

ANÁLISIS TÉCNICOECONÓMICO DE ILUMINACIÓN CON ENERGÍAS  
ALTERNATIVAS AL PARQUEADERO DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
PASCUAL BRAVO

ANDRÉS CAMILO OSSA USUGA  
DOUGLAS EDUARDO ORREGO WILCHEHT  
SERGIO ANDRÉS USUGA GUISAO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
MEDELLÍN  
2016

ANÁLISIS TÉCNICOECONÓMICO DE ILUMINACIÓN CON ENERGÍAS  
ALTERNATIVAS AL PARQUEADERO DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
PASCUAL BRAVO

ANDRÉS CAMILO OSSA USUGA  
DOUGLAS EDUARDO ORREGO WILCHEHT  
SERGIO ANDRÉS USUGA GUISAO

Trabajo de Grado para Optar título de  
Ingeniero Electricista

Asesora:  
Mónica Narváez  
Ingeniera Electricista

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2016

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín, 23 de Junio de 2016

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios damos gracias por permitirnos alcanzar este logro tan anhelado y soñado, a nuestras esposas, padres, por tanto apoyo y paciencia en este largo y sacrificado tiempo académico.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios, familia, docentes de la institución universitaria Pascual Bravo, los cuales son soporte de esta gran meta.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 USO ENERGÍA SOLAR	15
1.2 ENERGÍA ALTERNATIVA	15
1.3 ILUMINACIÓN	15
1.4 LUZ	16
1.5 MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS	16
1.5.1 FLUJO LUMINOSO	17
1.5.2 ILUMINANCIA O NIVEL DE ILUMINACIÓN	17
1.6 LÁMPARA	17
1.6.1 RENDIMIENTO LÁMPARA	17
1.6.2 VIDA MEDIA	17
1.6.3 VIDA ÚTIL DE LA LÁMPARA	17
1.6.4 EFICIENCIA	17
1.6.5 TIEMPO DE ENCENDIDO	18
1.6.6 TIPOS DE LÁMPARAS.	18
1.6.6.1 LÁMPARAS INCANDESCENTES	18
1.6.6.2 LÁMPARAS HALÓGENAS	18
1.6.6.3 LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES	18
1.6.6.4 LÁMPARAS DE MERCURIO A ALTA PRESIÓN	19
1.6.6.5 SODIO DE BAJA PRESIÓN	19
1.7 LED (LIGHT EMITTINGDIODE)	20
1.8 LUMINARIAS	21
1.8.1 EQUIPO ELÉCTRICO.	21
1.8.2 CLASIFICACIÓN DE LAS LUMINARIAS	21
1.8.3 LA APERTURA O DISPERSIÓN	21
1.9 ENERGÍA SOLAR	22
1.10 CELDAS SOLARES	22
1.10.1 TIPOS DE CELDAS SOLARES	23
1.10.1.1 CELDAS DE SILICIO MONO CRISTALINO	23
1.10.1.2 CELDAS DE SILICIO POLI CRISTALINO	23
1.10.1.3 CELDAS DE SILICIO AMORFO O PELÍCULA FINA	24
1.11 PANELES O MÓDULOS SOLARES	24
1.11.1 ORIENTACIÓN DE UN PANEL SOLAR	25
1.12 SISTEMA FOTOVOLTAICO	25
1.12.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CARGAS DC	25

2. METODOLOGÍA	27
2.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA	27
2.2 INICIO DE APLICACIÓN DE MEDIDAS	27
2.3 SIMULACIÓN Y DISEÑO DE ACUERDO A LA INFORMACIÓN OBTENIDA	28
2.4 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA ECONÓMICA CON SUS RESPECTIVAS CANTIDADES DE OBRA	28
2.5 ASIGNACIÓN ASESOR TÉCNICO	28
2.6 CONSIGNACIÓN DE DINERO Y PEDIDO DE MATERIAL	29
2.7 EJECUCIÓN DE LA OBRA	29
2.8 ENTREGA DEL PROYECTO	29
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
3.1 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	31
3.2 BALANCE DE ENERGÍA	32
3.3 NORMAS TÉCNICA	32
3.4 TIEMPO DE OPERACIÓN LOGRADO	33
3.5 PROPUESTA ECONÓMICA	34
3.6 MEDIDAS DE LA LUMINARIA EMPLEANDO EL LUXOMETRO	39
3.7 PRESUPUESTO PROYECTO	40
4. CONCLUSIONES	43
5. RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	47

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Espectro electromagnético	16
Figura 2. Lámpara Fluorescente Tubular	19
Figura 3. Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión	20
Figura 4. Apertura transversal	22
Figura 5. Corte Transversal de una Celda Solar	23
Figura 6. Celdas de silicio monocristalino vs. Celdas de silicio poli cristalino	24
Figura 7. Topología de sistema fotovoltaico para cargas DC	26
Figura 8. Tiempo de operación	34
Figura 9. Resumen preliminar oferta de luminarias	35
Figura 10. Datos teóricos arrojados por el software Dialux	36
Figura 11. Diseño en 3D	36
Figura 12. Medida luxes panorámica suelo	37
Figura 13. Superficie de Cálculo	37
Figura 14. Medida escena exterior	38
Figura 15. Medida luxes zona Parqueadero central	39

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Medidas luxómetro	39
Tabla 2. Costos proyecto	40

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A. Ficha técnica de la iluminaria	47
Anexo B. Registro de la ejecución	48

## GLOSARIO

**LED:** (Light Emitting Diode) es un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda (colores) cuando es polarizado correctamente. Al aplicarle una pequeña corriente eléctrica (15 – 20 mA) produce luz.

**LUMEN:** el lumen (símbolo: lm) es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida.

**LUMINOSIDAD:** la luminosidad es la cantidad de luz o de energía que algún objeto irradia (o sea envía) en un lapso de tiempo determinado, hacia todas las direcciones.

**LUX:** un Lux es definido como un lumen por metro cuadrado.

**LUXÓMETRO:** un luxómetro (también llamado luxómetro o light meter) es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente.

**PANEL SOLAR:** un panel puede ser un módulo que, sumado a otros de su tipo, forma parte de una estructura. Solar, por su parte, es un adjetivo que se aplica a aquello relacionado con el sol.

## RESUMEN

El presente trabajo de grado está enfocado dar solución al problema de poca iluminación en el parqueadero central de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Teniendo un problema de ausencia de luminosidad en lugares aledaños como las zonas verdes y hasta ahora se está mejorando este factor, debido al crecimiento poblacional estudiantil que viene surgiendo. La idea es entregar este sector de la universidad agradable y confortable para buen uso de la población académica. El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema de iluminación totalmente autónomo de la red eléctrica utilizando una fuente de energía alterna, La fuente de energía elegida es la solar ya que por su ubicación geográfica, La I.U. Pascual Bravo dispone de ésta a lo largo del año. El sistema desarrollado fue del tipo fotovoltaico, de modo que se utilizaron nueve paneles solares para convertir la luz solar en corriente eléctrica, la cual es almacenada por un banco de baterías que en la noche provee a la luminaria la energía necesaria para generar luz. Para el control de los paneles, baterías y lámpara se diseñó un circuito que ejerce las funciones de: encendido y apagado de la lámpara, carga y descarga de la batería y configuración de parámetros del sistema. El prototipo es capaz de manejar cargas de 12VDC y cargas AC por medio del desarrollo de un convertidor DC/AC de 120Vrms. En este trabajo de grado se analiza la inversión económica proyectando un ahorro de energía aproximadamente en un 70% y en relación al mantenimiento de un 95 %y así obteniendo resultados óptimos referentes a la implementación de energías alternativas (Sian, 2010).

## INTRODUCCIÓN

Más de 20 % de los incendios registrados, ya sean dentro de viviendas u otro tipo de instalaciones, se deben a la falta de mantenimiento o reparaciones inadecuadas dentro del sistema eléctrico. El 64% de los desastres están relacionados con fuego; el 22% se debe a fallas en las instalaciones eléctricas. La frecuencia de incendios producidos por la falta de mantenimiento en las instalaciones eléctricas se debe a los siguientes componentes: interruptores un 62%, Transformadores un 49%, Equipos eléctricos varios un 45%, Distribución eléctrica (cables, barras) un 29%, Motores eléctricos un 15%, Computadoras un 11%. (Tapia, 2014).

Existen otras fallas de energía a nivel mundial, las cuales pueden evitar con un buen diagnóstico o mantenimiento preventivo, son las fallas de transformadores de potencia en diversas empresas eléctricas se deben en un 41% problemas de aislamiento, un 19% al bobinado, un 13% a fugas, un 12% a borneras de conexión, un 12% otras y un 3% por operaciones. Además, se identificaron seis modos de fallo que incluye rayos, núcleo, fallas de los interruptores, envejecimiento y cortocircuito. Bujes, conmutadores y devanados representan alrededor del 79% de las causas de interrupción y la contribución de las fallas fundamentales relacionados sólo el 2%. (Raji & Raju, 2015).

Las fuentes nuevas y renovables de energía se han convertido en uno de los principales ítems del desarrollo sustentable, aunque las motivaciones principales han diferido hasta el momento entre países desarrollados y en desarrollo, el cual llega como resultado final el enfoque del el ahorro energético.

Se estima que 1.5 mil millones de personas carecen de electricidad en los países en desarrollo. De ellos, más del 80% vive en el Sub-Sahara africano o en el sur de Asia (erenovable.com, 2015).

La implementación de paneles solares en la Institución Universitaria Pascual Bravo, se ahorra desde un 70% de energía eléctrica, este proyecto se puntualiza buscar construir diversas maneras de aprovechar esta energía y convertirlas en el soporte de ahorro y es por ello que en estos momentos es fuertemente optimizada la tecnología para extraer esta energía proveniente del sol y convertirla en energía de uso humano; evidentemente el interés en la energía solar se ha disparado en los últimos cinco años. La nueva inversión financiera total ha sido de US\$33.5 mil millones en 2008, un aumento de 172 por ciento respecto de los US\$0.6 mil millones invertidos en 2004.

Un crecimiento igualmente impresionante se ha producido en la capacidad instalada de la Energía Fotovoltaica, que se sextuplicó entre 2004 y 2008, superando los 16gWh.

Un análisis de la empresa consultora McKinsey & Company prevé que "para el año 2020 por lo menos diez regiones con fuerte luz solar habrán conseguido la paridad de la red". Eso será casi un hecho para países desarrollados como Italia, Japón, España y los Estados Unidos (Rivas, 2005).

El crecimiento de estos sistemas ha sido particularmente fuerte en el Asia principalmente en Bangladesh, China e India donde los esquemas de microcréditos, los gobiernos o las donaciones han facilitado tal acceso. En 2008, el Banco Mundial aprobó dos proyectos en Bangladesh para instalar 1.3 millones de sistemas solares domésticos. Y la China, con su proyecto de Desarrollo de Energías Renovables, que concluyó a mediados de 2008, instaló más de 400.000 sistemas solares domésticos en el noroeste de ese país (erenovable.com, 2015).

En primer lugar, su ventaja más evidente es que son capaces de transformar los rayos solares en energía. Se trata, por tanto, de una energía totalmente renovable e inagotable. La energía del sol no corre el riesgo de desaparecer, por tanto, no hay que preocuparse de que se agote, al menos en muchos millones de años.

Una de las mejores ventajas de la energía solar es la posibilidad de ahorrar gran cantidad de recursos como energía eléctrica y gas por la utilización de sistemas, productos o tecnología solar.

Por otro lado, es una forma de producir energía totalmente limpia. Los paneles solares no necesitan de procesos químicos, no necesitan combustión. Es decir, no emiten ningún tipo de sustancias contaminantes a la atmósfera y no contribuyen al cambio climático y al efecto invernadero (Rivas, 2005).

Cada una (1) hora el sol lanza a la Tierra más energía de la que sería necesaria para satisfacer las necesidades mundiales de energía durante un (1) año entero. La energía solar es la tecnología utilizada para aprovechar la energía del sol y hacerla utilizable. En la actualidad, la tecnología produce menos de una décima parte del 1% de la demanda mundial de energía.

La mayor parte de África, por ejemplo, tiene alrededor de 325 días de fuerte luz solar al año, lo que significa, en promedio, más de 6 kWh de energía por metro cuadrado en un día. La Fundación Desertec, una empresa conjunta de Alemania y Jordania, estima que instalando paneles solares en tan solo el uno por ciento de los desiertos del globo se podría proporcionar energía al mundo entero y sin embargo, los países que reciben la mayor cantidad de energía solar a menudo son también los que menos se benefician de ella, debido a la carencia de conocimientos y capacidad para aprovechar la energía solar y convertirla en electricidad (erenovable.com, 2015).

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 USO ENERGÍA SOLAR**

Ha aumentado un 20% al año durante los últimos 15 años gracias al rápido descenso de los precios y a las ganancias en eficiencia. Japón, Alemania y los Estados Unidos son los principales mercados de las células solares. Con incentivos tributarios, la electricidad solar a menudo puede amortizarse en un periodo de cinco a diez años.

### **1.2 ENERGÍA ALTERNATIVA**

En primer lugar, su ventaja más evidente es que son capaces de transformar los rayos solares en energía. Se trata, por tanto, de una energía totalmente renovable e inagotable. La energía del sol no corre el riesgo de desaparecer, por tanto, no hay que preocuparse de que se agote, al menos en muchos millones de años. Una de las mejores ventajas de la energía solar es la posibilidad de ahorrar gran cantidad de recursos como energía eléctrica y gas por la utilización de sistemas, productos o tecnología solar.

Por otro lado, es una forma de producir energía totalmente limpia. Los paneles solares no necesitan de procesos químicos, no necesitan combustión. Es decir, no emiten ningún tipo de sustancias contaminantes a la atmósfera y no contribuyen al cambio climático y al efecto invernadero (Rivas, 2005).

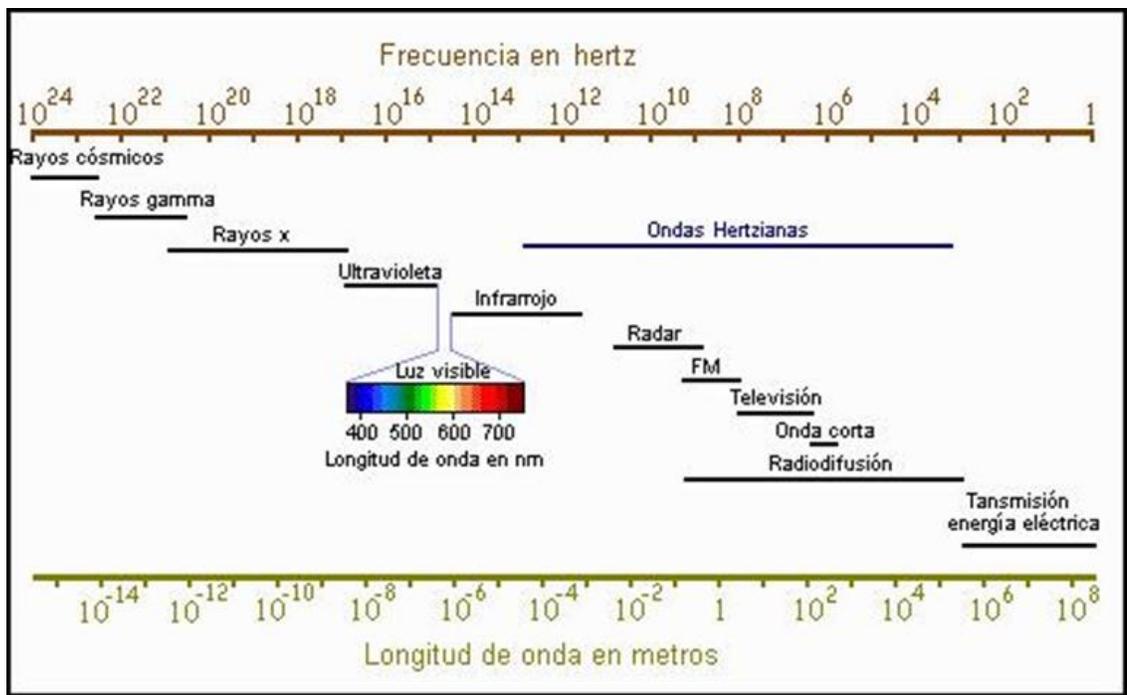
### **1.3 ILUMINACIÓN**

Durante el día, la luz del sol permite percibir y distinguir el entorno, pero de noche esta capacidad de percepción disminuye de manera muy significativa. El ojo tiene la capacidad de adaptarse a ciertos niveles de luz, por medio de la dilatación y contracción de la pupila, sin embargo, para que el ojo sea capaz de apreciar algún objeto debe haber una pequeña cantidad de luz. Por esto el hombre ha tenido que recurrir a fuentes de luz artificial que iluminen sus noches y hagan posible el desempeño de actividades que sin luz no serían posibles.

## 1.4 LUZ

La luz es un conjunto de radiaciones electromagnéticas al cual el ojo humano es sensible. La sensibilidad del ojo humano varía para cada individuo, pero típicamente un individuo puede observar la radiación de longitud de onda entre 380nm (Luz Violeta) y 780nm (Luz Roja), esto corresponde a una pequeña porción del espectro electromagnético que se encuentra entre las radiaciones ultravioletas y las infrarrojas denominada Luz Visible. (Ver Figura 1).

**Figura 1. Espectro electromagnético.**



Fuente: Fernández, s.f.

## 1.5 MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS

No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo, ni toda la energía consumida por un bombillo es transformada en luz, por esta razón, se hace necesario definir ciertas magnitudes que nos permitan evaluar la eficiencia y las características de las distintas fuentes luminosas. Las magnitudes más utilizadas en Luminotecnia son: el Flujo Luminoso, Intensidad Luminosa, Iluminancia y Luminancia.

**1.5.1 Flujo Luminoso.** El flujo luminoso, representado con la letra griega  $\Phi$ , se refiere a la potencia lumínica emitida por la fuente de luz. En otras palabras, es la medida de la porción de energía que emite la fuente por unidad de tiempo, a la cual el ojo humano es sensible.

**1.5.2 Iluminancia o Nivel de Iluminación.** Es la relación entre el flujo luminoso que recibe una determinada superficie y el área de la misma. Se simboliza con la letra E y su unidad es el Lux [ $lx = lm/m^2$ ]. Existen estándares o normas que establecen la magnitud de iluminancia que un sistema de iluminación debe proveer según la actividad que se realice en el sitio que se desea iluminar; la Iluminancia tiene que ver con lo que percibe el ojo. Se define como la relación entre la intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección y la superficie vista por el observador en esa dirección. Se simboliza con la letra L y su unidad es  $cd/m^2$ .

## 1.6 LÁMPARA

Una lámpara es un elemento capaz de transformar energía eléctrica en radiación electromagnética visible (luz) (Schmid, s.f.). Esta transformación se puede lograr utilizando alguno de los dos fenómenos mencionados anteriormente, Incandescencia o Luminiscencia.

**1.6.1 Rendimiento Lámpara.** Existen ciertos criterios que debemos tomar en cuenta al momento de seleccionar una lámpara para una aplicación en particular, estos son:

**1.6.2 VIDA MEDIA.** La vida media se refiere al tiempo, en horas, que tardan en fallar el 50% de una muestra de lámparas, de un mismo tipo y modelo, sometida a pruebas.

**1.6.3 Vida Útil de la Lámpara.** Vida útil de una lámpara se refiere a la cantidad de horas, luego de las cuales el flujo luminoso emitido por la lámpara ha disminuido a un punto en la que la lámpara ya no resulta útil, a pesar de que siga emitiendo luz.

**1.6.4 Eficiencia.** La eficiencia es la cantidad de lúmenes, o potencia lumínica, que la lámpara emite por cada Vatio de potencia que se le suministra, por consiguiente se mide en  $lm/W$ . Mientras más sean los lúmenes por vatio producidos más eficiente será la lámpara. En otras palabras, la lámpara que emita más luz al

suministrarle 1W de potencia será la más eficiente y la más ahorradora de energía.

**1.6.5 Tiempo de Encendido.** Algunos tipos de lámparas como las incandescentes, emiten el 100% de su capacidad desde el momento en el que son encendidas. Sin embargo, otros tipos de lámparas como las fluorescentes y las de descarga requieren un tiempo para alcanzar su máximo nivel de flujo luminoso, por esto, se hace necesario definir el concepto de tiempo de encendido, que es el tiempo en el que una lámpara logra alcanzar el 80% de su máxima capacidad de producción de luz.

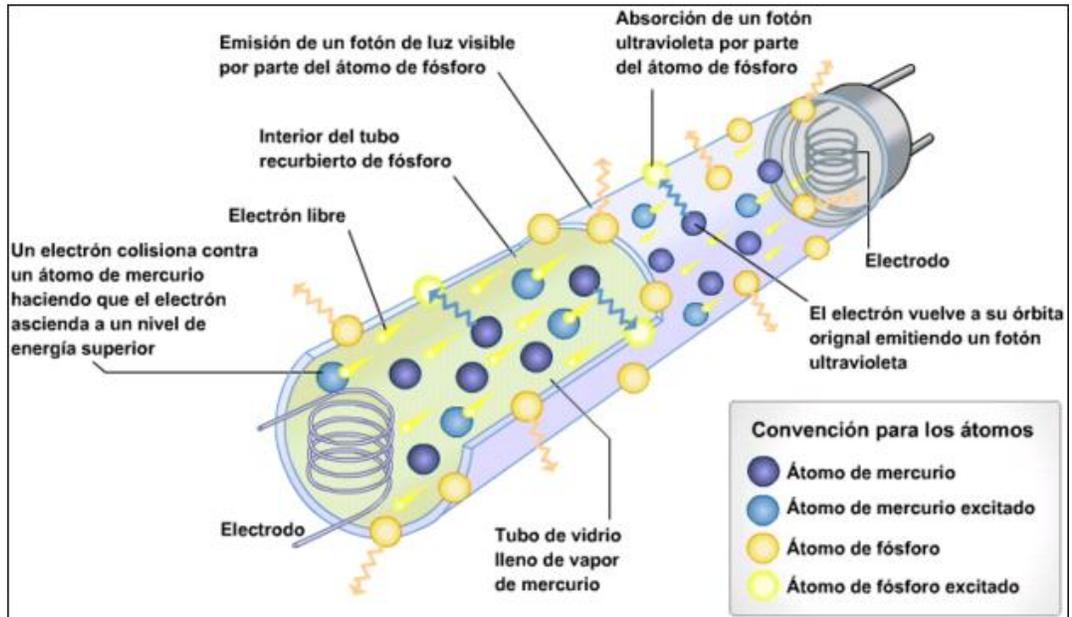
### **1.6.6 Tipos de Lámparas.**

**1.6.6.1 Lámparas Incandescentes.** El principio de esta lámpara consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento, generalmente de tungsteno, provocando que éste alcance altas temperaturas y a su vez emita radiaciones visibles. Este filamento se coloca dentro de una ampolla de vidrio sellada al vacío o llena de gas inerte para evitar que el filamento entre en combustión y se queme.

**1.6.6.2 Lámparas Halógenas.** Utilizan el principio de operación de la lámpara incandescente convencional, pero se diferencian de ésta por poseer un compuesto halógeno (yodo o bromo) en el gas contenido en la ampolla. Este gas tiene como finalidad controlar la evaporación del tungsteno y de esta manera evitar que el mismo se condense en la ampolla y la oscurezca.

**1.6.6.3 Lámparas Fluorescentes Tubulares.** Su principio de funcionamiento es la descarga eléctrica en vapor de mercurio a baja presión, la cual produce una radiación predominantemente ultravioleta, ésta radiación excita una capa de material luminiscente (polvo fluorescente o fósforo) que se encuentra en el interior del tubo o ampolla, provocando así que éste irradie luz visible. (Ver

Figura 2. Lámpara Fluorescente Tubular.



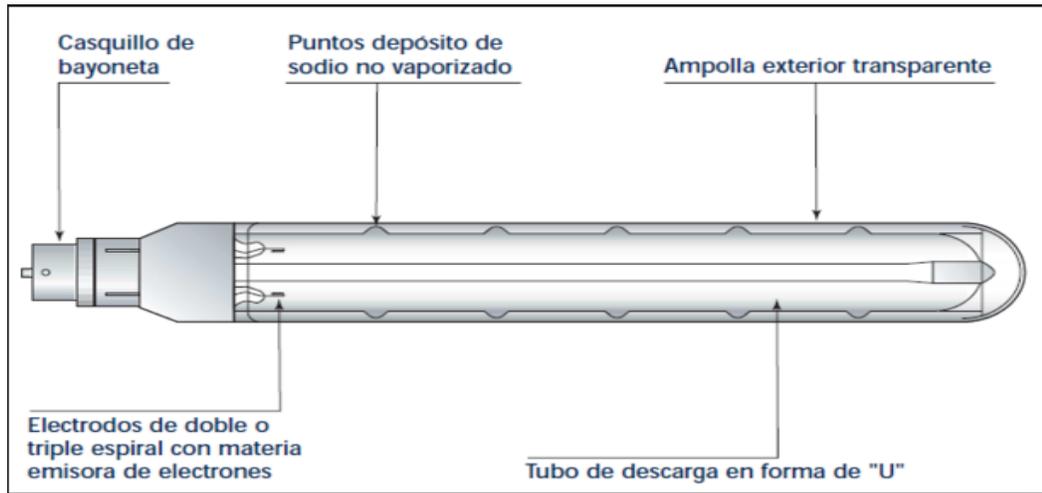
Fuente: Luminaria fluorescente, s.f.

**1.6.6.4 Lámparas de Mercurio a Alta Presión.** Al igual que la de mercurio a baja presión (fluorescente), ésta es una lámpara de descarga, la cual se realiza en un tubo hecho de cuarzo para soportar la alta presión y la alta temperatura de trabajo. A su vez, este tubo de descarga es introducido dentro de una ampolla de vidrio llena de un gas inerte a presión atmosférica, para proteger al tubo de cambios de temperatura y para disminuir la oxidación de los componentes (Taborda, 2005).

**1.6.6.5 Sodio de Baja Presión.** Son lámparas de descarga cuyo principio de funcionamiento es similar a las lámparas de vapor de mercurio a baja presión. La descarga se produce en un tubo en forma de U, para aprovechar espacio, hecho de un vidrio especial cubierto interiormente de una capa resistente al sodio. En su interior contiene sodio metálico de alta pureza y otros gases que ayudan el proceso de arranque. El tubo de descarga está en el interior de una ampolla, entre el tubo y la ampolla hay vacío lo cual asegura la estabilidad térmica del tubo (Ver Figura 3).

Requieren de un balasto, un ignitor y un condensador como equipo auxiliar.

**Figura 3. Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión.**



Fuente: Manual de iluminación INDAL.

### **1.7 LED (LIGHT EMITTING DIODE)**

Se observa, el LED es un dispositivo basado en un chip semiconductor capaz de emitir luz al aplicarle una corriente eléctrica en el sentido conductor (Sian, 2010). La estructura del chip de un LED, el cual está formado por varias capas de material semiconductor de las cuales la llamada capa activa es la capaz emitir luz una vez que el diodo es polarizado, esta luz es casi monocromática a diferencia de la luz emitida por otros tipos de lámparas (Rivas, 2005).

El Led es la tecnología más nueva en iluminación de todas las que hemos descrito y presenta las siguientes ventajas con respecto a las anteriores:

- Pequeño tamaño.
- Bajo consumo
- Luz puntual
- Larga vida útil
- Bajo calor
- No emite radiación IR (Infrarroja) ni UV (Ultravioleta)
- Baja mortalidad temprana
- Resistente a golpes y vibraciones.

## 1.8 LUMINARIAS

La luminaria es el equipo que acompaña a la lámpara con la finalidad de protegerla, brindarle soporte, fijarla, y además asegurar que la luz producida por ésta sea aprovechada lo máximo posible

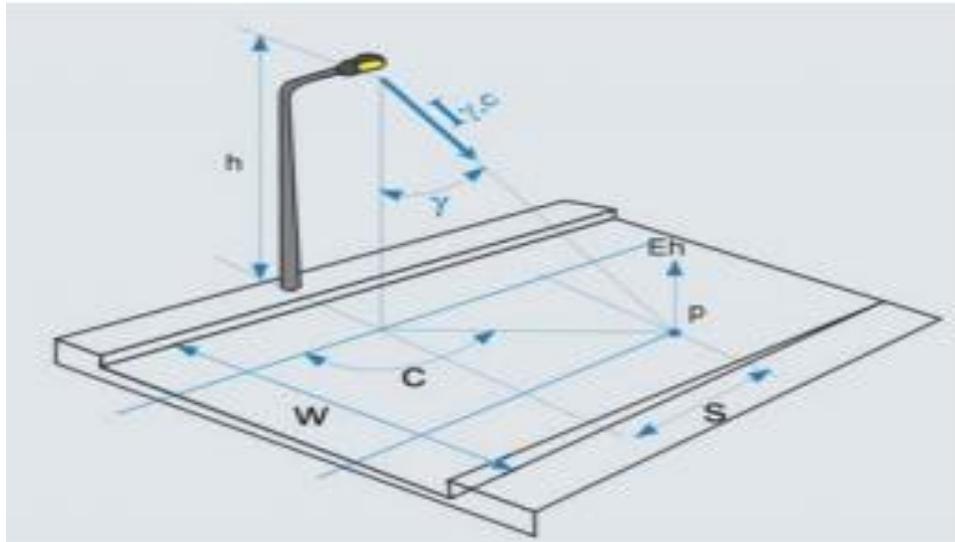
**1.8.1 Equipo Eléctrico.** Se refiere a los equipos auxiliares que son requeridos por la lámpara para adaptarse adecuadamente a la red de alimentación. El equipo eléctrico depende del tipo de lámpara:

- Incandescentes convencionales: No requieren de equipo auxiliar.
- Halógenas de bajo voltaje: requieren transformador o fuente electrónica.
- Fluorescentes y de descarga en general: requieren balasto, condensador e ignitor.

**1.8.2 Clasificación de las Luminarias.** Entre los criterios utilizados para clasificar las luminarias los más comunes son: según sus características ópticas, eléctricas y mecánicas. Las Características mecánicas de la luminaria definen su grado de protección contra golpes, polvo y líquidos. Para introducir cada luminaria dentro de esta clasificación se le asigna como parámetro las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer dígito representa la protección contra entrada de polvo y sólidos, puede estar entre 0 y 6, donde 0 representa protección nula y 6 máxima protección.

**1.8.3 La Apertura o Dispersión.** Es la extensión de calzada que la luminaria es capaz de iluminar en dirección transversal a ésta. Está determinada por el ángulo  $\gamma_{90}$  el cual es el ángulo acotado por la recta tangente al diagrama isocandela del 90% de  $I_{max}$  proyectada en la calzada (Ver Figura 4).

**Figura 4. Apertura transversal.**



Fuente: Resolución 180540, 2010.

## 1.9 ENERGÍA SOLAR

La energía solar es la proveniente de las radiaciones solares. Se caracteriza por ser inagotable y no contaminante, sin embargo es intermitente, la tenemos durante el día pero no durante la noche. También mencionamos que el hombre utiliza dos formas para transformarla y así aprovecharla, éstas son por conversión foto térmica, que convierte la energía radiante en calor, y por conversión fotovoltaica que convierte la energía radiante directamente en electricidad.

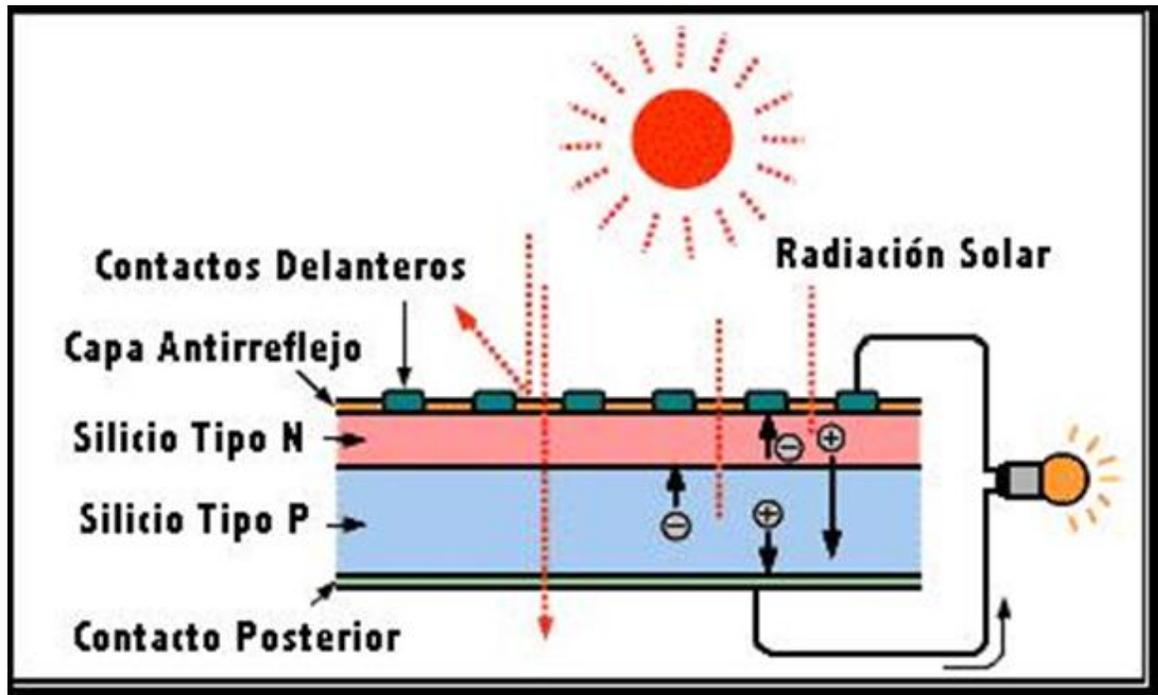
## 1.10 CELDAS SOLARES

Una Celda Solar, también conocida como Celda Fotovoltaica, es un dispositivo semiconductor dopado (tipo N-P), que convierte la luz que incide sobre él, directamente en electricidad, debido al efecto fotovoltaico.

En la (Figura 5) se muestra un corte transversal de una celda solar, el material semiconductor de que está hecho la celda, generalmente silicio, es dopado positivamente con boro por un lado (tipo P) y por el otro lado negativamente con fósforo (tipo N), similar a un diodo de unión. El lado negativo es el expuesto a la luz y la corriente generada es recogida por unos contactos metálicos delanteros y posteriores que cierran el circuito, permitiendo así que ésta fluya. Los contactos

frontales o delanteros son diseñados de tal forma que cubran la menor cantidad de superficie semiconductor posible para disminuir lo menos posible la eficiencia de la celda.

**Figura 5. Corte Transversal de una Celda Solar**



Fuente: Solartronic, s. f.

**1.10.1 Tipos de Celdas Solares.** El material más utilizado para fabricar celdas solares es el silicio. De acuerdo a las técnicas de fabricación empleadas las celdas de silicio se pueden dividir en tres grupos:

**1.10.1.1 Celdas de Silicio Mono Cristalino.** La fabricación de éste tipo de celdas consiste en fabricar barras cilíndricas de silicio mono cristalino (un solo cristal de silicio), en hornos especiales a aproximadamente 1400°C y luego cortarlas obteniendo obleas delgadas (celdas) de entre 0,4 y 0,5mm de espesor (erenovable.com, 2015).

**1.10.1.2 Celdas de Silicio Poli Cristalino.** El proceso de fabricación consiste en fundir trozos de silicio puro en moldes especiales. Luego se deja enfriar hasta que el producto esté totalmente solidificado. En este proceso los átomos no se organizan en un único cristal sino que por el contrario se obtiene un material

policristalino. Una vez solidificado se procede a cortar las obleas de dicho material obteniendo las celdas (Energías Renovables, 2014)

Este proceso de fabricación es menos complejo que el de las celdas monocristalinas, esto se traduce a menos costo por celda pero también a menor eficiencia, hasta un 15% de eficiencia (Sandia National Laboratorios, s.f.). En la (Figura 6) se pueden observar celdas de silicio monocristalino y poli cristalino.

**Figura 6. Celdas de silicio monocristalino vs. Celdas de silicio poli cristalino**



Fuente: Solex, 2015.

**1.10.1.3 Celdas de Silicio Amorfo o Película Fina.** La fabricación de éste último tipo de celda consiste en depositar una película muy delgada de silicio sobre superficies de vidrio o metal. Esta es la menos eficiente, entre 5 y 10% (Sandia National Laboratorios, s.f.), pero el proceso de fabricación es el más barato (Rivas, 2005).

## 1.11 PANELES O MÓDULOS SOLARES

Dado que una sola celda fotovoltaica no genera la energía suficiente para alimentar a los equipos eléctricos existentes en el mercado, éstas son agrupadas en arreglos serie y/o paralelo llamados módulos fotovoltaicos, también conocidos como paneles solares.

Generalmente, las celdas son agrupadas de tal manera que el módulo sea capaz de alimentar equipos que cumplan con el estándar de 12V. Por ejemplo, suelen encontrarse en el mercado módulos solares de 36 celdas solares en serie, que dan como resultado un voltaje pico de salida de 18V, los cuales son utilizados para cargar acumuladores (o baterías) de 12V, siendo diseñados para generar 6V más (18V) tomando en cuenta las pérdidas en el cableado y equipos de control.

**1.11.1 Orientación de un Panel Solar.** La luz solar llega a la Tierra en línea recta, sin embargo una vez que entra en la capa atmosférica sólo una parte de esta luz sigue su trayectoria inicial, la otra parte es dispersada por los gases. De esta forma la luz solar que llega a la superficie puede presentarse en dos formas: luz solar difusa y luz solar directa. Un panel solar es capaz de generar corriente eléctrica incluso en un día nublado en el que solo percibe luz solar difusa, sin embargo, la condición para una óptima producción de corriente eléctrica es el captar la mayor cantidad de luz solar directa posible. Por esto al instalar paneles o grupos de paneles solares se busca orientarlos lo mejor posible hacia el sol, de modo de aprovechar al máximo la luz solar directa. La mejor orientación para un panel solar ubicado en el Hemisferio Norte es hacia el Sur y para un panel solar ubicado en el Hemisferio Sur es hacia el Norte (erenovable.com, 2015).

## **1.12 SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Un sistema fotovoltaico es un sistema capaz de generar energía eléctrica a partir de la energía solar, para alimentar ininterrumpidamente cargas de corriente continua (DC) y/o de corriente alterna (AC) (Gstriatum, 2010). Un sistema fotovoltaico no es solo el panel solar, o arreglo de paneles solares, es además el conjunto de elementos (acumuladores, reguladores de carga e inversores) que hacen posible que se aproveche de manera adecuada la electricidad generada por éste, o éstos, para suministrar energía a las cargas ininterrumpidamente y sin dañarlas.

**1.12.1 Sistema Fotovoltaico para Cargas DC.** Esta topología se utiliza en los casos en los que la carga que se desea alimentar opere con corriente continua (DC). En la (Figura 8) se muestra el esquema de este tipo de sistema con todos sus elementos.

Figura 7. Topología de sistema fotovoltaico para cargas DC



Fuente: Grupo Idea, 2004.

## **2. METODOLOGÍA**

En la realización de este proyecto se llevó a cabo una serie de etapas, las cuales fueron:

1. Recopilación bibliográfica.
2. Obtención de datos e información necesaria.
3. Análisis e interpretación.
4. Elaboración de la propuesta económica con sus respectivas cantidades de obra.
5. Asignación de asesor Técnico.
6. Consignación de dinero y pedido de Material.
7. Ejecución de la Obra.
8. Entrega del proyecto.

Cada una de estas etapas se especifica a continuación:

### **2.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En esta primera etapa del proyecto se parte de la recopilación y documentación de toda la información bibliográfica por medio de bases de datos como sciencedirect, IEEE, en la biblioteca de la universidad I.U. Pascual Bravo en la cual se investiga en trabajos de grados relacionados con energías alternativas, catálogos técnicos del proveedor de paneles solares FH solar & led proyectos de grado en la institución similares.

### **2.2 INICIO DE APLICACIÓN DE MEDIDAS**

La información es aplicada en la zona del parqueadero, en primer lugar se toman las medidas de distancias entre postes y del perímetro de este, se tomaron los niveles de luminancia real y así no tener una medida subjetiva del ambiente, actividades como el verifica la carga y tensión de las luminarias. Para tal fin se utilizaron equipos de medición tales como: luxómetros, cinta métrica, pinza amperimétrica, multímetro.

Se relacionan actividades puntuales y primordiales de la mencionada etapa:

- Identificación de los datos del tablero de distribución del circuito de alumbrado público, conductores, interruptores, entre otros.

- Toma de distancias y ubicación iluminarias.
- Medición del nivel de iluminación de las instalaciones.

### **2.3 SIMULACIÓN Y DISEÑO DE ACUERDO A LA INFORMACIÓN OBTENIDA**

Con base en los datos obtenidos, recopilados en lo mencionado anteriormente se procedió a dibujar los planos eléctricos de iluminación del parqueadero utilizando el software Dialux.

Se realizó las memorias de cálculo indicando en tablas la distribución de los circuitos, carga instalada, corriente nominal, procedencia de la iluminación y protecciones. Con estos datos se construyeron los cuadros de carga del estado actual. Con los datos de medida de los niveles de iluminación y reflectancias en cada área, se calcularon los niveles medios de iluminación y coeficientes de uniformidad. Estos datos se compararon con los valores exigidos en el RETILAP que rigen para zonas de parqueadero.

### **2.4 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA ECONÓMICA CON SUS RESPECTIVAS CANTIDADES DE OBRA**

Para lograr un mayor impacto de los interesados en este proyecto, se realiza una propuesta económica detallada de los costos que se tendrán para el mejoramiento de la iluminación del alumbrado público del parqueadero central de la I.U.P.B. teniendo en cuenta las normas, reglamentos y resoluciones vigentes. En esta propuesta se detallan materiales con sus respectivos valores unitarios y mano de obra con precios obtenidos en el mercado actual, y se recomienda una tecnología acorde a los lineamientos actuales de energías renovables, utilizando paneles solares.

### **2.5 ASIGNACIÓN ASESOR TÉCNICO**

Con la propuesta económica y la tecnología ya establecida y aprobada por decanatura, se procede a la asignación del asesor Técnico con el nombramiento de la docente Mónica Narvárez ingeniera electricista.

A su vez el modelo de trabajo a implementar es por medio de siete grupos, compuestos cada uno por tres integrantes, e inicialmente a cada grupo se le

asignan subtemas, luego se envía cronograma de trabajo para su respectivo inicio de actividades.

## **2.6 CONSIGNACIÓN DE DINERO Y PEDIDO DE MATERIAL**

Cada integrante del proyecto le corresponde consignar 1.800.000 COP, la cual se tiene fecha estipulada la segunda semana de abril y con lo que el pedido se cuenta 25 días hábiles y con esto se da inicio al cumplimiento de la segunda etapa del cronograma.

## **2.7 EJECUCIÓN DE LA OBRA**

Se reúnen las partes (integrantes del proyecto, asesor, decano Ingeniería eléctrica) con los respectivos permisos de trabajo gestionados y aprobados, dando inicio a la ejecución de las luminarias en el parqueadero de la I.U.P.B, los cuales se dividen los integrantes por medio de cuadrillas designadas para instalación de posteria, instalación de iluminaria por sector, logística, Pruebas con el luxómetro verificando lo desarrollado en el software Dialux, demarcación de la zona.

## **2.8 ENTREGA DEL PROYECTO**

Se entrega a la institución de manera oficial el sistema de iluminación del parqueadero con las respectivas pruebas con el luxómetro comprando el cumplimiento del RETILAP, lo cual de manera teórica se desarrolló por medio del software Dialux.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La recopilación de las bases de bases de datos como sciencedirect, IEEE, visita a la biblioteca de la universidad I.U. Pascual Bravo en la cual se investiga en trabajos de grados relacionados con energías alternativas y catálogos técnicos del proveedor de paneles solares FH solar & led, fueron el primer paso para dimensionar el alcance y las condiciones a implementar en estas luminarias, lo cual se verifico por medio de la norma que lo rige como es el RETILAP en la que hace referencia a categoría de vía M5, con las características de ser una vía secundaria con velocidad de circulación muy reducida  $\leq 10$  km/h y con tránsito de vehículos  $> 100$  (Taborda, 2005).

Se realiza un comparativo de un sistema fotovoltaico con los siguientes criterio criterios por lo que en un sistema fotovoltaicos la energía es limitada, y es allí donde se emplea las lámparas de alto rendimiento y bajo consumo, lo que se traduce a alta eficiencia, es decir más luz por menos vatios (Taborda, 2005).

La eficiencia de luz por vatio consumido en cada tipo de lámpara:

- Sodio de Baja Presión (60 -150 lm/W)
- Sodio de Alta Presión (50-140 lm/W)
- Metal Halide (70-110 lm/W)
- Fluorescentes Tubulares (30-80lm/W)
- LED (50-150 lm/W)

Los tipos de lámparas menos eficientes son:

- Incandescente (10-17 lm/W)
- Halógenas (12-22 lm/W)
- Luz Mixta (19-28 lm/W)

De acuerdo a lo comparativo entre el más y menos eficiente de observa que además de ser las menos eficientes, son las que presentan menor vida útil, por lo que quedan descartadas para esta aplicación.

La lámpara empleada cuenta con la mejor vida útil de la tecnología semiconductor LED con 500.000 h, lo cual es muy superior a la vida útil de cualquier otra tecnología. En por esto que se optó por esta tecnología presentando buenas cualidades de luz y además opera con corriente continua por lo que no necesitaríamos el inversor.

Es importante señalar que elegir este tipo de sistema se fundamenta en aspectos tales como el ahorro y el aporte a la conservación del medio ambiente, diferenciando de otros tipos de sistemas la innovación que estas luminarias contienen, su funcionamiento es activado por un temporizador, el cual al existir movimiento aumenta su intensidad, de esta manera esta se auto regula para optimizar su carga, todo el sistema es incorporado en una sola unidad, todo esto llevó a seleccionar el proveedor FH solar, el cual brinda innovación en el producto y su respaldo en el tiempo de garantía fue otro factor que se tuvo en cuenta ( 5 años), se analizaron diversas cotizaciones y de acuerdo a lo mencionado anteriormente FH solar técnicamente proporcionaba soporte, seguridad , confiabilidad e innovación y sus precios muy rentables.

### **3.1 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Una vez determinado los análisis y la selección de la luminaria procedió a realizar el dimensionado del mismo, el cual consiste en realizar un estudio de energía, llamado balance energético, para determinar la capacidad de este y del arreglo de paneles solares necesarios.

Realizando la dimensión de este sistema fotovoltaico se presentó un dato representativo Como fue las Características Geográficas y Meteorológicas que aplican al parqueadero; Por esto el dimensionar el sistema fue necesario la información acerca de las Horas Efectivas de Sol (HES) que recibirá el arreglo de paneles en un día. Las Horas Efectivas de Sol, HES, son el número equivalente de horas en las que el panel solar recibe un nivel de radiación máximo de 1Sun ( $1000\text{W}/\text{m}^2$ ) equivalentes a un día de radiación. Dado que la radiación en un día varía desde que amanece hasta que anochece se hace necesario calcular la energía total recibida en un día y de este valor calcular las horas que equivalen a una radiación constante de 1Sun (HES) en las que se obtendría esta misma cantidad de energía (Sian, 2010).

Las HES, pero encontramos información acerca de la Radiación Total Directa y Difusa sobre superficie horizontal (RTDDSH), esta es la radiación total que llega a una superficie cuyas componentes son:

- Radiación Solar Directa, formada por los rayos procedentes directamente del Sol.
- Radiación Solar Difusa, formada por los rayos originados por efectos de dispersión de los componentes de la atmósfera incluyendo a las nubes.
- Radiación Terrestre, formada por los rayos originados por efectos de reflexión en el suelo (Rivas, 2005).

### 3.2 BALANCE DE ENERGÍA

Para realizar el balance de energía fueron necesarias las siguientes premisas:

Tiempo de Autonomía diario (TA): Es el número de horas por día que se desea energizar a la carga, en este caso es el número de horas por día se desea que la lámpara permanezca encendida. Definimos 5 horas de autonomía diaria.

Días de Autonomía (DA): Es el número de días durante los cuales el sistema es capaz de mantener a la carga energizada de forma continua, en sistemas fotovoltaicos pequeños como este se recomienda 3 días de autonomía.

Una vez establecidas cumplidas las lo anterior del diseño se aplicó la siguiente metodología de diseño:

Cálculo del Consumo diario de las cargas.

Para calcular el consumo diario de la carga se utiliza la siguiente relación:

$$E_{CARGA} = P_{CARGA} \times TA$$

$$E_{CARGA} = 50W \times 5h = 250Wh$$

En este caso como el sistema incluye el elemento inversor, se deben tomar en cuenta las pérdidas que este introduce al sistema (Taborda, 2005). Por lo tanto, se parte de la suposición de que la carga del sistema es el conjunto formado por la lámpara y el inversor; se debe aplicar, como factor de corrección a la energía calculada la eficiencia del inversor. Como podemos ver, la eficiencia del inversor que se diseñó para el sistema es 0.8, por lo tanto:

$$\frac{E_{CARGA+I}}{NV} = \frac{250W \cdot h}{0.8} = 312Wh$$

### 3.3 NORMAS TÉCNICA

El diseño eléctrico está regido por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, El reglamento técnico de instalación y alumbrado público RETILAP y del código eléctrico nacional ICONTEC NORMA NTC 2050.

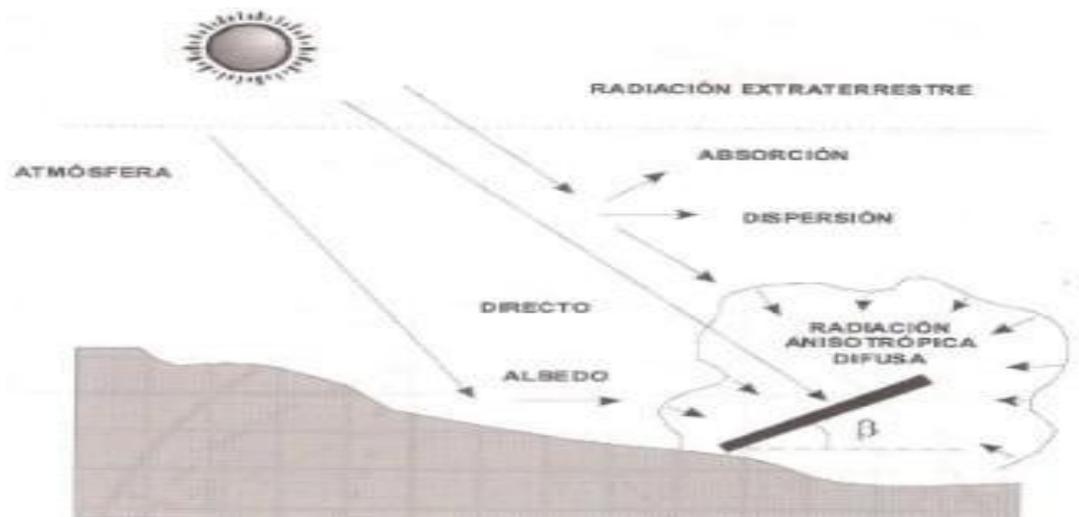
Se consideró los requisitos generales del diseño de alumbrado exterior definido por el RETILAP en la cual se consideran básicamente los siguientes ítems más relevantes como:

- Aprovechamiento de la luz Natural: se consideró en la propuesta, el aprovechamiento de la luz natural realizando todo el trámite para la poda de las copas de los arboles existentes en sitio, de esta forma se logró optimizar la luz del ambiente.
- Control del deslumbramiento: el determinar el tipo de luminaria que se instaló, las cuales cumplieron con el no deslumbramiento que puede provocar debido a la óptica y posición de estas.
- Control de parpadeo y efectos estroboscópicos: Se logró diseñar el sistema de iluminación de tal forma que se eviten los efectos estroboscópicos y de parpadeo.
- Direccionalidad de la Luz: Se instaló reflectores con ángulo apropiado de 30° para permitir que el flujo luminoso fuera lo más eficiente en su uso.
- El color en la Luz: Las lámparas que se instalaron en el parqueadero son de color blanca, favoreciendo con la conformidad de las personas que se encuentran en área.
- Control del calor producido por las fuentes luminosas: Al instalarse las lámparas tipo LED se incorpora un ítem que es la no pérdida de energía por medio del calor, asiendo este sistema mucho más eficiente frente al consumo de las lámpara fluorescentes.
- Mantenimiento de las instalaciones de iluminación: En esta instalación su mantenimiento se prolonga ya que tiempo de vida es mucho más largo.

### **3.4 TIEMPO DE OPERACIÓN LOGRADO**

Se debe verificar su funcionamiento correcto la hora de encendido debe estar desde las 6:00 pm hasta las 2 pm, excepto la iluminaria central, tal como se observa en la siguiente figura.

**Figura 8. Tiempo de operación**



Fuente: Harper, 2011.

### **3.5 PROPUESTA ECONÓMICA**

La propuesta consideró la iluminación tipo Led con las siguientes características generales:

- Rendimiento luminoso mayor a los 80 lm/w.
- Vida media de alrededor de 50000 mil horas.
- Estabilidad de flujo luminoso.
- Temperatura de color mayor a los 4500 °K y 7000 °K.
- Alcance del proyecto
- El proveedor presentó su oferta, donde incluyó los siguientes ítems.

Cuadro de preselección de luminarias:

Figura 9. Resumen preliminar oferta de luminarias

**Cliente :** MONTAES Y SOLUCIONES EN INGENIERIA S.A.S  
**Contacto :** Ing. Douglas Orrego Wilcheht  
**Nit :** 900924174-3  
**Dirección :** Medellín  
**Ciudad :** Medellín  
**E-mail :** msingenieriasas@gmail.com  
**Tel: +57 -3117135381 /3008477137**  
**Pais :** Colombia



**By.**  
**FH SOLAR & LED S.A.S**  
 Carrera 43E N° 12-08  
 Oficina 202  
 Medellín Colombia

**NIT: 900557302-5**



**OFERTA COMERCIAL**

Fecha Oferta: 06/04/2016  
 Cod. Oferta: A / 20151689





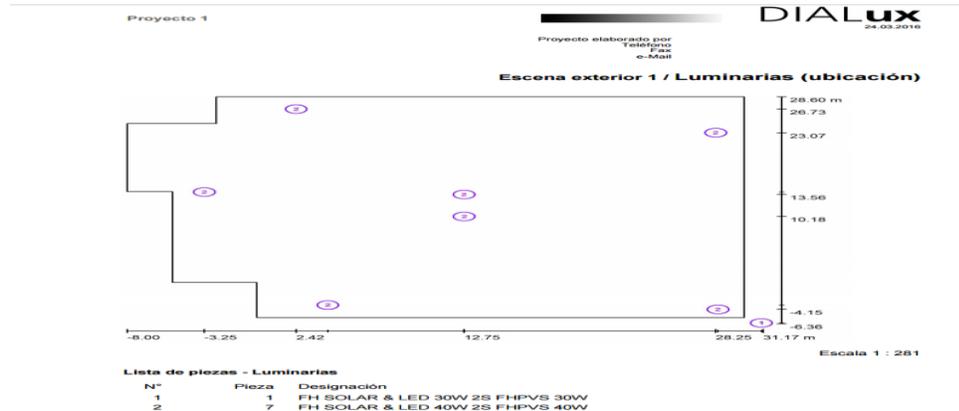

REF	CONCEPTO	PREC/UNI	UNID	TOTAL
<b>FH-PVS30&gt;LG</b>	Solar Street Light	\$ 2.216.040,00COP	1	\$ 2.216.040,00COP
<b>FH-PVS40&gt;LG</b>	Solar Street Light	\$ 2.588.510,00COP	7	\$18.119.570,00COP




<b>TOTALES</b>		<b>TOTALES</b>
8		\$20.335.610,00COP
<b>IVA 16%</b>		\$ 3.253.697,60COP
<b>TOTAL</b>		<b>\$23.589.307,00COP</b>

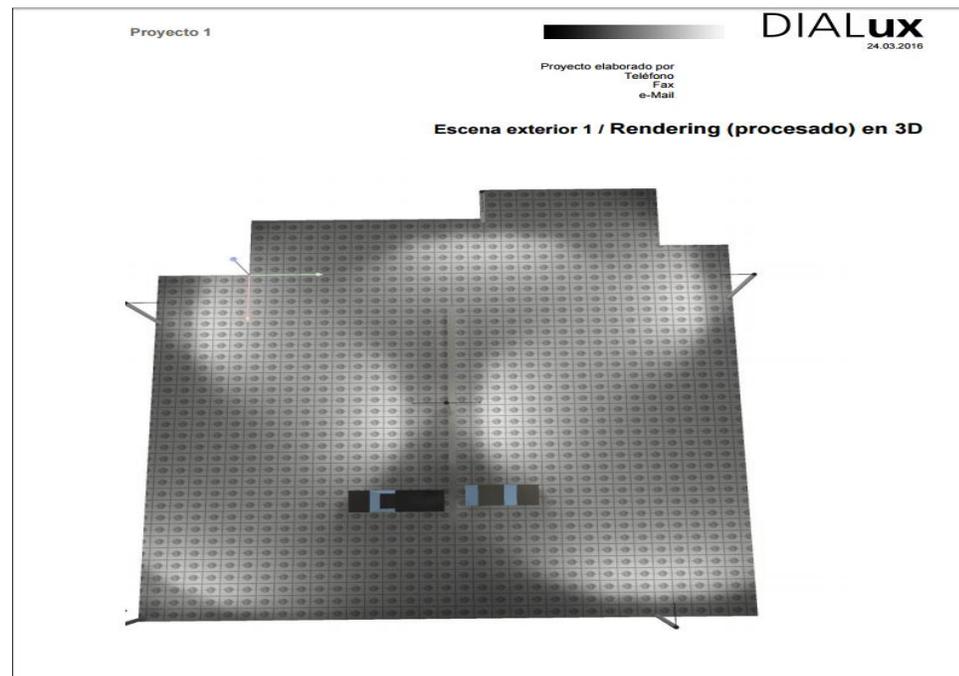
Fuente: Cotización FH solar & lead.

Figura 10. Datos teóricos arrojados por el software Dialux.



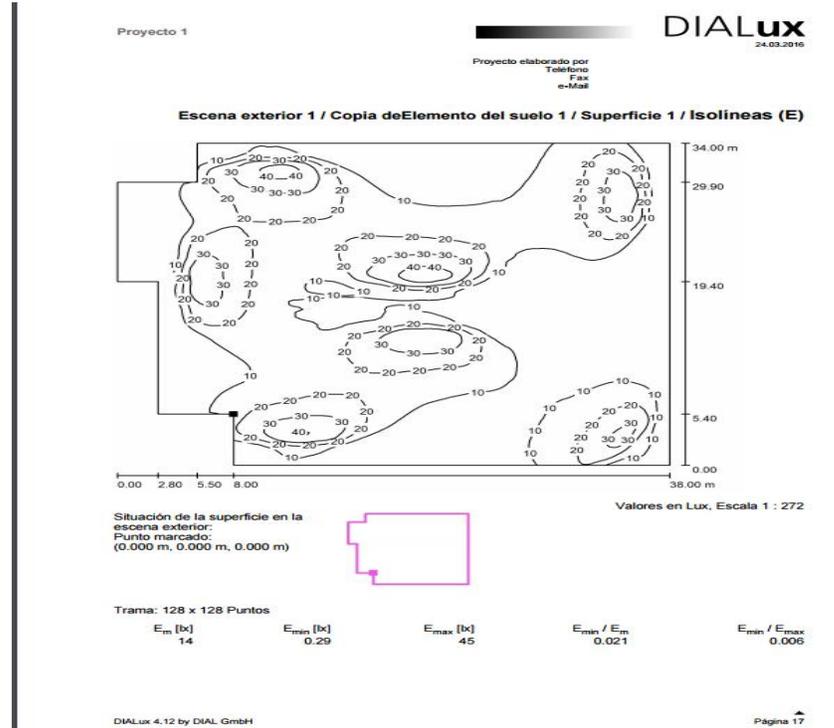
Fuente: Elaboración propia a partir del software Dialux

Figura 11. Diseño en 3D



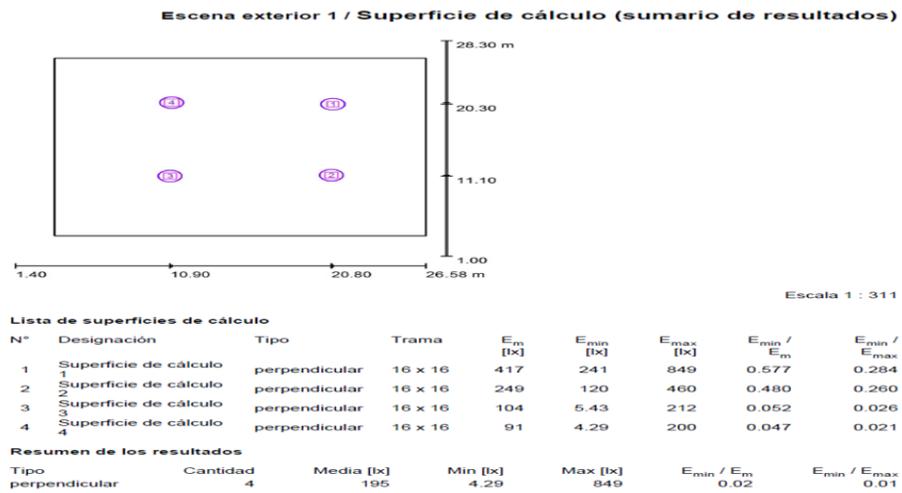
Fuente: Elaboración propia a partir del software Dialux

Figura 12. Medida luxes panorámica suelo



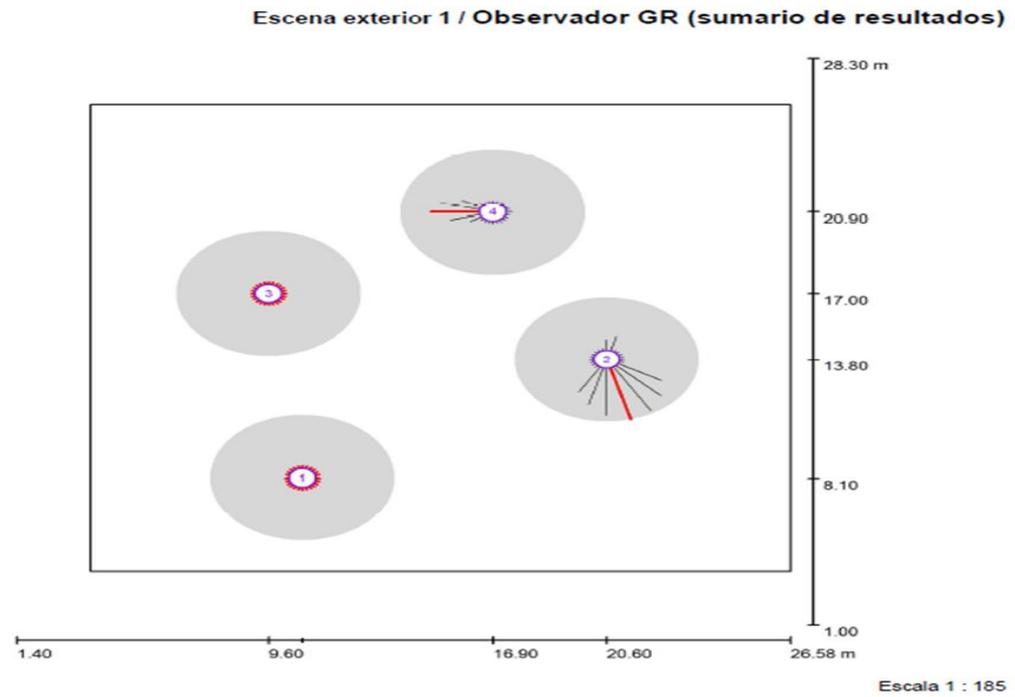
Fuente: Elaboración propia a partir del software Dialux

Figura 13. Superficie de Cálculo



Fuente: Elaboración propia a partir del software Dialux

Figura 14. Medida escena exterior



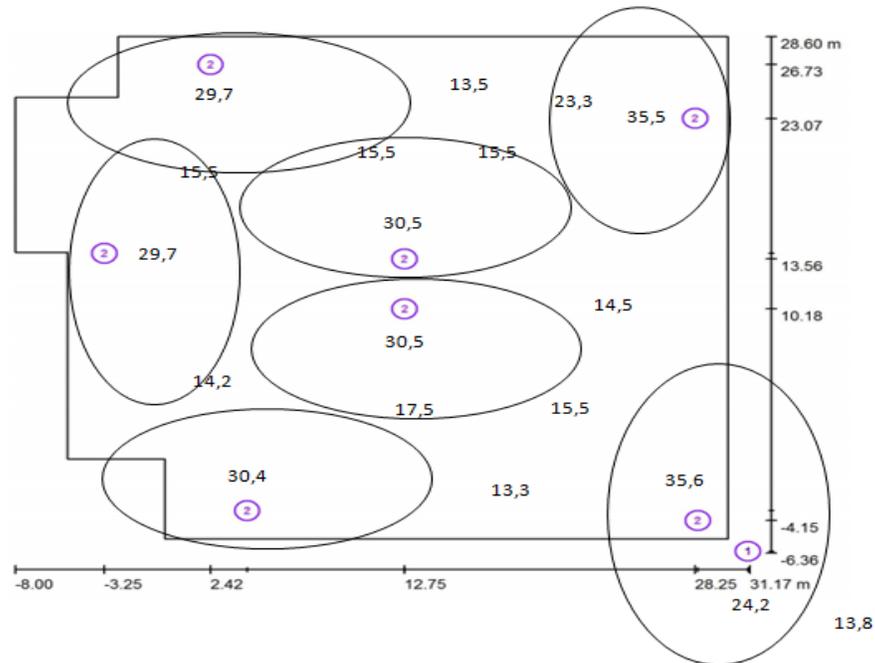
**Lista de puntos de cálculo GR**

N°	Designación	Posición [m]			Inicio	Área del ángulo visual [°]		Inclination	Max
		X	Y	Z		Fin	Amplitud de paso		
1	Observador GR 1	10.700	8.100	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 <sup>2)</sup>
2	Observador GR 2	20.600	13.800	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	54 <sup>2)</sup>
3	Observador GR 3	9.600	17.000	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	<10 <sup>2)</sup>
4	Observador GR 4	16.900	20.900	1.500	0.0	360.0	15.0	-2.0	36 <sup>2)</sup>

2) La luminancia difusa equivalente del entorno que ha sido calculada presupone que el entorno presenta una reflexión completamente difusa (conforme a la norma EN 12464-2).

Fuente: Elaboración propia a partir del software Dialux

**Figura 15. Medida luxes zona Parquadero central**



Fuente: Elaboración propia a partir del software Dialux

### 3.6 MEDIDAS DE LA LUMINARIA EMPLEANDO EL LUXOMETRO.

**Tabla 1. Medidas luxómetro**

TOMA	ZONA DE ILUMINACIÓN MEDIDA CON LUXOMETRO	LUXES
1	LUMINARIA EN ZONA DE CAFETERÍA FHPVs 40	29,7
2	LUMINARIA EN EL COSTADO OCCIDENTE DEL PARQUEADERO FHPVs 40	29,7
3	LUMINARIA EN EL COTADO SUR DEL PARQUEADERO FHPVs 40	30,4
4	LUMINARIA 1 EN EL CENTRO DEL PARQUEADERO FHPVs 40	30,5
5	LUMINARIA 2 EN EL CENTRO DEL PARQUEADERO FHPVs 40	30,5
6	LUMINARIA EN LA ZONA DE ENTRADA AL PARQUEADERO FHPVs 40	29,3
7	LUMINARIA JUNTO AL BLOQUE DEL COLEGIO FHPVs 40	27,3
8	LUMINARIA EN EL PARQUEADERO DE MOTOS	24,2

<b>TOMA</b>	<b>ZONA DE ILUMINACIÓN MEDIDA CON LUXOMETRO</b>	<b>LUXES</b>
	FHPVs 30	
9	ZONA DE ACCESO AL PARQUEADERO	22,3
10	ZONAS DE TRANSITO DE VEHÍCULOS	15,5
11	ZONAS VERDES DEL PARQUEADERO	11,2
12	ZONA FACHADA DEL COLEGIO	19,2
PROMEDIO A MÁXIMA POTENCIA		20 A 25
PROMEDIO A MÍNIMA POTENCIA		9 A 12

Fuente: Elaboración propia

### 3.7 PRESUPUESTO PROYECTO

**Tabla 2. Costos proyecto.**

<b>Trabajo de Grado Iluminación Parqueadero</b>	<b>Presupuesto Por Estudiante</b>		<b>No. estudiantes</b>		<b>TOTAL RECAUDADO</b>
	\$1.800.000		17		\$30.600.000
<b>Gastos</b>	<b>Und. de Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>	<b>IVA 16%</b>	<b>Total</b>
Luminaria 40 vatios led con Panel solar	Und	7	\$2.588.510	16%	\$21.018.701
Luminaria 30 vatios led con Panel solar	Und	1	\$2.216.040	16%	\$2.570.606
Poste Concreto 9 metros	Und	2	\$382.000	16%	\$886.240
Grúa para recoger poste luego instalarlos en IUPB, tiempo mínimo 4 horas	Hora	6	\$85.000	16%	\$591.600

Canasta para colocar luminarias mínimo 4 horas	Hora	8	\$95.000	16%	\$881.600
Camión doble cabina incluye herramientas tales como Pala, palacoca Pinche Conos de seguridad Manila, Zunchadora, Cizaya, Pizón, Escalera, llave de expansión, alicates, taladro, extensión eléctrica y almádana	Hora	10	\$45.000	16%	\$522.000
Personal: Oficiales incluye herramienta, kit de alturas con su certificado.	GLB	1	\$278.400	16%	\$278.400
Alquiler de Pulidora incluye disco para corte	Hora	4	\$18.000	16%	\$83.520
Servicios de perforación laminas 5/8 pulgada	Und	16	\$3.800,00	16%	\$70.528
Trasporte para Alexis los días de recibir a saferbo	GLB	1	\$50.000,00	0%	\$50.000
Anillo collarin 6-7	Und	16	\$13.344	16%	\$247.664

Trasporte SAFERBO	Und	1	\$200.000	16%	\$232.000
Bombillo 150 MH	Und	1	\$20.860	16%	\$24.197
Soquete reductor	Und	1	\$3.900	16%	\$4.524
Administración de logística Taxis llamadas telefónicas, gestiones varias y otros \$ 50.000 por estudiante	Und	17	\$50.000	0%	\$850.000
Pintura Negra Pintura amarilla Brochas y disolvente	GLB	1	\$51.035	16%	\$59.200
Cemento, arena.	GLB	1	\$48.000	16%	\$55.680
Cinta de enmascarar	UND	1	\$3.000	16%	\$3.480
Placa integrantes		0	\$144.000	16%	\$900.000
			<b>TOTAL:</b>		<b>\$29.329.942</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 4. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto de grado, se cumplieron los objetivos del proyecto en general del sistema de iluminación LED con paneles solares implementado en la zona del parqueadero de la Institución Universitaria Pascual Bravo, desde la parte técnica hasta el beneficio que comprende este proyecto a nivel institucional.

El presente proyecto mostró nuestro interés por el cumplimiento de los reglamento establecidos por el ministerio de minas y energía, como es la resolución 18 0606 de 28 abril del 2008, donde se establece el reemplazo de las bombillas de mercurio tradicionales por bombillas más eficiente y menos contaminantes. Actualmente el uso racional y eficiente de la energía (URE) es un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional.

Se realizó una evaluación de las redes de alumbrado de la I.U.P.B, donde se observó que los niveles de Luminancia, no cumplen con ciertas disposiciones establecidas por el RETILAP como es el nivel mínimo de luxes para este sitio.

Para dimensionar el sistema necesitamos información acerca de las Horas Efectivas de Sol (HES) que recibirá el arreglo de paneles en un día. Las Horas Efectivas de Sol, HES, son el número equivalente de horas en las que el panel solar recibe un nivel de radiación máximo de 1Sun ( $1000\text{W}/\text{m}^2$ ) equivalentes a un día de radiación. Dado que la radiación en un día varía desde que amanece hasta que anochece se hace necesario calcular la energía total recibida en un día y de este valor calcular las horas que equivalen a una radiación constante de 1Sun (HES) en las que se obtendría esta misma cantidad de energía.

El estudio técnico-económico mostró que la mejor opción para el cambio de las actuales lámparas de sodio de 70 Watts del parqueadero de la I.U.P.B, es la tecnología LED integrada a un panel solar, se evidencia un ahorro energético y económico del 70 %, adicional de esto se reduce el mantenimiento en un 95%.

El aprovechamiento de la energía solar es un tema que se viene desarrollando en el mundo desde hace varios años, ya se ha logrado disminuir su costo desarrollando nuevas técnicas de fabricación de las celdas como son las poli cristalinas y las de silicio amorfo, sin embargo esta reducción de costo también ha traído como consecuencia disminución en la eficiencia de la celda. Aun resolviendo el problema del costo de las celdas, quedaría otro elemento costoso que es el banco de baterías. La energía solar tiene un gran potencial en Colombia, por esto es interesante realizar estudios para tratar de disminuir el costo del sistema, además de incursionar en el desarrollo de las otras topologías de sistemas fotovoltaicos, como es la iluminaria empleada en este proyecto.

## 5. RECOMENDACIONES

El nivel de iluminación obtenido es el doble del mínimo requerido, por tanto se recomienda en un futuro implementar el sistema cambiando la lámpara por una del mismo tipo, pero de menos consumo, el flujo luminoso disminuirá por lo que se debe verificar que la iluminancia siga estando por encima de los 40lux. De esta forma se ahorrará energía dando la posibilidad de alargar el tiempo de autonomía, y todo esto cumpliendo con el estándar de la Norma RETILAP 3290 para Alumbrado Público. Otra alternativa es que se utilice la misma lámpara pero se aumente la altura del poste y con esto incrementar el área iluminada.

El sistema con energía solar es ideal para zonas geográficas en las cuales durante el año el cambio estacionario no es muy notorio. Para zonas en las que esto no ocurre se debe tener en cuenta la topología de sistema híbrido en la cual se puede combinar el generador solar con otro tipo. Siguiendo con la tendencia al tema del desarrollo sustentable y la energía renovable, se promueve el estudio de un sistema híbrido, partiendo del producto aquí desarrollado, que además de energía solar utilice energía eólica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Energías Renovables (2014). Tipos de paneles fotovoltaicos. Energías Renovables. Retrieved 23 June 2016, from <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- Erenovable.com. (31 de agosto de 2015). *¿Cómo funciona la energía solar?* erenovable.com. Retrieved from <http://erenovable.com/cmo-funciona-la-energa-solar/>
- Fernández, J (s.f). *Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores*.upc.com. Retrieved from <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/>
- Grupo Idea (2004). *Web Cursolar*. Retrieved 21 June 2016 from <http://solar.ujaen.es/cursolar.HTM>
- Gstriatum (2010). Qué es y Cómo Funciona un Sistema Fotovoltaico. Gstriatum.com. Retrieved 23 June 2016, from [http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/16\\_funciona\\_paneles.html](http://www.gstriatum.com/energiasolar/articulosenergia/16_funciona_paneles.html)
- Harper, E (2011). *El ABC de las de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos*. México D.F., Limusa.
- Luminaria fluorescente, (s. f). En Wikipedia. Retrieved 21 June 2016 from [https://es.wikipedia.org/wiki/Luminaria\\_fluorescente](https://es.wikipedia.org/wiki/Luminaria_fluorescente).
- Raji , M., & Raju, R. (2015). *Failure analysis of power transformer for effective maintenance planning in electric utilities*. Engineering Failure Analysis.
- Resolución 180540. Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP. República de Colombia, Bogotá D.C., 30 de marzo de 2010. Retrieved 21 June 2016 from [http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T\\_NORMA\\_ARCHIVO&p\\_NORMFIL\\_ID=432&f\\_NORMFIL\\_FILE=X&inputfileext=NORMFIL\\_FILENAME](http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=432&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME)
- Rivas, M. (2005). *Diseño e implementación de un sistema de iluminación autónomo para espacios exteriores con celdas solares*. Sartenejas, Universidad Simón Bolívar.
- Sandia National Laboratorios. (s.f). *Energía Fotovoltaica*. Retrieved <http://www.re.sandia.gov/wp/wpGuia/energia.html>

- Schmid, L. (s.f). TECNOLOGÍA EN LED'S El futuro en miniatura de la iluminación. Retrieved [http://www.instalia.eu/es/notices/2011/05/iluminacion\\_led\\_477.php](http://www.instalia.eu/es/notices/2011/05/iluminacion_led_477.php)
- Sian, L. (24 de marzo de 2010). Energía solar para los pobres: hechos y cifras. SciDev.Net. Retrieved 21 June 2016 from <http://www.scidev.net/americ-latina/energia/especial/energ-a-solar-para-los-pobres-hechos-y-cifras.html>
- Solartronic (s.f). *Sistemas Eléctricos Solares, Preguntas Frecuentes*. Retrieved 21 June 2016 from [http://www.solartronic.com/Ayuda/Preguntas\\_Frecuentes/](http://www.solartronic.com/Ayuda/Preguntas_Frecuentes/)
- Solartronic. (s.f). *Sistemas Fotovoltaicos, Curso breve*. [Documento en línea]. Disponible: [http://www.solartronic.com/Sistemas\\_Fotovoltaicos/Curso\\_Breve/2\\_Fabricacion/](http://www.solartronic.com/Sistemas_Fotovoltaicos/Curso_Breve/2_Fabricacion/)
- Solex (10 de agosto de 2015). *Paneles Solares Monocristalinos Vs Paneles Cristalinos*. Retrieved from <http://panelsolarmonterrey.mx//blog-solar-monterrey/121-ventajas-y-desventajas-de-los-paneles-solares.html>
- Taborda, S., & Martín, S. (2005). *Aplicación de Tecnología LED en el desarrollo de luminarias*. Sartenajas.
- Tapia, A. (2014). *Mantenimiento en Instalaciones Eléctricas*. Constructor Eléctrico, Negocios y Desarrollo de la Industria.

# ANEXOS

## Anexo A. Ficha técnica de la iluminaria.

### FH-PVS40

Introducing a New Premium Experience



Automatically light control  
+infrared body sensor  
+Microwave induction  
After the infrared body signals being detected, there are two different reactions: When battery voltage works at the normal mode, the light will turn into energy-saving mode after 1-minute 100% lighting period(25%)  
When battery voltage works at undervoltage condition, the light will turn into energy-saving mode after 3-minute 100% lighting period(25%).

#### Specifications

##### Electrical Specifications:

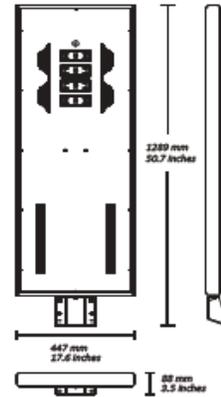
Model No.	FH-PVS40
LED Number	20 Units
Nominal Power	40 W
Solar Panel Spec.	Monocrystal 73.5W/18V
Battery Spec.	33AH/12V
Constant Worktime at Full Power	7 Hours
Worktime at Energy-saving Mode(25%)	≥35 Hours
Charge Time	Max power 5~6 Hours
Charge Temperature	<60°C
Discharge Temperature	-20°C~60°C
Switch Lights Sense Threshold	on ≤10 LXS, off ≥15 LXS

##### Photometric Specifications:

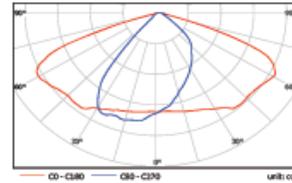
Luminous Flux (full power)	4400 lm (±Lumen tolerance +/- 5%)
Light Type	1S, 2S
CCT	

##### Mechanical Specifications:

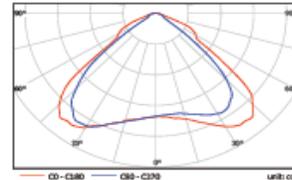
Installation Height	6~7m
Installation Distance	25m
Lamp Pole Diameter	40~60mm
Fixture Dimensions	1289 x 447 x 88 mm 50.7 x 17.6 x 3.5 inches
Fixture Weight	15.0 kg / 33.1 lbs



1S



2S



##### Packing Type

1 unit(s)/ctn.

##### Packing Dimensions

1330 x 505 x 145 mm  
52.4 x 19.9 x 5.7 inches

##### Packing Weight

20.0 kg / 44.1 lbs

## Anexo B. Registro de la ejecución.

### Registro No. 1. Grupo de trabajo.



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto

### Registro No. 2. Iluminación lateral parqueadero energía eléctrica



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto

Registro No. 3. Iluminación central parqueadero con energía eléctrica



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto

Registro No. 4. Inicio de actividades



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto

Registro No. 5. Instalación de postes



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto

Registro No. 6. Instalación de luminarias.



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto.

Registro No. 7. Instalación finalizada.



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto.

Registro No. 8. Luminarias operativas.



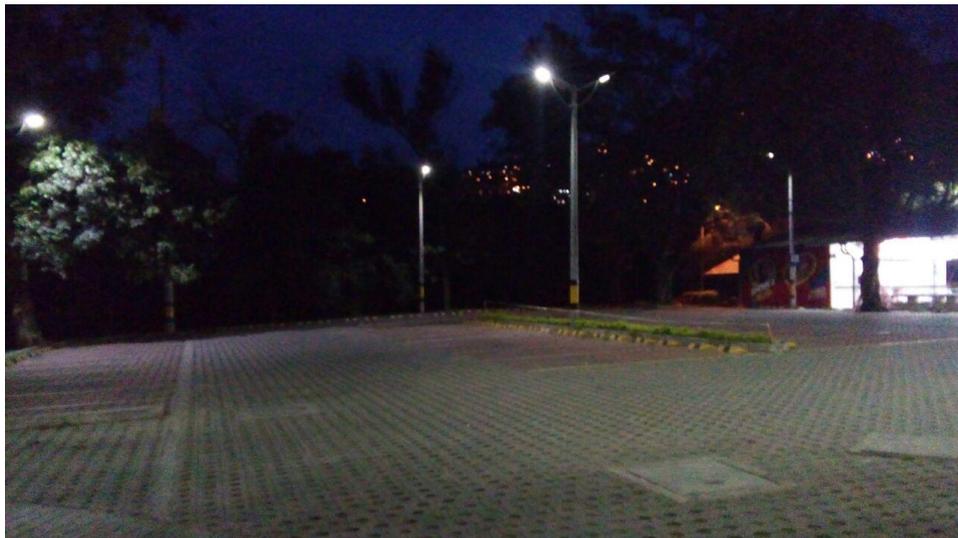
Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto.

Registro No. 9. Panorámica de Luminarias operativas.



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto

Registro No. 10. Panorámica de Luminarias centrales operativas, modo ahorrador.



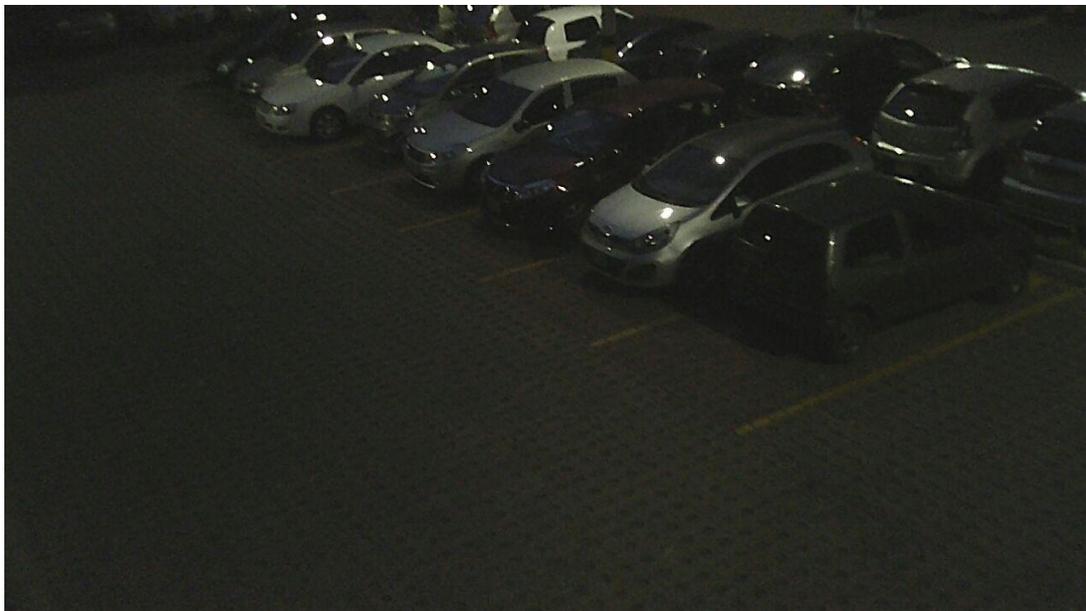
Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto

Registro No. 11. Panorámica de Luminarias centrales operativas, censando movimiento.



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto

Registro No. 12. Panorámica iluminación parqueadero vista superior.



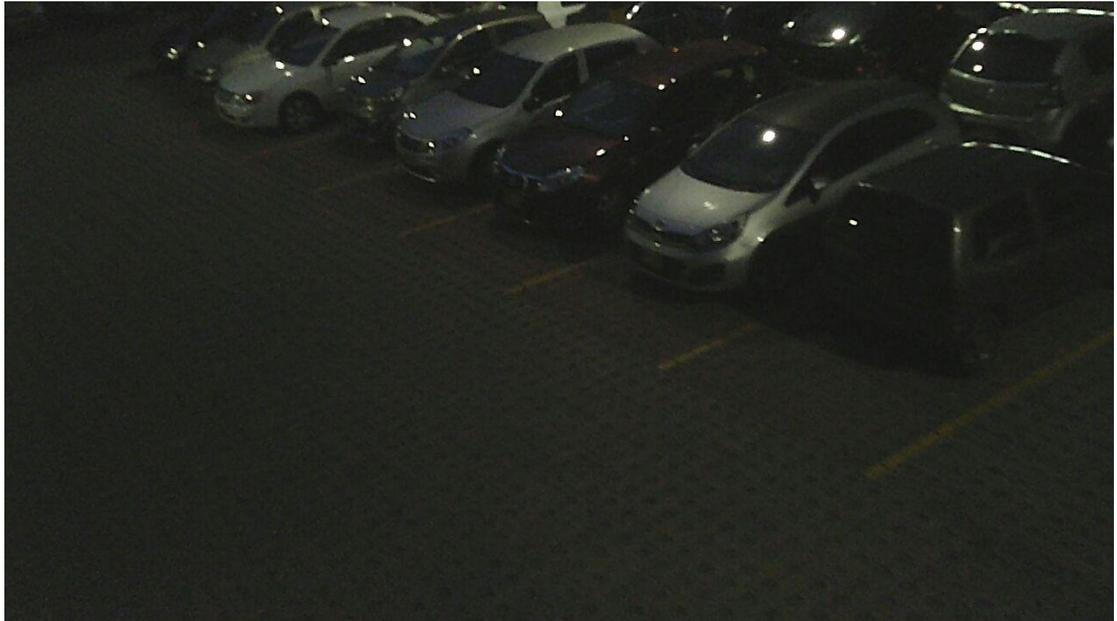
Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto.

Registro No. 13. Panorámica iluminación parqueadero vista superior.



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto.

Registro No. 14. Panorámica iluminación parqueadero vista superior.



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto.

Registro No. 15. Medidas con el luxómetro.



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto.

Registro No. 16. Medidas arrojada por el luxómetro



Fuente: Registro realizado por los integrantes del proyecto.