

INSTALACION DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO AUTOSOSTENIBLE
EN ZONA DE PARQUEADEROS DE LA INSTITUCION UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO

MARLON ALEJANDRO DAVID BAENA
CARLOS MARIO QUIROZ MUÑOZ

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTA DE INGENIERIAS
INGENIERIA ELECTRICA
MEDELLIN
2016

INSTALACION DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO AUTOSOSTENIBLE
EN ZONA DE PARQUEADEROS DE LA INSTITUCION UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO

MARLON ALEJANDRO DAVID BAENA
CARLOS MARIO QUIROZ

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero eléctrico

Asesor
MONICA ISABEL NARVAEZ
Ingeniera Electricista

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTA DE INGENIERIAS
MEDELLIN
2016

NOTA DE ACEPTACIÓN:

DEDICATORIA

A Dios.

Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros familiares.

Por el apoyo desde el comienzo de la carrera, por los momentos difíciles, por entender que por el estudio no pudimos estar más tiempo con ellos por eso y mucho más muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

La profesora y asesora Mónica Isabel Narváez por su colaboración en el proceso de realizar el trabajo.

A los diferentes profesores que nos apoyaron en nuestro proceso académico con sus consejos y motivaciones.

CONTENIDO

RESUMEN.....	10
INTRODUCCION.....	11
MARCO TEORICO	12
2.1 Iluminación.....	12
2.1.1 Luz.....	12
2.1.2 Propiedades Cromáticas de la Luz	13
2.1.3 Magnitudes y Unidades Luminosas	15
2.1.4 Lámpara	17
2.1.5 Luminarias	26
2.2 Energía Solar	30
2.2.1 Sistema fototermico y Sistema fotovoltaico.....	31
2.2.2 Celdas Solares.	31
2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	35
2.3.1 Topologías de sistemas fotovoltaicos.....	35
METODOLOGIA.....	37
3.1 Selección del tipo de lámpara.....	37
3.1.1 Estudio del área a iluminar.....	37
3.1.2 Estudio de tipos de lámparas a ser utilizadas con el sistema de paneles solares.	39
3.1.3 Estudio de las lámparas existentes en el mercado.....	40
3.2. Diseño del sistema fotovoltaico y batería.	41
3.2.1 Sistema fotovoltaico.....	41
3.2.2 Batería que contiene la lámpara.	42
ANALISIS Y RESULTADOS	44
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Espectro electromagnético.....	13
Figura 2 Intensidad Luminosa.....	16
Figura 3 Iluminancia vs Luminancia.....	17
Figura 4 Lámpara Incandescente Convencional.....	18
Figura 5 Lámpara Fluorescente Tubular.....	19
Figura 6 Lámpara Fluorescente Compacta vs Lámpara Incandescente Convencional.....	20
Figura 7 Lámpara de Mercurio a Alta Presión.....	21
Figura 8 Lámpara de Luz Mixta.....	22
Figura 9 Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión.....	23
Figura 10 Lámpara de Sodio de Alta Presión.....	23
Figura 11 Esquema Básico de un LED.....	24
Figura 12 Estructura del Chip de un LED.....	25
Figura 13 Características Mecánicas de las Luminarias.....	28
Figura 14 Alcance longitudinal.....	28
Figura 15 Apertura Transversal.....	29
Figura 16 Corte transversal de una Celda Solar.....	31
Figura 17 Celda Monocristalino vs Celda Policristalino.....	32
Figura 18 Variación de la Corriente y la Tensión con la Temperatura.....	33
Figura 19 Topologías de sistemas fotovoltaicos para cargas DC.....	35
Figura 20 Topología de sistema fotovoltaico para cargas DC y AC.....	36
Figura 21 niveles de iluminación con luminaria de sodio.....	47
Figura 22 diseño de iluminación con luminaria LED.....	48
Figura 23 Niveles de Iluminación con Luminarias LED.....	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 apariencia de color vs temperatura de color.....	14
Tabla 2 índice de rendimiento cromático.	15
Tabla 3 Clases de Luminarias según su Protección Eléctrica	27
Tabla 4 Tipos de Alcance	29
Tabla 5 Tipos de Apertura	30
Tabla 6 Tipos de Control.....	30
Tabla 7 clases de iluminación según la vía.....	38
Tabla 8 Descripción de la calzada, clase de iluminación.....	38
Tabla 9 cuadro comparativos de lámparas.	40
Tabla 10 cuadro característico de la lámpara a utilizar.	41

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Catalogo de luminaria.....	56
------------------------------------	----

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el fin de mejorar el sistema de iluminación de la zona de parqueadero de la institución universitaria pascual bravo, el objetivo de este trabajo fue cambiar el sistema de iluminación e instalar un sistema de iluminación totalmente autónomo de la red eléctrica utilizando una fuente de energía alterna.

La fuente de energía escogida para el proyecto fue la energía solar. Aprovechamos los sistemas fotovoltaicos para almacenar la energía del sol y así obtener un sistema autónomo que por las noches por medio de las baterías enciendan y generen una adecuada iluminación al parqueadero.

El sistema de alumbrado cuenta con tecnología LED (Diodo Emisor de Luz) con una gran eficiencia energética y un bajo consumo de energía. Las luminarias LED consumen aproximadamente el 50% menos de energía que las lámparas tradicionales, tienen una vida útil aproximada de 100.000 horas. Así ayudando a la institución universitaria a la reducción en el consumo energético que representa para el medio ambiente una mejor conservación de los recursos naturales. El proyecto se llevó a cabo en todas sus fases, desde estudio, diseño hasta implementación y los resultados obtenidos por el sistema instalado fueron óptimos. (IluminacionLEDya.com, 2016)

INTRODUCCION

La finalidad de este proyecto fue realizar la instalación para el mejoramiento de la prestación del servicio de alumbrado público aplicando ideas basadas en energías renovables apoyados específicamente en energías fotovoltaicas.

En este proyecto se busca que esta energía sea la fuente de alimentación. Para realizar la iluminación se utilizara tecnología light emitting diode (LED). Estos dispositivos se encuentran cada vez más presentes en la vida cotidiana debido al bajo consumo de energía, el uso y comercialización han ido en expansión a medida que el costo de fabricación disminuía. En la actualidad esta tecnología es muy utilizada en alumbrado vial, como son semáforos y otras señales luminosas, hasta en faros de automóviles. Por tanto, los elementos LEDs y paneles solares son dispositivos en desarrollo y expansión, y de un gran avance tecnológico fueron los escogidos para ser parte de este proyecto

Los tipos de energía utilizados para sistemas autónomos son la energía solar, eólica, geotérmica, de biomasa y la producida por combustibles fósiles. La energía producida por combustibles fósiles como petróleo, carbón y gas natural es la más utilizada en el mundo actual, sin embargo, es altamente contaminante debido a los residuos y gases que se generan del proceso de combustión y entra en la clasificación de energías no renovables, es decir, proviene de fuentes que se agotan.

Los otros tipos de energía mencionados entran en la clasificación de las denominadas energías alternativas, las cuales se caracterizan por ser renovables y poco contaminantes. Las fuentes de energías alternativas o renovables nacen de la necesidad de buscar fuentes energéticas inagotables, en un sentido no estricto, cuyo impacto al ambiente sea mínimo.

Los tipos de energía alternativa más comúnmente usados en sistemas autónomos son energía solar y eólica. Existen sistemas solares, sistemas eólicos y sistemas mixtos, abarcando estos últimos los dos tipos de energía.

Con el presente trabajo se incursiono en sistemas de energía autónomos que utilizan únicamente energía solar y son destinados a alimentar sistemas de iluminación para espacios exteriores.

La energía solar es la que se obtiene de la radiación solar y es utilizada en dos tipos de sistemas, los fotovoltaicos y los térmicos. Los sistemas fotovoltaicos, transforman la energía suministrada por la radiación solar en energía eléctrica, entre sus principales áreas de aplicaciones tenemos iluminación, comunicaciones, monitoreo, etc. Por otro lado, los sistemas térmicos, producen energía térmica (calor) a partir de la radiación solar; los principales usos de estos sistemas son la calefacción y el calentamiento de agua sanitaria.

MARCO TEORICO

2.1 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.

Hoy en día el tema de iluminación exterior no solo tiene que ver con el hecho de poder realizar actividades nocturnas, sino con el hecho de brindar seguridad al transeúnte, en el sentido que este sea capaz de percibir obstáculos en su camino y percibir a otros seres que se encuentren a su alrededor.

La instalación de un sistema de iluminación tiene que ver con muchos factores que garanticen el confort visual del observador, por ello a continuación se definirán conceptos importantes y aspectos que se deben tomar en cuenta al instalar un sistema de iluminación. (Rivas, 2005)

2.1.1 Luz

La luz es un conjunto de radiaciones electromagnéticas al cual el ojo humano es sensible. La sensibilidad del ojo humano varia 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 denominadas luz visible. (Ver figura3.1).

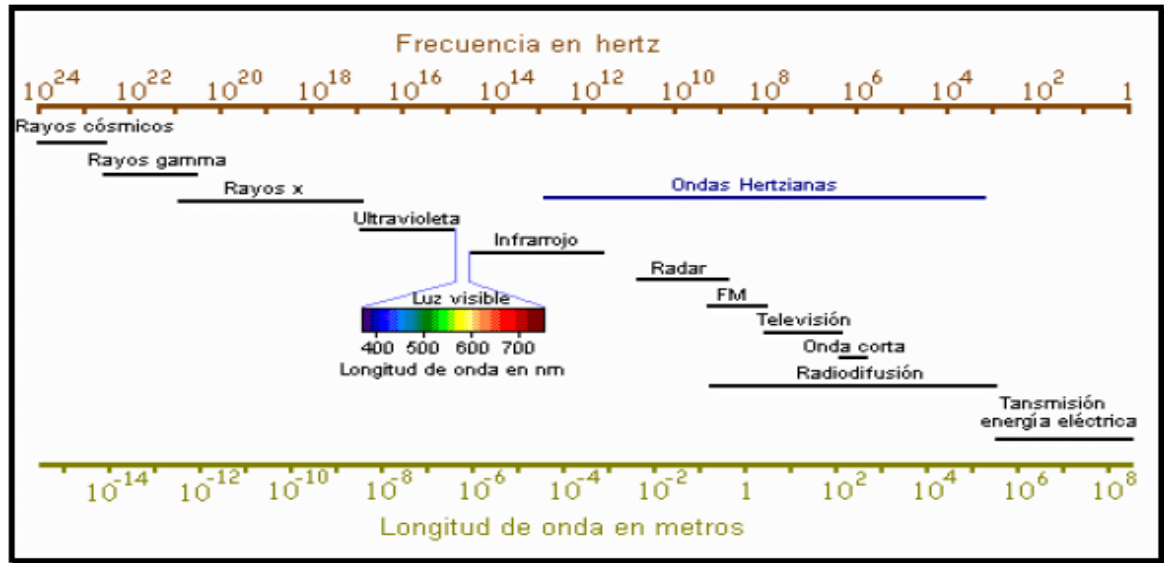


Figura 1 Espectro electromagnético.

Los fenómenos que causan que un cuerpo emita radiaciones son básicamente dos, la incandescencia y la luminiscencia. Se llama incandescencia a la capacidad que tienen algunos cuerpos de emitir luz al ser calentados. Por el contrario, la luminiscencia es la capacidad de emisión de luz sin intervención de la temperatura. En este caso, la emisión es el resultado de la excitación de los átomos del cuerpo radiante a través de fenómenos como una descarga eléctrica o una radiación ultravioleta, entre otros.

2.1.2 Propiedades Cromáticas de la Luz

Para medir las características cromáticas de una determinada fuente se estudian dos propiedades:

- Temperatura de color (T_c).

La temperatura de color de una fuente de luz se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color se expresa en kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura, por ser la misma solo una medida relativa.



Existe una explicación un poco más “seria”: Un cuerpo teórico llamado cuerpo negro, el cual no absorbería ni refleja ninguna frecuencia lumínica, es capaz de irradiar luz

según aumenta de temperatura. A cada temperatura a la que se caliente dicho cuerpo emitirá una determinada longitud de onda (color) que tendrá una energía máxima. Esa sería la temperatura de color.

La unidad de medida es el Kelvin (K), a veces llamado grados Kelvin, y viene derivada de la teoría antes explicada sobre que los colores aparecen al calentar un cuerpo ideal, y que según la temperatura que alcance irradia unos u otros colores. Mientras que el cerebro humano equilibra la luz, los sensores de las cámaras digitales y la película fotográfica registran con diferencias palpables lo que realmente está ocurriendo con la iluminación.

Luces cálidas, neutras y frías

Se denominan fuentes lumínicas cálidas a aquellas que, debido a su temperatura de color, tienen tonos cercanos al rojo, y frías las que tienen tonos próximos al azul. Las fuentes lumínicas situadas en el medio de ambas se consideran neutras. (Ver tabla 1). (MUCHOS LEDS, 2016)

Apariencia de Color	Temperatura de Color [°K]
Cálido	< 3300
Intermedio	3300 – 5300
Frío	> 5300

Tabla 1 apariencia de color vs temperatura de color.

- Índice de rendimiento cromático (IRC).

El Índice de Rendimiento Cromático (IRC) describe como una fuente de luz hace que el color de un objeto parezca a los ojos humanos y qué tan bien las sutiles variaciones de tonos y sombras de color son revelados. El IRC es una escala de 0 a 100 por ciento de lo que indica la precisión de una fuente de luz "dada" está en la representación de color en comparación con una fuente de luz "de referencia". Cuanto mayor sea el IRC, mejor será la capacidad de rendimiento de color. Las bombillas incandescentes se consideran la fuente de luz de "referencia" y tiene un IRC de 100.

Fuente de Luz	Índice de Rendimiento Cromático
Cielo azul	85 - 100
Cielo Nublado	85 - 100
Luz solar día	85 - 100
Lámpara Incandescente	100 (Referencia)
Lámpara Luz Mixta	60
Lámpara de Vapor de Mercurio	45 - 60
Lámpara Metal Halide	60 - 97
Lámpara Sodio Alta Presión	21 - 25
Lámpara Sodio Baja Presión	Nulo (Monocromático)
Lámpara Fluorescente	65 - 97

Tabla 2 índice de rendimiento cromático.

2.1.3 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 son: el flujo luminoso, intensidad luminosa, iluminancia y luminancia.

2.1.3.1 Flujo Luminoso (Φ)

Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).

A pesar de que hablamos de potencia emitida, el flujo luminoso no utiliza el vatio como unidad, porque la potencia emitida medida en vatios toma en cuenta la energía emitida en todas sus formas. Por esto se crea una unidad que tome como referencia solo la energía lumínica emitida por unidad de tiempo, el lumen (lm).

2.1.3.2 Intensidad Luminosa

Cantidad de flujo luminoso en cada unidad de ángulo sólido en la dirección en cuestión. Por lo tanto, es el flujo luminoso sobre una pequeña superficie centrada y normal en esa dirección, dividido por el ángulo sólido (en estereorradianes) el cual es subtendido por la superficie en la fuente I. La intensidad luminosa puede ser expresada en candelas (cd) o en lúmenes por estereorradián (lm/sr).



Figura 2 Intensidad Luminosa

2.1.3.3 Iluminancia

Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx). (Energía, 2010)

2.1.3.4 Luminancia

En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado. (Cd/m²). Bajo el concepto de intensidad luminosa, la luminancia puede expresarse como:

$$L = (dI / dA) * (1 / \cos \Phi)$$



Figura 3 Iluminancia vs Luminancia

2.1.4 Lámpara

Una lámpara es un dispositivo que produce luz a partir de energía eléctrica, esta conversión puede realizarse mediante distintos métodos como el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, por fluorescencia de ciertos metales ante una descarga eléctrica o por otros sistemas. (ECURED, 2016)

2.1.4.1 Principales Tipos de Lámparas

En el mercado actual podemos encontrar varios tipos de tecnologías de lámparas, las cuales de acuerdo a sus características pueden resultar más útiles para una aplicación que para otra. A continuación se describen las más utilizadas. (tipos de lamparas, 2016)

- **Lámparas incandescentes.**

El principio de esta lámpara consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por un filamento, generalmente de tungsteno, provocando que este 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 que el filamento entre en combustión y se queme. (Ver figura 4)



Figura 4 Lámpara Incandescente Convencional

- ***Lámparas halógenas***

Utilizan el mismo principio de operación de la lámpara incandescente convencional, pero se diferencian de esta 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.

Las ventajas que presenta esta lámpara con respecto a la lámpara incandescente convencional son: mayor tiempo de vida, mayor eficiencia, menor tamaño, mayor temperatura de color y poca depreciación luminosa en el tiempo.

- ***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, esta radiación excita una capa de material luminiscente (polvo fluorescente o fósforo) que se encuentra en el interior del tubo o ampolla provocando así que este irradie luz visible (ver figura 5).

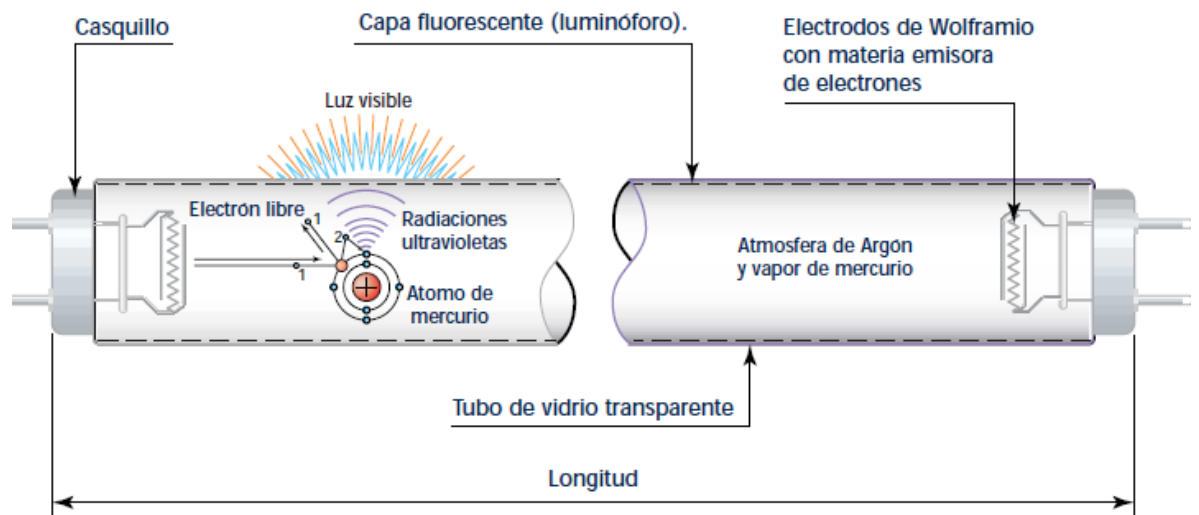


Figura 5 Lámpara Fluorescente Tubular

El tipo y composición del material fluorescente que cubre el interior del tubo es lo que define las características de la lámpara, ya determina la temperatura de color, la calidad de reproducción cromática y la eficiencia.

Las lámparas fluorescentes necesitan un equipo auxiliar que consta de un balasto, un ignitor, y un condensador para mejorar el factor de potencia.

- **Lámparas Fluorescentes Compactas**

Es una lámpara fluorescente del tamaño de una incandescente, incluso algunas vienen con el equipo auxiliar integrado para facilitar la sustitución de una lámpara incandescente por esta. (Ver figura 6)

Tienen muy buena reproducción de color, consumen poca energía y tienen buena vida útil.

En la figura 6 se observa una comparación en cuanto a eficiencia entre una lámpara incandescente de 60W que produce 700 lúmenes y un compacto fluorescente que con 11W produce 600 lúmenes.

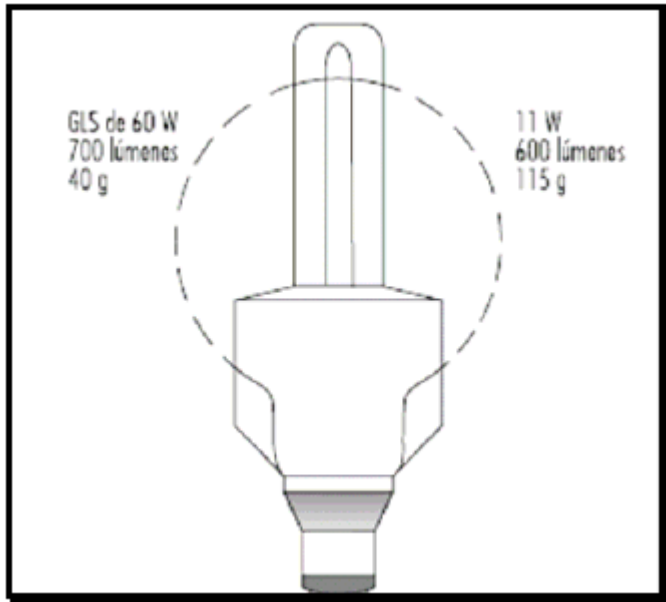


Figura 6 Lámpara Fluorescente Compacta vs Lámpara Incandescente Convencional

- ***Lámpara de Mercurio a Alta Presión***

Al igual que la de mercurio a baja presión (fluorescente), esta 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 gas inerte a presión atmosférica, para proteger al tubo de cambios de temperatura y para disminuir la oxidación de los componentes. (Ver figura 7).

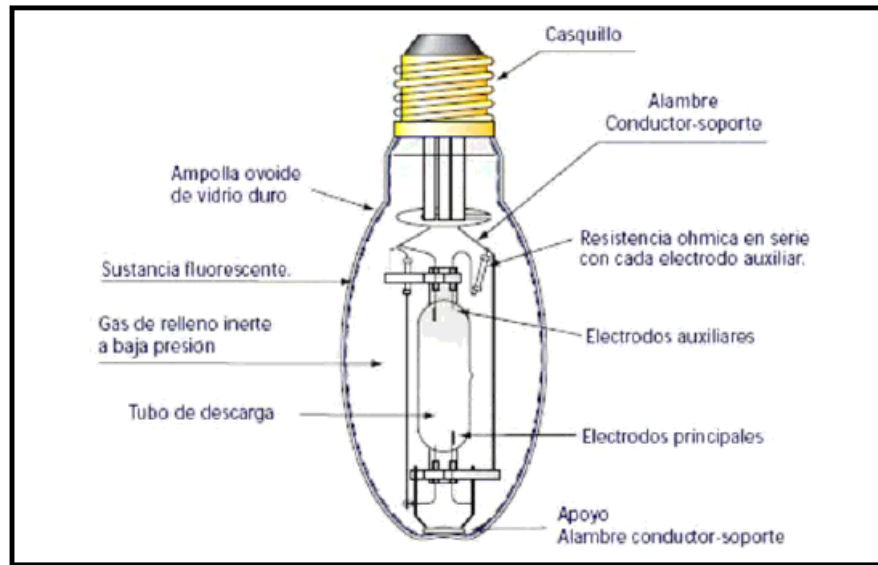


Figura 7 Lámpara de Mercurio a Alta Presión

La radiación característica de la alta presión es de dos tipos: visible de color azul verdosa y ultravioleta. Para mejorar el color ofrecido por esta lámpara y aumentar la iluminación que esta ofrece, se aplica a la ampolla exterior un revestimiento de material fluorescente que transforme la luz ultravioleta en luz visible.

Para lograr el encendido se utiliza un electrodo de arranque que ioniza el gas interior para facilitar la descarga. Como todas las lámparas de descarga a alta presión, la lámpara de mercurio no alcanza su pleno rendimiento inmediatamente, por el contrario, tiene un tiempo de encendido de aproximadamente 4 minutos, y requiere de un equipo auxiliar (balasto) para regular la corriente y un condensador para mejorar su factor de potencia.

- ***Metal Halide***

Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión que además contienen diferentes metales en polvo en forma de haluros, que se disgregan una vez que la lámpara se calienta y evapora el metal. El agregar haluros metálicos a una lámpara de vapor de mercurio a alta presión representa una mejora en cuanto a reproducción cromática y eficiencia lumínica.

Requiere de equipo auxiliar para operar, tales como arrancador, balasto y condensador.

- **Luz Mixta**

Es la combinación de la lámpara de vapor de mercurio a alta presión y la lámpara incandescente (ver figura 8), como resultado de tratar de corregir el aspecto azul verdoso de la luz de la lámpara de mercurio.

El filamento incandescente actúa como regulador de corriente por lo que esta lámpara no requiere de balasto. Se puede conectar directamente a la red, pues tampoco necesita ignitor. Tiene un tiempo de encendido de algunos minutos y para ser reencendida necesita enfriarse.

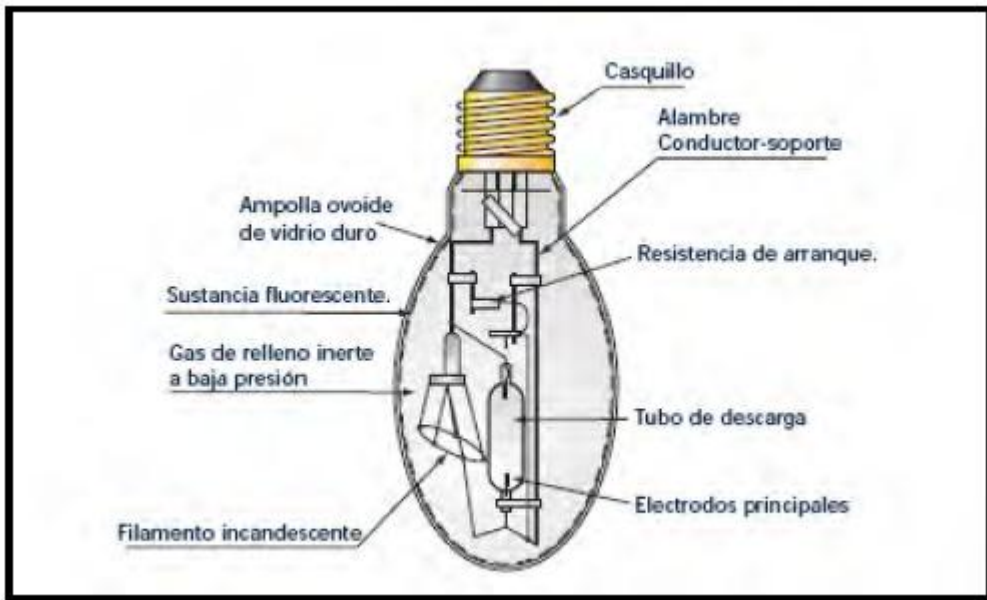


Figura 8 Lámpara de Luz Mixta

- **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 9).

La radiación de esta lámpara es una luz amarilla monocromática, por lo que la capacidad de reproducción de color de esta lámpara es muy baja, sin embargo es la

lámpara más eficiente que existe pudiendo alcanzar 200lm/W y además posee una larga vida.

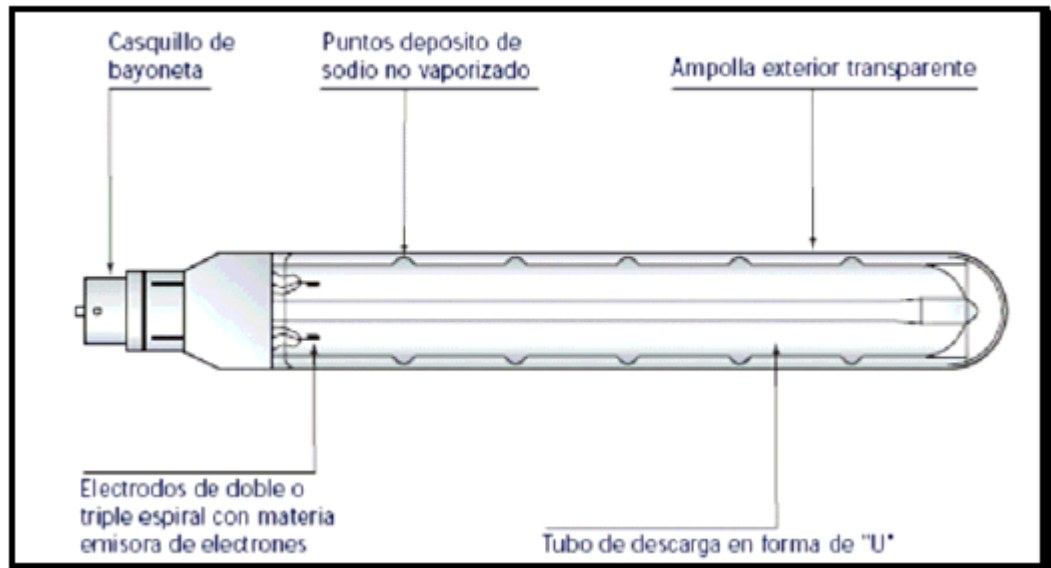


Figura 9 Lámpara de Vapor de Sodio a Baja Presión

- **Sodio Alta Presión**

Por las propiedades reactivas del sodio, el tubo de descarga es fabricado de un aluminio sintético muy resistente, y se encuentra al vacío en el interior de una ampolla de vidrio, lo cual evita la oxidación. La ampolla de vidrio puede ser de forma ovoidal o tubular, la primera tiene la particularidad de tener un revestimiento interno de polvo lanco con la finalidad de disminuir el alto brillo del tubo de descarga (ver figura 10).

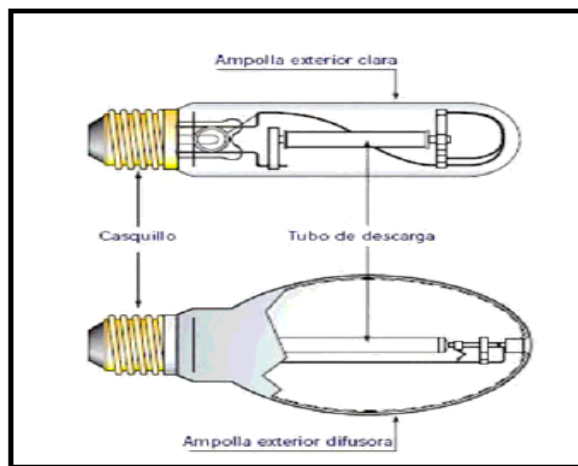


Figura 10 Lámpara de Sodio de Alta Presión

La radiación del vapor de sodio a alta presión abarca una buena porción del espectro visible, lo que implica que la reproducción cromática sea mejor que en el caso de baja presión. Su aspecto es de color amarillo dorada, y tienen una muy buena eficiencia.

Requieren de un balasto, un ignitor y un condensador como equipo auxiliar. Tienen un tiempo de encendido de 5 minutos aproximadamente y el proceso de reencendido tarda entre 4 a 15 minutos porque necesitan enfriarse para volver a encender.

- **LED (*Light Emitting Diode*)**

Como se puede observar en la figura 11, el LED es un dispositivo basado en un chip semiconductor capaz de emitir luz al aplicarle una corriente eléctrica en el sentido conductor.

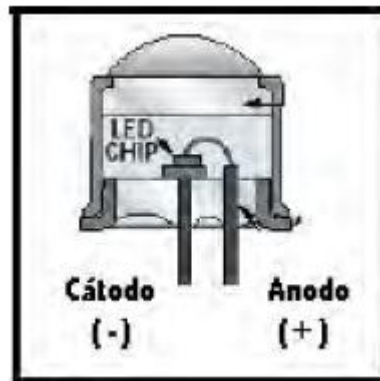


Figura 11 Esquema Básico de un LED

En la figura 12 se muestra 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 de 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.

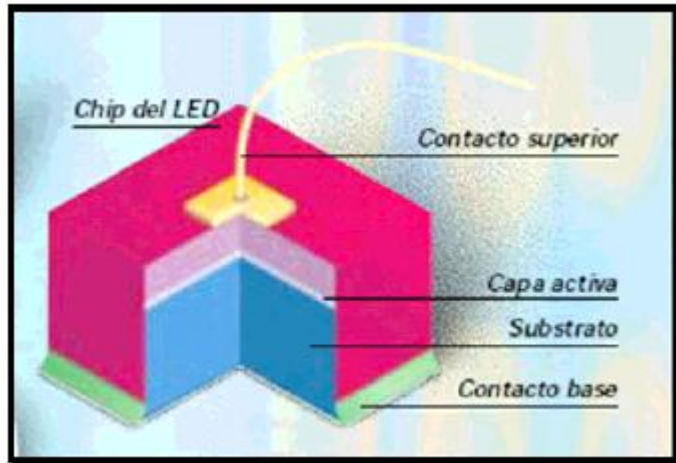


Figura 12 Estructura del Chip de un LED

El color del LED lo define el material con el que este fue fabricado, y hoy en día los encontramos en toda la gama de colores desde azul al rojo, incluso el blanco que es generado utilizando una capa adicional de fósforos.

El pequeño tamaño de esta tecnología es una ventaja con respecto a las otras.

La eficiencia de los LED's se ha incrementado en los últimos años a 30 lm/W, e inclusive ya se habla de 50 lm/W. además se espera que siga incrementando hasta superar la eficiencia de las lámparas convencionales.

Por otro lado, el rendimiento de un LED se ve afectado por la temperatura, siendo menor a medida que esta aumenta. La máxima temperatura a la que puede trabajar es 100 °C.

Para utilizar el LED en iluminación se han creado módulos que consisten en arreglos de LED's en serie y paralelo, definiendo dos tensiones de trabajo para módulos de distintos tamaños, estas son 12VDC y 24VDC.

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.

2.1.5 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 esta sea aprovechada lo máximo posible.

Los elementos característicos que conforman una luminaria son:

- **Armadura o carcasa.**

Es el encapsulado en el que se aloja la lámpara con todos sus elementos y equipos auxiliares. Existen muchos tipos de acuerdos a la aplicación: de interiores o exteriores, empotradas o de superficie, de pared, para brazo o poste, etc.

- **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.

- **Reflectores.**

Son superficies que se colocan en el interior de la luminaria que tienen como función modelar la forma y dirección del flujo emitido por la lámpara.

- **Difusores.**

Es el elemento de cierre o tapa de la luminaria en la dirección de radiación. Tiene como objetivo permitir la difusión de la luz emitida por la lámpara al exterior, mientras la protege del mismo.

- **Filtros.**

Tienen como función incrementar o atenuar algunas características de la radiación con la finalidad de asegurar el confort visual del observador.

2.1.5.1 Clasificación de las Luminarias

Entre los criterios utilizados para clasificar las luminarias los más comunes son: según sus características ópticas, eléctricas y mecánicas.

- **Según las Características Eléctricas.**

Esta clasificación se refiere al grado de protección eléctrica que brinda la luminaria a los usuarios. De acuerdo al grado de aislamiento eléctrico las luminarias se clasifican en cuatro clases, tal y como se muestra en la tabla 3.





Clase	Símbolo	Protección Eléctrica
0		<ul style="list-style-type: none">▪ Aislamiento Básico.▪ Sin conexión a Tierra.
I		<ul style="list-style-type: none">▪ Aislamiento Básico.▪ Con conexión a Tierra.
II		<ul style="list-style-type: none">▪ Con aislamiento doble y/o reforzado.▪ Sin conexión a Tierra.
III		<ul style="list-style-type: none">▪ Aislamiento de tensión de seguridad extra baja (50V).

Tabla 3 Clases de Luminarias según su Protección Eléctrica

- **Según las Características 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. El segundo dígito se refiere a la protección contra entrada de líquido y puede estar entre 0 y 8. Por último, el tercer dígito es el grado de resistencia a golpes y puede tener los valores: 0,1, 3, 5 y 7. (Ver figura 13)

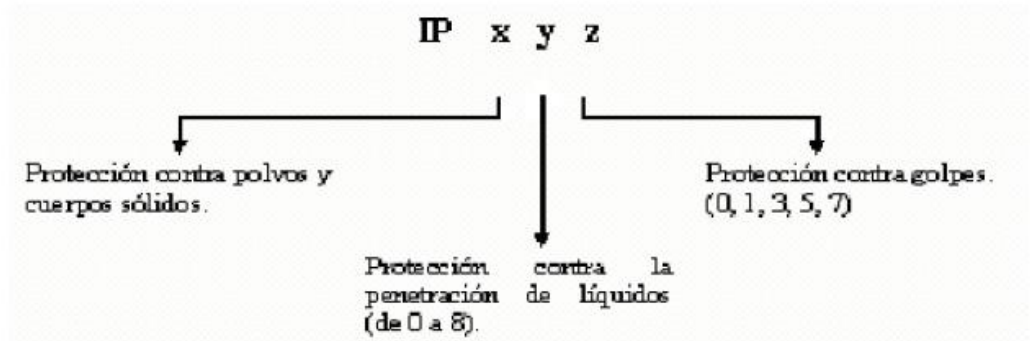


Figura 13 Características Mecánicas de las Luminarias

- **Según las Características Ópticas.**

Para luminarias de alumbrado público la clasificación según las características fotométricas basadas en tres parámetros:

- **El Alcance.**

Es la extensión de calzada que la luminaria es capaz de iluminar en dirección longitudinal. Está representada por el ángulo **γ_{MAX}** el cual es el ángulo entre 0° y el valor medio de los dos ángulos correspondientes al 90 % de **I_{MAX}** . (Ver figura 14).

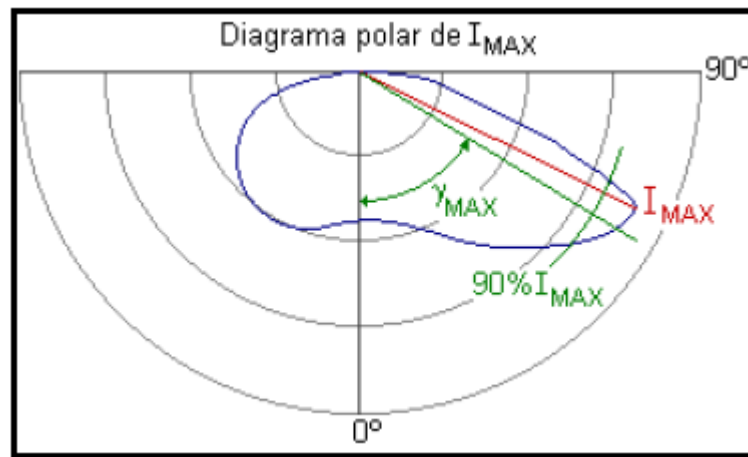


Figura 14 Alcance longitudinal

El alcance de una luminaria puede ser corto, intermedio o largo de acuerdo a la clasificación mostrada en la tabla 4.

Tipo	Rango de γ_{\max}
Corto	$\gamma_{\max} < 60^\circ$
Intermedio	$60^\circ \leq \gamma_{\max} \leq 70^\circ$
Largo	$70^\circ > \gamma_{\max}$

Tabla 4 Tipos de Alcance

- **La Apertura o Dispersión.**

Es la extensión de calzada que la luminaria es capaz de iluminar en dirección transversal a esta. Está determinada por el ángulo **γ_{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 15)

La apertura puede ser estrecha, media o ancha de acuerdo a los valores mostrados en la tabla 5.

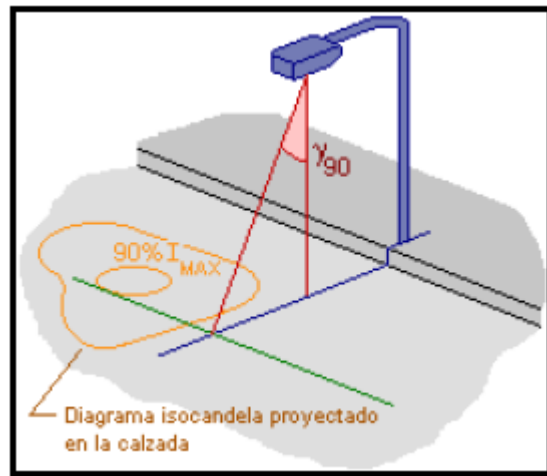


Figura 15 Apertura Transversal

Tipo	Rango de γ_{90}
Estrecha	$\gamma_{90} < 45^\circ$
Media	$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55$
Ancha	$\gamma_{90} > 55^\circ$

Tabla 5 Tipos de Apertura

- **El Control**

Es un parámetro referente al grado de deslumbramiento que produce la luminaria. Está definido por el índice específico de la luminaria SLI. En la tabla 3.6 se muestra los tipos de control que puede tener una luminaria.

Tipo	Rango de SLI
Limitado	$SLI < 2$
Moderado	$2 \leq SLI \leq 4$
Estricto	$SLI > 4$

Tabla 6 Tipos de Control

2.2 Energía Solar

La Energía solar es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema fototérmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico). (energía solar, 2016)

2.2.1 Sistema fototérmico y Sistema fotovoltaico.

La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores.

La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio). (energía solar, 2016)

2.2.2 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 16) 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 para disminuir lo menos posible la eficiencia de la celda.

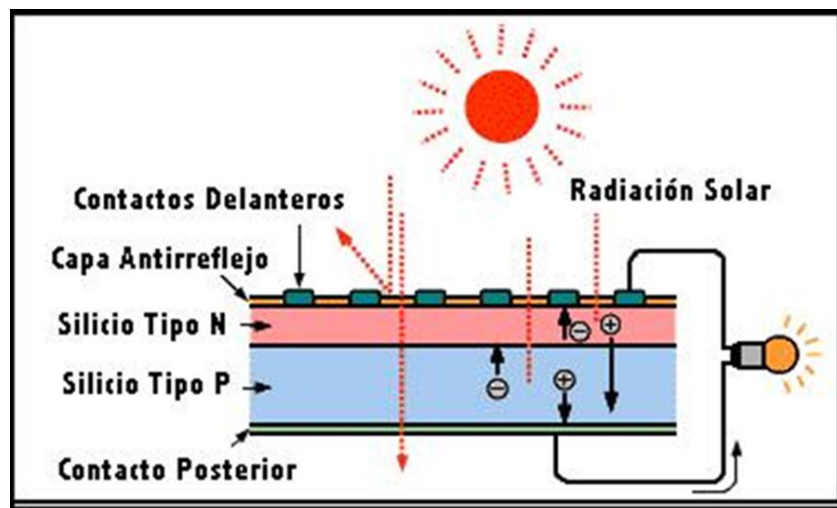


Figura 16 Corte transversal de una Celda Solar

2.2.2.1 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:

- Celdas de silicio mono cristalino. La fabricación de éste tipo de celdas consiste en fabricar barras cilíndricas de silicio monocristalino (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.
- 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.

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. En la (Figura 17) se pueden observar celdas de silicio monocristalino y poli cristalino.



Figura 17 Celda Monocristalino vs Celda Policristalino

2.2.2.2 Influencia de la radiación en la eficiencia de una celda solar.

Una vez que se ha entendido el comportamiento de una celda solar para condiciones de radiación constante se procede a variar esta condición para ver cómo varía su respuesta corriente vs tensión.

2.2.2.3 Influencia de la temperatura en la eficiencia de una celda solar.

Otro factor que influye sobre el comportamiento de la celda es la temperatura. En la (Figura 18) se visualiza la curva corriente vs tensión de una celda para diferentes temperaturas, en ella se puede observar que el incremento de temperatura, a pesar de provocar un ligero aumento en la corriente, provoca una considerable reducción en el voltaje, lo que da como resultado final una considerable reducción en la potencia entregada por la celda. Por esta razón se recomienda tener las celdas en lugares aireados.

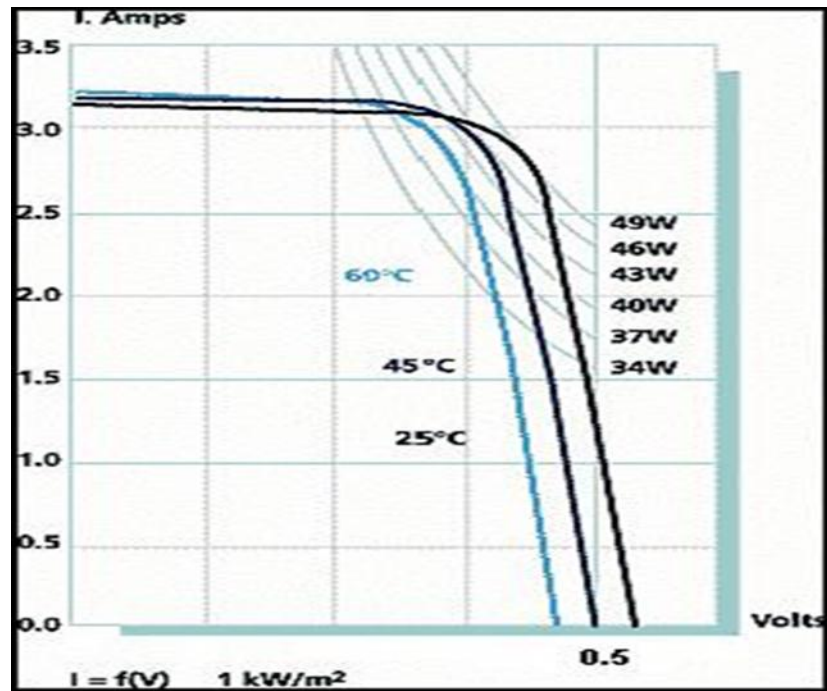


Figura 18 Variación de la Corriente y la Tensión con la Temperatura

2.2.2.4 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.

2.2.2.5 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.

2.2.2.6 Ángulo de inclinación de un panel solar.

La orientación de un panel solar viene dado por un ángulo de inclinación del mismo hacia dicha orientación, el cual varía de acuerdo a la latitud en la que se esté ubicado y a la época del año. La posición del Sol con respecto a la Tierra varía a lo largo del año debido a los movimientos de rotación y traslación de la misma. Por tal razón la mejor orientación en época de invierno no es la mejor en época de verano, de acuerdo a esto, en el diseño se debe escoger la orientación más óptima capaz de aprovechar el máximo de energía solar posible en un año. (cultivarsalud, 2016)

2.3 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). 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. (Rivas, 2005)

2.3.1 Topologías de sistemas fotovoltaicos.

De acuerdo al tipo de carga que se desea alimentar, un sistema fotovoltaico puede tener diferentes topologías:

2.3.1.1 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 19) se muestra el esquema de este tipo de sistema con todos sus elementos.



Figura 19 Topologías de sistemas fotovoltaicos para cargas DC

2.3.1.2 Sistema fotovoltaico para cargas DC y AC.

Esta topología, que se muestra en la (Figura 20), es similar a la anterior pero incluye un elemento adicional, un Inversor. El inversor tiene como función convertir la energía de corriente continua suministrada por el panel o batería, en corriente alterna. Esto se hace necesario ya que la mayoría de los equipos eléctricos funcionan con corriente alterna.



Figura 20 Topología de sistema fotovoltaico para cargas DC y AC

METODOLOGIA

3.1 Selección del tipo de lámpara.

Para un sistema con paneles solares es importante escoger una fuente luminosa de alto rendimiento y en lo posible de bajo consumo, ya que la cantidad de energía que se le puede suministrar está limitada por la capacidad de los paneles y de las baterías. A continuación mostramos los pasos que se realizaron para escoger la luminaria:

1. Estudio del área a iluminar.
2. Estudio de tipos de lámparas a ser utilizados con el sistema de paneles solares.
3. Estudio de las lámparas existentes en el mercado.

3.1.1 Estudio del área a iluminar.

El sistema de iluminación que se instaló se realizó en una zona exterior, en este caso el área fue parqueadero. De acuerdo a esto es necesario regirnos por las normas RETIE y RETILAP basadas en alumbrado público. En estas normas se define el nivel de iluminación para cada tipo de alumbrado y vías de acuerdo a la intensidad de tráfico, la velocidad de los vehículos, el tránsito de peatones, la importancia de reproducción de colores, los tipos de accesos y la geometría general de la vía.

En este caso, el sistema de iluminación será instalado en un lugar que se caracteriza por:

- Velocidad de circulación --- muy reducida
- Volumen de tránsito --- muy reducido (menor de 50 vehículos)

De acuerdo con las tablas M1.1 Y M1.2 extraídas de la norma RETILAP y con los criterios anteriores, el tipo de iluminación es P5 en iluminación horizontal (luxes) el valor mínimo es 0.6 y el valor promedio es 3.0, y el tipo de vía es M5, ya que son vías en las que la circulación y el tráfico son mínimos.

CLASES DE ILUMINACION SEGUN LAS CARACTERISTICAS DE LAS VIAS

CLASES DE ILUMINACION	Vía	Velocidad (Km./h)		Vehículos/hora	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy Importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<1000

Tabla 7 clases de iluminación según la vía.

DESCRIPCION DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACION
Vías de muy alto prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociadas a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociadas a las propiedades adyacentes, importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas	P6
Vías donde se requiere solo una guía visual	P7

Tabla 8 Descripción de la calzada, clase de iluminación.

3.1.2 Estudio de tipos de lámparas a ser utilizadas con el sistema de paneles solares.

Para escoger un tipo de lámpara adecuado para un sistema con panel solar se deben tener en cuenta varios criterios:

- Dado que el sistema es con panel solar la energía es limitada, se utilizarían lámparas de alto rendimiento y bajo consumo, es decir de una gran eficiencia, más luz por menos vatios.
- Dado que los paneles solares y las baterías generan corriente continua, se deben utilizar lámparas que trabajen con corriente continua, y así poder omitir el elemento inversor y eliminar las pérdidas que este genera.
- Al igual que para cualquier sistema de iluminación, se debe seleccionar una lámpara adecuada para el tipo de aplicación para el que se va a utilizar.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta criterios más específicos para la aplicación particular, en este caso es iluminación exterior:

- Lámpara de iluminación exterior para ser utilizadas en parqueaderos, calles, plazas, etc.
- Lámparas de larga vida útil que no requieran mucho mantenimiento.

Una vez establecidos los criterios para elegir el tipo de lámpara se procede a realizar un cuadro comparativo (Tabla 9) de los tipos de lámparas

Con los datos suministrados en la tabla 9 se concluye que:

1. El tipo de lámpara que presenta mejor vida útil es la tecnología LED con 100.000 h, la cual es muy superior a la vida útil de cualquier otra tecnología. Esta tecnología presenta buenas cualidades de luz y además opera con corriente continua por lo que no necesitaríamos el inversor.

Es importante señalar que esta tecnología LED ya está siendo muy utilizada en iluminación con energía solar, por tener larga vida útil, trabajar en corriente continua y no necesitar de mucho mantenimiento.

2. Las lámparas fluorescentes y las de vapor de sodio cumplen bien con los criterios señalados. Las lámparas de sodio son las más comúnmente utilizadas para aplicaciones de alumbrado exterior.
3. Luego de realizar un estudio de los diferentes tipos de lámparas utilizados en sistemas de iluminación con energía solar para alumbrado público. Se determinó que las lámparas con tecnología LED son las más utilizadas actualmente en sistemas fotovoltaicos.

Tipo	Eficiencia [lm/W]	Vida útil [h]	Índice de rendimiento cromático (IRC)	Temperatura de color	Dispositivos auxiliares	Aplicaciones comunes
Halógenas	12-22	2.000 – 4.000	100 (excelente)	2900-3200 (cálido)	Si requiere	Interiores/exteriores
Fluorescentes compactas	50-70	10.000	65 – 88 (bueno)	2700-6500 (cálido a frío)	Si requiere	Interiores/exteriores
Mercurio a alta presión	25-60	16.000 – 24.000	45 – 60 (pobre a medio)	3200-7000 (cálido a frío)	Si requiere	exteriores
Sodio baja presión	60-150	12.000 – 18.000	Nulo	1800 (cálido)	Si requiere	Interiores/exteriores
Sodio alta presión	50-140	16.000 – 24.000	21- 25 (pobre)	2100 (cálido)	Si requiere	Exterior(alumbrado de vías públicas, parques, estacionamientos)
LED (luz blanca)	15-50	100.000	80 (bueno)	5250-6250 (frío)	No requiere	Interiores/exteriores(señalización en general, iluminación empotrada)

Tabla 9 cuadro comparativos de lámparas.

3.1.3 Estudio de las lámparas existentes en el mercado.

En el mercado nacional, en general se encuentra la tecnología LED a un costo elevado, y debido a que el proyecto la idea es que la lámpara tenga incluido el panel solar y la batería, es difícil encontrarla en el mercado nacional y salvo unos

pocos proveedores que por encargo pueden traer dicha lámpara a un costo elevado.

Se concluye que para este diseño la mejor opción es la tecnología LED, y por el concepto ahorro/beneficio se decide importar la luminaria del mercado español. Esta lámpara que se ha escogido tiene una gran ventaja de instalación en el poste de alumbrado debido a que la luminaria viene con el panel solar y la batería incorporada.

Las características de la lámpara seleccionada se observan en la tabla 10.

Tipo	Consumo [W]	Flujo luminoso	Tiempo de trabajo a plena potencia	Numero de LEDs
LED LG-solar Street light FH-PVS40	40	4400 lm	7 Horas	20 Unidades

Tabla 10 cuadro característico de la lámpara a utilizar.

3.2. Diseño del sistema fotovoltaico y batería.

3.2.1 Sistema fotovoltaico.

Una vez que se determinó la luminaria a utilizar que contiene el panel solar integrado, concluimos las especificaciones del panel solar. Se observó que es un panel solar Monocrystal 73.5W/18V.



Las celdas monocrystalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica. Para optimizar el rendimiento y reducir los costes de cada celda solar monocrystalina, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio, y que les da esa apariencia característica.

Ventajas de los paneles solares monocristalinos:

-Los paneles solares monocristalinos tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunas marcas supera el 21%.

-La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.

-Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz. (Energías renovables, 2016)

3.2.2 Batería que contiene la lámpara.

La batería de iones de litio, también denominada batería Li-Ion, es un dispositivo diseñado para almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito, una sal de litio que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo.



Las propiedades de las baterías de Li-ion, como la ligereza de sus componentes, su elevada capacidad energética y resistencia a la descarga, la ausencia de efecto memoria o su capacidad para operar con un elevado número de ciclos de regeneración, han permitido el diseño de acumuladores livianos, de pequeño tamaño y variadas formas, con un alto rendimiento, especialmente adaptados para las aplicaciones de la industria electrónica de gran consumo. Desde la primera comercialización a principios de los años 1990 de un acumulador basado en la tecnología Li-ion, su uso se ha popularizado en aparatos como teléfonos móviles, agendas electrónicas, ordenadores portátiles y lectores de música.

Sin embargo, su rápida degradación y sensibilidad a las elevadas temperaturas, que pueden resultar en su destrucción por inflamación o incluso explosión, requieren en su configuración como producto de consumo, la inclusión de dispositivos adicionales de seguridad, resultando en un coste superior que ha limitado la extensión de su uso a otras aplicaciones.

Ventajas de las baterías Li-Ion:

-Una elevada densidad de energía: Acumulan mucha mayor carga por unidad de peso y volumen.

-Poco peso: A igualdad de carga almacenada, son menos pesadas y ocupan menos volumen que las de tipo Ni-MH y mucho menos que las de Ni-Cd y Plomo.

-Alto voltaje por célula: Cada batería proporciona 3,7 voltios, lo mismo que tres baterías de Ni-MH o Ni-Cd (1,2 V cada una).

-Carecen de efecto memoria.

-Descarga lineal: Durante toda la descarga, el voltaje de la batería varía poco, lo que evita la necesidad de circuitos reguladores. Esto es una ventaja, ya que hace muy fácil saber la carga que almacena la batería.

-Muy baja tasa de auto descarga: Cuando guardamos una batería, ésta se descarga progresivamente aunque no la usemos. En el caso de las baterías de Ni-MH, esta “auto descarga” puede suponer más de un 20% mensual. En el caso de Li-Ion es de menos un 6% en el mismo periodo. Mucha de ellas, tras seis meses en reposo, puede retener un 80% de su carga. (Segurame, 2016)

ANALISIS Y RESULTADOS

Ahora el parqueadero central de la institución universitaria pascual bravo, cuenta actualmente con una iluminación eficiente cumpliendo con lo propuesto en las normas de alumbrado público para el aprovechamiento de la comunidad académica, la luminaria con panel solar integrado de última tecnología instalado en el parqueadero central de la IUPB es de poco mantenimiento para garantizar su correcto funcionamiento y buscando prolongar su vida útil, se debe hacer una limpieza al panel solar.

Para este trabajo se opto por una tecnología que nos permitiera una mayor eficiencia energética, una mayor vida útil de las lámparas y que fueran amigables con el medio ambiente. Por esto se escogieron las lámparas led que son reciclables y cumplen con la normatividad europea para el tema de sustancias contaminantes, es una tecnología que no produce calor y a su vez no desperdicia energía, requiere de poco mantenimiento permitiendo que no haya un sobrecosto de mantenimiento de las mismas.

Consideraciones técnicas

Se consideraron los requisitos generales del diseño de alumbrado exterior definido por el RETILAP en la sección 500, en la cual se consideran básicamente los siguientes ítems:

- a) **Requerimientos de visibilidad.** La iluminación de un sistema de alumbrado público debe ser adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales. Para lo cual se debe tener en cuenta la confiabilidad de la percepción y la comodidad visual, aplicando la cantidad y calidad de la luz sobre el área observada y de acuerdo con el trabajo visual requerido. Así, para cumplir esos requerimientos de luz se debe hacer una cuidadosa selección de la fuente y la luminaria apropiada teniendo en cuenta su desempeño fotométrico, de tal forma que se logre los requerimientos de iluminación con las mejores interdistancias, las menores alturas de montaje y la menor potencia eléctrica de la fuente posible.
- b) **Cantidad y calidad de luz.** Se ha establecido como el objetivo del alumbrado público permitir a los usuarios del parqueadero central, circular sobre el en horas de la noche, de manera segura, cómoda y a velocidades preestablecidas.

- c) **Confiabilidad de la percepción.** Los objetos sólo pueden percibirse cuando se tiene un contraste superior al mínimo requerido por el ojo. Este valor depende del ángulo con el que se vea (afecta la cantidad de superficie aparente en la fórmula de luminancia) y de la distribución de la luminancia en el campo visual del observador (fondo para el contraste). Además, este valor define el tiempo de adaptación del ojo en dicha situación.
- d) **Comodidad visual:** El ambiente visual de un conductor está constituido principalmente por la visión de la calzada al frente del volante y en menor grado por el resto de su campo visual, que puede llegar a tener información para el conductor, como las señales de tránsito. La comodidad visual es una importante característica que redundará en la seguridad del tráfico vehicular. La falta de comodidad se traducirá en una falta de concentración por parte de los conductores que reducirá la velocidad de reacción debido al cansancio que se producirá en sus ojos.
- e) **Relación de alrededores.** Una de las metas principales en iluminación de vías es crear una superficie clara sobre la vía contra la cual pueden verse los objetos. Ahora, cuando los objetos son elevados y están sobre la vía, su parte superior se ve contra los alrededores. Igual sucede si los objetos están justo en el borde de la vía y en las secciones curvas del camino.
- f) **Evaluación económica y financiera:** Todos los proyectos de alumbrado público deberán hacer una evaluación económica y financiera donde se incluyan no sólo los costos de inversión, sino los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil del proyecto de alumbrado público. Se debe considerar tanto el costo inicial como los de operación y mantenimiento asociados, así como el valor de reposición al final de la vida útil del proyecto. Los costos energéticos, son relevantes al definir cargas operativas.
- g) **Uso Racional y Eficiente de la energía.** Un proyecto de alumbrado público debe aplicar requisitos relacionados con el URE: Los sistemas de alumbrado público diseñados deben cumplir simultáneamente con los requisitos fotométricos y no deben exceder los valores máximos de densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) establecidos en el presente reglamento.
- h) **Condiciones ambientales de la localidad.** Un proyecto de iluminación exterior o de alumbrado público debe ser adecuado a las condiciones ambientales de la localidad, así como las condiciones particulares del

medio especialmente la presencia de agentes corrosivos, las condiciones ambientales y las facilidades de mantenimiento deben determinar las características de hermeticidad y protección contra corrosión o ensuciamiento que necesitarán las luminarias, en particular su conjunto óptico, aspectos que se deben reflejar en el diseño.

- i) **Requerimientos de las normas de mobiliario urbano.** Otro factor a considerar en los proyectos de iluminación es la reglamentación sobre mobiliario urbano, por lo que se debe considerar el estilo arquitectónico predominante en el sector.

Diagnóstico del área a iluminar.

Se realiza el estudio del área del parqueadero con los 5 postes y el mismo número de luminarias tipo sodio de alta presión, el diagnóstico que nos arroja el estudio del área del parqueadero nos muestra que el nivel de iluminación más alto es de 5.1 luxes (ver figura 21). Esto nos determina una eficiencia de iluminación del 40% de donde los niveles de iluminación no están dentro de lo mínimo que nos pide la norma RETILAP que establece que para estos lugares lo mínimo que se necesita son 10 luxes.

Se realizó el diseño del lugar en el software DIALUX para comparar los valores teóricos que este nos entrega y los valores reales tomados con el luxómetro para identificar el rango de error del software.

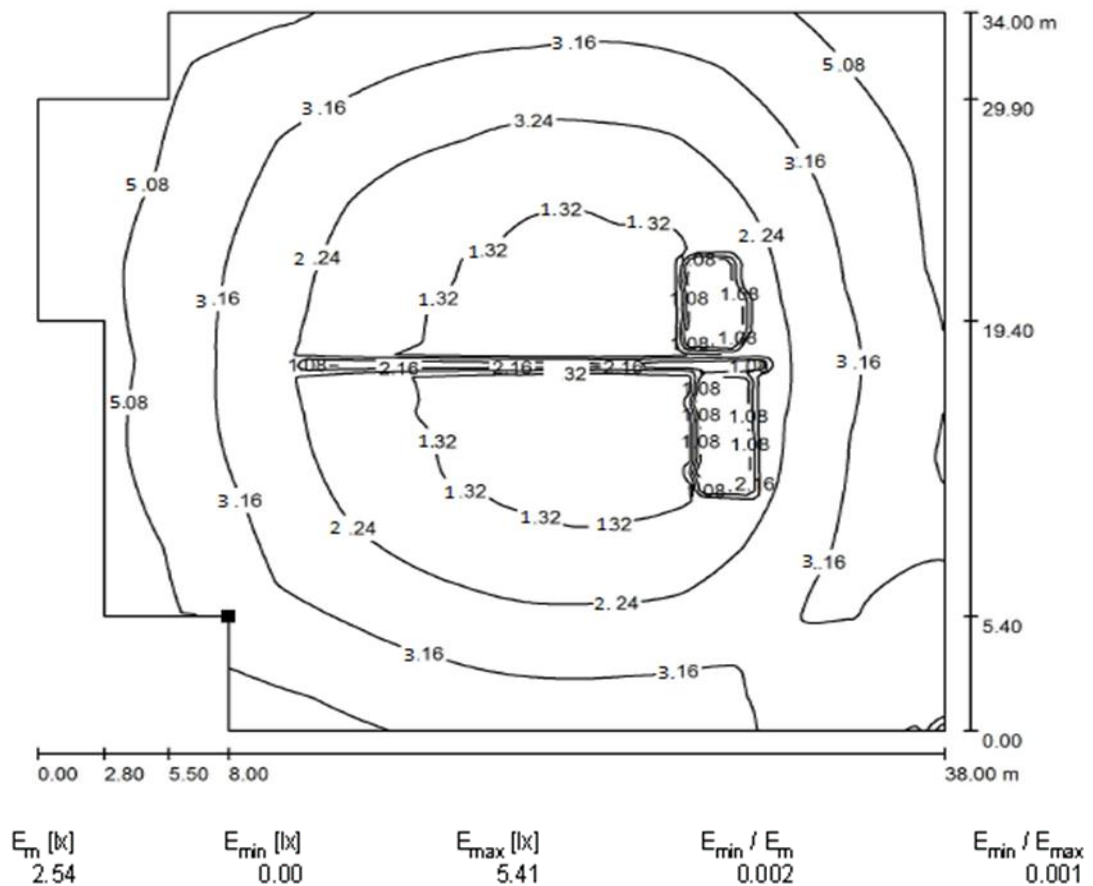


Figura 21 niveles de iluminación con luminaria de sodio

Se pudo observar que los niveles de iluminación entregados teóricamente por el software DIALUX y los niveles reales tomados por el luxómetro son similares, con un pequeño margen de error del 3%.

Como los niveles de iluminación no cumplen con lo establecido en la norma RETILAP se realiza una nueva propuesta de iluminación al parqueadero de la institución universitaria pascual bravo.

La nueva propuesta se realizó con el software DIALUX ya que su margen de error fue muy bajo.

Como se observa en la figura 21 los niveles de iluminación más bajos se encuentran en el centro del parqueadero por este motivo es necesario instalar un poste en este lugar.

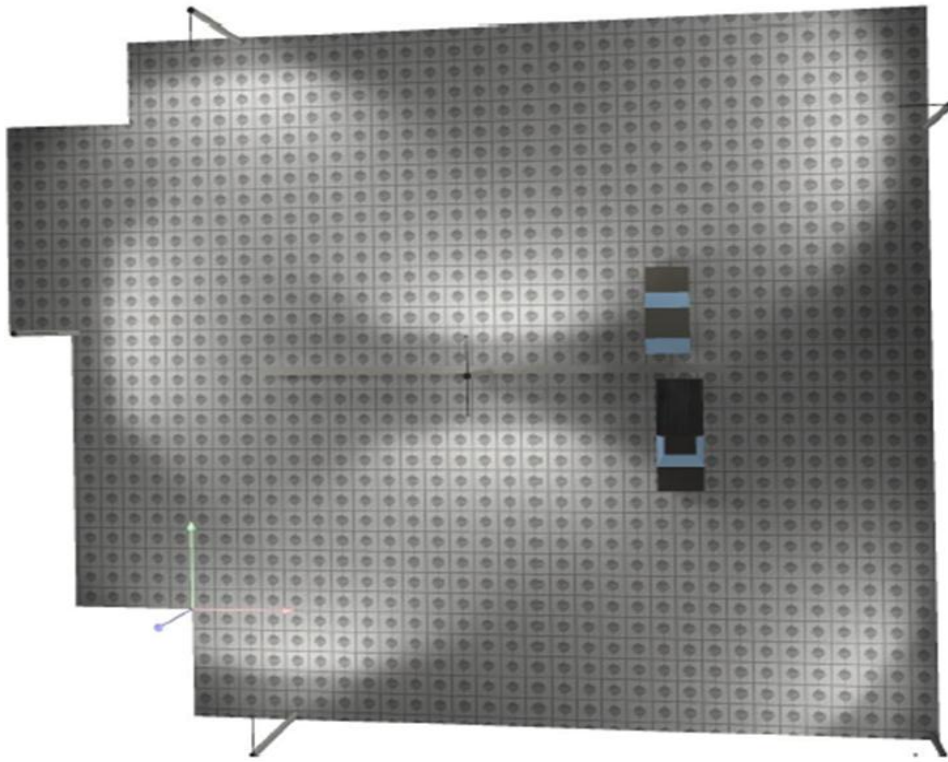
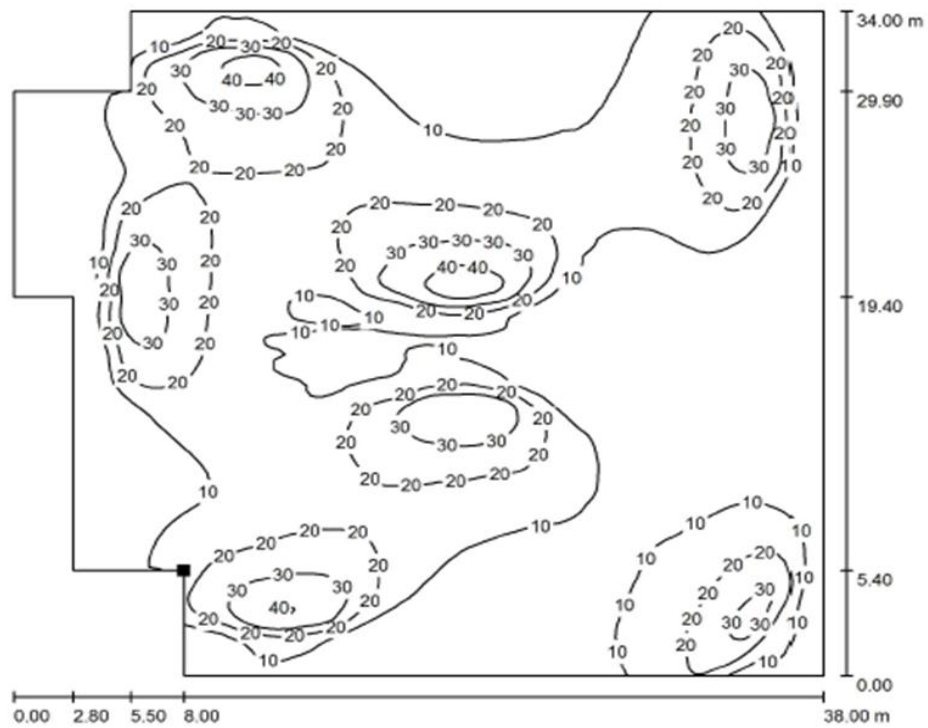


Figura 22 diseño de iluminación con luminaria LED

Como la norma RETILAP nos dice que para lugares como este el nivel de iluminación mínimo debe de ser 10 luxes, establecimos este valor como lo mínimo que debemos cumplir.

Para cumplir con los 10 luxes mínimos requeridos en el parqueadero se instalaron 7 luminarias de 40 W en la zona de vehículos y 1 luminaria de 30 W para el área de las motos, a una altura de 6 metros y brazos con longitud de 1.50 metros. Y así lograr una eficiencia del 100%. Como se puede observar en las figuras 22 y 23.



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
14

E_{min} [lx]
0.29

E_{max} [lx]
45

E_{min} / E_m
0.021

Figura 23 Niveles de Iluminación con Luminarias LED

Las luminarias escogidas LG FH-PVS40 y LG FH-PVS30 son de iluminación LED y vienen con el panel solar y la batería integrada, además trae un sensor infrarrojo para entrar en modo de ahorro cuando no sienta presencia de movimiento.

Ejecución del proyecto.

Para el día de la instalación por el peso de las luminarias que es de 15 kilogramos y para realizar un mejor trabajo se contrataron:

- una grúa para la instalación del poste y trasladar uno de los postes existentes.
- Un carro canasta para realizar las instalaciones de las luminarias.
- Un carro doble cabina con la herramienta que se necesita para realizar las instalaciones.
- Dos oficiales con su respectivo carnet de alturas.



Se realiza el cambio de las luminarias de sodio por las luminarias led.



Funcionamiento de las luminarias.



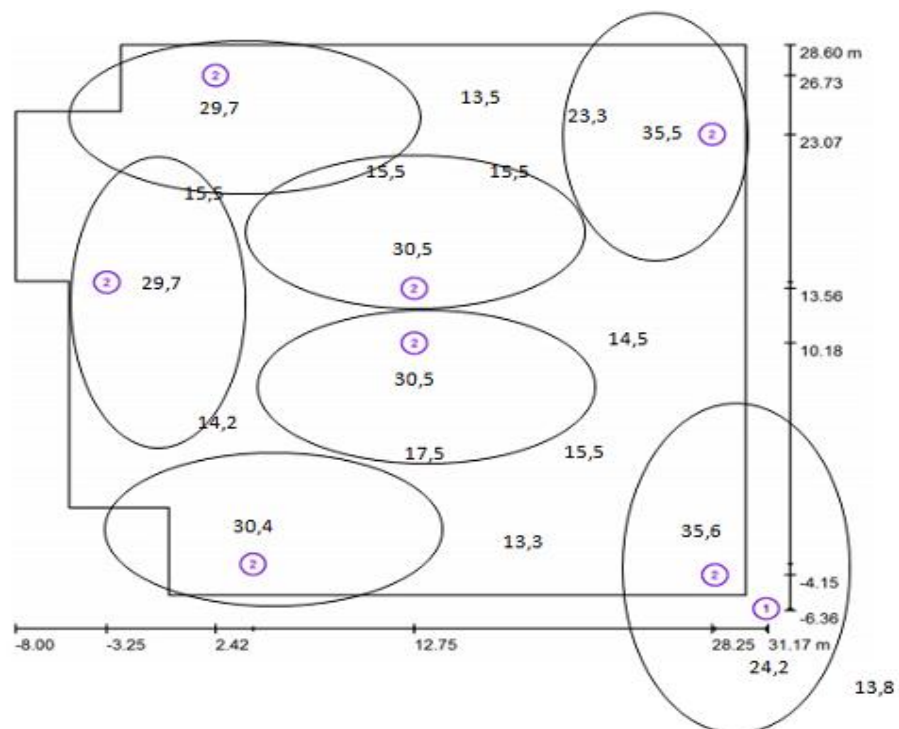


Figura 24. Distribución de las Luminarias

TOMA	ZONA DE ILUMINACION MEDIDA CON LUXOMETRO	LUXES
1	LUMINARIA EN ZONA DE CAFETERIA 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 FHPVs 30	24,2
9	ZONA DE ACCESO AL PARQUEADERO	22,3
10	ZONAS DE TRANSITO DE VEHICULOS	15,5
11	ZONAS VERDES DEL PARQUEADERO	11,2
12	ZONA FACHADA DEL COLEGIO	19,2
PROMEDIO A MAXIMA POTENCIA		20 A 25
PROMEDIO A MINIMA POTENCIA		9 A 12

Tabla 11. MEDIDAS FINALES CON EL LUXOMETRO

CONCLUSIONES

El sistema de iluminación que fue instalado es totalmente autónomo y funcional. Cumpliendo con las normas colombianas correspondientes a sistemas de alumbrado público.

Se observó una gran mejora al realizar el cambio de iluminación tipo sodio de alta presión por iluminación tipo led, los lúmenes pasaron de 3.16 lúmenes que generaban las lámparas de sodio a una iluminación entre 10 y 40 lúmenes que generan las lámparas tipo led.

Los sistemas autónomos se deben seguir implementando ya que son una solución al problema de tener electricidad en zonas de difícil acceso, además estas tecnologías son un buen ejemplo de aprovechamiento de los recursos naturales sin dañar el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- Para futuros proyectos dentro o fuera de la institución universitaria se recomienda este tipo de tecnología de iluminación que viene con el panel solar y la batería integrada, ya que se observa que es una tecnología que no ha mostrado fallos y además se facilita el mantenimiento de las luminarias.
- Este tipo de proyectos con energías renovables se deben seguir apoyando, ya que es una realidad latente el calentamiento global y sus efectos, así que debemos pensar en una ayuda al medio ambiente y estas tecnologías nos permiten hacer un aporte y bajar un poco la contaminación.
- Recomendamos no realizar instalaciones de sistemas fotovoltaicos en lugares donde pueda existir sombra ya sea de árboles o edificios.
- Se recomienda a la institución universitaria pascual bravo en sus procesos de mantenimiento realizar la poda de las ramas de los árboles, cuando estas interfieran con la carga del panel solar.

BIBLIOGRAFÍA

- cultivarsalud*. (11 de mayo de 2016). Obtenido de cultivarsalud:
<http://www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/paneles-solares-inclinaciones-optimas-y-optimizacion/>
- ECURED*. (10 de 05 de 2016). Obtenido de ECURED: <http://www.ecured.cu/L%C3%A1mpara>
- energía solar*. (11 de mayo de 2016). Obtenido de energía solar:
http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm
- Energía, M. d. (2010). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP*.
- Energías renovables*. (11 de mayo de 2016). Obtenido de Energías renovables:
<http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- IluminacionLEDya.com*. (09 de 04 de 2016). Obtenido de IluminacionLEDya.com:
<http://www.iluminacionledya.com/tecnologia-led.html>
- MUCHOS LEDS*. (17 de 04 de 2016). Obtenido de MUCHOS LEDS corporation web site:
<http://www.mucholeds.com/es/content/6-temperatura-de-color-calido-neutro-frio>
- Rivas, M. (2005). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE ILUMINACION AUTONOMO PARA ESPACIOS EXTERIORES CON CELDAS SOLARES*. UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR.
- Segurame*. (11 de mayo de 2016). Obtenido de Segurame:
<http://www.seguramente.com/baterias-de-li-ion-ventajas-desventajas-y-mantenimiento/>
- tipos de lámparas*. (10 de mayo de 2016). Obtenido de tipos de lámparas:
http://www.unav.es/ted/manualted/manual_archivos/luz9_main.htm

ANEXOS



SOLAR STREET LIGHTS



Introducing a New Experience

Overview

A new revolutionary product combining solar and LED technology. The best solution for all these areas that doesn't have electricity supply, remote places with no good communications, and all the areas with electricity supply but with good climatology. The system charges the battery during the day and illuminate at night. Due to the use of LED technology, is able to maximize all the solar energy and illuminate the environment with radiant and splendind light.

3 YEAR WARRANTY



Application

- Garden, Residence, Courtyard
- Crosswalk, Roadway
- Mine, Parking lot
- Areas with no electrical supply



Introducing a New Premium Experience

Product benefits

LG Innotek LED LUMINOUS SOURCE

The new FH SOLAR & LED integrated solar street lights utilize LG LED luminous source, which guarantees excellent lumen output up to 110lm/W, long-lasting stability and fantastic light.

Each LG LED owns electrostatic protection component, avoiding electrostatic damage.



 **LG Innotek**

Infrared body sensor/ Microwave induction

With infrared body induction controlled technology, it can store energy during the daylight, and modulate it on/off when people pass through at night.

During the night, the light can work automatically controlled by the smart sensor: It will be on bright mode when people pass through and on energy-saving mode when not (working mode can be adjusted according to client's demands).



All-in-one design

The solar panel will receive the solar energy and be stored in the Lithium-Iron battery through the charge controller, to finally be used to illuminate at night. Due to the use of high-end LED technology, the solar light will be 100% optimized.



Solar panel



Lithium-Iron battery



Controller

Introducing a New Premium Experience

Product benefits

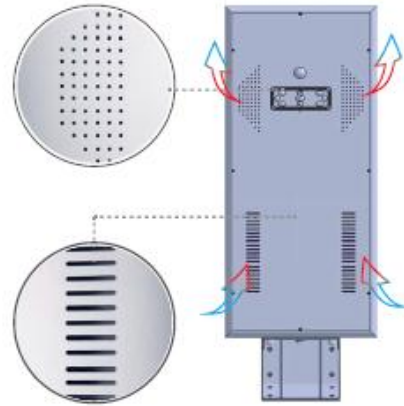
UNIQUE LUMINARIE DESIGN

The lamp is 100% Designed by FH engineers. The integrated design makes the light simple, stylish and practical; solar energy supply means clean energy and clean energy means save costs. Once installed, it will not need to face any other costs.

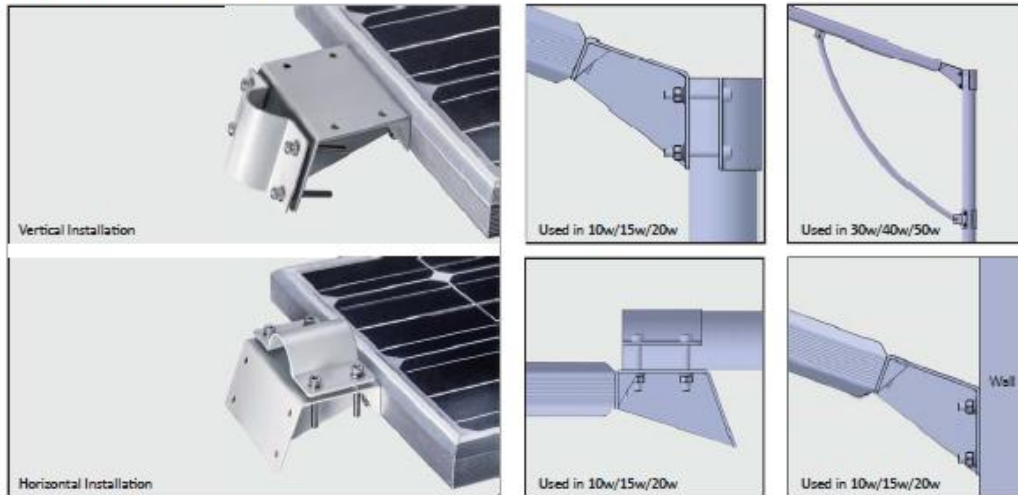
The lamp can be adjusted to different angles, depending on the latitude and characteristics of the land. It can be installed vertically and horizontally, or on a wall. It is designed to install, maintain or repair easily, maintain or repair. Its surface can absorb all the solar energy and its infrared body sensor modulates to save energy during night-time. All these are with no needs of cables. The Lithium-Iron battery is compressed and has three main characteristics: reduced size, high-capacity and long life-span.

Up to 110 Lm/W (Lumens per watt) light output, +90% driver efficiency, 3 years warranty are provided for the whole luminaire.

For more information about FH integrated solar street light and LED lighting technologies, please visit www.fhsolarled.com.



FLEXIBLE INSTALLATION



The installation can be adjusted according to different environments or illumination needs.

FH-PVs30

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 1-minute 10% lighting period(25%).

Specifications

Electrical Specifications:

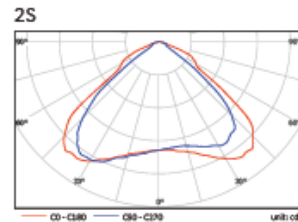
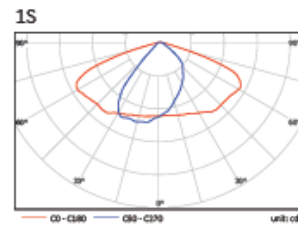
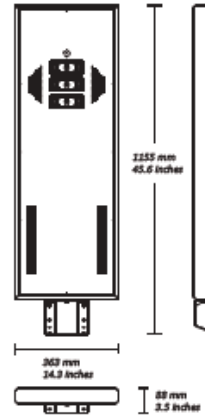
Model No.	FH-PVs30
LED Number	15 Units
Nominal Power	30 W
Solar Panel Spec.	Monocrystal 50.4W/18V
Battery Spec.	24AH/12V
Constant Worktime at Full Power	7 Hours
Worktime at Energy-saving Mode(25%)	≥35 Hours
Charge Time	Max power 5~6 Hours
Charge Temperature	<60°C
Discharge Temperature	-20°C~60°C
Switch Lights Sense Threshold	on ≤10 LXS, off ≥15 LXS

Photometric Specifications:

Luminous Flux (full power)	3300 lm (Flumen tolerance +/- 5%)
Light Type	1S, 2S
CCT	

Mechanical Specifications:

Installation Height	5~6m
Installation Distance	20m
Lamp Pole Diameter	40~60mm
Fixture Dimensions	1155 x363 x88 mm 45.5 x14.3 x3.5 inches
Fixture Weight	11.2 kg /24.7 lbs



Packing Type
1unit(s)/ctn.

Packing Dimensions
1200 x420 x145 mm
47.2 x16.5 x5.7 inches

Packing Weight
14.0 kg /30.9 lbs

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 50% lighting period(25%).

Specifications

Electrical Specifications:

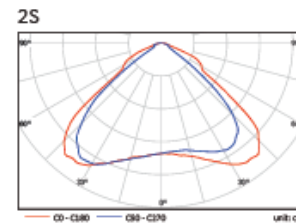
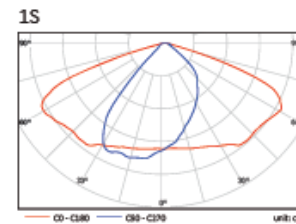
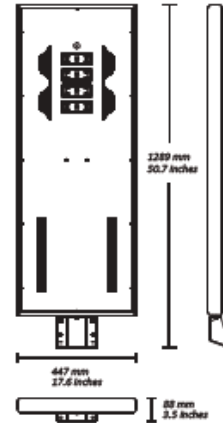
Model No.	FH-PVS40
LED Number	20 Units
Nominal Power	40 W
Solar Panel Spec.	Monocrystal 73.5W/18V
Battery Spec.	33AH/12V
Constant Worktime at Full Power	7 Hours
Worktime at Energy-saving Mode(25%)	≥35 Hours
Charge Time	Max power 5~6 Hours
Charge Temperature	<60°C
Discharge Temperature	-20°C~60°C
Switch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



Packing Type

1unit(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