

DISEÑO ILUMINACION LED CON PANELES SOLARES CERRO EL VOLADOR

KAREN YULIANA OROZCO CASTAÑO

ANDRES MAURICIO VELASQUEZ ORTIZ

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

DECANATURA DE INGENIERIA

INGENIERIA ELECTRICA

MEDELLIN

2017

DISEÑO ILUMINACION LED CON PANELES SOLARES CERRO EL VOLADOR

KAREN YULIANA OROZCO CASTAÑO

ANDRES MAURICIO VELASQUEZ ORTIZ

Trabajo de grado para optar al título de ingeniería en electricidad

Asesor

Carlos Mario Moreno Paniagua

Ingeniero electricista

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

DECANATURA DE INGENIERIA

INGENIERIA ELECTRICA

MEDELLIN

2017

CONTENIDO

1. Planteamiento del problema	10
1.1 Descripción.....	10
1.2 Formulación.....	10
2. Justificación	11
3. Objetivos	12
3.1 Objetivo general.....	12
3.2 Objetivos específicos	12
4. Marco teórico.....	13
4.1 Historia.....	13
4.2 Energía solar Fotovoltaica.....	14
4.3 Radiación solar	15
4.4.1 Implementación de la energía solar en Antioquia	18
4.5 Ventajas y desventajas de las instalaciones fotovoltaicas.....	19
4.6 Casos de iluminación pública con paneles solares	21
4.6.1 ¿Cómo funciona esta energía?.....	22
4.6.2 Consumo de energía fotovoltaico promedio Mes.....	23
5. Metodología.....	25
5.1 Tipo de proyecto	25
5.2 Método	25
5.3 Recolección de la información	26
5.3.1 Fuentes Primarias.....	26
5.3.2 Fuentes Secundarias.....	26
6. Resultados del proyecto	27
6.1 Inspección visual y levantamiento de la información.....	27
6.2 Especificaciones del proyecto	27
6.3 Niveles de Luminancia e Iluminancia	28
6.4 Selección de luminarias.....	29
6.5 Calculo factor de mantenimiento.....	30

6.6	Simulación y resultados software DIALUX 4.12.....	33
6.7	Calculo de regulación.....	34
6.8	Uso racional de la energía	34
6.8.1	Calculo del SLEEC.....	34
6.8.2	Calculo del DPEA.....	35
6.8.3	Clasificación energética.....	36
6.9	Infraestructura a utilizar	37
6.9.1	Bateria Sunrise power co. MT122050	37
6.9.2	Panel fotovoltaico policristalino módulo TSM – 250 PC/PA05A	39
6.9.3	Inversor de onda sinusoidal pura SureSine-300 de Morningstar.....	44
6.9.4	Regulador de carga solar Prostar MPPT de Morningstar.....	45
6.10	Puesta a Tierra	51
7.	Conclusiones.....	53
8.	Recomendaciones	54
9.	Referencias bibliográficas	55
10.	Bibliografía	55
11.	Anexos	56

Lista de Figuras

Figura 1.	Mapa de radiación solar 2005.....	16
Figura 2.	Esquema de montaje paneles solares.	17
Figura 3.	Instalación del techo solar.	19
Figura 4.	Esquema de montaje alumbrado público con energía solar.	23
Figura 5.	Vista del tramo a evaluar.	27
Figura 6.	Diseño de iluminación en el software Dialux 4.12	33
Figura 7.	Disposición de la vía.	35
Figura 8.	Detalles Bateria Sunrise power co. MT122050	39
Figura 9.	Mapa de posición del sol mes de enero 2017	42
Figura 10.	Mapa de posición del sol mes de marzo 2017	42
Figura 11.	Mapa de posición del sol mes de mayo 2017	42

Figura 12. Mapa de posición del sol mes de julio 2017	43
Figura 13. Detalles Panel fotovoltaico policristalino módulo TSM – 250 PC/PA05A	43
Figura 14. Detalles Inversor de onda sinusoidal pura SureSine-300 de Morningstar	45
Figura 15. Detalles Regulador de carga solar Prostar MPPT de Morningstar	51

Lista de Tablas

Tabla 1.....	16
Tabla 2.....	24
Tabla 3.....	24
Tabla 4.....	28
Tabla 5.....	29
Tabla 6.....	29
Tabla 7.....	31
Tabla 8.....	32
Tabla 9.....	32

Lista de Anexos

ANEXO 1. Mapa de jerarquización vial ciudad de Medellín.....	56
ANEXO 2. Tabla de clasificación energética de las instalaciones de alumbrado público.....	56
ANEXO 3. Manual de procedimientos de alumbrado público.....	56
ANEXO 4. Plan maestro de iluminación ciudad de Medellín.....	56
ANEXO 5. Anexo general de Alumbrado Público, Municipio de Medellín.....	56
ANEXO 6. Norma EPM RA5-010.	56

Resumen

DISEÑO ILUMINACION LED CON PANELES SOLARES CERRO EL VOLADOR

KAREN YULIANA OROZCO CASTAÑO
ANDRES MAURICIO VELASQUEZ ORTIZ

La presente tesis busca ayudar a la problemática del uso racional de la energía y la implementación de energías limpias, da a conocer el concepto de iluminación con luminarias tipo led utilizando como fuente de alimentación energía solar fotovoltaica siendo así totalmente autónomo. Las variables que considerar son la urbanización de la población, la conciencia medio ambiental y la digitalización de la sociedad.

El objetivo principal es realizar un diseño de iluminación para un confort de seguridad de manera visual considerando los parámetros de luminancia e iluminancia, uniformidad, iluminación óptima, deslumbramiento, condiciones de contraste adecuadas y colores correctos. Se utilizó como software de simulación DIALUX 4.13 para la visualización de los resultados fotométricos y luminotécnicos del sitio evaluado.

Palabras claves: fotométricos, fotovoltaica, Iluminancia, Luminancia, luminotécnicos

Abstract

DESIGN LED LIGHTING WITH SOLAR PANELS HILL EL VOLADOR

KAREN YULIANA OROZCO CASTAÑO

ANDRES MAURICIO VELASQUEZ ORTIZ

The present thesis seeks to help the problem of rational use of energy and the implementation of clean energy, discloses the concept of lighting with LED luminaires using as a power source photovoltaic solar energy being thus completely autonomous. The variables to consider are urbanization of the population, environmental awareness and the digitization of society.

The main objective is to realize an illumination design for a security comfort of visual way considering the luminance and luminance parameters, uniformity, optimum illumination, glare, suitable conditions of contrast and correct colors. DIALUX 4.13 simulation software was used for the visualization of the photometric and lighting results of the evaluated site.

Keywords: photometric, photovoltaic, Illumination, Luminance, lighting technicians

Glosario

Deslumbramiento: Es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución de luminancias.

Equipotencializar: Es la potencia de una de las líneas del circuito este con referencia a tierra.

Fotometría: Es una disciplina que estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética, solamente dentro del rango visible del espectro, Es decir, se encarga de medir la intensidad de la luz.

Fotovoltaica: Es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable , obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica.

Iluminancia: La iluminancia es la cantidad de luz, o flujo luminoso, que llega a un área de unidad de una superficie.

Luminancia: Es el concepto de intensidad luminosa emitida por unidad del área de una superficie en una dirección específica.

Uniformidad: Semejanza o igualdad que presentan las características de los distintos elementos de un conjunto.

Introducción

La sociedad se encuentra en pleno proceso de cambio y la velocidad con la que evolucionan las cosas ha hecho que surja la pregunta de cómo podemos contribuir con el medio.

Actualmente, se podría decir que la sociedad se está enfrentado a tres cambios, fuertemente influenciados por tendencias globales, como lo son: la urbanización de la población, la conciencia medio ambiental y la digitalización de la sociedad. Algunos estudios estiman que alrededor de 2/3 partes de la población mundial vivirán en grandes urbes para el 2050, esto implicaría mayor consumo energético. La conciencia medio ambiental es una tendencia que se impone, buscando sostenibilidad en cualquier proceso. Finalmente, como consecuencia del desarrollo tecnológico, el mundo va en pos de la digitalización o comúnmente denominada; “el internet de las cosas”.

Teniendo en cuenta las dos primeras tendencias, se debe ser cuidadoso con respecto al incremento del uso de la luz debido a la creciente conciencia medioambiental. Por ende, los diseños de iluminación requieren de planificación inteligente y sostenible a largo plazo. Un buen diseño de iluminación puede hacer una ciudad más segura y confiable, a su vez brindándole una apariencia que la convierta en un motor económico.

Lo que se buscó con este trabajo, es realizar el diseño de iluminación de la carrera 65 por calle 67 (cerro tutelar el volador) garantizando confiabilidad, sostenibilidad y eficiencia, cumpliendo con los estipulado en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), las Normas CIE 115-1995 “*Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic*”, CIE 140-2000 “*Road Lighting Calculations*” y con el anexo general del municipio de Medellín para alumbrado público.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

Dado el crecimiento y la demanda energética que han estado manejando los entes controladores. Los municipios que se encargan de manejar los activos del sistema de alumbrado público, encuentran un gran inconveniente a la hora de manejar un uso económicamente sostenible y eficiente de la energía. Los activos del sistema de alumbrado público también generan usos ineficientes en su infraestructura dado a la implementación de nuevas tecnologías las cuales mejoran las características en los productos siendo así de mejores cualidades de aprovechamiento a la hora de implementar proyectos de iluminación en las ciudades.

La vegetación e individuos arbóreos en las ciudades también representan un gran inconveniente dado a que en algunos lugares se hace muy complicada la instalación de redes eléctricas aéreas por tal motivo se opta por soluciones económicamente sostenibles y amigables con el planeta como lo son la energía fotovoltaica.

1.2 Formulación

¿La solución óptima para aplicar el uso racional de la energía en sistemas de iluminación, sería con fuentes de energía renovable?

2. Justificación

Tomando como punto de partida podríamos expresar la importancia que tiene el tipo de energía renovable en nuestro entorno. Actualmente las pequeñas generadoras de energía que existen a base de combustible han generado demasiada contaminación.

Por ende, el implementar paneles solares que generan energía a partir de radiación solar implica un gran avance para nuestra sociedad, es dejar atrás la generación del exceso de gases de invernadero que afectan directamente a la atmósfera e indirectamente a todos los seres vivos del planeta.

Por lo anterior, podríamos concluir una creciente necesidad en los últimos tiempos, de optimizar los espacios utilizados para la distribución de energía, y su minimización en zonas urbanas o semiurbanas además de la tendencia a reducir costos apoyados en criterios técnicos en el diseño de paneles solares ha sembrado la necesidad de diseñar nuevos tipos de celdas fotovoltaicas y luminarias experimentando con varios materiales.

Este trabajo quiere mostrar soluciones amigables con el medio ambiente que le ayudara al hombre como es del caso a utilizar la energía solar para implementar en su hogar, lugares de labor y espacios públicos. Este tipo de energía verde que está innovando el mundo en la búsqueda de formas de limpiar o reducir la contaminación ambiental.

Por lo cual, en la ciudad de Medellín, se cuenta con el 97,3 % de sus puntos luminosos (Alumbrado Público) con fuente de sodio alta presión distribuidas en diferentes potencias 70 W, 150W, 250W, 400W y 1000W, estas representan un consumo mensual promedio de 7,6 Gwh, por tal motivo se pretende cambiar el tipo de fuentes utilizadas en la ciudad, es ahí donde las luminarias LED cumple un papel fundamental (menor costo de consumo de energía).

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Realizar diseño de iluminación, cumpliendo con los parámetros establecidos por RETIE y RETILAP, para el cerro tutelar el volador.

3.2 Objetivos específicos

- Recopilar información sobre las condiciones dispuestas en la vía del cerro tutelar el volador para determinar la infraestructura a utilizar en la propuesta luminotécnica.
- Evaluar con base en la información recopilada, las características técnicas que debe cumplir el proyecto según sea su categoría y su espacio a iluminar.
- Elaborar diseño luminotécnico en el software DIALUX y la documentación asociada al mismo (memorias de cálculos eléctricos y fotométricos, informe del proyecto auto declaración de diseño, presupuesto de obra y los planos del proyecto) para entrega al municipio de Medellín.
- Elaborar recomendaciones para la instalación y mantenimiento de la infraestructura a utilizar.

4. Marco teórico

4.1 Historia

El término fotovoltaico proviene del griego phos, que significa “luz” y voltaico, que proviene de la electricidad, en honor al científico italiano Alejandro Volta, (que también proporcionar el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de Medidas). El término fotovoltaico comenzó a usarse en Inglaterra desde el año 1849. El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construye hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts, quién recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de solo un 1%. Russel Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles. La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los laboratorios Bell, descubrieron de manera accidental que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz. Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente el 6%. La URSS lanzó su primer satélite espacial en el Año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter Lles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics. La primera nave espacial que uso paneles solares fue el satélite norteamericano Vanguard, lanzado en marzo de 1958. Este hito generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios para el desarrollo de las comunicaciones, en los que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. Fue un desarrollo crucial que estimuló la investigación por parte de algunos gobiernos y que impulsó la mejora de los paneles solares. EN 1970 La primera célula solar con etéreo estructura de arseniuro de galio (GaAs) y altamente eficiente se desarrolló en la extinguida URRS por Zhore Alferov y su equipo de investigación. La producción de equipos de deposición química de metales por vapores orgánicos o MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition). No se desarrolló hasta los años 80 del siglo pasado, limitando la capacidad de las compañías en la manufactura de células solares de arseniuro de galio. La primera compañía que manufacturó paneles solares en

cantidades industriales, a partir de uniones simples de GaAs, con una eficiencia de AM0 (Air Mass Zero) del 17% fue la norteamericana ASEC (Applied solar Energy Corporation), la conexión dual de la celda se produjo en cantidades industriales por ASEC en 1989, de manera accidental, como consecuencia de un cambio del Ga As sobre los sustratos de Ga As a Ga As sobre sustratos de germanio. El dopaje accidental de germanio (Ge) con GaAs como capa amortiguadora creó circuitos de voltaje abiertos, demostrando el potencial del uso de los sustratos de germanio como otras celdas. Una celda de uniones simples de Ga As llegó al 19% de eficiencia AMO en 1993. ASEC desarrolló la primera celda de doble unión para las naves espaciales usadas en EEUU, con una eficiencia de un 20% aproximadamente. Estas celdas no usan el germanio como segunda celda, pero usan una celda basada en GaAs con diferentes tipos de dopaje. De manera excepcional, las células de doble unión de GaAs pueden llegar a producir eficiencias AMO del orden del 22%. Las uniones triples comienzan con eficiencias del orden del 24% en el 2000, 26% en el 2002, 28% en el 2005, y han llegado, de manera corriente al 30% en el 2007. En este mismo año, dos compañías norteamericanas Emcore Photovoltaics y Spectrolab, producen el 95% de las células solares del 28% de eficiencia (Energía_Solar, 2013).

4.2 Energía solar Fotovoltaica

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde. La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiación. La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar. Sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible

concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones. La irradiación directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1354 W/m² (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m² y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m²) (Ibáñez Plana Manel, 2004).

4.3 Radiación solar

La energía proveniente del sol, viaja hasta la tierra como ondas a través de mecanismo de radiación. “El sol está compuesto en un 90% de hidrógeno, un 7% de helio y un 3% del resto de elementos químicos. La energía se genera en el sol en un proceso de fusión nuclear por el que el hidrógeno solar se transforma en helio. El 0,73% de la materia se transforma en energía. El sol emite al espacio energía en forma de radiación electromagnética” (Osborne, 2015). La radiación solar interceptada por la Tierra (180 PW) es muchas veces mayor que la potencia energética actualmente consumida es por esto que la energía solar fotovoltaica ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impulsada por la necesidad de asumir los retos que se presentan en materia de generación de energía (UPME Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, 2010).

La interacción entre la radiación solar (ondas de energía o partículas llamadas fotones), y los electrones (partículas materiales u ondas), hace que estos últimos ganen tal energía que generen un flujo de cargas negativas o corriente eléctrica. “El efecto fotovoltaico es la conversión directa, de radiación electromagnética en corriente eléctrica” (Osborne, 2015). La tecnología fotovoltaica es tal vez una de las mejores formas de aprovechar la energía solar. Otros conceptos importantes los define la Ley 697 de octubre 3 de 2001 del Congreso de la República de Colombia (Congreso de la Republica de Colombia, 2001).

Consecuentemente mediante dicho proceso se quiere mejorar, de forma sustancial el entorno del área circundante al cerro el volador, disminuyendo el consumo energético, y aumentando la eficacia de la instalación, gracias a que esta tendrá un con alta eficiencia.

En Colombia la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) ha realizado varios estudios sobre los niveles de radiación en el territorio colombiano, estos estudios se han realizado anualmente e indican los valores de radiación a y sus resultados se pueden verificar por mes.

Tabla 1.

Niveles de radiación solar por región.

REGIÓN	kWh/m ² /año
GUAJIRA	1.980 - 2.340
COSTA ATLÁNTICA	1.260 - 2.340
ORINOQUIA	1.440 - 2.160
AMAZONIA	1.440 - 1.800
ANDINA	1.080 - 1.620
COSTA PACÍFICA	1.080 - 1.440

Fuente: extraído de <http://www1.upme.gov.co/Paginas/default.aspx>

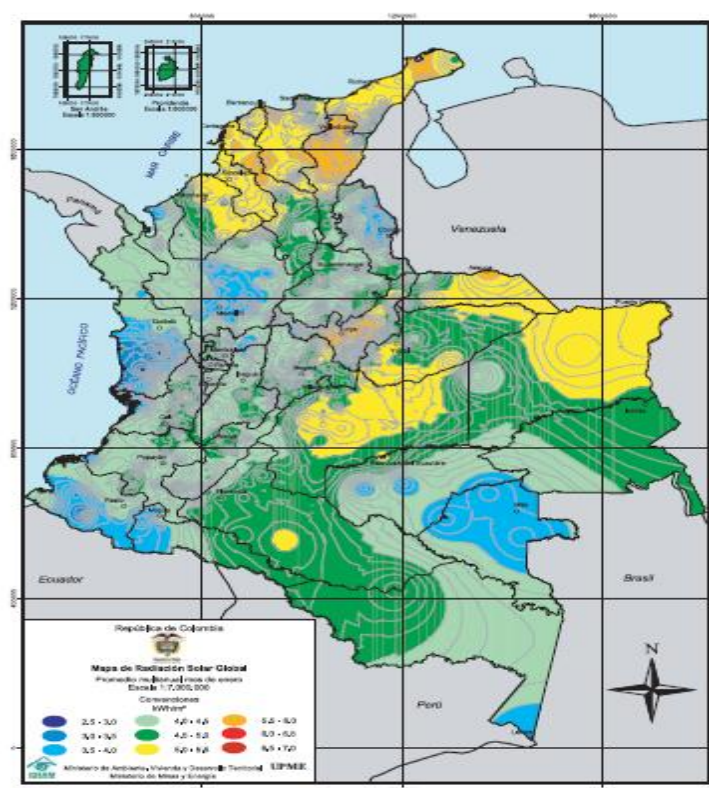


Figura 1. Mapa de radiación solar 2005.

Fuente: extraído de <http://www1.upme.gov.co/Paginas/default.aspx>

La Energía solar llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta) 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 foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

4.4 Energía solar instalada en el Mundo

La Alianza del Mercado Fotovoltaico (PVMA) ha publicado un informe en el que analiza los datos de instalaciones solares fotovoltaicas en 2016, y las noticias son realmente buenas. En total, en 2016 se instalaron 75 GW de energía fotovoltaica, lo que supone un crecimiento del 50% sobre la potencia instalada en 2015 que fue de 50 GW.



Figura 2. Esquema de montaje paneles solares.

Fuente: Fue extraído de <http://www.diariorenovables.com/2017/01/potencia-fotovoltaica-instalada-mundo-2016.html>

La potencia fotovoltaica instalada en todo el mundo supera ahora los 300 GW.

China ha sido el principal motor de este crecimiento con esta tecnología, con un total de 34 GW de fotovoltaica instalados. Esto representa un crecimiento de un 126% respecto a los datos del año anterior en el gigante asiático. Estos 34 GW representan el 45% de toda la potencia fotovoltaica instalada en el mundo en 2016.

El segundo lugar de este podio lo ocupa Estados Unidos, donde el mercado de la energía fotovoltaica ha crecido a un ritmo muy importante, instalando un total de 13 GW, prácticamente el doble que el año anterior. Finalmente, el tercer lugar es para Japón, donde se ha instalado un total de 8,6 GW en 2016, un descenso respecto a los 10,8 GW de 2015.

Europa ha instalado menos del 10% del total mundial, con solo 6,5 GW instalado en todo el continente impulsados principalmente por Alemania, Francia y Turquía.

India se está erigiendo como un nuevo protagonista en esta carrera, con 5 GW instalados en 2016, subiendo desde los 2 GW instalados en 2015. 2017 se prevé que el crecimiento siga con 8 o 9 GW instalados.

Mientras tanto, en nuestro país el mercado fotovoltaico sigue avanzando, en un futuro muy cercano lo único que puede cambiar este parón es un cambio de normativa de autoconsumo o la futura subasta renovable con 3.000 MW a ofertar.

4.4.1 Implementación de la energía solar en Antioquia. Colombia tiene un gran potencial para desarrollarla según la empresa Celsia, en comparación con naciones líderes como Alemania o China, el país recibe una irradiación 15 por ciento superior, gracias a su ubicación geográfica, sin estaciones y con su de variedad de pisos térmicos.

Consta de 96 módulos que empezaron a suministrar energía verde al centro comercial La Reserva, ubicado en alto de Las Palmas, con una capacidad instalada de 30,72 Kwp (kilovatio hora pico), con lo cual se cubre más del 50 por ciento de la demanda de energía de las zonas comunes. Los 96 paneles equivalen a 992 árboles sembrados al año, es una contribución al medio ambiente y una compensación a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Los techos, que reciben la carga desde que haya luz solar -teniendo el pico más alto al medio día- funcionan aún con nubosidad y van cargando los paneles que distribuyen en tiempo real. O sea, sin batería que se carga.



Figura 3. Instalación del techo solar.

Fuente: Fue extraído <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/antioquia-le-apuesta-a-la-energia-solar-80708>

4.5 Ventajas y desventajas de las instalaciones fotovoltaicas

- Ventajas: la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras es no contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere mucho mantenimiento.
- Los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida en la cual los edificios ya construidos, pueden generar su propia energía de forma segura y silenciosa.
- No consume combustibles fósiles.
- No genera residuos.

- No produce ruidos es totalmente silenciosa.
- Es una fuente inagotable.
- Ofrece una elevada fiabilidad y disponibilidad operativa excelente.
- En conclusión, la energía fotovoltaica es generada directamente del sol. Los sistemas fotovoltaicos no tienen partes móviles, por lo tanto, no requieren mantenimiento y sus celdas duran décadas.
- Además de poseer ventajas ambientales también debemos tener en cuenta las socio-económicas. Instalación simple. Tienen una vida larga (Los paneles solares duran aproximadamente 30 años).
- Resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad. Puede instalarse en zonas rurales.
- Desventajas: de este sistema de generación de energía, no es tanto el origen de dicha energía que es el Sol, que tiene reservas que exceden de nuestras necesidades, ni tampoco la materia prima de donde se extrae el silicio, que consiste en arena común muy abundante en la naturaleza: se trata de la técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos que es complejo y caro.
- Requiere una importante inversión inicial.
- Es una energía de difícil almacenamiento.
- No es económicamente competitiva con otras energías actuales. Producción variable según climatología del lugar y época del año.

4.6 Casos de iluminación pública con paneles solares

La tendencia de bajar costos y realizar un mantenimiento mínimo a los sistemas de alumbrado público está motivando a varias ciudades del mundo a utilizar nuevas alternativas de iluminación en las vías, al emplear la iluminación Led y paneles solares en los postes; esta es una solución que se une a los propósitos del cuidado del medio ambiente.

Esta nueva tecnología proporciona hasta cuatro veces más intensidad luminosa que una lámpara fluorescente tradicional, con una vida útil de hasta 60 mil horas, garantizando el encendido durante toda la noche, los 365 días del año, aún en condiciones extremas de tiempo nublado.

Al tener una larga duración, los sistemas Led reducen los gastos periódicos de mantenimiento y sustitución de bombillos que, a diferencia de las fuentes convencionales de luz, el rendimiento de estos; se degrada poco a poco y llegan a perder paulatinamente el 30 % de su intensidad, después de 60 mil horas de funcionamiento. Otro aspecto que hace atractivos estos sistemas autónomos es que almacenan la energía que consumen, porque se alimentan de paneles solares, de donde toman la corriente que necesitan para funcionar.

Por tanto, no requieren de tendido de cable eléctrico, lo que ofrece a las localidades, donde se instalan, una iluminación estética, no generan emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y se pueden instalar en cualquier lugar.

El país hasta ahora está incursionando en el uso de la tecnología Led y los paneles solares en el alumbrado público.

Un ejemplo de ellos es el proyecto fotovoltaico autónomo Off-Grid, que realizó la compañía Alta Ingeniería XXI Ltda., para Autopistas del Café, siendo la primera planta de energía solar de 20 kilovatios (KW) que se haya construido en Colombia, para ofrecerle iluminación autónoma al túnel Santa Rosa vía Dosquebradas (Risaralda).

Este es un modelo para Colombia, pues se demostró que con el uso del sol se minimiza el gasto energético y se disminuye la emisión de gases efecto invernadero, siendo de gran beneficio para el medio ambiente.

Otro ejemplo es el realizado en las instalaciones del campo petrolero en Aguazul (Casanare), que es operado por la empresa Equión.

Allí la firma Col Energy instaló varios postes con tecnología solar e iluminación Led, que ha representado a la compañía petrolera ahorros económicos importantes en el consumo de energía y un aporte ambiental significativo para el hábitat del área (Urbano, 2014).

4.6.1 ¿Cómo funciona esta energía? Durante el día, el sistema captura la energía solar y cuando llega la noche, las luces se encienden, estas cuentan con sensores automáticos que van aumentando la intensidad de la luz a medida que se oscurece.

Lo mismo ocurre en la mañana, cuando sale el sol, los sensores detectan la luminosidad y van apagándose paulatinamente. La autonomía diseñada es de dos días, para tener respaldo en días nublados.

Es una solución ecológica que además ayuda a mejorar las condiciones de visibilidad en la noche, lo que significa la seguridad que se requiere durante esas horas. El esquema de alumbrado público con energía solar se presenta a continuación:

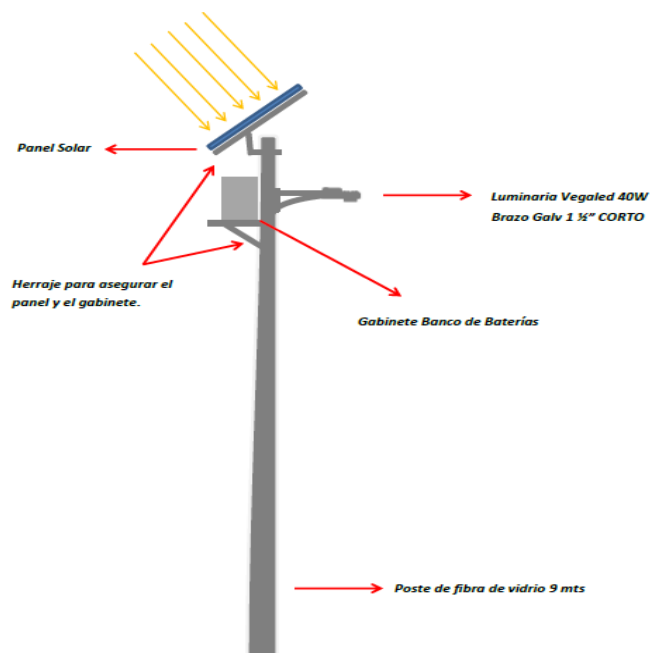


Figura 4. Esquema de montaje alumbrado público con energía solar.
Fuente: Diseño propio.

4.6.2

Consumo de energía fotovoltaico promedio Mes. El

consumo de energía que se genera en la iluminación del cerro tutelar el volador, se puede observar en los siguientes cálculos realizados con la información nominal de la luminaria y el voltaje generado por los paneles solares. En ellos se puede observar los valores nominales del consumo de energía de una luminaria Vega led de 40w durante 12 horas de trabajo habituales en el Alumbrado público.

Además, también se observa el consumo total del todo el sistema y los kW-h totales que se generan en este proyecto de iluminación, el cual es suplido en su totalidad por la generación de energía eléctrica a partir de las emisiones de rayos solares recibida y transformada por el Kit solar instalado en este lugar; pero quizás lo más notable en estos cálculos es la cantidad de energía que no será conectada a ningún sistema eléctrico de redes convencionales de la ciudad.

Tabla 2.

Consumos y costos actuales.

CONSUMO DE LUMINARIAS NA 70W	
CANTIDAD	49
P (W)	81
V (V)	240
I (A)	0,3375
Total W	3969
HR Consumo	12
kw-h	3,969
Días Mes	30
kw-h Totales Mes	1428,84
Valor kw-h	388,9
Costo Mes de energía	555675,876

Fuente: Diseño propio.

Nota: los valores están en pesos colombianos (COP).

Tabla 3.

Consumos y costos proyectados.

CONSUMO DE LUMINARIAS VEGALED 40W LED	
CANTIDAD	51
P (W)	40
V (V)	110
I (A)	0,36
Total W	2040
HR Consumo	12
kw-h	2,04
Días Mes	30
kw-h Totales Mes	734,4
Valor kw-h	388,9
Costo Mes de energía	285608,16

Fuente: Diseño propio.

Nota: los valores están en pesos colombianos (COP).

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

La estrategia metodológica que se aplicó al proyecto fue de tipo descriptivo e investigativo.

5.2 Método

Es fundamental resaltar lo siguiente, para obtener resultados exitosos la instalación se debe ejecutar de acuerdo con las especificaciones técnicas descritas por el fabricante, en el cual aplica; instalación, ubicación y distribución.

Inicialmente se hace una recopilación de la información de la cual se realiza una clasificación y luego una vez complementada se verificó minuciosamente las condiciones expuestas a las que está sometida este tipo de instalación son: la polución (conllevan a un constante mantenimiento, generando un costo), el hurto (debido al nuevo avance tecnológico es muy susceptible a robo).

Finalmente con esta información se realiza el diseño de iluminación cumpliendo con los parámetros exigidos por la norma RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación Alumbrado Público) este ente es el encargado de regular y normalizar el alumbrado público en Colombia y la norma RETIE (Reglamento Técnico de instalaciones eléctricas) el objetivo de este reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, vida animal y vegetal así como la preservación del medio ambiente previniendo todo riesgos de origen eléctrico. Para estos diseños en la ciudad de Medellín se deben cumplir con estos parámetros.

Al ingresar el proyecto para el diseño de alumbrado público debe contener un plano urbanístico en 3D con paisajismo si es necesario. Por otra parte, se utiliza el software (Dialux 4.13) para realizar los cálculos fotométricos. Adicionalmente estos deben ir acompañados por cálculos eléctricos, informe del proyecto, auto declaración de constructor (es el encargado de ejecutar lo planteado en el diseño), la declaración del diseñador, considerar los temas de costo y presupuesto al sacar las cantidades de obra y mano de obra; se anexan los planos que serán

entregados al Municipio de Medellín (Alumbrado Público Subsecretaría de Servicios Públicos, 2015).

5.3 Recolección de la información

5.3.1 Fuentes Primarias. Reglamento Técnico de Iluminación Alumbrado Público (RETILAP), reglamento Técnico de instalaciones eléctricas (RETIE), unidad de planeación minero energética (UPME), registro Fotográfico.

5.3.2 Fuentes Secundarias. Biblioteca Institución universitaria pascual bravo, manual de espacio público de la ciudad de Medellín, manual de silvicultura de la ciudad de Medellín, plan maestro de iluminación de la ciudad de Medellín, manual de procedimientos de alumbrado público de la ciudad de Medellín.

6. Resultados del proyecto

6.1 Inspección visual y levantamiento de la información

Durante la visita a campo, se encontraron luminarias de sodio 70W implementadas en su mayoría en postes de redes de alumbrado público de una altura de 8 metros. Lo que se busca con este diseño es implementar los postes de alumbrado público existentes, postes de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) de 9 m proyectados y cambiar las luminarias existentes sobre la vía de acceso, evitando al máximo la implementación de nuevos postes y garantizando niveles adecuados de iluminación además de lo antes mencionado se pretende realizar con paneles de energía solar fotovoltaica y luminarias Led.



Figura 5. Vista del tramo a evaluar.

Fuente: Google maps

6.2 Especificaciones del proyecto

Dirección: carrera 65 por calle 67 (cerro tutelar el volador).

Descripción de proyecto: Diseño de la vía de circulación del Cerro El Volador, se proyectan luminarias con fuente de tecnología LED y sistema de generación energía solar fotovoltaica.

Categorización del proyecto: B.

Categorización de la vía: M4.

Se busca realizar el diseño de iluminación del proyecto descrito anteriormente con el fin de dar cumplimiento al RETILAP, bajo los criterios, ya sea de luminancia o iluminancia. Garantizando valores adecuados de uniformidad, índice de deslumbramiento, SLEEC, eficiencia energética y regulación de tensión. Este diseño está compuesto por clase de iluminación M4. La categorización del proyecto se realizó de acuerdo al RETILAP en su capítulo 6 sección 610.2. La categorización de la vía se realizó de acuerdo al diagrama de jerarquización vial del municipio de Medellín, el cual se encuentra adjunto en los anexos del presente informe.

6.3 Niveles de Luminancia e Iluminancia

De acuerdo con [1] los niveles de luminancia, uniformidad general (U_0), uniformidad longitudinal (U_L), índice de deslumbramiento (TI), iluminancia promedio (E_{prom}) y alrededores sin andenes (SR) para cada tipo de vía se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4.

Niveles mínimos requeridos de acuerdo al tipo de vía [1].

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-Rutas Adyacentes		Relación de alrededores		
							En andenes adyacentes	Alrededor sin andenes	
CLASE DE ILUMINACIÓN	L_{prom}	U_0	U_L	TI	E_{prom}	U_0	E_{prom}	U_0	SR
	cd/m^2	$\geq \%$	$\geq \%$	$\leq \%$	luxes	$\geq \%$	luxes	$\geq \%$	%
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N.R	15	10	40	6	33	N.R
M5	0,6	40	N.R	15	7,5	40	5	33	N.R

Fuente: RETILAP.

Dónde:

L_{prom} : Luminancia promedio mínimo mantenido

U_0 : Factor de uniformidad mínimo

U_L : Factor de uniformidad longitudinal de luminancia mínimo

TI: Incremento de umbral máximo inicial

E_{prom} : Iluminancia promedio mantenida en luxes

SR: Relacion de alrededores minimo

Sin embargo, el diseño se realizó como un diseño dedicado, es decir; bajo criterios de iluminancia e uniformidad general, con base en la Tabla 5, lo cual es permitido por el RETILAP al tratarse de un tipo de vía M4. La razón para realizarlo como diseño detallado es: las interdistancias entre postes son bastantes diferentes y los tramos no tienen más de 100 m. Por lo tanto, el diseño debe cumplir con lo que se encuentra en las Tablas 4 y 5.

Tabla 5.

Valores mínimos mantenido de iluminancia promedio (L_x) en vías [1].

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia según tipo de superficie de la vía [luxes]			Uniformidad de la iluminancia
	R1	R2 Y R3	R4	$E_{min} / E_{prom}(\%)$
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Fuente: RETILAP.

6.4 Selección de luminarias

Tabla 6.

Características y especificaciones de la luminaria.

DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS
Tipo de luminaria	Alumbrado público, exterior vehicular
Tipo de servicio	Diseño detallado
Tipo de diseño	Infraestructura existente poste de 8m y brazo 52/0° de 1,5m
Tipo de montaje	Luminarias de vías vehicular a 7m
Referencia de luminaria	VegaLED 40W

Fuente: Diseño propio.

6.5 Cálculo factor de mantenimiento

La iluminancia o luminancia provista inicialmente a una instalación, sea de iluminación interna o externa, se reduce gradualmente durante su vida útil. Por tal motivo, el RETILAP y la Norma CIE 17.4 – 1987 describen este fenómeno como “factor de mantenimiento”. El factor de mantenimiento se define como: “la relación de la iluminancia media o luminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso de la instalación respecto del valor medio de iluminancia o luminancia obtenida bajo las mismas condiciones cuando la instalación es nueva”:

Para el caso puntual de alumbrado público, se utiliza el concepto de iluminancia mínima mantenida (E_{prom}) o luminancia mínima mantenida (L_{prom}), es decir; en lugar de implementar la iluminancia o luminancia de puesta en servicio de la ecuación, se emplean la iluminancia y luminancia mínima mantenida.

El factor de mantenimiento será función fundamentalmente de:

- Tipo de bombilla y depreciación del flujo luminoso.
- La estanqueidad del sistema óptico de la luminaria definida a lo largo de su funcionamiento.
- La naturaleza y modalidad de cierre de la luminaria.
- La calidad y frecuencia de las operaciones de mantenimiento.
- El grado de contaminación de la zona donde se instale la luminaria.

Para el cálculo del factor de mantenimiento se recurrió al documento “ANEXO GENERAL” del Municipio de Medellín [2], en el cual se describe el factor de mantenimiento como el

producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las bombillas y de depreciación de las luminarias, tal como se describe a continuación.

$$FM = FDFL * FDLU \quad (2)$$

Dónde:

FM : Factor de Mantenimiento

FDF : Factor de depreciación de flujo luminoso

FDLU : Factor de depreciación de la luminaria

De acuerdo con la Tabla 7, por tratarse de una vía, el intervalo de limpieza es de 2 años.

Tabla 7.

Tabla de agrupador geográfico/ intervalos de limpieza [2].

Agrupador Geográfico	Intervalo de limpieza
Escenario deportivo	3 años
Vías	2 años
Arquitectónico	2.5 años
BLA (Basic Load Area)	3 años

Fuente: Anexo general de Alumbrado Público, Municipio de Medellín.

Para la vía se proyectan luminarias led referencia VegaLED de marca Celsa, de acuerdo a la Tabla 8, valores dados por el fabricante estas tienen una vida útil (tiempo en el que el flujo decae al 70%) de 50.000 horas, por lo tanto, el diseño se proyecta para 11,4 años siguiendo todo lo descrito en [2].

Tabla 8.

Factores de depreciación del flujo luminoso de las bombillas Med (FDFL) [2].

FDFL		
Potencia	Tecnología	Periodo de funcionamiento en horas
		50.000
40	LED	0,9

Fuente: Diseño propio.

$$\mathbf{FDFL=0,9}$$

El dato se obtuvo de acuerdo a información suministrada por el fabricante en función de las horas de funcionamiento presupuestadas en el diseño.

Finalmente, tomando como referencia el intervalo de limpieza de la luminaria y teniendo en cuenta un IP6X y un grado de contaminación bajo, el factor de depreciación luminica es de 0,91.

Tabla 9.

Factores de depreciación de luminancia (FDLU) [2].

Grado de protección	Grado de contaminación	Intervalo de limpieza en años					
		1 año	1,5 años	2 años	2,5 años	3 años	3,5 años
IP 2X	Alto	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42	0,38
	Medio	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53	0,50
	Bajo	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78	0,76
IP 5X	Alto	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76	0,73
	Medio	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	0,80
	Bajo	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87
IP 6X	Alto	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83	0,81
	Medio	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86
	Bajo	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89

Fuente: RETILAP.

Como resultado de la selección anterior, el factor de mantenimiento será:

Luminaria VegaLED 40W	$FM = 0,9 * 0,91 = 0,82$
-----------------------	--------------------------

Valor que con base en [2] deberá estar entre $0,85 \leq FM \leq 0,65$.

6.6 Simulación y resultados software DIALUX 4.13

Para la realización y simulación de los diseños se empleó el software DIALUX 4.13 versión 4.13.0.1.

Para el diseño se empleó como área Vía 2 caracterizada de acuerdo a las Tablas 4 y 5.

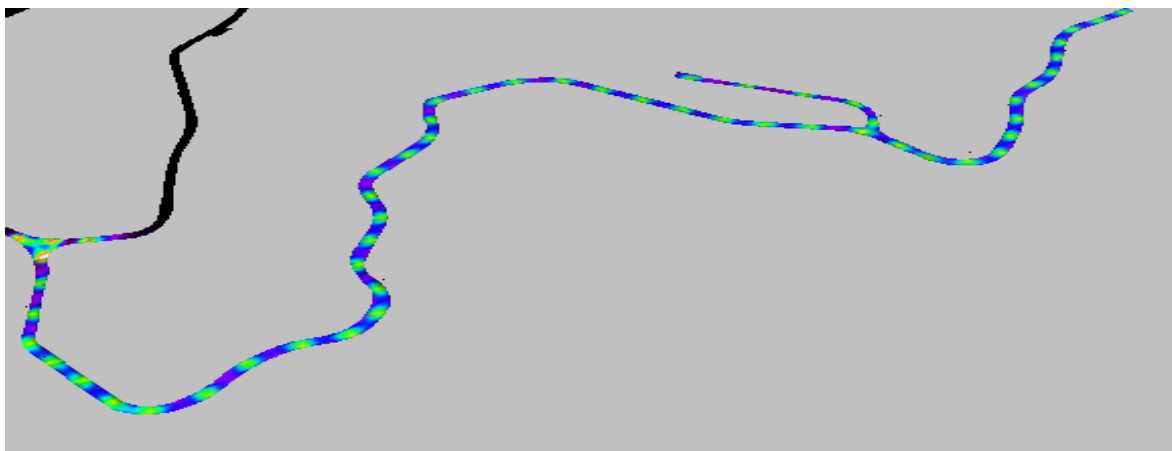


Figura 6. Diseño de iluminación en el software Dialux 4.13

Fuente: DIALUX 4.13.

En los anexos del presente informe se adjuntan todos los datos con valores de iluminancia e uniformidad, teniendo en cuenta que el diseño se realizó como un diseño detallado.

6.7 Cálculo de regulación

La alimentación eléctrica del proyecto se realizará por medio de paneles solares, por tanto, no tendrá punto de conexión.

6.8 Uso racional de la energía

Uno de los numerales más importantes de este documento es el uso racional de la energía. Este indicador muestra que tan eficiente es la instalación mediante la coherencia entre la iluminación implementada y el área a iluminar. Para corroborarlo, se emplea el SLEEC (Street lighting Energy Efficiency Criterion) o criterio de eficiencia energética [2].

Cálculo del SLEEC.

Donde S_m es la distancia promedio entre dos puntos de iluminación contiguos en metros. En los casos donde no sea posible una medición de una línea homogénea en las instalaciones de alumbrado público, el S_E se calculará de la siguiente forma:

$$S_E = \frac{P}{E_{Prom} * S_{media}} \quad (4)$$

$P=40$ W

$E_{prom}= 14$ lx

$S_{media}= 25.7$ m

Dónde:

S_{media} : El área promedio iluminada, dividido el número de luminarias, obteniendo el área teórica promedio iluminada

P : Potencia de la luminaria (unitaria) (incluidas las perdidas) [W]

E_{Prom} : Iluminancia promedio mantenida en luxes

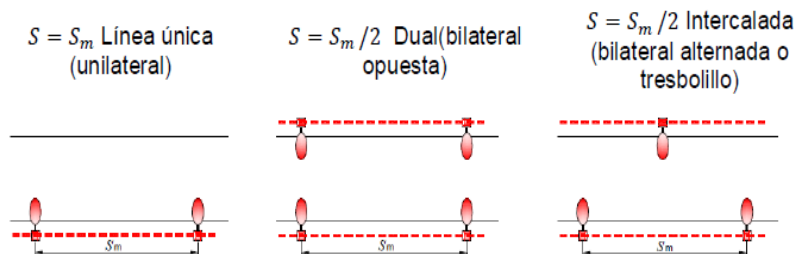


Figura 7. Disposición de la vía.
Fuente: RETILAP.

Teniendo en cuenta que el diseño se realizó bajo el criterio de diseño detallado debido a las irregularidades en las inter-distancias entre postes y áreas a evaluar, se implementó (4) para el cálculo del S_E , por lo tanto, los cálculos quedan de la siguiente forma:

Vía 2	
$S_E = \frac{40}{14 * 179.9}$	$S_E = 0,016$

Para el cálculo, se tomó el área más grande, que a su vez es iluminada por las mismas luminarias.

Calculo del DPEA. Se tiene que:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Area total iluminada}} \quad (5)$$

Haciendo el cálculo teniendo en cuenta el área iluminada entre dos puntos luminosos consecutivos, incluyendo la vía de 7 metros y andén de 1.5 metros se tiene que [5]:

$$DPEA = \frac{(2) (40 W)}{(7 m)(51.4 m)}$$

$$DPEA = \frac{80 \text{ W}}{359.8 \text{ m}^2}$$

$$DPEA = 0.22 \text{ W/m}^2$$

De acuerdo a la tabla 510.6.1 del RETILAP, como no se excede el valor de 1.9 W/m^2 se concluye que esta instalación cumple en cuanto a criterios de uso racional de energía

Clasificación energética.

Para el cálculo de la clasificación energética del presente proyecto VIAL se toman los lineamientos que se encuentran en [2].

$$E = \frac{1}{S_E} \quad (6) \quad I_E = \frac{E}{E_R} \quad (7) \quad ICE = \frac{1}{I_E} \quad (8)$$

E : Eficiencia energética [W]

I_E : Índice de eficiencia energética

E_R : Valor de eficiencia energética de referencia en función del nivel de iluminancia en servicio proyectada

ICE : Índice de consumo energético

Vía 2		
$E = \frac{1}{0,016} = 62.5$	$I_E = \frac{62.5}{22} = 2.84$	$IEC = \frac{1}{2.84} = 0,35$

Acorde con la Imagen 4, la cual se encuentra en el anexo del presente informe, la clasificación energética de la instalación es A, con lo cual se concluye que el proyecto es eficiente.

6.9 Infraestructura a utilizar

- postes de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) de 9m.
- Brazos 52/0°.
- Panel fotovoltaico policristalino módulo TSM – 250 PC/PA05A.
- Gabinete eléctrico para exteriores IP65.
- Batería Sunrise power co. MT122050.
- Inversor de onda sinusoidal pura SureSine-300 de Morningstar.
- Regulador de carga solar Prostar MPPT de Morningstar.
- Luminarias VegaLED 40 W.

6.9.1 **Batería Sunrise power co. MT122050.** Consideraciones y mantenimiento:

En las baterías tipo AGM (Absorbent Glass Mat, electrolito inmovilizado) VRLA (Valve Regulated Lead Acid, válvula de regulación de gases), son aquellas donde el electrolito se absorbe a las placas por atracción. Son baterías herméticas, muy resistentes a los escapes excepcionales y se pueden utilizar en todas las posiciones, tienen una vida útil de 10 años.

Cuidado general:

- Se debe usar siempre ropa, guantes y gafas de protección al trabajar con baterías.
- Mantener chispas, llamas y objetos metálicos alejados de las baterías.

- Se debe utilizar una llave con agarradera aislante al conectar baterías.
- Se debe revisar que todas las conexiones de los cables a las terminales estén debidamente apretadas; las conexiones que están demasiado apretadas o demasiado flojas pueden quebrarse, fundirse o quemarse, las conexiones defectuosas pueden provocar que el rendimiento sea bajo.
- Para evitar cortocircuitos, no ponga objetos sobre la batería.
- No agregar ácido a las baterías.
- Se puede formar corrosión en las terminales si no se les limpia y seca; para evitar dicha corrosión, aplique una capa fina de vaselina o de protector para terminales que se puede adquirir comercialmente, recuerde que la parte superior y las conexiones de las terminales deben estar limpias.
- Se debe limpiar la parte superior de la batería, las terminales y las conexiones con un paño o cepillo y una solución de bicarbonato de sodio y agua. No permita que la solución de limpieza entre en la batería.
- Las baterías de gel y de separador de fibra de vidrio absorbente (AGM) producen gas, pero generalmente no lo liberan, pudieran liberarlo si se genera suficiente presión interna dentro de la batería durante la carga.
- Las baterías de gel son a prueba de derrames y por eso se pueden colocar en posición horizontal o vertical.
- Si se ve líquido sobre la batería de gel o de separador de fibra de vidrio absorbente (AMG), puede significar que la batería está siendo sobrecargada y que su rendimiento y vida útil se reducirá.

- Revisar los cable y conexiones de la batería, remplace los cables dañados, apriete las conexiones que estén flojas.
- Mantener el área donde está la batería limpia y seca.
- No se debe agregar agua a las baterías de gel o de separador de fibra de vidrio absorbente (AMG) ya que estas no pierden cantidades importantes de agua durante su uso.
- Las baterías de gel y de separador de fibra de vidrio absorbente (AMG) nunca se deben ecualizar.

Detalle y dimensiones:

Nominal Voltage		12 V
Capacity(10HR, 25°C)		205 Ah
Dimension	Length	522mm (20.5inch)
	Width	238mm (9.37inch)
	Height	218mm (8.58inch)
	Total Height	221mm (8.70inch)
Approx. Weight		65kg (143lbs)
Internal resistance (Fully charged, 25°C)		Approx. 3.5m Ω
Capacity affected by temperature (10HR)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	65%
Self-discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 82%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature		25°C ± 3°C (77°F ± 5°F)
Operating temperature range		-15°C ~ 50°C (5°F ~ 122°F)
Float charging voltage(25°C)		13.50 to 13.80V
Cyclic charging voltage(25°C)		14.50 to 14.90V
Maximum charging current		60A
Terminal material		Copper
Maximum discharge current		1500A(5 sec.)



Figura 8. Detalles Batería Sunrise power co. MT122050

Fuente: <http://www.ercoenergia.com.co/>.

6.9.2 Panel fotovoltaico policristalino módulo TSM – 250 PC/PA05A.

Consideraciones y mantenimiento:

Trina Solar garantiza el producto durante un período de 10 años y 25 años de Garantía limitada de la potencia de salida la pérdida de la potencia de salida respecto a la nominal especificada en la correspondiente Ficha Técnica del Producto medida en condiciones normales de prueba (STC, por sus siglas en inglés) para Productos policristalinos no excederá 2.5 % en el primer año, posteriormente 0.7% por año, finalizando con 80.7% en el 25° año desde la Fecha de inicio de la Garantía.

Cuidado general:

- No pararse ni pisar el módulo.
- No dañar ni rayar las superficies delantera o trasera del módulo.
- No utilizar un módulo con vidrio roto o sustrato roto. Los módulos rotos no pueden repararse y ponerse en contacto con la superficie del módulo o el bastidor pueden provocar una descarga eléctrica.
- No desmontar los módulos ni extraiga ninguna parte del módulo.
- Proteger los contactos del enchufe contra suciedad; no realice ninguna conexión de enchufe utilizando contactos de enchufe sucios.
- No instalar ni maneje los módulos cuando estén mojados o durante períodos de mucho viento.
- No cortocircuitar el positivo y el negativo de un solo módulo SPV.
- No desconectar bajo carga.
- Revisar que los conectores no tengan separación entre los aisladores. Un hueco puede causar peligro de incendio y / o peligro de una descarga eléctrica.
- En la mayoría de las condiciones climáticas, la lluvia normal es suficiente para mantener limpia la superficie del vidrio del módulo fotovoltaico. Si polvo o suciedad la acumulación se convierte en excesiva, limpiar el vidrio solamente con un paño suave que usa detergente suave y agua.

- No limpiar los módulos con agua fría durante las horas más cálidas del día para evitar la creación de calor choque que puede dañar el módulo.
- Tener precaución al limpiar la superficie posterior del módulo para evitar la penetración del material del sustrato. Módulos que son (0° ángulo de inclinación) deben limpiarse con más frecuencia, ya que no se limpiarán con la misma eficacia que los módulos montados a una inclinación de 15° o superior.
- Al menos una vez al año, se recomienda comprobar el par de los tornillos de los terminales y el estado general del cableado. También, compruebe que el hardware de montaje esté correctamente ajustado. Las conexiones flojas resultarán en daños a la matriz.
- Los módulos de reemplazo deben ser del mismo tipo. No toque las partes activas de los cables y conectores. Use una seguridad apropiada (herramientas aislantes, guantes aislantes, etc.) cuando se manipulan módulos.

Inclinación y Angulo

- Normalmente, la inclinación óptima del módulo SPV es casi la misma que la latitud de la ubicación de la instalación. Latitud de Medellín $6^\circ 15' 06''$.

Orientación e históricos

Se recomienda orientar a 90° hacia el oriente con el fin de aprovechar el tiempo máximo de radiación solar sobre el cerro tutelas el volador.

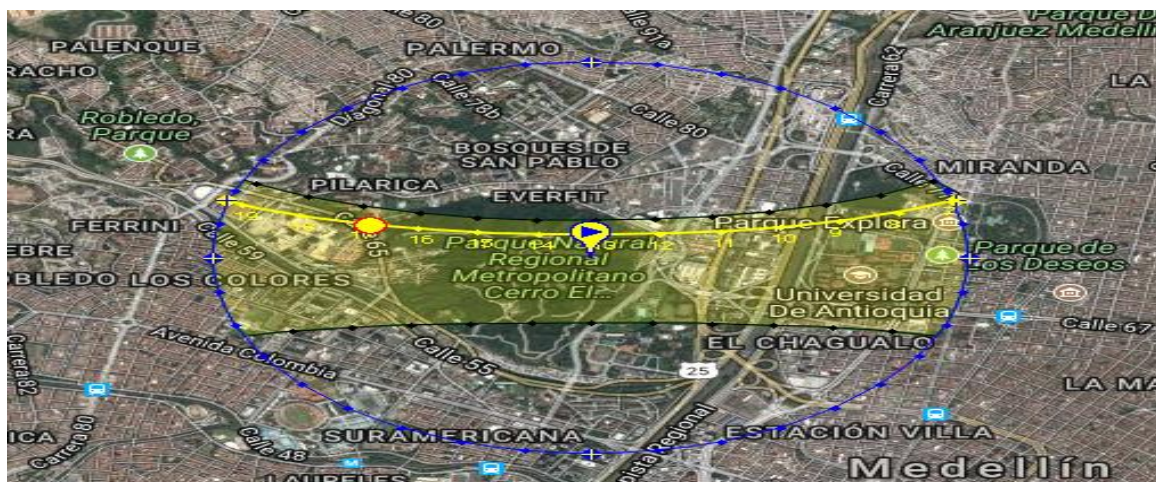


Figura 9. Mapa de posición del sol mes de enero 2017

Fuente: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.



Figura 10. Mapa de posición del sol mes de marzo 2017

Fuente: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

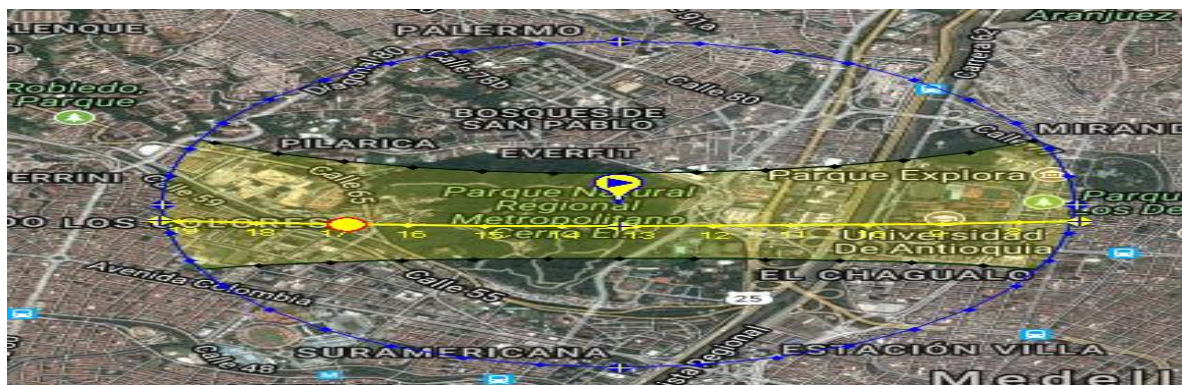


Figura 11. Mapa de posición del sol mes de mayo 2017

Fuente: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

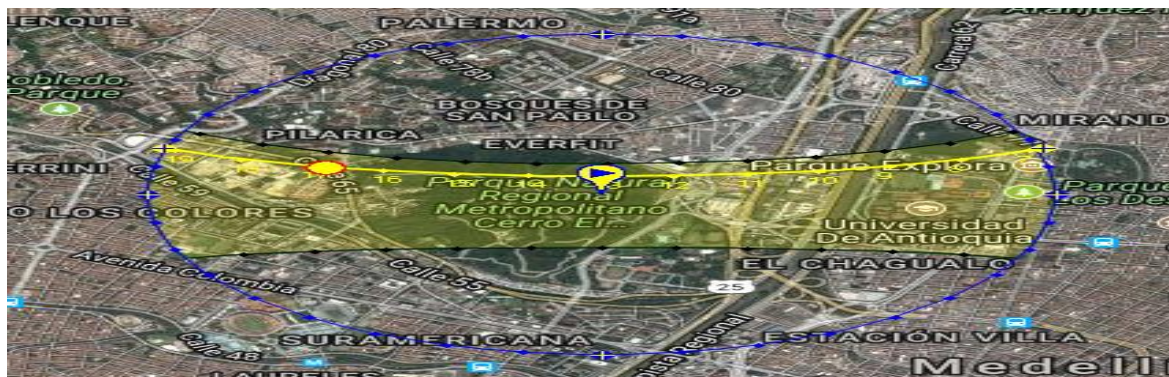


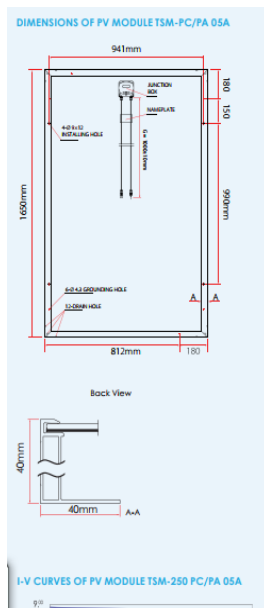
Figura 12. Mapa de posición del sol mes de julio 2017
Fuente: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es.

Potencia diaria generada (Clima óptimo)

- Potencia diaria generada: 1292.2 Wh/día

El valor de la generación en clima óptimo se obtuvo teniendo en cuenta el dato del mes con mayor radiación solar en Medellín (clima óptimo) extraído de “NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data” 4.97Kwh/m²/d.

Detalle y dimensiones:



ELECTRICAL DATA @ STC	TSM-245 PC/PA05A	TSM-250 PC/PA05A	TSM-255 PC/PA05A	TSM-260 PC/PA05A
Peak Power Watts-P _{max} (Wp)	245	250	255	260
Power Output Tolerance-P _{max} (%)	0/+3	0/+3	0/+3	0/+3
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	30.2	30.5	30.9	31.3
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	8.12	8.20	8.26	8.31
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	37.7	37.8	38.0	38.2
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	8.83	8.90	8.95	9.02
Module Efficiency η _m (%)	15.0	15.3	15.6	15.9

Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C).

ELECTRICAL DATA @ NOCT	TSM-245 PC/PA05A	TSM-250 PC/PA05A	TSM-255 PC/PA05A	TSM-260 PC/PA05A
Maximum Power (W)	180	183	187	191
Maximum Power Voltage (V)	27.4	27.7	28.0	28.2
Maximum Power Current (A)	6.56	6.62	6.68	6.76
Open Circuit Voltage (V)	34.6	34.8	34.9	35.1
Short Circuit Current (A)	7.14	7.20	7.24	7.30

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA	
Solar cells	Multicrystalline 156 × 156mm (6 inches)
Cell orientation	60 cells (6 × 10)
Module dimension	1650 × 992 × 40mm (64.95 × 39.05 × 1.57 inches)
Weight	19.5kg (43.0 lb)
Glass	High transparency solar glass 3.2mm (0.13 inches)
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP 65 rated
Cables / Connector	Photovoltaic Technology cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), 1000mm (39.4 inches), MC4



Figura 13. Detalles Panel fotovoltaico policristalino módulo TSM – 250 PC/PA05A
Fuente: <http://www.ercoenergia.com.co/>.

6.9.3 Inversor de onda sinusoidal pura SureSine-300 de Morningstar.

Consideraciones y mantenimiento:

El producto fue suministrado por TRONEX S.A.S, cuenta con garantía de funcionamiento por 2 años de Morningstar garantizado como libre de defectos en materiales y mano de obra.

Cuidado general:

- El SureSine debe ser montado en un lugar fuera del alcance del rayo del sol con flujo de aire en abundancia para una refrigeración apropiada.

- Las superficies exteriores pueden ser limitadas con un trapo húmedo según sea necesario.

- No aplicar energía si la caja del SureSine esta rajada o dañada en cualquier modo.

Inspección anual:

- Se debe ajustar todos los terminales para evitar conexiones resistivas.

- Se debe verificar todos los fusibles del sistema.

- Se debe Inspeccionar en busca de cables quebrados, aislaciones de cables raídas y conductores corroídos.

- Se debe Inspeccionar en busca de suciedad, insectos, nidos y limpie si es necesario.

- Verificar que los indicadores de LED coincidan con las condiciones del sistema y el inversor en ese momento.

- Abrir y cerrar los contactos del control remoto de encendido/apagado, verificando que la salida de CA se conecte y desconecte apropiadamente.

- Si el SureSine no funciona apropiadamente, existe la posibilidad de que se haya quemado un fusible por causa de una polaridad invertida en continua o exceso de corriente.

Detalle y dimensiones:

Especificaciones eléctricas

• Rango de potencia continua	300 Watts a 25°C
• Rango de potencia pico (10 minutos)	400 Watts a 25°C
• Voltaje de entrada de CC	10.0V - 15.5V
• Forma de onda	Onda sinusoidal pura
• Voltaje de salida en CA (RMS)*	220V o 115V +/- 10%
• Frecuencia de salida en CA*	50 o 60Hz +/- 0.1%
• Eficiencia de pico	92%
• Distorsión armónica total (THD)	< 4%
• Consumo propio	
Inversor encendido (sin carga)	450mA
Inversor apagado	25mA
En espera	55mA

• Desconexión por bajo voltaje (LVD)	11.5V o 10.5V**
• Reconexión por bajo voltaje	12.6V o 11.6V**
• Umbral de advertencia de LVD (zumbador)	11.8V o 10.8V**
• Período de demora de LVD	4 minutos
• Desconexión por alto voltaje	15.5 V
• Reconexión por alto voltaje	14.5 V
• Umbral de puesta en espera	~ 8 Watts
• Umbral de fin de puesta en espera	~ 8 Watts
• Desconexión por alta temperatura	95°C (disipador)
• Reconexión por alta temperatura	80°C (disipador)

*Hay disponible dos versiones diferentes:
220VCA a 50 Hz o 115VCA a 60Hz
Otros voltajes de salida disponibles sobre el pedido.
**El usuario puede seleccionar cualquiera de las versiones

Protecciones eléctricas

• Polaridad invertida (con fusible)	• Desconexión por alto voltaje
• Corto circuito en CA	• Desconexión por batería baja
• Sobrecarga de CA	• Desconexión por alta temperatura

Especificaciones mecánicas

• Dimensiones	213 x 152 x 105 mm 8.4 x 6.0 x 4.1 pulgadas
• Peso	4.5 Kg / 10.0 libras
• Terminales de CA, máx. diám. cable	4 mm ² / 12 AWG
• Terminales de CC, máx. diám. cable	2.5 a 35 mm ² 14 a 2 AWG
• Terminales remotos de encendido/apagado máx. diám. cable	0.25 a 1.0 mm ² 24 a 16 AWG
• Gabinete	IP20 Fundición de aluminio anodizado

Especificaciones ambientales

• Temperatura ambiente de operación	-40°C to +45°C
• Temperatura de almacenamiento	-55°C to +85°C
• Humedad	100% sin condensación
• Tropicalización	Recubrimiento conforme sobre las placas de circuitos impresos. Encapsulado epoxi en la configuración de transformadores e inductores.



Figura 14. Detalles Inversor de onda sinusoidal pura SureSine-300 de Morningstar

Fuente: <http://www.ercoenergia.com.co/>.

6.9.4 Regulador de carga solar Prostar MPPT de Morningstar. El producto proporciona un seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) carga de la batería para fotovoltaica fuera de la red (PV) sistemas de hasta 1100 vatios, Carga en 4 etapas la batería (en masa, por absorción, mantenimiento, ecualizada), fue suministrado por TRONEX S.A.S, cuenta con garantía de funcionamiento por 5 años de Morningstar garantizado como libre de defectos en materiales y mano de obra.

Cuidado general:

- Instalar el Prostar MPPT en un lugar que evite el contacto accidental, el disparador de calor Prostar MPPT puede llegar a estar muy caliente durante la operación.
- No hay partes que puedan ser reparadas o remplazadas dentro del Prostar MPPT.

- No desmontar ni intentar reparar el controlador.
- No hay fusibles ni dispositivos de desconexión dentro del Prostar MPPT no intentar repararlo.

Para inspeccionar los indicadores led de fallas tenga en cuenta lo siguiente:

Sobrecorriente de carga

Led de estado de error: Rojo intermitente.

Leds de estado de la batería: Secuencia R/Y-G (rojo/amarillo-verde).

Si la corriente de carga excede la capacidad máxima de corriente de carga, el Prostar MPPT desconectará la carga. Una pequeña sobrecarga podría tomar unos minutos para desconectarse, el Prostar MPPT intentará volver a conectar la carga dos veces (10 segundos entre cada intento), si la sobrecarga continua la carga permanecerá desconectada hasta que se desconecte la alimentación y se vuelva a aplicar.

Cortocircuito solar

Led de estado de carga: APAGADO. Los cables de alimentación de entrada solar tienen un cortocircuito. La carga se reanuda automáticamente cuando se elimina el cortocircuito.

Polaridad inversa de la batería

Sin indicación led, la unidad no está encendida. No se producirán daños al controlador. Corrija el cableado incorrecto para reanudar el funcionamiento normal.

Cortocircuito de carga

Led de estado de error: Rojo intermitente.

Led de estado de la batería: Secuencia R/G-Y (rojo/verde-amarillo).

Completamente protegido contra cortocircuitos del cableado de carga, después de dos intentos de reconexión automática de carga (10 segundos entre cada intento), la falla se debe borrar quitando y volviendo a aplicar la alimentación.

Desconexión por alto voltaje solar

Led de estado de carga: Rojo intermitente.

No hay errores del estado de la batería, si el voltaje de circuito abierto de entrada solar (Voc) excede el valor máximo de 120 voltios, el panel permanecerá desconectado hasta que el Voc caiga con seguridad por debajo del valor máximo.

Sensor remoto de temperatura (RTS)

Led de estado error: Rojo intermitente.

Leds de estado de la batería: Secuencia R/Y-G/Y (rojo/amarillo-verde/amarillo).

Una mala conexión del sensor remoto de temperatura (RTS) o un cable roto del RTS ha desconectado el sensor de temperatura durante la carga. La carga se reanuda automáticamente cuando se soluciona el problema, para reanudar la operación sin un RTS, desconecte toda la energía al Prostar MPPT y luego vuelva a conectarla. Si se reinicia el controlador con la falla aun presente, el controlador podría no detectar que el RTS está conectado y los Leds no indicaran

una falla, un modelo con medidor, un medidor RM-1 o el software MSView para PC se pueden utilizar para determinar si el RTS está funcionando correctamente.

Problema con los cables de detección de batería

Led de estado de error: Rojo intermitente.

Leds de estado de la batería: Secuencia R/Y-G/Y (rojo/amarillo-verde/amarillo).

Si una falla en la conexión de detección de la batería (como un cortocircuito, circuito abierto o terminal suelta) se produce después de que la detección de la batería ha estado trabajando, los leds indicaran una falla. Para reanudar la operación sin detección de la batería, desconecte toda la energía al Prostar MPPT y luego vuelva a conectar, si se reinicia el controlador con la falla aun presente, el controlador podría no detectar que la detección de la batería está conectada y los leds no indicaran una falla. Se puede utilizar un medidor RM-1 o el software para PC con el fin de determinar si la detección de la batería está funcionando correctamente.

Desconexión por alto voltaje (HVD) de la batería/carga

Led de estado de error: Rojo intermitente.

Leds de estado de la batería: Secuencia R-G (rojo-verde).

Esta falla se establece cuando el voltaje de la batería está por encima de los límites normales de funcionamiento. El controlador desconectará la entrada solar y establecerá una falla de desconexión por alto voltaje, esta falla es comúnmente causada por otras fuentes de carga en el sistema, que cargan la batería por encima del voltaje admitido por el Prostar MPPT. La recuperación se produce en el umbral de reconexión de la desconexión por alto voltaje (HVD) y la falla se borrará automáticamente.

Temperatura alta del disparador de calor

Led de estado de error: Rojo intermitente.

Leds de estado de la batería: Secuencia R-Y (rojo-amarillo).

La temperatura del disipador de calor ha superado los límites de seguridad y la carga se desconectará, la carga se volverá a conectar automáticamente cuando el disparador de calor se enfríe a una temperatura segura.

Sobrecorriente de la batería

Led de estado de error: Rojo intermitente.

Leds de estado de la batería: Secuencia R/Y-G (rojo/amarillo-verde).

Aunque es poco común, si la corriente de carga de la batería rebasa aproximadamente el 130% de la capacidad de corriente de salida del controlador, esta falla puede ocurrir. La falla se relaciona generalmente con grandes y rápidos sobrevoltajes de la batería (que conectan una carga muy pesada o capacitiva, como un inversor), los cuales son demasiado rápidos para que el controlador pueda regularlos y este se apaga para proteger los circuitos. El controlador volverá a arrancar automáticamente en diez segundos.

Cambio en interruptor (DIP) de ajustes

Led de estado de error: Rojo intermitente.

Leds de estado de la batería: Secuencia R-Y-G (rojo-amarillo-verde).

Si un interruptor de ajustes se cambia mientras haya energía hacia el controlador, el led comenzará la secuencia y la entrada solar se desconectará. El controlador debe ser reiniciado para borrar la falla y comenzar la operación con los nuevos ajustes.

Edición de ajustes personalizados

Led de estado de error: Rojo intermitente.

Leds de estado de la batería: Secuencia R-Y-G (rojo-amarillo-verde).

Un valor se ha modificado en la memoria de los ajustes personalizados, el controlador dejara de cargar e indicara una condición de falla. Después de que todos los ajustes se han modificado, el controlador se debe reiniciar quitando y luego restaurando la energía al controlador, los nuevos ajustes programados se utilizaran después del restablecimiento de energía.

Falla de actualización del firmware

La actualización del firmware no fue programada exitosamente.

El controlador no indicará la secuencia de led de encendido completa de G-Y-R (verde-amarillo-rojo) cuando se restaure la energía al controlador, en su lugar, el controlador se mostrará en verde, y luego se detendrá en amarillo. El led amarillo se mantendrá iluminado y el controlador no completara el arranque ni iniciará la carga; vuelva a intentar la actualización del firmware, este se debe cargar con éxito antes de que el controlador arranque.

Detalle y dimensiones:

Versión		
Eléctricas	PS-MPPT-25, PS-MPPT-25M	PS-MPPT-40, PS-MPPT-40M
Corriente de batería máxima	25 Amperios	40 Amperios
Capacidad de carga de corriente	25 Amperios	30 Amperios
Voltaje de circuito abierto (Voc) de energía fotovoltaica máx.	120 V (sin daño a la unidad)	
Voltaje de batería nominal	12 V o 24 V	
Potencia operacional nominal máx.*		
Batería de 12 voltios	350 W @ 45 °C	550 W @ 45 °C
Batería de 24 voltios	700 W @ 60 °C	1100 W @ 60 °C
Eficiencia máxima	98%	
Rango del voltaje de la batería	10-35 V	
Precisión del voltaje	≤± 0.1% +/- 50 mV	
Autoconsumo	normal: 0.6 W; máximo: 1 W	
Indicadores LED	(1) estatus, (3) estado de carga de las baterías	
Protección contra sobretensiones transitorias	solar, batería, carga	
Ambientales		
Rango de temperatura de funcionamiento	-40 °C a +60 °C	
Rango de temperatura de funcionamiento del medidor	-20 °C a +60 °C	
Temperatura de almacenaje	-40 °C a +80 °C	
Humedad	100% sin condensación	
Tropicalización	Revestimiento de conformación, terminales con clasificación marina	

<p>Control de carga e iluminación</p> <ul style="list-style-type: none"> Ajustes de desconexión y reconexión a bajo voltaje: 11.4 V / 12.6 V o personalizado (x2 para sistemas de 24 voltios) Ajustes de iluminación: Amanecer-anochecer o personalizado <p>Mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Dimensiones <ul style="list-style-type: none"> Estándar: 20 x 17 x 7 cm / 7.9 x 6.7 x 2.8 pulg. con caja de cables: 20 x 28.5 x 9.2 cm / 7.9 x 11.2 x 3.6 pulg. Peso <ul style="list-style-type: none"> Estándar: 1.4 kg / 3.1 lbs con caja de cables: 1.8 kg / 4.0 lbs Rango de tamaño de cable <ul style="list-style-type: none"> Terminales de potencia: 2.5 - 35 mm² / 14 - 2 AWG** Detección de batería/tempo: 0.25 - 1.0 mm² / 24 - 16 AWG Removibles (opción de caja de cables): M20, 1/2", 1" (tamaños de cambio) Carcasa: IP20, Tipo 1 <p>Protecciones electrónicas</p> <ul style="list-style-type: none"> Recuperación automática sin fusibles Aportación solar: sobrecarga, cortocircuito, advertencia de alto voltaje, polaridad inversa, alta temperatura, corriente nocturna inversa Gasto de carga: sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje, polaridad inversa Batería: polaridad inversa (sin retirar la batería) 	<p>Carga de la batería</p> <ul style="list-style-type: none"> Carga en 4 etapas: en masa, por absorción, de mantenimiento, ecualizada 7 ajustes estándar y personalizaciones para la batería Compensación de temperatura <ul style="list-style-type: none"> Coefficiente: -5 mV / °C / celda (25 °C / 77 °F ref.) Rango: -30 °C a +60 °C / -22 °F a +140 °F Valores: Por absorción, de mantenimiento, ecualizada <p>Datos y comunicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> Puerto de comunicación: MeterBus Protocolos: Morningstar MeterBus, MODBUS Registro de datos: 256 días, registros diarios Software para PC: MSView <p>Accesorios</p> <ul style="list-style-type: none"> Dispositivo de protección contra fallo de conexión a tierra (GFPD-150) Sensor de temperatura remoto (RTS) Medidor remoto (RM-1) Caja de cables (PS-MPPT-WB) Adaptador Meterbus PC (MSC) Adaptador de comunicaciones USB (UMC-1) Eje de medidor (HUB-1) Conductor de relé (RD-1) <p>Certificaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> CE, RoHS, ETL (UL1741, UL 62109) ; cETL (CSA - C22.2 No.107.1) TUV (IEC 62109-1) ; FCC Parte 15 Clase B - compatible Fabricado en una instalación certificada por la norma ISO 9001
---	--

Figura 15. Detalles Regulador de carga solar Prostar MPPT de Morningstar

Fuente: <http://www.ercoenergia.com.co/>

6.10 Puesta a Tierra

La seguridad de las personas y los sistemas eléctricos está relacionada directamente con el sistema de puesta a tierra y su equipotencialización. Las redes de alumbrado público son instalaciones eléctricas y como instalaciones eléctricas deben cumplir con muchos de los ítems del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Acorde con la RA5-010, deben garantizar condiciones de seguridad para las personas, animales, medio ambiente y equipos que forman parte de la instalación eléctrica [3]. En [4] se pueden encontrar las funciones de un SPT y son:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electroestáticas y de rayo.

- Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

Según lo mencionado anteriormente, lo realmente importante no es el valor de la resistencia de puesta a tierra tomada de manera aislada, sino garantizar, que las tensiones de contacto, de paso y transferidas se encuentren en límites permisibles y no nocivos para el ser humano. La RA6-10 menciona, dado el caso que técnica y económicamente sea imposible obtener valores de resistencia de acuerdo al RETIE, dependiendo del tipo de instalación, lo importante siempre será controlar las tensiones de contacto y de paso, en caso de falla, a valores seguros para la seguridad humana [5].

Acorde con [3], las puestas a tierra de la red de alumbrado público deben contemplar lo siguiente según le aplique:

- Toda red de alumbrado público debe tener como mínimo una puesta a tierra en el primer y último soporte de la red o ramal de alumbrado.
- En las redes de alumbrado público que presenten grandes longitudes (mayor a 200 metros) o que describen trayectorias complicadas o con muchos ramales debido a un diseño especial de iluminación, se debe instalar una puesta a tierra en promedio cada 200m.
- Todo poste metálico debe tener instalada una puesta a tierra [4].
- Todos los conductores y electrodos de puesta a tierra deben ser de acuerdo a lo especificado en [4].
- Todas las conexiones del conductor de puesta a tierra, se deben realizar mediante terminales, grapas, soldadura exotérmica o los conectores certificados para su uso, es decir; que garanticen continuidad eléctrica y oposición a la corrosión.

7. Conclusiones

Se concluye que el tiempo de vida del panel solar es de mínimo 30 años y que está garantizando que al término de los primeros 20 años de uso debe de producir un mínimo del 85% de su capacidad original, así mismo con base en el análisis de uso promedio de las luminarias tenemos algunas que por su uso no tan constante tiene un estimado de vida de 139 años, lo que implicaría que la persona que las instaló no viviría lo suficiente como para tener que cambiarlas.

Otro beneficio de suma importancia que conllevaría a la implementación de este proyecto sería una notable reducción de gases de efecto invernadero ya que no solo se está produciendo el 76% de energía eléctrica a través de una fuente de bajo impacto sino el consumo que el inmueble proveniente de fuentes contaminantes, se verá reducido por la eficiencia energética de las luminarias en un 41%.

En cuanto a la viabilidad del proyecto, es fácil responder ya que desde la perspectiva del cual se realizó el diseño y se hará la ejecución el proyecto brindara mejor iluminación y seguridad a las personas que transitan esta zona sin ningún inconveniente, en cuanto a la parte ecológica es muy buena ya que desde su instalación, el panel no produce ningún tipo de gas de efecto invernadero ni residuo alguno por lo que no erosiona el suelo, por parte las luminarias LED dentro de las ventajas que posee la más importantes es el bajo consumo de energético, que no tiene sustancias peligrosas o de efectos posteriores a su desecho y su larga vida útil . En lo personal vemos estas tecnologías con más estabilidad y cada vez con más propagación gracias a sus eficientes resultados en otros países y a su uso más frecuente en la industria, alumbrado público y en casa.

8. Recomendaciones

En definitiva, el desafío técnico consiste en estructurar un sistema de suministro de energía (en este caso por ejemplo fotovoltaica), que cumpla con requisitos básicos de un costo inicial no exagerado, un suministro confiable de energía, una durabilidad aceptable y, finalmente, un nivel de complejidad tecnológica que no disienta del nivel que se encontraría en zonas remotas.

Debe por tanto monitorearse sistemas de este tipo y proponer esquemas creativos que permitan acoplarse entre sí.

Si bien una de las características de los paneles fotovoltaicos es su facilidad de integración en prácticamente todos los espacios, nunca está de más tener en cuenta las características estructurales de donde se piensa implementar.

Este tipo de proyectos deben de tomar fuerza ya que es una realidad latente el calentamiento global y sus efectos así que no debemos pensar solo en la parte económica del proyecto sino también en la parte ambiental que tiene nuestro día a día, con el firme objetivo de ir deteniendo este proceso destructivo que de una u otra forma acabara teniendo un impacto en la vida de todo lo seres vivos del planeta.

9. Referencias bibliográficas

- Alumbrado Público Subsecretaría de Servicios Públicos. (2015). Manual Procedimientos AP.
- Congreso de la Republica de Colombia. (2001). *Ley 697*.
- Energía_Solar. (2013).
- Ibáñez Plana Manel, R. P. (2004). Tecnología_solar.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (2013). ANEXO GENERAL DEL RETIE
- RESOLUCIÓN 9 0708 DE AGOSTO 30 DE 2013 CON SUS AJUSTES.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (s.f.). RETILAP.
- Osborne, A. D. (2015). El_Sistema_de_Energia_Solar.
- UPME Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (2010). DIAGNÓSTICO DE LAS FNCE EN COLOMBIA.
- Urbano, B. (2014). ILLUMINATION WITH PHOTO-VOLTAIC.

10. Bibliografía

- Méndez Muñiz Javier María. (2007). Energía solar fotovoltaica.
- Rufes Martínez Pedro. (2012). Energía solar térmica.
- Acevedo Helmer, Hernández Jesús. (2012). Fundamentos de energía solar
- Diaz Marcilla Jacinto, Ruiz García Jesús Enrique. (2012). ORGANIZACION CONTROL MANTENIMIENTO INSTALACIONES SOLARES
- García José Javier. (1983). Calculo de la energía solar.

11. Anexos

ANEXO 1. Mapa de jerarquización vial ciudad de Medellín.

ANEXO 2. Tabla de clasificación energética de las instalaciones de alumbrado público.

ANEXO 3. Manual de procedimientos de alumbrado público.

ANEXO 4. Plan maestro de iluminación ciudad de Medellín.

ANEXO 5. Anexo general de Alumbrado Público, Municipio de Medellín.

ANEXO 6. Norma EPM RA5-010.