolas solares para el sistema de iluminación externo es rentable, ya que se obtiene un ahorro considerable, comparado con la instalación de las luminarias de vapor de mercurio que se utilizan en el campus universitario.

## RECOMENDACIONES.

1. El proyecto de Farola Solar Fotovoltaica es uno de las acciones de ahorro en la facturación del consumo de energía eléctrica en el campus de la Universidad Don Bosco, además de generar un impacto ambiental positivo al hacer uso del sol, por lo que se recomienda su implementación a futuro.
  
2. Al evaluar el uso de la tecnología Led en el diseño de la farola solar Fotovoltaica se obtuvo el análisis del consumo de las luminarias, tal y como se representa en la siguiente tabla:

AÑO	cantidad de luminaria	KW/ANUAL		Tarifa energetica	Costo anual	
		Luminaria Vapor de vapor de mercurio KWH/añual	Luminaria Led KWH/añual proyecto Farola Solar		Costo Total Luminaria Vapor de vapor de mercurio KWH/añual	Costo Total Luminaria Led KWH/añual
1	67	247	70	\$ 0.150913	\$ 2,498.51	\$ 706.65
2	67	247	70	\$ 0.158767	\$ 2,628.54	\$ 743.43
3	67	247	70	\$ 0.166621	\$ 2,758.57	\$ 780.20
4	67	247	70	\$ 0.174475	\$ 2,888.60	\$ 816.98
5	67	247	70	\$ 0.182329	\$ 3,018.63	\$ 853.75
6	67	247	70	\$ 0.190183	\$ 3,148.66	\$ 890.53
7	67	247	70	\$ 0.198037	\$ 3,278.69	\$ 927.31
8	67	247	70	\$ 0.205891	\$ 3,408.72	\$ 964.08
9	67	247	70	\$ 0.213745	\$ 3,538.76	\$ 1,000.86
10	67	247	70	\$ 0.221599	\$ 3,668.79	\$ 1,037.64
11	67	247	70	\$ 0.229453	\$ 3,798.82	\$ 1,074.41
12	67	247	70	\$ 0.237307	\$ 3,928.85	\$ 1,111.19
13	67	247	70	\$ 0.245161	\$ 4,058.88	\$ 1,147.97
14	67	247	70	\$ 0.253015	\$ 4,188.91	\$ 1,184.74
15	67	247	70	\$ 0.260869	\$ 4,318.94	\$ 1,221.52
16	67	247	70	\$ 0.268723	\$ 4,448.97	\$ 1,258.29
17	67	247	70	\$ 0.276577	\$ 4,579.00	\$ 1,295.07
18	67	247	70	\$ 0.284431	\$ 4,709.03	\$ 1,331.85
19	67	247	70	\$ 0.292285	\$ 4,839.06	\$ 1,368.62
20	67	247	70	\$ 0.300139	\$ 4,969.09	\$ 1,405.40
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 74,676.02</b>	<b>\$ 21,120.49</b>

**Tabla 32. Costo anual por consumo de potencia eléctrica de las 67 unidades de luminaria de vapor de mercurio y luminaria con tecnología Led.**

Se tendría un ahorro de \$ 53,555.50 al sustituir en las luminarias externas del campus universitario las lámparas de vapor de mercurio por lámparas con tecnología Led.

Al invertir en 67 lámparas con tecnología Led se estaría invirtiendo un monto de \$ 21,120.49 dolares quedando dos beneficios notorios el primer ahorro de económico y de energía, el segundo beneficio la vida útil de la luminaria es mucho mayor ya que es de 50000 horas de uso, siendo mayor del 100% de la vida útil de la luminaria con vapor de mercurio.

### **Consideraciones Generales en el uso de energía Solar.**

Como características positivas podemos mencionar que la energía solar se transforma en energía eléctrica sin partes móviles, sin ciclos termodinámicos y sin reacciones químicas.

Esta generación eléctrica es de duración prácticamente ilimitada, no requiere mantenimiento, no produce contaminación ni hace ruido.

### **Funcionamiento del panel fotovoltaico.**

El efecto fotoeléctrico permite transformar directamente energía solar en energía eléctrica continua. Para ello, se suelen utilizar semiconductores, y en especial el silicio (el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre que se obtiene de la arena).

El elemento base es la célula solar. Suelen ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo. Los conjuntos de células se orientan hacia el Sur para aprovechar más la radiación solar, y son conectadas a un sistema de almacenamiento (baterías) y de conversión de la corriente.

Se trata pues de una fuente de energía que puede aprovecharse en cualquier aplicación: red eléctrica, consumo en lugares aislados de zonas rurales, etc. Ahorra hasta 100% de energía con la iluminación LED solar natural para el exterior. Durante el día el panel solar recibe la energía de la luz solar y lo convierte en energía eléctrica para guardarla en una pila recargable. La

iluminación esta activada automáticamente en la noche y desactivada en el día.

El área efectiva de iluminación con Leds de alta intensidad es 40 metros por 16 metros cuando la lámpara Led está colocada en un poste con una altitud de 12 metros. La iluminación varia de 45 lux (altitud = 6 metros) a 11 lux (altitud = 12 metros), lo cual todavía es equivalente a 2.5 veces más que luz HPS (Lámparas de vapor de sodio a alta presión).

### **Observaciones Generales de un sistema solar fotovoltaico.**

Los Sistemas Fotovoltaicos son recomendables para Iluminación utilizando artefactos de Bajo Consumo, pudiendo utilizar mayor potencia pero limitando su tiempo de uso. Siempre se podrá consumir como máximo, la Energía que se acumula diariamente, más la disponible en baterías (autonomía). El cálculo del Banco de Baterías es importante. La Energía que se obtiene está en relación directa a la superficie de los paneles que se utilizan, más superficie de paneles más energía a obtener.

El Sistema es autónomo y no necesita combustibles, lubricantes ni repuestos siendo su mantenimiento bajo. Los Sistemas son ampliables en potencia con el agregado de paneles y baterías. Se sugiere siempre analizar la posibilidad de interconectar sistemas de captación Solar y Eólico, en forma conjunta siempre que se disponga de ambos Recursos.

### **Normas de Instalaciones Solares Fotovoltaicas.**

Es muy importante respetar todos y cada uno de los consejos que a continuación se detallan; son la esencia para conseguir un excelente rendimiento y seguir un procedimiento correcto en la instalación y manipulación de los componentes de un sistema solar fotovoltaico. En general:

En general, es conveniente aumentar un 20% el consumo diario calculado.

- 1) Lo primero en conectar y lo último en desconectar será la batería de acumuladores.
- 2) Orientar los paneles hacia el Sur, de 30°-45° en verano y de 55°-60° en invierno.
- 3) Existen reguladores con alarma de descarga al alcanzar un valor fijado.
- 4) Para pequeñas instalaciones hay paneles con regulador incorporado al panel.
- 5) Utilizando sistemas electrónicos de seguimiento solar a máxima radiación, se incrementa bastante el rendimiento (hasta un 40% más) y calidad de la instalación.
- 6) Un plan mensual/anual de mantenimiento alarga la vida y rendimiento de la instalación.

Respecto a los paneles:

- 1) La placa o panel, rinde más y sufre menos si tiene conectada la batería.
- 2) No es aconsejable dejar la placa irradiada y en circuito abierto.
- 3) No tapar ninguna célula de la placa por tiempo indefinido.

Relacionado con los acumuladores:

- 1) Evitar descargas muy profundas de la batería mayores del 60% de su capacidad.
- 2) La descarga diaria no superará el 15% de la capacidad total de la batería.

- 3) Normalmente en un día, sólo se carga un 10 ó 15% de la capacidad total de la batería.
- 4) Valores por debajo del 10% de la tensión nominal (10'5V ó 21'5V) son peligrosos para la batería.
- 5) Dependiendo del tipo de batería, existe un auto descarga de unos 4Ah al mes.
- 6) La capacidad de la batería disminuye por efecto de temperaturas.

El método simplificado de cálculo se ha basado en un balance energético diario en las condiciones más desfavorables, en un balance de energía en Wh/día.

El método utiliza valores medios mensuales de radiación global diaria y de la carga. Se considerarán sólo los valores correspondientes al mes más desfavorable en la relación carga-radiación. Además se debe definir el número máximo de días de autonomía previstos para la instalación.

### **Beneficios del uso de energía solar Fotovoltaica en UNIVERSIDAD DON BOSCO.**

- I. Disminución de la facturación mensual a nivel de caso práctico Universidad Don Bosco.
- II. Disminución de la dependencia de energía eléctrica.
- III. Aumento de la participación en programas pro-medio Ambiente.

## **CONCLUSIONES.**

- I. La investigación del funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, permitió identificar las características a establecer en el diseño de farola solar para iluminación exterior en el caso práctico Universidad Don Bosco.
- II. El diseño de farola solar fotovoltaica, utiliza la tecnología led, siendo esta amigable al medio ambiente. Dicha tecnología led permite un ahorro en el costo de la facturación por consumo de energía eléctrica.
- III. El diseño del sistema fotovoltaico es autónomo, es decir, independiente de la red eléctrica. El sistema fotovoltaico propuesto es una alternativa a utilizar en la iluminación externa del campus universitario ya que su instalación puede ser en las diferentes zonas donde exista radiación solar.
- IV. El análisis económico basado en el método de beneficio costo, refleja que es un proyecto rentable para su futura implementación.
- V. El Salvador al poseer un clima tropical, la mayor parte del año tiene una radiación solar suficiente para la implementación de sistemas fotovoltaicos.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

### **Fuentes de Información.**

Ø Título: Luminotecnia

Autor: José Ramírez Vázquez

Imp/Ed: Barcelona, España: CEAC, 1991/ 7ª Edición

Ø Título: Celdas Solares: Electricidad luminosa y sus campos de aplicación.

Autor: Jean Paul Braun y Benjamín Faraggi.

Imp/Ed: MEXICO, MEXICO: TRILLAS, 1999

Ø Título: Energía Solar Fotovoltaica

Autor: Miguel Ángel Sánchez Maza

Imp/Ed: México: Limusa, 2010 1ª edición

### **TRABAJOS DE GRADUACIÓN.**

Ø Tesis: Diseño de factibilidad técnica y económica de generación de electricidad en aprovechamiento híbrido de energía eólica y solar a nivel mini energético

Autor: Mauricio Arturo Sibrian Barahona

Imp/Ed: SAN SALVADOR, EL SALVADOR: UDB, 2006

- Ø Tesis: Análisis técnico-económico del comportamiento de variables eléctricas que inciden en la facturación y consumo de energía eléctrica en el Centro de Investigaciones y Transferencia de Tecnología (CITT)

Autor: Carlos Alberto Castillo Ortega y Pamela Vargas Dubón.

Imp/Ed: SAN SALVADOR, EL SALVADOR: UDB, 2007

- Ø Tesis: Propuesta de ahorro energético y mejora de la eficiencia del sistema de alumbrado publico del municipio de San Salvador.

Autor(es): Rudy Wilfredo Merlos Ortiz, Juan Carlos Rodriguez Molina

Año: 2005.

- Ø Tesis: Estudio Económico- Financiero de una planta Productora de Farolas Solares.

Autor: Alberto Laredo Finke, Universidad Pontificia Comillas Madrid.

- Ø Tesis: Diseño de una red eléctrica automatizada del complejo deportivo del estadio municipal Ana Mercedes Campos de Sonsonate.

Autor(es): Vásquez Gómez, Manuel de Jesús; Hernández Mancía, José Manuel; Sánchez Tepas, Stanley Smith Año: 2008

## **PAGINAS WEB.**

- ü Energía Solar Fotovoltaica:

[http://www.aim-andalucia.com/tienda\\_sol/tSol\\_calculo.htm](http://www.aim-andalucia.com/tienda_sol/tSol_calculo.htm)

- ü Historia de paneles fotovoltaicos:

<http://www.sitiosolar.com/La%20historia%20de%20la%20energia%20solar%20fotovoltaica.htm>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico)

<http://www.delsolenergy.net/> Proveedor Nacional

<http://www.enersia.com.sv/> Proveedor Nacional

<http://www.seesa.com.sv/IS/index.html> Proveedor Nacional

ü Principales tipos de lámparas

[http://www.unav.es/tesd/manualted/manual\\_archivos/luz9\\_main.htm](http://www.unav.es/tesd/manualted/manual_archivos/luz9_main.htm)

ü Descripción de lámparas Led:

<http://www.ecoled.es/externor.html>

ü Pantallas Led: Tipos y aplicaciones.

[http://www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion\\_externor/](http://www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion_externor/)

ü Ventajas de iluminación exterior con lámpara Led:

<http://tecnologiasalternas.blogspot.com/2009/01/luminarias-solares.html>

ü Descripción general de lámparas Led y cuadro comparativo:

<http://www.solarinnova.net/content/blogcategory/6/200/lang.es/>

ü Comparación lámparas Led y CFL (enlaces de ayuda):

<http://www.salobre.net/sal1/index.php/nuevas-tecnologias/119-leds-iluminando-el-siglo-xxi.html>

ü Información acerca de iluminación exterior:

<http://www.maquinariapro.com/tecnologia/lampara-solar.html>

ü Ejemplos de comparación de lámparas Led vrs lámparas incandescentes:

<http://www.iberled.com/comparativas.html>

<http://www.suministrosolar.com/noticias/68-luminarias-solares-para-alumbrado-publico>

ü Comparación lámparas fluorescentes vrs Led:

<http://sustentator.org/blog-es/2009/08/las-lamparas-mas-eficientes-led-vs-cfl/>

ü Tecnología Led y otros recursos:

<http://www.iluminet.com.mx/leds/nueva-tecnologia-que-promete-feroz-competencia-a-lcfs-y-leds/>

ü Información acerca de iluminación exterior:

<http://www.maquinariapro.com/tecnologia/lampara-solar.html>

ü Información de los tipos de iluminación:

<http://www.proyectoobra.com/articulos.asp?ID=8>

ü Explicación de funcionamiento de la iluminación con farolas solares:

<http://www.sitiosolar.com/Dispositivos%20de%20iluminacion%20solar.htm>

ü Ejemplo de consumo:

[https://www.decorvise.com/index.php?main\\_page=page&id=45&language=es&zenid=5uhqevufm7qn431mb7d50qpb63](https://www.decorvise.com/index.php?main_page=page&id=45&language=es&zenid=5uhqevufm7qn431mb7d50qpb63)

ü Empresa de iluminación exterior:

[http://www.solener.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=60&Itemid=29](http://www.solener.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=29)

<http://spain.spark-oe.com/product.html>

<http://www.juncoop.com/>

<http://www.seesa.com.sv/IS/index.html>

ü Ventajas de iluminación solar:

<http://www.suelosolar.es/guiasolares/iluminacion.asp>

ü Ejemplo de lámpara de iluminación solar con video:

<http://alternativaenergetica.com.mx/luminariasolar/lampara-solar-induccion-23w.html>

ü Información de productos de energía renovables:

<http://psipty.com/tag/alumbrado-exterior/>

ü Descripción de energía solar:

[http://www.solener.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50:energia-solar&catid=25:energia-solar&Itemid=13](http://www.solener.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=50:energia-solar&catid=25:energia-solar&Itemid=13)

ü Curvas de distribución:

<http://iluminaciondeinteriores.blogspot.com/2009/04/curva-de-distribucion-luminosa.html>

ü Teoría y tipo de curvas de distribución fotométrica:

[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_electrica\\_y\\_electronica/luminotecniaailuminacion/default2.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_electrica_y_electronica/luminotecniaailuminacion/default2.asp)

ü Curvas de distribución de lámparas de vapor de mercurio:

[http://impulsora.com/catalogos/CROUSE\\_HINDS/Iluminacion\\_industrial/obe.htm](http://impulsora.com/catalogos/CROUSE_HINDS/Iluminacion_industrial/obe.htm)

ü Clases de lámparas de descarga:

<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/ldesc2.html>

ü Procesos visuales y sus características:

[http://edison.upc.edu/curs/llum/luz\\_vision/p\\_visual.html#sensibilidad](http://edison.upc.edu/curs/llum/luz_vision/p_visual.html#sensibilidad)

ü Aplicaciones de energía solar:

[http://www.solarhogar.com/index.php?main\\_page=conditions&zenid=ovpsfrn5069n9jti8coud11dj0](http://www.solarhogar.com/index.php?main_page=conditions&zenid=ovpsfrn5069n9jti8coud11dj0)

## ANEXOS



**Anexo 1. Cronograma de Actividades para el desarrollo del  
Diseño de Farolas Solares para sistema de iluminacion externa.**

**Anexo 2. Pliego Tarifario de la Superintendencia General de Electricidad Telecomunicaciones para cada una de las empresas distribuidoras de energia electrica.**

**Anexo 3. Hojas Técnicas de los componentes utilizados para la Farola Solar Fotovoltaica.**

## **Anexo 4. Cotización de Materiales.**

**Anexo 5. Campus de la Universidad Don Bosco. Ubicación de las luminarias existentes y de la propuesta de Farolas Solares.**

## **Anexo 6. Datos Técnicos para Multiconductores Flexible TSJ**

### **Anexo 7. Lineamientos de una planta productora de farolas solares para generar una empresa productiva y competitiva.**

Las generalidades para la realización de una planta productora de farolas solares que se dedique a la fabricación, distribución e instalación, contiene una serie de lineamientos a seguir para generar una empresa productiva y competitiva.

#### **A. Definir el proyecto.**

El proyecto es el estudio de la posible puesta en marcha de una empresa cuya actividad sea la fabricación, distribución e instalación de farolas fotovoltaicas.

Se deben establecer los antecedentes de la farola solar que muestre los avances, estudios, tecnologías a utilizar, diferentes fabricantes, definiciones y conceptos del tema a desarrollar.

#### **B. Alcances y objetivos.**

El objetivo principal de este proyecto es analizar la viabilidad económica-financiera de la posible puesta en marcha de una planta cuya actividad será la fabricación de farolas solares, atendiendo a factores como el costo de los componentes, localización geográfica de la planta, la logística para poder comercializar el producto y conocimiento de los competidores que operan en el mercado.

#### **C. Descripción del proceso y componentes de una Farola solar.**

La descripción del proceso contiene la generalidad del funcionamiento de la farola solar a producir, los diferentes componentes de la farola solar: especificaciones técnicas, diferentes fabricantes, precios, alternativas o sustitutos de los componentes y los cálculos a realizar para obtener el prototipo del producto.

#### **D. Descripción de la Planta de producción.**

La descripción de la planta de producción contiene la localización geográfica, las características de la zona de instalación de la empresa, permisos legales y normativas a utilizar según el tipo de planta requerida.

Descripción de la distribución estructural de la planta de producción, dimensiones de la planta, zonas de ubicación de los distintos departamentos que forman la planta de producción.

#### **E. Descripción del proceso productivo.**

Se trata de establecer la actividad principal a realizar en la planta de producción, las diferentes formas producción, el personal a utilizar en las distintas etapas de producción y departamentos de la planta.

Descripción de estrategias de dirección de operaciones, que contiene: el diseño del producto, calidad, gestión de la cadena de suministros, inventario y mantenimiento.

Características del mercado desde el punto de vista de producción, modelos de farolas que se van a producir, documentos necesarios para la producción, descripción de maquinaria y vehículos de transporte, estrategia de recursos humanos y condiciones de trabajo.

#### **F. Plan comercial de la empresa.**

El Plan comercial de la empresa permite establecer el tipo de empresa y características de mercado, análisis de la demanda que contiene el perfil del consumidor, ámbito geográfico de la actividad, factores demográficos, factores conductuales.

Análisis de la competencia: servicios ofrecidos, métodos de venta, dimensión de la empresa y posicionamiento en el mercado. Las principales necesidades que se desean satisfacer como por ejemplo buen diseño, producto de calidad, atención al cliente, rapidez en la instalación.

Además de dimensionar el mercado potencial, claves para que el producto tenga éxito en el mercado. Realizar diferentes análisis económicos como por ejemplo el análisis PEST (Político, Económico, Social y Tecnológico) que identifica los factores del entorno general que van a afectar a las empresas. Este análisis se realiza antes de llevar a cabo el análisis FODA (Fortaleza, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Análisis General del entorno donde se valoran las posibles amenazas u oportunidades que pueden

surgir en este sector son de vital importancia para las empresas que quieran entrar a operar en este mercado.

### **G. Plan de ventas o Marketing.**

Los objetivos de la publicidad deben derivarse de decisiones previas sobre el público objetivo, el posicionamiento de la marca y el programa de marketing. Aspectos innovadores y necesidades que cubre el producto ofertado, características diferenciadoras respecto de los productos o servicios de la competencia.

Buscando también claves para el éxito, aspectos críticos, estrategias de marketing, misión de la empresa, objetivos que se pretenden en el plan de marketing, objetivos financieros, posicionamiento de la marca de farolas solares fotovoltaicas, canales de marketing, costos previos al marketing, control de resultados, forma de distribución del producto, previsiones de facturación y demanda, Plan de Contingencia.

Proceso de generación de valor o valor agregado que es ofrecer valor a sus clientes a cambio de beneficios. Establecer una cadena de valor que es un instrumento que sirve para identificar el modo de generar más valor para los clientes, la cadena de valor refleja las nuevas actividades estratégicas de la empresa, cada una con un costo, que genera valor para el cliente.

Ejemplo de proceso de generación de valor es dividiendo las actividades de la empresa en dos rubros:

- ✓ Actividades Primarias: compras, producción, marketing, distribución y servicios.
- ✓ Actividades de Soporte: Infraestructura empresarial, gestión de recursos humanos, finanzas y administración.

La cadena de valor de la compañía es:

- ✓ Procesos de seguimiento del mercado.

- ✓ Procesos de materialización de la oferta.
- ✓ Procesos de captación de clientes.
- ✓ Procesos de gestión de relaciones con los clientes.
- ✓ Proceso de gestión de pedidos.

#### **H. Rentabilidad Económica.**

En este apartado se detallaran las necesidades financieras que tendrá la empresa a la hora de poner en marcha el negocio.

Los lineamientos a considerar es el plan de inversión inicial, costos de la adquisición de la planta de producción y el terreno, costo de adquisición de maquinaria y herramientas, Costo de instalación de los servicios básicos (Luz, Agua, Teléfono), Costo de los elementos de transporte del producto, Costo de los equipos informáticos y sus aplicaciones, Costo de mobiliario, Gastos de puesta en marcha y constitución de la empresa.

Así como un plan de financiación, amortización de la planta de producción, amortización de la maquinaria, amortización de los equipos de proceso de información y sus aplicaciones, amortización de mobiliario, amortización de los elementos de transporte de producto, amortización desde el punto de vista del cliente, establecer el número mínimo de ventas, costo por unidad, análisis de rentabilidad, plazos de recuperación.