

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN
FOTOVOLTAICO MEDIANTE TECNOLOGÍA LED PARA
EL PARQUE CENTRAL DE LA PROVINCIA DE JAÉN -
CAJAMARCA”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA

Autor: Bach. Jesús Alberto Pérez Zulueta

Asesor: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

JAÉN -PERÚ, AGOSTO, 2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día *15* de *Julio* del año *2019*, siendo las *5:45 Pm* horas, se reunieron los integrantes del jurado:

Presidente: **M. Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez**

Secretario: **Dr. Hilda de las Mercedes Oquendo Ferrer**

Vocal: **Mg. Ing. José Andrés Fernández Mera**, para evaluar la sustentación del informe final:

() Trabajo de investigación

(*X*) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICO MEDIANTE TECNOLOGÍA LED PARA EL PARQUE CENTRAL DE LA PROVINCIA DE JAÉN - CAJAMARCA”** presentado por el Bachiller **JESÚS ALBERTO PÉREZ ZULUETA** de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el jurado acuerda:

(*X*) Aprobar () Desaprobar (*X*) Unanimidad () Mayoría


Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| a) Excelente | 18,19,20 | () |
| b) Muy bueno | 16,17 | (<i>17</i>) |
| c) Bueno | 14,15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 o menos | () |

Siendo las *6:45 Pm* horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



M. Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez
Presidente Jurado Evaluador



Dr. Hilda de las Mercedes Oquendo Ferrer
Secretario Jurado Evaluador



Mg. Ing. José Andrés Fernández Mera
Vocal Jurado Evaluador

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICO MEDIANTE
TECNOLOGÍA LED PARA EL PARQUE CENTRAL DE LA PROVINCIA DE
JAÉN - CAJAMARCA”**



Bach. Jesús Alberto Pérez Zulueta

Autor



Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Asesor

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA.**

Aprobado por:



M.Sc. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez

Presidente



Dr. Hilda de las Mercedes Oquendo Ferrer

Secretario



Mg. Ing. José Andrés Fernández Mera

Vocal

Dedicatoria

Ante todo a dios, por bendecirme y guía mis pasos en cada etapa de mi vida. A mis padres Nelsy Zulueta Mejía y Artidoro Pérez Becerra que con su amor y sacrificio me han brindado su apoyo incondicional, por creer en mí y porque siempre están a mi lado en cada una de las decisiones que tomo.

A todos mis hermanos en especial a mi hermana Marilyn que a sido como una segunda madre, les doy gracias con todo mi corazón.

A todos mis profesores, compañeros y amigos con quienes compartí buenos y malos momentos tanto en lo académico como en lo cotidiano

Agradecimiento:

Agradezco a Dios por brindarme el conocimiento y la voluntad de seguir con mi vida profesional, a mis padres por sacarme adelante y brindarme el apoyo para superarme y salir adelante con mi vida profesionalmente. Lo que soy y lo he logrado gracias a su amor y su dedicación.

Agradezco a mis hermanos que estuvieron conmigo en las buenas y las malas en toda mi etapa de vida estudiantil.

Por último, un agradecimiento a mi asesor el Ing. Eduar Mejía Vásquez, por su tiempo y dedicación en todo momento para si culminar con éxito este trabajo de investigación.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Situación problemática	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Planteamiento del problema.....	5
1.4	Formulación del Problema.....	5
II.	OBJETIVOS.....	6
2.1.	Objetivo General.....	6
2.2.	Objetivos específicos	6
2.3.	Hipótesis	6
2.4.	Justificación e importancia	6
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1.	Diseño de investigación	8
3.2.	Evaluación y caracterización del recurso solar.....	8
3.2.1.	Inclinación óptima de los paneles.....	11
3.2.2.	Dimensionamiento y cálculo de iluminación.....	11
3.2.3.	Plano del parque central a iluminar.....	12
3.2.4.	Datos de la luminaria LED a utilizar.....	13
3.3.	Dimensionamiento y cálculo del sistema de fotovoltaico.....	14
3.3.1.	Radiación solar promedio mensual.....	15
3.3.2.	Luminaria seleccionada	15
3.3.3.	Potencia máxima.....	15
3.3.4.	Cálculo del consumo máximo.....	15
3.3.5.	Cálculo para determinar la capacidad de la batería.....	18
3.3.6.	Cálculo para determinar la potencia mínima del generador fotovoltaico.....	18
3.3.7.	Cálculo del número de paneles.....	19
3.3.8.	Cálculo para determinar la corriente del regulador de carga.....	20
3.3.9.	Cálculo para selección de conductores.....	21
3.4.	Sistema de protección	23
3.4.1.	Sistema de puestas a tierra	25
3.4.2.	Esquema eléctrico del sistema de iluminación fotovoltaico.....	26

3.4.3.	Cálculos luminotécnicos.	26
3.5.	Caraterísticas técnicas de los equipos seleccionados	26
3.5.1.	Paneles fotovoltaicos.....	26
3.5.2.	Regulador de carga.....	27
3.5.3.	Baterías.....	28
3.5.4.	Luminarias.....	28
3.5.5.	Conductores.....	28
3.6.	Altura de instalación de las luminarias.	29
3.6.1.	Selección del poste de alumbrado público.	30
3.6.2.	Anclaje de poste.	30
3.6.3.	Esquema general de montaje de poste.....	31
3.7.	Estudio técnico – económico.	32
3.7.1.	Inversión total del SLFV.	33
3.7.2.	Costo referencial mediante energía convencional	34
3.7.3.	Análisis de ahorro económico.	34
3.7.4.	Rentabilidad del proyecto.....	41
IV.	RESULTADOS	45
V.	DISCUSIÓN.....	47
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
VII.	REFERENCIAS BILIOGRÁFICAS.....	51
VIII.	ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Radiación promedio mensual en el parque central de la Provincia de Jaén (kWh/m ² /día)	9
Tabla 2. Iluminación recomendada para parques y jardines	13
Tabla 3. Se presenta la demanda energética a considerar en cada punto de iluminación. ..	15
Tabla 4. Características técnicas de los conductores a utilizar.....	23
Tabla 5. Características técnicas de los paneles policristalinos 130 WP/12 VCD.....	27
Tabla 6. Características técnicas del regulador de carga.	27
Tabla 7. Características técnicas de la batería.	28
Tabla 8. Conductores de Cu TTRF-70(NLT/NMT).....	29
Tabla 9. Tabla referencial para determinar la altura de las luminarias.....	29
Tabla 10. Características generales de postes metálicos.	30
Tabla 11 Características generales de postes metálicos.	30
Tabla 12. Costos de inversión referencial de iluminación LED y SFV.	33
Tabla 13. Costos de inversión referencial de alumbrado público convencional.	34
Tabla 14. Evaluación del costo de la energía con SFV y tecnología LED.....	36
Tabla 15. Evaluación del costo de la energía convencional anual.	38
Tabla 16. Porcentaje referencial de costos de mantenimiento del SFV	39
Tabla 17. Porcentaje referencial de costos de mantenimiento del sistema convencional ...	40
Tabla 18. Ahorro económico anual de costos de mantenimiento.....	41
Tabla 19. Análisis del flujo neto efectivo.....	42
Tabla 20. Flujo de caja anual.....	43
Tabla 21. Cálculo del VAR, TIR y periodo de retorno	43
Tabla 22. Resultados del diseño del sistema fotovoltaico	45
Tabla 23. Resultados del sistema de almacenamiento.....	46
Tabla 24. Resultados para el sistema de regulación.	46

ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de parque central de la Provincia de Jaén.....	9
Figura 2. Comportamiento de la radiación solar con distintas inclinaciones angulares (kWh/m ² /día)	10
Figura 3. Plano parque central de la Provincia de Jaén.....	12
Figura 4. Luminaria LED seleccionada.....	14
Figura 5. Interruptor termomagnético unipolar.....	25
Figura 6. Esquema electrico del SFV con tecnología LED.....	26
Figura 7. Anclaje de poste metálico	31
Figura 8. Esquema de montaje de poste metálico.	32
Figura 9. Pliego tarifario Electro Oriente S.A - Jaén.....	36
Figura 10. Comparación de consumos de energía.....	37

Resumen

El presente proyecto de investigación muestra la alternativa de que nos permita implementar un diseño de un sistema de iluminación de alumbrado público con tecnología LED y alimentada energéticamente por paneles fotovoltaicos para el parque central de la Provincia de Jaén, ya que este tipo de iluminación reduce el impacto ambiental al disminuir gases contaminantes causado por el alumbrado público convencional. El proyecto contempla un análisis teórico, aprovechando el boom de las energías renovables, revisando fuentes bibliográficas que determina las características, usos y ventajas de la iluminación LED a comparación con otro tipo de luminarias tradicionales. Se muestra en el proyecto la evolución y caracterización del recurso solar en el sitio para diferentes ángulos de inclinación con datos obtenidos del aplicativo de la NASA, lo cual para obtener mejores resultados se consideró trabajar con la mínima radiación solar que es $3,71 \text{ kWh/m}^2$. Para determinar y calcular los niveles de iluminación para el parque central de la Provincia de Jaén se optó por una luminaria de 67 W una tensión de 12 V, el diseño y dimensionamiento de cada uno los componentes del sistema fotovoltaico autónomo con un panel de 130Wp. Se incluye al final un estudio técnico – económico con una inversión de S/.43 025,13 y un retorno de inversión de siete años y cuatro meses para una tasa de inversión de 10%, considerando un tiempo de vida del proyecto de 20 años.

Palabras clave: Alumbrado público, tecnología Led, recurso solar, sistema fotovoltaico.

Abstract

The present research project shows the alternative that allows us to implement a design of a lighting system of public lighting with LED technology and powered by photovoltaic panels for the Central Park of the Province of Jaén, since this type of lighting reduces the environmental impact by reducing polluting gases caused by conventional public lighting. The project contemplates a theoretical analysis, taking advantage of the boom of renewable energies, reviewing bibliographic sources that determine the characteristics, uses and advantages of LED lighting compared to other traditional luminaires. The evolution and characterization of the solar resource on the site for different inclination angles is shown in the project with data obtained from the NASA application, which to obtain better results was considered to work with the minimum solar radiation that is $3,71 \text{ kWh} / \text{m}^2$. Decide and calculating the lighting levels for the Central Park of the Province of Jaén was chosen by a luminaire of 67 W a voltage of 12 V, the design and sizing of each one the components of the autonomous photovoltaic system with a panel of 130Wp. A technical-economic study is included at the end with an investment of S / .43 025,13 and a return on investment of seven years and four months for an investment rate of 10%, considering a project life time of 20 years.

Keywords: Public lighting, LED technology, solar resource, photovoltaic system.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación problemática

Todos los aspectos de nuestra vida diaria involucran el uso de energía. Para estos fines los combustibles fósiles tales como el petróleo, el carbón, el gas natural, son los más empleados, y los de más alto riesgo de contaminación, sin embargo, la energía solar puede ser aprovechada de distintos modos y debido a su característica de ser renovable es una excelente fuente de energía alternativa (Alvarado,2015).

Desde tiempos remotos la energía solar ha sido utilizada de formas simples como secar ropa, calentar agua o secar cosechas, pero en la actualidad se ha visto que es posible producir electricidad a través de sistemas solares fotovoltaicos. De igual modo los LEDs en la actualidad se pueden acondicionar o incorporarse a todas las tecnologías de iluminación actuales, casas, oficinas, industrias, edificios, plazas comerciales, parques, calles y avenidas, etc. (Pérez, 2009).

Si el Perú supiera aprovechar la tecnología LED (Ligth Mitin Diode) sólo en alumbrado público estaría ahorrando unos US\$ 600 millones anuales, tal como ahora viene sucediendo en muchos países del mundo que ya aplican esta forma de iluminación ecoeficiente. Dijo David Barrios, director general de la LED Expo Perú (Barrios, 2015).

En el Perú, la tecnología LED apenas alcanza una penetración del 8% y se puede observar sólo en edificios modernos y en empresas que han comprendido que invertir en LED es ahorrar costos y contribuir con la protección del medio ambiente. Los municipios del país, incluyendo el de la Provincia de Jaén, que actualmente es ajena a este tipo de tecnologías, deberían tomar en cuenta esta alternativa de iluminación para calles, avenidas o parques.

Por tal motivo surge la necesidad de implementar un proyecto piloto de alumbrado público del Parque Central de Jaén. El Proyecto de investigación “Diseño de un

sistema de iluminación fotovoltaica mediante tecnología LED para el Parque Central de Jaén – departamento de Cajamarca”, que consiste en aprovechar y caracterizar el recurso solar (irradiación solar) en sus altos índices, para generar energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos, basándose en los cálculos correspondientes para el área de iluminación y el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, dentro de los estándares de iluminación correspondientes.

Para el diseño de iluminación del Parque Central de la Provincia de Jaén, se consultará a la NASA, el Atlas Solar del Perú como también la estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén, para conceptualizar los valores máximos y mínimos de irradiación solar de la zona y para obtener mejores resultados del diseño se considerará trabajar con la mínima irradiación solar.

El dimensionamiento de la fuente energética fotovoltaica que se conforman por los subsistemas: panel fotovoltaico, controlador, batería, inversor, luminaria LED, conductores y equipos de protección (interruptores termomagnéticos e interruptores diferenciales). La selección de todos estos subsistemas se regirá mediante el Código Nacional de Electricidad-Utilización (CNE), y todas las normas vigentes.

Así mismo realizará un estudio técnico-económico para la implementación del sistema de generación fotovoltaica para el Parque Central de la Provincia de Jaén, obteniendo beneficios energéticos-ambientales que estos proporcionan. Se realiza una estimación y comparación de costos en función de la energía generada a través de la concesionaria y un sistema aislado.

Cabe destacar que el proyecto de Diseñar un sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED para el Parque Central de la Provincia de Jaén, contribuirá particularmente a brindar cada vez más mejores servicios de infraestructura, seguridad y comodidad creando una atmósfera en que las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones futuras de la actual.

1.2 Antecedentes

Desarrollaron un plan de ahorro de energía en los sistemas de iluminación en aulas, oficinas, laboratorios y alumbrado exterior en las instalaciones de la ESCOM (Escuela Superior de Computo) del Instituto Politécnico Nacional. Donde optimizaron la instalación, utilizando equipos y aparatos que ayudaron a cumplir la

función de ahorro, así como elementos de control y automatización en los sistemas de alumbrado exterior (áreas verdes, estacionamientos y pasillos) (Arenas y Bravo, 2009).

Se efectuó la propuesta de alumbrado para estacionamiento de la DEA “Dirección de Administración Escolar”, implementando luminarias con tecnología LED, estando alimentada con paneles solares fotovoltaicos, con estas luminarias se obtiene un ahorro de energía. Se muestran los cálculos de iluminación los cuales arrojan un promedio de 20,49 lx, lo cual sobre pasa los límites establecidos por la normativa establecida por la “secretaría de energía” con la que se demuestra que la iluminación propuesta en el proyecto es factible (Guerrero y Vásquez, 2016).

Chávez (2012), manifiesta que el sol al ser una fuente de energía inagotable, debe emplearse paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica, lo cual es muy rentable y ecológico. Asimismo, establece que la inversión para implementar el sistema fotovoltaico se recupera en base al ahorro producido en la facturación del consumo de energía eléctrica en la vivienda.

Vargas, Guevara y Ríos (2014), describen las funcionalidades y principales características de las denominadas autopistas inteligentes y de las innovadoras técnicas de control de los sistemas de iluminación. Asimismo, se presenta una evaluación preliminar del impacto en la reducción del consumo energético y del gasto económico en el alumbrado de autopistas, gracias a la sustitución de luminarias convencionales por luminarias de elevada eficiencia y la instalación de sistemas fotovoltaicos de iluminación. Además, se evalúa la influencia de la implementación de un sistema de control inteligente en las instalaciones fotovoltaicas de iluminación para las futuras autopistas del Ecuador.

Flores (2016), el presente trabajo muestra un estudio de factibilidad que permitirá revelar las ventajas de implementar un sistema de alumbrado público con luminarias led y alimentación solar fotovoltaica, puesto que, este tipo de iluminación es amigable con el ambiente y además se enfoca en una política de mitigación de daños a la naturaleza generando responsabilidad social. Para cumplir con lo antes citado, el estudio en cuestión consideró el sector comprendido entre el redondel del Condado y el redondel Plaza Equinoccial, ubicado en la ciudad de Quito – Ecuador. Para el

sector antes definido, el estudio contempla un análisis teórico que determina las características, usos y ventajas de la iluminación led a comparación de otros tipos de luminarias tradicionales, determinándose además los componentes necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico.

El presente proyecto es una aplicación del uso de tecnologías limpias y de uso eficiente de energía en aplicaciones industriales y domésticas, específicamente como alternativa para iluminar el cerco perimétrico de Aeropuerto de Chiclayo. El tipo de tecnología utilizada es la tecnología solar fotovoltaica y la tecnología de uso eficiente de la energía haciendo uso de luminarias tipo LED en lugar de las opciones tradicionalmente utilizadas que son el uso de energía comercial con lámparas de vapor de sodio. El propósito es ver otras opciones técnicas y económicas viables y reales para iluminar 4 571 metros de cerco perimétrico de 3 metros de ancho de trocha carrozable y con iluminación mínima de 5 lux. Se compara los costos de inversión, instalación, mantenimiento programado y no programado, reemplazo de equipos y gastos asociados al consumo de energía eléctrica en el proyecto de iluminación indicando un horizonte de 20 años (Tinoco, 2015).

Valdiviezo (2014) presenta el diseño de un sistema de fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles para la Pontificia Universidad Católica del Perú. El proyecto muestra la evaluación energética y la determinación de las condiciones de aplicación, los potenciales del recurso energético renovable en el lugar de estudio, y el diseño de cada uno de los componentes de cada subsistema que conforman en sistema fotovoltaico autónomo.

En presente trabajo Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para el alumbrado de la carretera de 2,133 km que enlaza la Universidad Cesar Vallejo filial Tarapoto con la entrada al distrito de Morales en la Provincia de San Martín. Se consultó al Atlas Solar del Perú para conceptualizar el máximo y mínimo valor de irradiación solar en la zona obteniendo un valor entre 3,4 y 4,3 kWh/m² respectivamente, el cual se consideró trabajar con mínima irradiación solar. Por otra parte, se estableció que los paneles fotovoltaicos tengan un ángulo de inclinación de 22,6° en invierno y -7,6° en verano para aprovechar en gran magnitud la irradiación (Salavarría, 2016).

La imposibilidad o inconveniencia técnica y/o económica de conectarse a los grandes sistemas eléctricos, determina priorizar el uso de fuentes de energía solar como la segunda alternativa tecnológica para la solución de las necesidades de electrificación rural vía la implementación de los sistemas fotovoltaicos de uso doméstico o comunal, en áreas geográficas con potencial solar como en la sierra y selva. En el Perú, en años recientes, se han desarrollado proyectos basándose en la energía solar fotovoltaica, para atender las necesidades básicas de energía en zonas aisladas, rurales y de frontera, habiéndose instalado a nivel nacional, paneles solares para dotar de suministro eléctrico a viviendas, locales comunales e instituciones públicas (MINEM, 2015).

Osinermin (2013), concluye que en los países donde el servicio de alumbrado público es asumido íntegramente por los municipios, tienen el incentivo de invertir en nuevas tecnologías a fin de reducir costos. La tecnología LED permite implementar sistemas inteligentes por intermedio del cual se puede monitorear el estado y control de flujo luminoso de manera puntual y remota, reduciendo a un más, los costos de operación y mantenimiento, de la entidad que la gestionan.

1.3 Planteamiento del problema

En la actualidad la iluminación en el alumbrado público es un servicio fundamental y perenne para la humanidad, en el Perú ante el incremento y modernización de las industrias; lo cual inevitablemente lleva al aumento del consumo y demanda energética, urge y debemos optar por implementar un sistema que conlleve a un ahorro energético aplicado al alumbrado público en base a la iluminación Led y haciendo uso de energías renovables y a la vez contribuir con el medio ambiente.

1.4 Formulación del Problema

¿Es posible y rentable el diseño de un sistema de iluminación fotovoltaica mediante tecnología LED para el Parque Central de la Provincia de Jaén?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED para el Parque Central de la provincia de Jaén - Cajamarca.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el recurso solar en la zona del proyecto.
- Determinar los niveles de iluminación tipo LED para el Parque de la provincia de Jaén; basándose en el código nacional de electrificación (CNE) y normativa vigente.
- Dimensionar y calcular el sistema fotovoltaico para el sistema de iluminación LED propuesto.
- Realizar un estudio técnico-económico para el sistema de iluminación fotovoltaica con tecnología LED propuesto.

2.3. Hipótesis

La radiación solar y el consumo energético del alumbrado público, influyen en el diseño del sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED para el Parque Central de la Provincia de Jaén – Cajamarca.

2.4. Justificación e importancia

En el desarrollo del proyecto de investigación se emplea la energía solar para transformarla en energía eléctrica a través de un sistema de panel solar fotovoltaico, para utilizarla en iluminación exterior del parque central de la Provincia de Jaén, no consumiendo combustibles, energía eléctrica de la concesionaria y contribuyendo no sólo en el cuidado del ambiente con menos emisiones de gases de efecto invernadero, sino en el ahorro significativo en el pago del recibo mensual de la energía eléctrica.,

siendo un modelo de aprovechamiento de energía renovable sostenible para zonas rurales de la provincia de Jaén que no cuentan con energía eléctrica.

Este proyecto de tecnología LED, utilizará paneles fotovoltaicos, es decir, se nutren de energía solar durante el día y en las noches nos brindará una iluminación uniforme en la zona de estudio, que ha dado buen resultado en otras partes del Perú. Los LED nos proveen de una luz muy nítida, con una reproducción cromática perfecta, además las luces LED no contienen mercurio y el 90% de esta tecnología es reciclable. El impacto más relevante del alumbrado público con tecnología LED radica en su eficacia luminosa. Emite luz de calidad, con menor energía, así como también sus lámparas tienen una mayor durabilidad que los artefactos convencionales, pueden estar entre 50 000 a 100 000 horas (Osinergmin, 2013).

Si bien su costo de inversión es más alto que los artefactos convencionales, sin embargo, los costos de operación y mantenimiento son mucho más bajos, así como también sus componentes no tienen materiales contaminantes, como por ejemplo mercurio, como es el caso de los artefactos convencionales con lámparas de descarga (Sampe, 2018).

Es importante hacer notar que, en nuestro país la energía por el servicio de alumbrado si bien lo administran las empresas concesionarias, dichos costos son trasladados a los usuarios. Si la principal ventaja de la aplicación de la tecnología LED son los costos beneficios que generarían la reducción de la energía por reemplazar los artefactos existentes, los únicos beneficiarios serían los usuarios.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño de investigación

En el diseño del sistema de iluminación fotovoltaica con tecnología LED para el Parque de la Provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, la metodología empleada es de tipo aplicada con un nivel de investigación descriptiva y un diseño de investigación campo y gabinete (no experimental).

3.2. Evaluación y caracterización del recurso solar

Para la evaluación del recurso solar existen varias instituciones con información de radiación solar, ya sea como el atlas de energía solar del Perú por departamento o por mes, los mapas indican el promedio diario de la irradiación solar en kW/m²/día, también contamos con la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental y así mismo se cuenta con la base de datos de la misma Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (National Aeronautics and Space Administration, NASA). Para el proyecto de investigación debido a cuestiones de tiempos establecidos y presupuesto del proyecto, los datos meteorológicos de radiación solar para el parque central de la Provincia de Jaén se recogen de la NASA, del sitio web de recursos energéticos (meteorología superficial y energía solar).

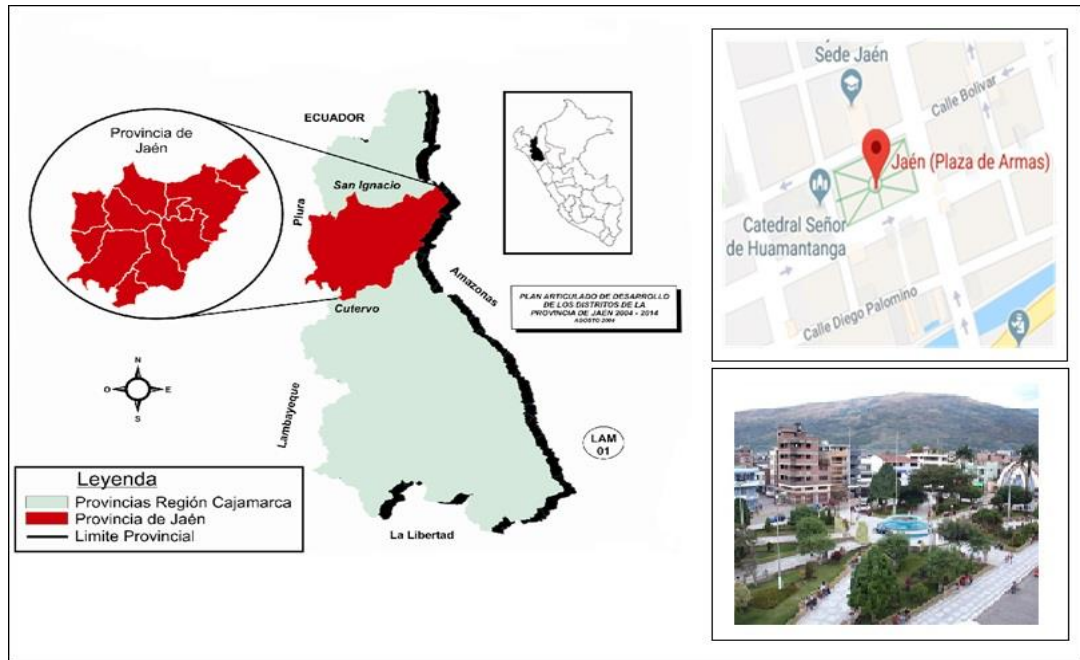


Figura1. Ubicación de parque central de la Provincia de Jaén

Fuente. Elaboración propia

En la (Figura 1), se muestra la ubicación del parque central de la Provincia de Jaén. Disponiendo de las coordenadas geográficas, con una latitud de $-5,706399$ y longitud de $-78,807833$.

Tabla 1.

Radiación promedio mensual en el parque central de la Provincia de Jaén ($kWh/m^2/día$)

Lat -5.706 Lon -78.807	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual
$G_{dm} (0^\circ)$	4,09	3,7	4,19	4,19	4,26	4,18	4,30	4,60	4,91	4,88	5,10	4,56	4,41
$G_{dm} (5^\circ)$	4,13	3,71	4,19	4,23	4,37	4,32	4,43	4,69	4,93	4,89	5,16	4,62	4,47
$G_{dm} (20^\circ)$	4,13	3,64	4,05	4,25	4,55	4,58	4,67	4,79	4,84	4,77	5,15	4,65	4,51
$G_{dm} (90^\circ)$	2,1	1,72	1,58	2,07	2,64	2,91	2,83	2,47	1,87	1,78	2,33	2,40	2,23

Fuente. Elaboración propia. Datos NASA (2019).

Para la evaluación de la radiación solar es recomendable que los paneles fotovoltaicos tengan un ángulo de inclinación de 15° , de acuerdo a la información de la NASA en la tabla 1 se tomara los ángulos de inclinación $G_{dm} (5^\circ)$ y $G_{dm} (20^\circ)$, para favorecer de este modo su auto limpieza y evitar que elementos como hojas y polvo cubran el panel. Para la evolución y caracterización de la

radiación solar, se decide trabajar con la radiación media anual más desfavorable para estos dos ángulos de inclinación, se verifica que corresponde al mes de febrero. En la figura 01, se aprecia el comportamiento de la radiación solar durante el año para inclinaciones de 5° y 20° (Mejia,2018)

Dado que la radiación solar máxima es de $1\text{kW}/\text{m}^2$, el número de horas sol pico es numéricamente igual a la insolación solar diaria promedio. Jaén recibe en el mes más desfavorable que corresponde al mes de febrero y para un ángulo de inclinación de 5° una radiación solar de $3,71\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{día}$. Se puede decir que recibió 3,71 horas de sol por día a $1\text{kWh}/\text{m}^2$. La capacidad de calcular las horas pico de sol es útil porque los paneles fotovoltaicos suelen tener una clasificación de entrada de $1\text{kWh}/\text{m}^2$.

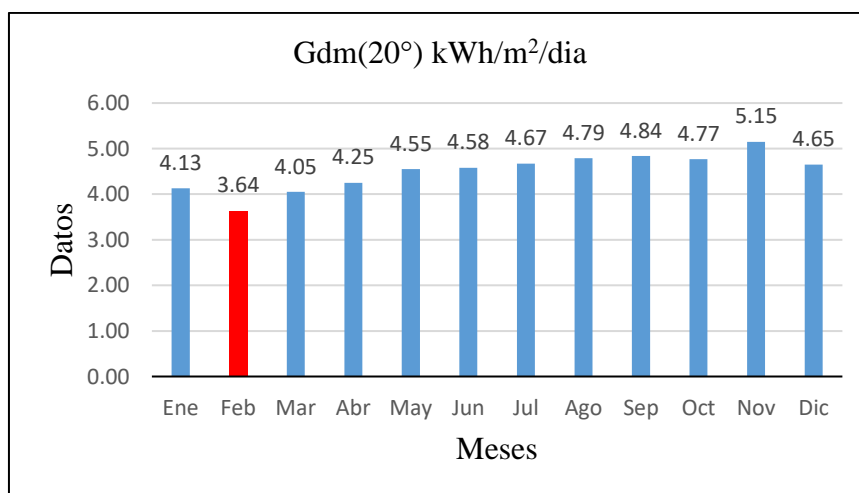
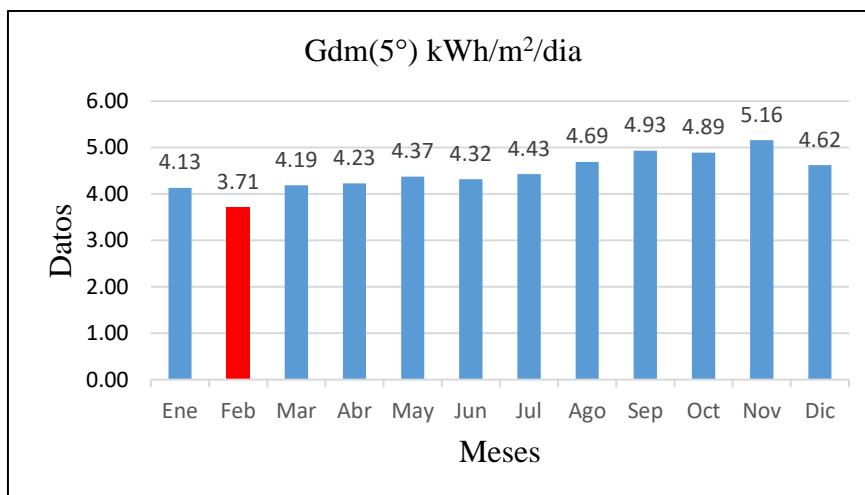


Figura 2. Comportamiento de la radiación solar con distintas inclinaciones angulares ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$)

Fuente. Elaboración propia. Datos NASA (2019).

3.2.1. Inclinación óptima de los paneles.

Para determinar el ángulo de inclinación óptima de una superficie se utiliza una fórmula basada en análisis estadísticos de radiación solar anual sobre superficie (Mejía,2018). Para una latitud del lugar de la zona del proyecto es $-5,706399$ y se determina en la Ecuación 1.

$$B_{opt} = 3,7 + 0,69x|\Phi| \quad (1)$$

$$B_{opt} = 3,7 + 0,69x|-5,706399|$$

$$B_{opt} = 7,64$$

Donde; B_{opt} es el ángulo de inclinación óptima (grados), $|\Phi|$ es la latitud del lugar (grados).

Se obtuvo un ángulo de inclinación de $7,64^\circ$, por lo tanto; según los ángulos obtenidos por el aplicativo de la NASA, se obtiene la mejor radiación en el rango de 5° a 20° , lo cual el resultado obtenido está más cerca al ángulo de 5° ; por lo tanto, se selecciona para la inclinación óptima para los paneles fotovoltaico.

3.2.2. Dimensionamiento y cálculo de iluminación.

Para un sistema de iluminación de alumbrado público mediante energía fotovoltaica el consumo de energía eléctrica del alumbrado público será constante, por lo tanto, es muy importante escoger una lámpara de alta eficiencia y de bajo consumo de energía, su autonomía depende de la capacidad de los paneles fotovoltaicos y la batería.

El diseño del sistema de iluminación instalado. De acuerdo a este nos regimos por la norma basada en alumbrado público R.M N° 013-2003-EM-DM. En esta norma se define el nivel de iluminación para cada tipo de alumbrado y vía de acuerdo a la intensidad del tráfico, el tránsito de peatones y velocidad de los vehículos. el proyecto de iluminación se rige según la norma a un alumbrado tipo V (Anexo 1).

3.2.3. Plano del parque central a iluminar.

Para realizar el cálculo del sistema de iluminación se debe conocer la zona del proyecto. La cual se obtuvo del área de Proyectos de la Municipalidad Provincial de Jaén y puntos GPS realizados en campo. El plano se detalla del parque central en la (Figura 3).

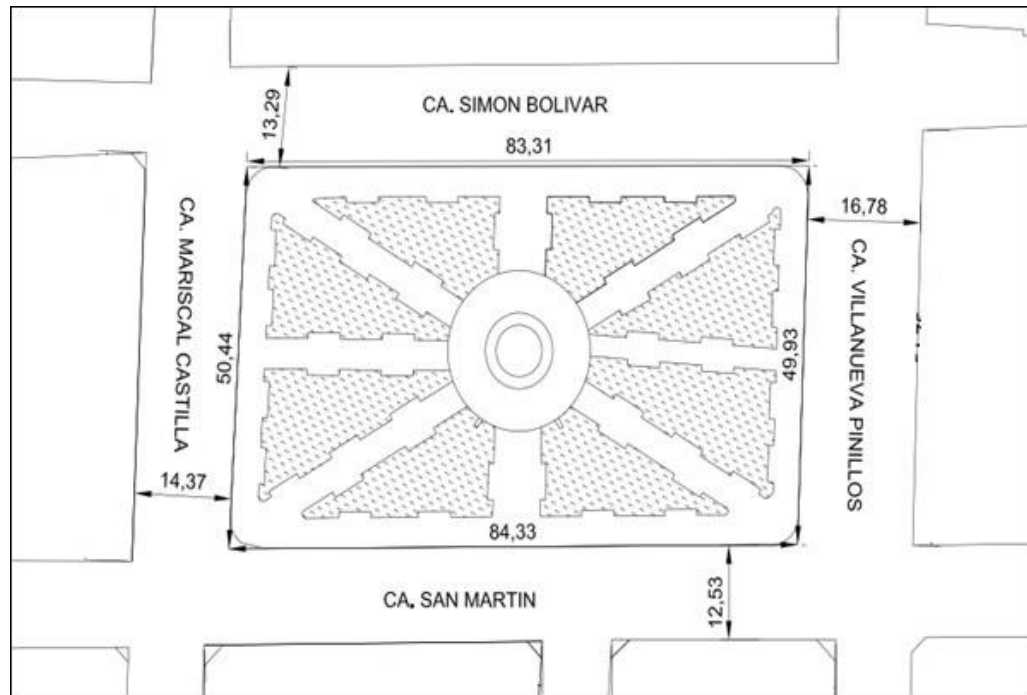


Figura 3. Plano parque central de la Provincia de Jaén.

Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad las luminarias se encuentran instaladas a la red eléctrica, lo cual implica un consumo de energía eléctrica, y utilizan lámparas de vapor de sodio de 150 W de potencia, suministradas por una tensión eléctrica de 220 V. Las luminarias del parque central operan desde las 18:00 horas a las 6:00 horas de siguiente día.

Según la Norma técnica DGE “Alumbrado de vías públicas en zonas de Concesión de Distribución.” 2002. En el interior de las plazas, parques y plazuelas el Concesionario está obligado a instalar unidades de alumbrado en razón de $0,13 \text{ W/m}^2$ como mínimo. En aquellos casos que, a la fecha de publicación de la Norma, existan unidades de alumbrado al interior de una plaza, parque o plazuela y que en su conjunto superen el valor mínimo de W/m^2 establecido en este numeral, deberán mantenerse y no ser sujeto de reducción.

Para efectos de la Norma, el término plaza, parque y plazuela engloba toda área de carácter no privado, a la que cualquier persona tiene acceso irrestricto las veinticuatro horas de todos los días del año. Salvo el caso en que por razones de seguridad y conservación de las instalaciones (mobiliarias) y jardines, exista la necesidad imperiosa de prohibir el ingreso a través de un control de guardianía o un sistema mecánico de seguridad en un determinado periodo del día. No comprende campos deportivos (Dirección General de Electricidad ,2002).

3.2.4. Datos de la luminaria LED a utilizar.

Para el dimensionamiento y cálculo de iluminación se tomó en cuenta las características que da el fabricante de la luminaria LED que se va utilizar. Lo cual se determina en la Ecuación 2:

$$P_t = A_p \times R \quad (2)$$

$$P_t = 4202,16 \times 0,13$$

$$P_t = 546,28 \text{ W}$$

Donde; P_t es potencia total del área del proyecto, A_p es área total del proyecto, R es razón según la norma DGE.

El área total del parque a iluminar y la razón mínima de 0,13 W/m² según la norma DGE, por lo cual al remplazar en la Ecuación 2, se obtuvo una potencia total de toda el área a iluminar de 546,28 Watts. En cual en zonas Urbano – rurales/rurales el flujo luminoso de la lampara no debe ser menor a 3 400 lm por unidad de alumbrado público (DGE, 2002).

Tabla 2.

Iluminación recomendada para parques y jardines

Descripción	Iluminación Nominal en (lx)
Alumbrado General	5
Fondos decorativos (vallas, arboles)	20
Flores	50
Puntos importantes de confluencia	100

Fuente: Norma de alumbrado de interiores y campos deportivos (DGE)

Como se puede apreciar en la Tabla 2 nos indica que; para el alumbrado general de un parque su iluminación nominal debe ser menor a los 5 lux, por lo que partimos considerando una luminaria con las siguientes características.

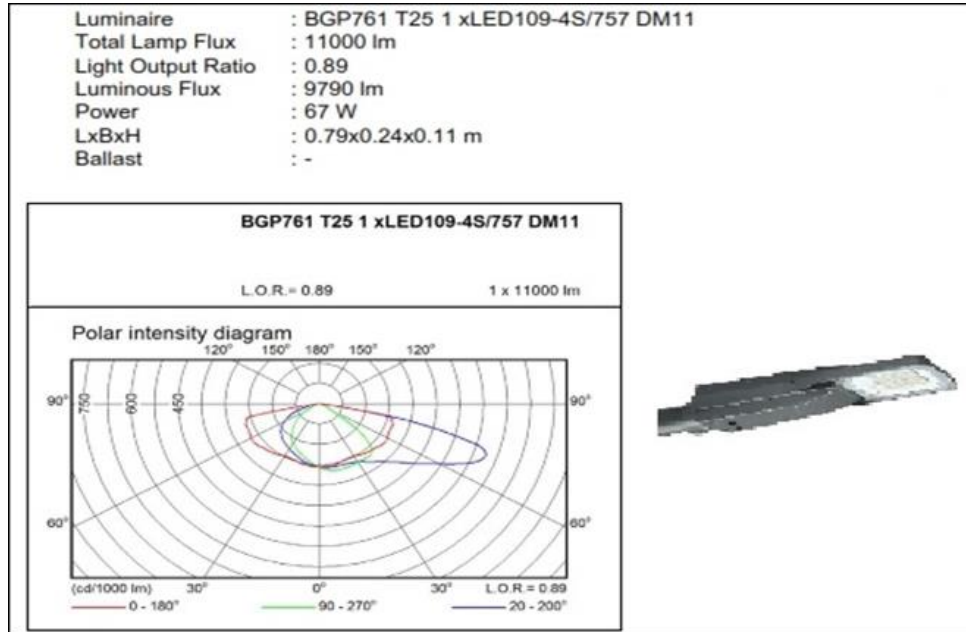


Figura 4. Luminaria LED seleccionada.
Fuente: Philips

Se puede apreciar en la (Figura 4), concluir la selección de una luminaria de 67 W, ya que se cumple con los requisitos según la norma técnica. Utilizando al software DIALux se obtuvo los cálculos luminotécnicos de las luminarias y su ubicación en la zona del proyecto.

3.3. Dimensionamiento y cálculo del sistema de fotovoltaico

Para establecer la viabilidad del uso de la energía solar en el sistema de iluminación pública con tecnología LED para el Parque de la Provincia de Jaén, se realizó el estudio del espacio a iluminar, con el fin de obtener distancia entre postes, la altura del montaje de luminaria LED, la potencia de la carga instalada considerando siempre los agentes que puedan alterar los niveles de iluminación (presión, temperatura, humedad, ubicación y tipo de suelo), además se realizarán los cálculos técnicos necesarios que ayudaran a definir claramente las características de cada uno de los elementos que compondrán el sistema fotovoltaico, todo esto con el fin de establecer parámetros fotométricos y consumo de energía que generará el

sistema fotovoltaico junto con sus componentes. Se presenta a continuación los cálculos realizados para el diseño del sistema fotovoltaico.

3.3.1. Radiación solar promedio mensual.

Utilizamos el mes más desfavorable que corresponde a de febrero, una irradiación promedio de 3,71 kWh/m²/día para un ángulo de inclinación de 5°.

3.3.2. Luminaria seleccionada

Se utiliza una luminaria LED de 67 W, ya que esta reemplaza a las luminarias convencionales de vapor de sodio para parques y plazas de 150 W.

3.3.3. Potencia máxima.

La potencia se determinó con la Ecuación 3, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

$$P_{max} = P_l \times T \quad (3)$$

Donde; P_{max} es potencia máxima (W), P_l es potencia de la luminaria (W), T es tiempo de consumo (h).

Tabla 3.

Se presenta la demanda energética a considerar en cada punto de iluminación.

Ítem	Equipo	Potencia(W)	Tiempo de consumo (h)	Energía (Wh/día)
1	Luminaria LED	67	12	804
2	Autoconsumo	0.108	24	2.592
			P.max	806.592

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Cálculo del consumo máximo.

Se procede a calcular cuya energía de consumo no sea mayor a 1 500 Wh/día, se opta por un voltaje del sistema de 12 V (Gonzales,2018). La cual se determinó en la Ecuación 4:

$$I_{max} = P_{max}/V_B \quad (4)$$

$$I_{max} = \frac{806,592}{12}$$

$$I_{max} = 67,216 \frac{Ah}{dia}$$

Donde; I_{max} es la corriente máxima (Ah/día), P_{max} es el Potencia máxima (Wh/día), V_B voltaje de la batería (V).

Se determina que el I_{max} es de 67,21 Ah/día para un voltaje del sistema de 12V. Para el cálculo del consumo máximo se realizó con al Ecuación 5.

$$C_{max} = \frac{I_{max}}{R} \quad (5)$$

Donde; C_{max} es consumo máximo, I_{max} corriente máxima, R es rendimiento global de instalación.

Para dimensionar una instalación de un sistema fotovoltaico, existen una serie de factores que provocan perdidas en el rendimiento global “R” el cual, para determinar el consumo máximo, se considera una serie parámetros (Mamani,2017) y se calcula con la Ecuación 6.

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * N}{P_d}\right) \quad (6)$$

Donde;

- **K_b Coeficiente de perdidas por rendimiento de las baterías:**

Es aquel que indica la fracción de energía que la batería no devuelve con respecto a la absorbida procedente de los paneles, esto se debe principalmente a la energía calorífica que inevitablemente se produce los procesos químicos de carga y descarga. (Gonzales, 2018). El coeficiente adopta los siguientes valores:

$K_b = 0,05$ en sistemas que no demanden descargas no intensas.

$K_b = 0,1$ en sistemas que si sufren estas descargas profundas.

- **K_a Coeficiente de por auto descara diario de las baterías:**

$K_a = 0,02$ Para baterías de Ni-Cd (Niquel - Cadmio).

$K_a = 0,005$ Para baterías estacionarias de Pb-Ac (Plomo - Acido).

$K_a = 0,012$ Para baterías de alta autodescarga (Arranque de Vehículos).

- **K_c Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el inversor:**

Para el diseño fotovoltaico no utilizaremos inversor ya que la luminaria será de corriente continua (DC), por lo tanto: $K_c = 0$

- **K_v Coeficiente de pérdidas varias:**

Este coeficiente agrupa otras pérdidas de toda la red como rendimiento de la red, efecto Joule, etc. $K_a = [0,05; 0,15]$.

- **P_d Profundidad de descarga de las baterías:**

Con valores entre el 50% en baterías de vasos y el 80% en el resto. Para el diseño del sistema fotovoltaico los valores que se van a utilizar son los siguientes:

$K_b = 0,05$ porque el sistema no está sometido a descargas intensas.

$K_a = 0,005$ porque las baterías estacionarias de Pb-ácido son más usadas en sistemas fotovoltaicos.

$K_v = 0,05$ ya que el sistema fotovoltaico es simple y no cuenta con otras pérdidas

$K_c = 0$ ya que no se utiliza inversor

$P_D = 0,5$ profundidad de la descarga de las baterías

$N = 1$ número de autonomía (días sin radiación)

$\eta_b =$ rendimiento de las baterías 90%

Remplazando en la Ecuación 6, tenemos:

$$R = (1 - 0,05 - 0 - 0,05) * \left(1 - \frac{0,005 \times 1}{0,5}\right)$$

$$R = 0,89$$

Con el valor obtenido del rendimiento global, reemplazamos en la Ecuación 5:

$$C_{max} = \frac{67,216}{0,89}$$

$$C_{max} = 75,52 \text{ (Ah/día)}$$

Se obtuvo como resultado un consumo máximo de 75,52 Ah/día. Con este resultado obtendremos la capacidad de la batería.

3.3.5. Cálculo para determinar la capacidad de la batería.

Para el cálculo del dimensionamiento de la capacidad de las baterías se debe conocer los días de autonomía del sistema fotovoltaico, debido que nos indica que en invierno hay baja radiación solar en la ciudad de Jaén, un factor de profundidad de descarga máxima, y un factor de corrección de temperatura (Mejía, 2018). La cual se determina en la Ecuación 8.

$$C_n = \frac{C_{max} \times N}{P_D} \quad (8)$$

$$C_n = \frac{75,52 \times 1}{0,50}$$

$$C_n = 151 \text{ Ah}$$

Donde; C_n Capacidad total de baterías (Ah), C_{max} consumo máximo (Ah/día), N Autonomía (días), P_D factor de descarga de batería (50%).

Se obtuvo una batería de 151 Ah, para una autonomía de un día; por lo tanto, se utiliza una batería con capacidad de 150 Ah, que debería consumir una corriente nominal de 12,6 A.

3.3.6. Cálculo para determinar la potencia mínima del generador fotovoltaico.

Se calculo la potencia mínima del generador (panel fotovoltaico), se consideró las HSP, para zona del proyecto radiación solar de 3,71 kWh/m² (Gonzales,2018). Se determino en la Ecuación 9.

$$P_{min} = \frac{E_L}{HSP \times R} \quad (9)$$

$$P_{min} = \frac{804}{3,71 \times 0,89}$$

$$P_{min} = 243,5 \text{ Wh/día}$$

Donde; P_{min} Potencia mínima del generador (Wh/día), E_l Energía de la luminaria (Wh/día), HSP horas sol pico, R rendimiento global de instalación. Lo cual se debe cumplir esta condición:

$$P_p < 1,2 \times P_{min}$$

$$P_p < 1,2 \times 243,5$$

$$P_p < 292,2$$

De acuerdo a los resultados realizados se utilizó paneles fotovoltaicos con una potencia cada uno de 130 Wp, 12 V cada uno.

3.3.7. Cálculo del número de paneles.

Para determinar el número de paneles, se debe conocer la corriente del panel fotovoltaico seleccionado (dato de catálogo), este cálculo se determina con la siguiente Ecuación 10 (Alvarado,2015).

$$E_{panel} = I_{panel} \times HSP \times \eta_{panel} \quad (10)$$

Donde; E_{panel} energía generada por el panel fotovoltaico (Ah/día), I_{panel} corriente máximo del panel, HSP horas sol pico, η_{panel} rendimiento del panel (85-95%).

Para un panel de 130 Wp se tiene una corriente máxima de 7,31 A según catálogo, como es una conexión en paralelo las corrientes se suman obteniendo un total de 14,62 A, se considera la eficiencia del 90%.

$$E_{panel} = 14,62 \times 3,71 \times 0,9$$

$$E_{panel} = 48,8141 \text{ Ah/día}$$

Con los valores obtenidos de energía generada por el panel fotovoltaico se puede calcular en la Ecuación 11 el número de paneles en paralelo que puedan abastecer el consumo energético del sistema fotovoltaico.

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = \frac{75,52}{48,81} \quad (11)$$

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} = 1,54$$

$$\frac{C_{max}}{E_{panel}} \approx 2$$

La cantidad de paneles fotovoltaicos en paralelo son dos de 130 Wp.

3.3.8. Cálculo para determinar la corriente del regulador de carga.

para calcular y seleccionar correctamente este componente fotovoltaico, se debe conocer la corriente máxima del generador, que se viene dando entre el panel y la batería o la carga y la batería. (Bejarano, 2011). Calculamos la corriente de cortocircuito en la Ecuación 12.

$$I_{sc\ generador} = N_{pfv} \times I_{sc\ panel} \quad (12)$$

$$I_{sc\ generador} = 2 \times 7,67$$

$$I_{sc\ generador} = 15,34 \text{ A}$$

Donde; $I_{sc\ generador}$ corriente de cortocircuito generador (A), N_{pfv} número de paneles fotovoltaicos, $I_{sc\ panel}$ corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico, datos recogidos del proveedor es de 7,67 (A).

Aplicando el factor de seguridad del 25% la corriente de cortocircuito del generador de campo es:

$$I_{sc\ generador} = 1,25 \times 15,34 \text{ A}$$

$$I_{sc\ generador} = 19,17 \text{ A}$$

La corriente que consume la carga (luminaria), se determina en la Ecuación 13.

$$I_l = N_l \times (P_l / V_s) \quad (13)$$

$$I_l = 1x(67/12) \text{ A}$$

$$I_l = 5,58 \text{ A}$$

Donde; I_l corriente que consume la luminaria (A), N_l número de luminarias, V_s voltaje de sistema, P_l potencia de la lampara (W).

Aplicando el factor de seguridad del 25% de corriente de la carga, es:

$$I_l = 1,25 * 5,58$$

$$I_l = 6,97 \text{ A}$$

$$I_l \approx 7 \text{ A}$$

Con los valores obtenidos en cada sección del sistema, concluimos que la intensidad nominal del regulador es igual a la intensidad de cortocircuito del generador; por tanto, elegimos un regulador de carga de 20 A con un voltaje de 12 V.

3.3.9. Cálculo para selección de conductores.

Para el diseño del sistema de fotovoltaico, se dimensiona los accesorios eléctricos y elementos de seguridad correctamente, ya que siempre existe consumo habrá pérdidas debido a la caída de tensión en los conductores. Se tienen los siguientes accesorios. (Gonzales, 2018).

- Cable módulo solar – regulador de batería.
- Cable regulador – batería.
- Cable regulador – carga (luminaria).

Los cables serán seleccionados según la máxima caída de tensión, que se calcula para un porcentaje de la tensión nominal, el cual se determina en la Ecuación 14:

$$S = \frac{2xLxI}{\delta x \Delta V} \quad (14)$$

Donde; S selección del conductor [mm^2], L longitud total del conductor (m), I intensidad de corriente (A), ΔV caída de tensión (V), δ conductividad del cobre para una temperatura de 20°C es 56.

Para conexiones de este tipo se está considerando cables vulcanizados en nuestro diseño cumpliendo las especificaciones técnicas de la normatividad vigente, y consideramos las siguientes caídas de tensión:

- Módulo fotovoltaico – Regulador : 2,0%
- Regulador – batería : 1,0%
- Regulador – Carga (Luminaria) : 2,0%

Los elementos del sistema fotovoltaico se encuentran a las siguientes distancias:

- Longitud máxima modulo fotovoltaico – regulador : 3 m
- Longitud máxima regulador – batería : 1,0 m
- Longitud máxima regulador – carga (luminaria) : 3 m

Por lo tanto, calculamos la caída de tensión para cada porcentaje. Tramo módulo fotovoltaico – regulador para una tensión de 12V:

$$\Delta V = \frac{2 \times 12}{100}, \quad [V]$$

$$\Delta V = 0,24 \text{ V}$$

Calculamos la caída de tensión en el tramo regulador – Batería para una tensión de 12V:

$$\Delta V = \frac{1 \times 12}{100}, \quad [V]$$

$$\Delta V = 0,12 \text{ V}$$

Calculamos la caída de tensión en el tramo regulador – carga (luminaria) para una tensión de 12V:

$$\Delta V = \frac{2 \times 12}{100}, \quad [V]$$

$$\Delta V = 0,24 \text{ V}$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 12, obtenemos los siguientes resultados:

Cálculo de la sección del conductor modulo fotovoltaico – regulador:

$$S = \frac{2 \times 2,5 \times 13,2}{56 \times 0,24}$$

$$S = 4,91 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la sección del conductor regulador - batería:

$$S = \frac{2 \times 1 \times 13,2}{56 \times 0,12}$$

$$S = 3,92 \text{ mm}^2$$

Cálculo de la sección del conductor regulador – carga (luminaria):

$$S = \frac{2 \times 3 \times 4,16}{56 \times 0,24}$$

$$S = 1,86 \text{ mm}^2$$

Una vez obtenidos los diámetros del conductor de cada tramo, se selecciona el conductor de acuerdo a la a la tabla de calibres AWG. Estas características se determinan en la Tabla 4

Tabla 4.

Características técnicas de los conductores a utilizar.

Cable localización	ΔV	L (m)	$I_{Diseño}$ (A)	S (mm ²)	Cable AWG
Módulo fotovoltaico - Regulador	0,24	3	19,17	4,91	10
Regulador – Batería	0,12	1	19,17	3,92	10
Regulador - Luminaria	0,24	3	7	1,86	14

Fuente: Elaboración propia

3.4. Sistema de protección

Una vez determinado los valores nominales del sistema fotovoltaico y de cualquier sistema eléctrico en general pueden generar sobrecorrientes que pueden reducir la vida de los componentes o este podría fallar, los componentes se calculan según la corriente que circula por el cableado y este viene dado por (Valdiviezo,2014):

- **Fusibles:**

Al tratarse que circula por el sistema corriente continua, se conecta al conductor positivo (+). Su misión es de proteger el cableado, el panel, el regulador, la batería, y la carga (luminaria) (Alvarado,2015).

Entre el panel fotovoltaico y el regulador de carga, el valor de corriente en cortocircuito del generador (dato del fabricante) se determina con la Ecuación 15.

$$I_{fusible\ 1} = 2xI_{scpanel} \quad (15)$$

$$I_{fusible\ 1} = 2x7,67$$

$$I_{fusible\ 1} = 15,34\ A$$

Donde; $I_{fusible\ 1}$ es corriente del fusible, $I_{scpanel}$ es corriente de cortocircuito del panel.

Entre el regulador y la batería, se toma el valor de la corriente del regulador que esta dado por la corriente del panel fotovoltaico. Se determina en la Ecuación 16:

$$I_{fusible\ 2} = 2x1.1xI_{panel} \quad (16)$$

$$I_{fusible\ 2} = 2x1,1x7,31$$

$$I_{fusible\ 2} = 16\ A$$

Donde; $I_{fusible\ 2}$ corriente del fusible del regulador-batería, I_{panel} corriente del panel fotovoltaico (se suma un 10% de la corriente del panel).

Regulador- carga (luminaria). Se determina en la Ecuación 17.

$$I_{fusible\ 3} = P_{luminaria}/V_s \quad (17)$$

$$I_{fusible\ 3} = 67/12$$

$$I_{fusible\ 3} = 5,58\ A$$

Donde; $I_{fusible}$ corriente del fusible del regulador-carga, $P_{luminaria}$ potencia de la luminaria, V_S es voltaje del sistema.

- **Interruptores termomagnéticos:**

Al igual que los fusibles, los interruptores termomagnéticos su misión será proteger todo el sistema y su dimensionamiento, se conectan al conductor positivo (+) (Alvarado,2015).

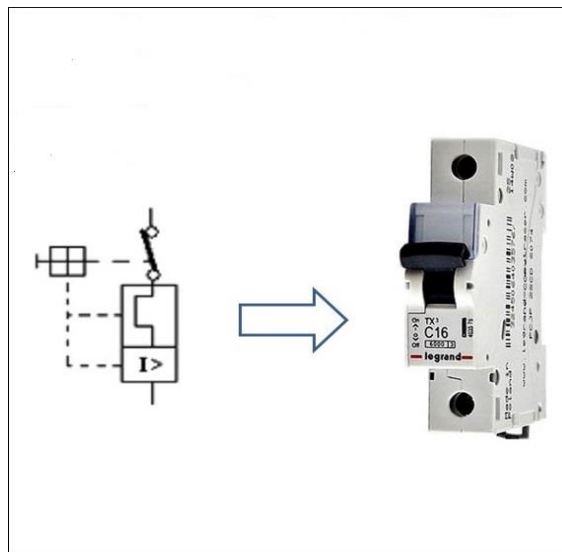


Figura 5. Interruptor termomagnético unipolar.
Fuente: Elaboración propia

Para la selección de los tipos de interruptores termomagnéticos, se debe saber el tipo de sección del cable en cada uno de los tramos del sistema. Estas secciones se obtuvieron anteriormente en el cálculo del conductor; por lo tanto, en los tramos panel-regador y regulador-batería el calibre del conductor es de 10 AWG NMT, y en el tramo regulador-carga, se obtuvo un calibre de conductor de 14 AWG NLT. Se utilizó dos interruptores termomagnéticos de 20 A y uno de 10 A (Figura 5).

3.4.1. Sistema de puestas a tierra

El diseño del sistema fotovoltaico consta con sistema de corriente continua y un voltaje de 12 V, ya que no utiliza inversor. Según el C.N.E utilización 2011, en la regla 060-102 indica: Los sistemas de corriente continua de dos conductores que alimentan alambrados interiores y operan a tensiones entre conductores no menores de 50 V, ni mayores de 300 V, deben ponerse a tierra mediante uno de

sus conductores; a menos que dichos sistemas alimenten equipos industriales en áreas de acceso limitado y el equipo este equipado con detector de tierra; por lo tanto, el sistema de iluminación trabaja a 12 V, no sería obligatorio instalar puestas a tierra en los puntos de iluminación (Codigo nacional de electricidad, 2011).

3.4.2. Esquema eléctrico del sistema de iluminación fotovoltaico.

Calculados el dimensionamiento del sistema de iluminación tofovotaica con tecnología LED, presentamos en la Figura 6 el circuito electrico que se utilizo en el diseño.

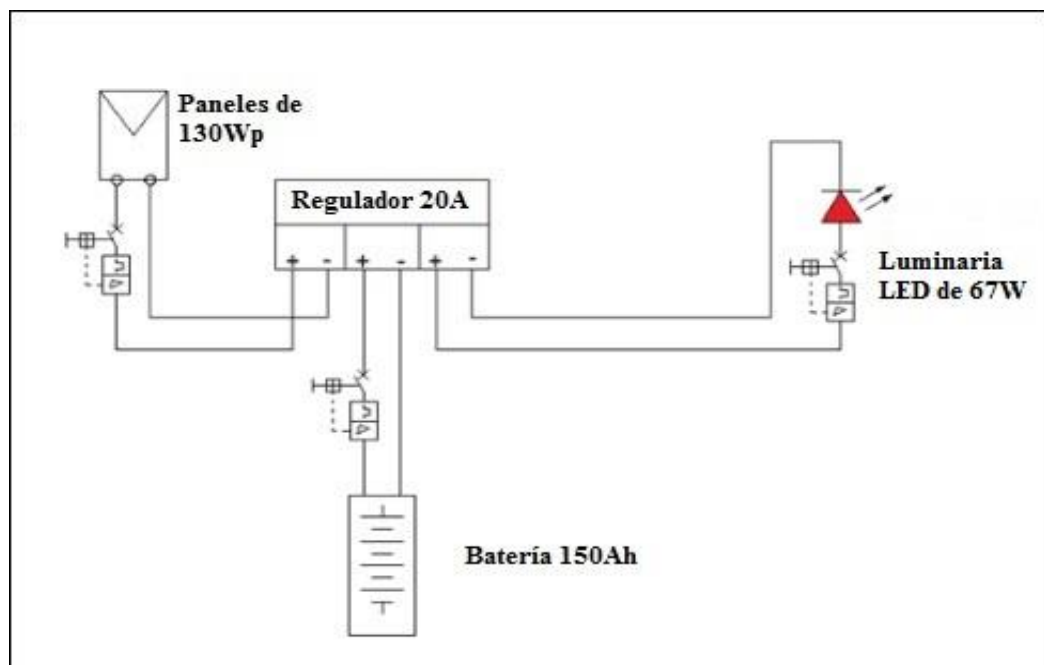


Figura 6. Esquema electrico del SFV con tecnología LED
Fuente: Elaboración propia. Base: Alvarado (2016).

3.4.3. Cálculos luminotécnicos.

Para realizar los cálculos luminotécnicos y cumplir con los niveles de iluminación exigidos, se utilizo el Software de Cálculo DIALux teniendo como base los datos registrados de campo como el área total del parque central, (ver en Anexo 4).

3.5.Caraterísticas técnicas de los equipos seleccionados

3.5.1. Paneles fotovoltaicos

Se ha seleccionado paneles de la marca Eco Delta modelo ED130-6P, cada modulo contiene 36 celdas solares conectadas en serie. Los parametros electricos se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5.

Caraterísticas técnicas de los paneles policristalinos 130 WP/12 VCD

Parámetros	Valores
Potencia máxima	130 W
Voltaje optimo (vmp)	17,8 V
Corriente optimo (imp)	7,31 A
Voltaje en circuito abierto (VOC)	22,8 V
Corriente en circuito abierto (ISC)	7,67 A
Dimensiones (A/A/F)	1250x670x30mm
Peso	10 Kg
Número de celdas	36
Vida útil promedio	25 años

Fuente: ENF Solar

3.5.2. Regulador de carga.

Elegimos un regulador de carga de la marca SmartSolar modelo MPPT 100V 20A, con un salida a 12/24V, su salida de carga es aprueba de cortocircuito, tiene una garantía de 5 años, portección de sobrecalentamiento, protección de sobrecarga, protección sobre descarga.

Tabla 6.

Características técnicas del regulador de carga.

Parámetros	Valores
Voltaje de trabajo del regulador	12/24 V
Corriente de carga nominal (I)	20 A
Consumo de vacío del regulador	Menos de 1W
Temperatura de trabajo	-20°C – 55°C
Peso	3555g
Dimensiones	188x95x46,5mm

Fuente :Autosolar-Perú

3.5.3. Baterías.

Se eligió baterías estacionarias de GEL de la marca Victron Energy modelo RITAR de 150 Ah -12 V, recomendables para sistemas fotovoltaicos autónomos, alarmas, sistemas de señalización, telecomunicaciones y otros.

La gama GEL ofrece la mayor durabilidad en ciclo profundo y mayor vida útil. Debido a materiales de gran pureza y de rejillas de plomo y calcio, las baterías tienen una descarga muy baja, lo cual permite mayor almacenamiento sin necesidad de carga.

Tabla 7. Características técnicas de la batería.

Parámetros	Valores
Voltaje de Batería	12 V
Posición de trabajo de la Batería	Bornes en la parte superior
Amperios – Hora de la Batería	150Ah
Garantía de la Batería	1 año
Mantenimiento	Libre de mantenimiento
Temperatura de trabajo	-20°C y 60°C

Fuente :Autosolar-Perú

3.5.4. Luminarias.

Elegimos luminarias PHIPILIS T25 de 67 W, de alta calidad con IP66, carcasa de aluminio y un flujo luminoso de la lámpara 11 000 lm. puede aprovechar su muy bajo consumo de energía para ser suministrada con energía solar para ofrecer una solución de iluminación aún más sostenible. Viene equipada con un controlador diseñado específicamente para esta aplicación, proporciona una alta eficacia que permite reducir el tamaño del panel y la capacidad de la batería, lo que minimiza el costo total de propiedad.

3.5.5. Conductores.

Debido a sus propiedades de resistencia al trabajo a la intemperie y fácil instalación, elegimos conductores de Cu TTRF-70 (NLT/NMT) cuyas secciones de los conductores se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8.

Conductores de Cu TTRF-70(NLT/NMT).

Calibre N°xAWG	Sección nominal mm ²	N° hilos	Diámetro hilo mm	Espesores		Diámetro exterior mm	Peso Kg/Km	Amperaje*
				Aislamiento mm	Cubierta mm			
2 x 18	2x0.82	24	0.204	0.6	0.8	6.8	61	10
2 x 16	2x1.31	24	0.255	0.7	0.8	7.8	83	15
<u>2 x 14</u>	2x2.08	39	0.255	0.8	0.9	9.2	120	20
<u>2 x 10</u>	2x5.26	98	0.255	0.8	1.2	12	226	30
3 x 16	3x1.31	24	0.255	0.7	0.9	8.5	104	10
3 x 14	3x2.08	39	0.255	0.8	1.1	10.2	155	15
4 x 16	4x1.31	24	0.255	0.7	1	9.4	128	10
4 x 14	4x2.08	39	0.255	0.8	1.1	11.1	186	15

Fuente: INDECO, (2019)

Los cables están formados por dos conductores de cobre electrolítico recocido, flexible, cableado en haz, aislados con PVC, trenzados, relleno de PVC y cubierta exterior común de PVC y a la vez tienen como características gran flexibilidad, terminación compacta; resistente a la abrasión, humedad, al aceite y retardante a la llama.

3.6. Altura de instalación de las luminarias.

Para calcular la altura e instalación de las luminarias LED, nos basamos al flujo luminoso de la luminaria seleccionada, la cual es de 11 000 lm, por tanto, la altura de los puntos de luz oscila entre los ocho metros a 10 metros Tabla 9.

Tabla 9.

Tabla referencial para determinar la altura de las luminarias.

Flujo de lampara (lm)	Altura (m)
$3\ 000 \leq \phi < 10\ 000$	$6 \leq \phi < 8$
$10\ 000 \leq \phi < 20\ 000$	$8 \leq \phi < 10$
$20\ 000 \leq \phi < 40\ 000$	$10 \leq \phi < 12$
$\geq 40\ 000$	≥ 12

Fuente: Sarzo, (2018)

De la Tabla 9 se consideró la altura de la luminaria de nueve metros, el cual se toma como la altura del soporte desde la base del piso.

3.6.1. Selección del poste de alumbrado público.

Los postes utilizados para la instalación del sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED, se rigen a norma internacional ET204 “Postes Metálicos para alumbrado público” lo cual serán de acero galvanizado. Cada poste tiene las siguientes características y se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10.

Características generales de postes metálicos.

Descripción	Diámetro de la cima (mm)	Diámetro de la base (mm)	Espesor de lámina (mm)	Placa de la Base			
				Espesor (mm) “C”	Lado (mm) “B”	Distancia entre huecos (mm) “A”	Diámetro de los huecos (mm)
Poste 9 m	127	190	3	12	400	300	22
Poste 10 m	127	190	3	12	400	300	22
Poste 12 m	127	210	3	12	400	300	22
Poste 14 m	127	250	3	19	500	400	24

Fuente: Condensa (2019)

De acuerdo con las dimensiones establecidas en la Tabla 10, se optó por un poste de acero galvanizado de 10 metros.

3.6.2. Anclaje de poste.

Para el izado del poste metálico es fundamental que este correctamente anclado, cuando se instale la zapata o base del poste es preciso que se tome en cuenta el peso y altura de la luminaria (Mamani,2017). Las características se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11.

Características generales de postes metálicos.

Altura (H) m	Long cimt. (H1) mm	D (mm)	A (mm)	B (mm)	Perno diam. (mm)	Long perno (mm) L1	Diámetro del orificio (mm)
9	1100	450	300	400	19 (3/4")	1200	22
10	1100	450	300	400	19 (3/4")	1200	22
12	1300	450	300	400	19 (3/4")	1500	22
14	1300	550	400	500	22 (7/8")	1500	24

Fuente: Condesa (2019)

de acuerdo con las características establecidas en la Tabla 11, para un poste de 10 metros, la longitud de cimentación es de 1,10 metros. Lo cual se observa en la (Figura 7).

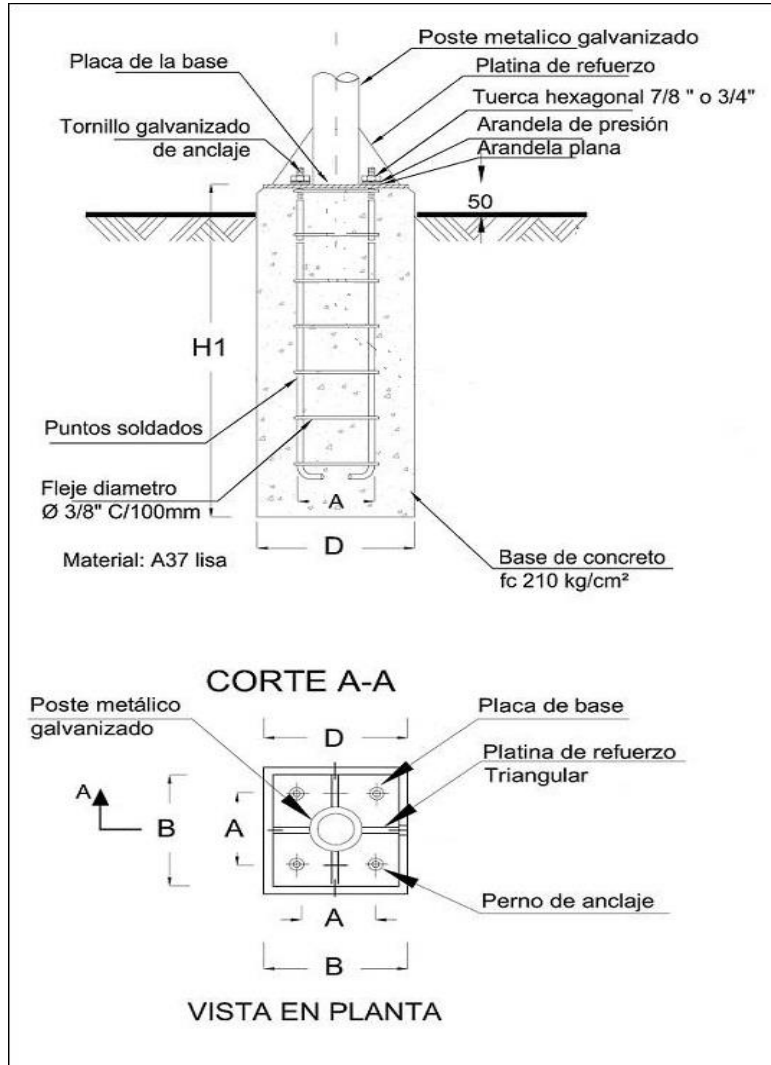


Figura 7. Anclaje de poste metálico
Fuente: Condesa (2019)

3.6.3. Esquema general de montaje de poste.

Una vez seleccionados la altura del poste y las dimensiones de anclaje, se presenta el esquema de montaje en la (Figura 8).

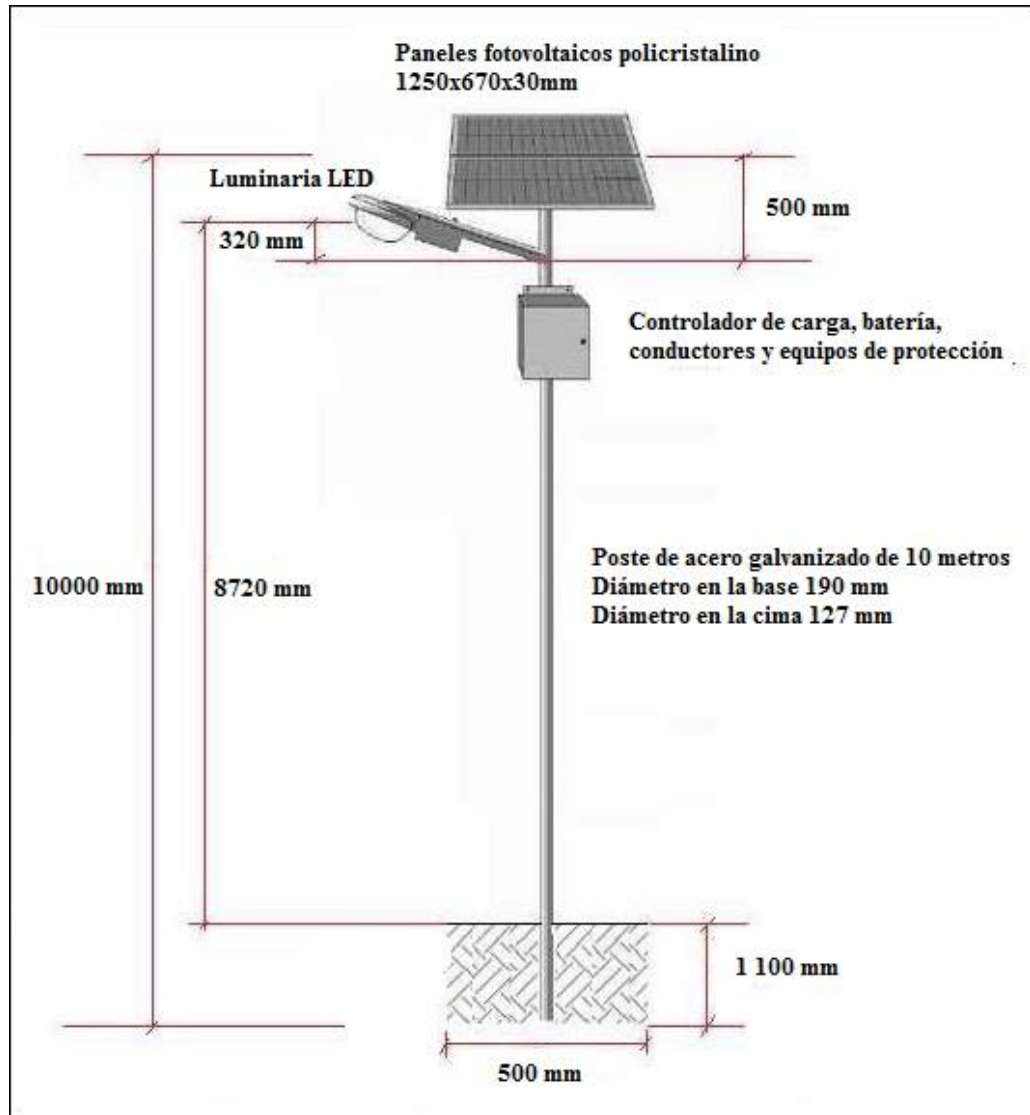


Figura 8. Esquema de montaje de poste metálico.
Fuente: Elaboración propia. Salavarría (2016).

3.7. Estudio técnico – económico.

En este capítulo se detalla la inversión que se necesita para la implementación del sistema de iluminación con tecnología LED suministrada con energía fotovoltaica en el Parque Central de la Provincia de Jaén. Para ello se debe calcular el tiempo de retorno de la inversión, con una vida útil estimada entre 15 a 20 años, porque se fija este límite como punto máximo de inversión positiva. Entre los factores más importantes a tener en cuenta son:

- Costo del equipamiento necesario para la inversión del sistema de iluminación.

- Mano de obra y montaje electromecánico.
- Mantenimiento programado.
- Costo de mano de obra calificada y no calificada.

El costo de mano de obra y montaje electromecánico será el 30% del costo del subtotal y el mantenimiento que será el 1% del mismo subtotal.

3.7.1. Inversión total del SLFV.

En esta sección evaluaremos los componentes a utilizar en cada poste, para ello analizaremos la infraestructura eléctrica actual y su comparación adicionando el alumbrado led solar a los postes (Panel fotovoltaico, gabinete de la batería, luminaria LED), considerando valores reales de energía, así como los equipos y precios que contamos en el mercado actual.

Tabla 12.

Costos de inversión referencial de iluminación LED y SFV.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario \$	Precio de costo \$
I	Suministro de materiales				
1.1	Luminaria LED 67W 12/24 V	Unid	8	200	1600
1.2	Panel solar policristalino 130 Wp	Unid	16	60	960
1.3	Batería 150 Ah	Unid	8	250	2000
1.4	Regulador de carga	Unid	8	36	288
1.5	Gabinete Metálico (batería y tablero de control)	Unid	8	52	416
1.6	Soporte para Paneles fotovoltaicos	Unid	8	120	960
1.7	Interruptor horario	Unid	8	33.48	267.84
1.8	Interruptor termomagnético	Unid	8	7	56
1.9	Pastoral F°G°	Unid	8	18.9	151.2
1.10	Abrazaderas A°G°	Unid	16	6.48	103.68
1.11	Cables de conexión (SFV Y regulador de carga)	m	7	7.29	51
1.12	Poste de acero galvanizado de 10 metros	Unid	8	180	1440
	Subtotal				\$8,293.72
	Mano de obra (40%)				\$3,317.49
	IGV (18%)				\$1,222.90
	Otros gastos (3%)				\$203.81
	Total de inversión				\$13,037.92
					S/43,025.13

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2. Costo referencial mediante energía convencional

Se indica a continuación en la Tabla 13 el presupuesto referencial con energía convencional en la zona del proyecto.

Tabla 13.

Costos de inversión referencial de alumbrado público convencional.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario \$	Precio de costo \$
I Suministro de materiales					
1.1	Luminaria de vapor de sodio de 150W	Unid	24	69.28	1662.86
1.2	Contactador	Unid	8	120	960
1.3	interruptor horario	Unid	8	33.48	267.84
1.4	Interruptor termomagnético	Unid	8	7	56
1.5	Pastoral F°G°	Unid	24	18.9	453.6
1.6	Ferretería general (pernos, tuercas, arandelas, etc)	Conj	8	93.75	750
1.7	Cables de conexión (AC, instalación)	Unid	8	30	240
1.8	poste de CAC de 11 metros	Unid	8	242.42	1939.36
II Servicios					
2.1	instalación por Artefacto de Alumbrado Publico	Unid	24	21	504
2.2	Transporte de postes con Grúa para instalación	Unid	8	300	2400
Subtotal					\$9,233.66
Mano de obra el (40%)					\$3,693.46
IGV (18%)					\$1,222.90
Otros gastos (3%)					\$203.81
Total de inversión					\$14,353.83
					S/47,367.65

Fuente: Elaboración propia.

Para la Tabla 12 y 13 se consideró el precio del dólar en S/. 3,30 soles. Los valores indicados son precios promedio cotizados por las empresas que ofertan material eléctrico en el país.

3.7.3. Análisis de ahorro económico.

Se realizará una comparación de flujos entre alumbrado público convencional alimentado con corriente alternas y el alumbrado público alimentado con sistemas fotovoltaicos y tecnología LED para el parque central de la Provincia de Jaén, en lo que utilizaremos métodos de evaluación de los resultados

proyectados de la operación del proyecto para así valorar el atractivo del proyecto de investigación (Gonzales,2018).

- **Energía total generada mensual.**

Para calcular la energía mensual total, se consideró 30 días al mes y se determina con la Ecuación 18.

$$ET_{mes} = n_l \times P_{max} \quad (18)$$

$$ET_{mes} = 8 \times 806,6$$

$$ET_{mes} = 6452,8 \frac{Wh}{dia}$$

$$ET_{mes} = 6452,8 \times 30$$

$$ET_{mes} = 6452,8 \times 30$$

$$ET_{mes} = 193,584 kWh/mes$$

Donde; ET_{mes} energía total generada al mes (Wh/día), n_l número de luminarias, P_{max} potencia máxima (Wh/día).

Se obtuvo la energía total generada al mes 193,584 kWh /mes, por las ocho luminarias instaladas en todo el sistema de iluminación del parque central de la Provincia de Jaén.

- **Ahorro económico anual**

- **Costo energía anual del SFV.**

Para determinar el ahorro económico de la energía eléctrica es necesario tener el precio referencial del kWh para esto tomamos los precios de consumo de energía eléctrica del pliego tarifario vigente correspondiente al Distrito de Jaén, Provincia de Jaén departamento de Cajamarca, publicado el 04 de mayo del 2019 por Osinergmin en su página web. Como se muestra en la siguiente (Figura 9).

Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad			
Empresa: Electro Oriente			
Pliego	Vigencia	Sector	
Interconexion			
BAGUA-JAÉN	4/May/2019	2	
SEIN			
BAJA TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA BT5C: TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público			
Cargo Fijo Mensual		S./mes	3.45
Cargo por Energía Activa		ctm. S./kWh	72.96

Figura 9. Pliego tarifario Electro Oriente S.A - Jaén.
Fuente: Osinergmin (2019)

De la (Figura 9) se aprecia los pliegos tarifarios por Osinergmin, por lo cual tomamos su precio referencial el costo del kWh a S/. 0,7270 lo cual determinaremos el ahorro económico por consumo de energía anual. Se determina con la Ecuación 19:

$$CE_{aSSFV} = ET_{mes} \times CP_{kWh} \quad (19)$$

Donde; CE_{aSSFV} es el costo de energía anual del sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología Led, ET_{mes} es la energía total mensual, CP_{kWh} es el precio de energía por cargo referencial. Los cálculos se obtuvieron en la siguiente Tabla 14.

Tabla 14.

Evaluación del costo de la energía con SFV y tecnología LED.

	Costo unitario kWh(S/.)	Energía kWh/mes	Total en energía
Energía eléctrica	0,7296	193,584	S/141,24
		IGV (18%)	S/25,42
		Mensual	S/166,66
		Anual	S/1 999,94

Fuente: Elaboración propia.

En el cálculo se obtuvo un consumo tarifario de energía fotovoltaica de S/. 1 999,94 al año.

- **Costo de la energía anual convencional.**

Para el cálculo de la energía convencional anual se tomaron datos reales de la facturación eléctrica mensual del año 2018, los datos fueron brindados por la concesionaria de Electro Oriente. Lo cual se realizó una comparación de energía de alumbrado público convencional y energía de alumbrado público del sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED. Esta se determina en la (Figura 10).

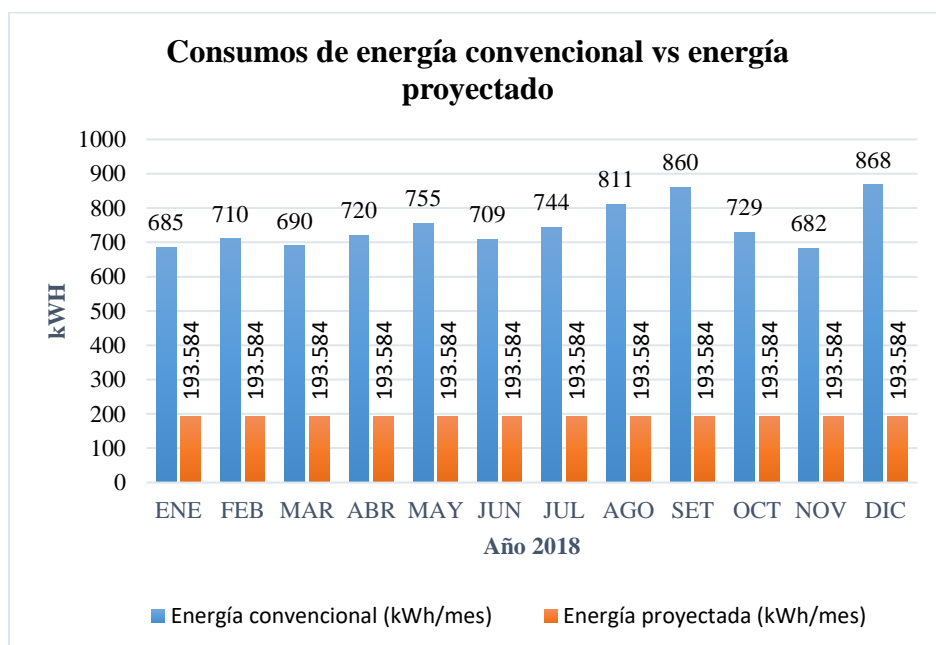


Figura 10. Comparación de consumos de energía
Fuente: Elaboración propia

De la (Figura 10) se puede afirmar un ahorro económico anual de 6 639,992 kWh/año, si consideramos como referencia los pliegos tarifarios de Osinergmin siendo S/. 0,7296 el kWh, los resultados lo determina la Tabla 15.

Tabla 15.

Evaluación del costo de la energía convencional anual.

	Costo unitario kWh(S/.)	Energía kWh/año	Total en energía
Energía eléctrica	0,7296	6 639,99	S/4 844,54
		IGV (18%)	S/872,02
		Anual	S/5 716,56

Fuente: Elaboración propia

En el cálculo se obtuvo un consumo tarifario de energía fotovoltaica de S/. 5 716,56 soles al año. Ahora obtenido todos los cálculos tanto como la convencional y la del sistema de iluminación fotovoltaica con tecnología LED, se calcula el ahorro energético anual con la Ecuación 20:

$$AE_{eng} = C_{eng} + C_{sfv} \quad (20)$$

$$AE_{eng} = 5 716,56 + 1 999,94$$

$$AE_{eng} = 7 716,5 \text{ soles.}$$

Donde; AE_{eng} es ahorro energético anual, C_{eng} es costo de energía anual convencional, C_{sfv} es costo de energía del sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología Led.

Los resultados obtenidos determinamos un ahorro económico anual de S/.7 716,5.

- **Costo de mantenimiento del SFV**

Para el cálculo de mantenimiento se consideró el 2% de la inversión total y se tuvo en cuenta la vida útil de los equipos que conforman el sistema de iluminación fotovoltaico, lo cual se consideró un 15%. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16.

Porcentaje referencial de costos de mantenimiento del SFV

Año	Descripción	Costo por Mtto.	Inversión S/.
0	Adquisición de materiales y equipos	-	S/43 025.13
1	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
2	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
3	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
4	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
5	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
6	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
7	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
8	Mtto. SFV y equipos de A.P y adquisición de baterías y reguladores	15%	S/6 453,77
9	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
10	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
11	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
12	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
13	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
14	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
15	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
16	Mtto. SFV y equipos de A.P y adquisición de baterías y reguladores	15%	S/6 453,77
17	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
18	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
19	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50
20	Mtto. SFV y equipos de A. P	2%	S/860,50

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la Tabla 16, muestran una inversión total del mantenimiento del sistema de iluminación fotovoltaica de S/. 28 396,59 soles por los 20 años de vida útil del proyecto.

- **Costo de mantenimiento del sistema convencional**

Para el cálculo del mantenimiento del sistema convencional se tuvieron en cuenta algunos criterios como la vida útil de los equipos de alumbrado público y la deficiencia de alumbrado público en el parque central (Gonzales,2018). Lo cual se consideró el 7% de la inversión total

y un 10% de vida útil de las luminarias. Los resultados se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17.

Porcentaje referencial de costos de mantenimiento del sistema convencional

Año	Descripción	Costo por Mtto.	Inversión S/.
0	Adquisición de materiales y equipos	-	S/47 36,65
1	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
2	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
3	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
4	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
5	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
6	Mtto. de equipos de A. P y adquisición de luminarias	10%	S/4 302,51
7	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
8	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
9	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
10	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
11	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
12	Mtto. de equipos de A.P y adquisición de luminarias	10%	S/4 302,51
13	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
14	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
15	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
16	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
17	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
18	Mtto. de equipos de A.P y adquisición de luminarias	10%	S/4 302,51
19	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76
20	Mtto. de equipos de A. P	7%	S/3 011,76

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la Tabla 17, muestran una inversión total en mantenimiento de un sistema convencional de S/. 64 107,44 para una vida útil de 20 años.

Con base en los datos anteriores de la Tabla 16 y 17 obtenemos un ahorro económico anual. La cual se determina en la Tabla 18.

Tabla 18.

Ahorro económico anual de costos de mantenimiento

Año	Costo por Mtto sistema convencional	Costo por Mtto SFV con tecnología LED	Ahorro económico anual
0	-	-	-
1	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
2	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
3	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
4	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
5	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
6	S/4 736,77	S/860,50	S/3 876,26
7	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
8	S/3 315,74	S/4 302,51	-S/986,78
9	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
10	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
11	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
12	S/4 736,77	S/860,50	S/3 876,26
13	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
14	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
15	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
16	S/3 315,74	S/4 302,51	-S/986,78
17	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
18	S/4 736,77	S/860,50	S/3 876,26
19	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23
20	S/3 315,74	S/860,50	S/2 455,23

Fuente: Elaboración propia

3.7.4. Rentabilidad del proyecto.

Para obtener el tiempo de recuperación de la inversión hay que calcular, el flujo neto de caja, el valor actual neto (VAR), la tasa de recuperación (TIR) y el periodo de recuperación de toda la inversión. Aplicando el análisis de flujo neto efectivo se obtiene en la Tabla 19.

Tabla 19.

Análisis del flujo neto efectivo.

Años de recuperación	Ingresos totales	Egresos totales	Costo fijo	Flujo neto efectivo
0	0	0	-43 025,13	-43 025,13
1	7 716,50	860,50		-36 169,13
2	7 716,50	860,50		-29 313,14
3	7 716,50	860,50		-22 457,14
4	7 716,50	860,50		-15 601,14
5	7 716,50	860,50		-8 745,14
6	7 716,50	860,50		-1 889,15
7	7 716,50	860,50		4 966,85
8	7 716,50	4 302,51		8 380,84
9	7 716,50	860,50		15 236,84
10	7 716,50	860,50		22 092,83
11	7 716,50	860,50		28 948,83
12	7 716,50	860,50		35 804,83
13	7 716,50	860,50		42 660,83
14	7 716,50	860,50		49 516,82
15	7 716,50	860,50		56 372,82
16	7 716,50	4 302,51		59 786,81
17	7 716,50	860,50		66 642,81
18	7 716,50	860,50		73 498,80
19	7 716,50	860,50		80 354,80
20	7 716,50	860,50		87 210,80

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la Tabla 19, en las condiciones dadas en el proyecto del sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED, es viable debido que la inversión inicial se recupera calculado para 20 años de vida útil.

- **Análisis costo/beneficio**

Para obtener el flujo neto total se toma en cuenta el comportamiento de los ingresos y egresos de dinero. Determinando la conveniencia de la implementación del proyecto en términos monetarios, para calcular el VAN y TIR se tomó una tasa de interés del 10% el cual se consultó en una entidad bancaria (Mi Banco) sede Jaén, para el financiamiento del

proyecto de cogeneración de energía eléctrica para un periodo de 20 años.

Tabla 20.

Flujo de caja anual

Años	Flujo efectivo
0	- 43 025,13
1	6 856,00
2	6 856,00
3	6 856,00
4	6 856,00
5	6 856,00
6	6 856,00
7	6 856,00
8	3 413,99
9	6 856,00
10	6 856,00
11	6 856,00
12	6 856,00
13	6 856,00
14	6 856,00
15	6 856,00
16	3 413,99
17	6 856,00
18	6 856,00
19	6 856,00
20	6 856,00

Fuente: Elaboración propia

Con estos valores obtenidos en la Tabla 20, se puede calcular el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), para los datos de flujo de caja anual que se maneja durante un periodo de 20 años. Resultados en la Tabla 21.

Tabla 21.

Cálculo del VAR, TIR y periodo de retorno

Indicadores económicos	Valores
VAN	S/12 989,04
TIR	14%
PRI	7,28 años

Fuente: Elaboración propia

Por los valores obtenidos, en la Tabla 21, da conocer que la implementación del sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED, según los indicadores es beneficioso y rentable, ya que tenemos un tiempo de retorno de inversión de 7 años y 4 meses.

IV. RESULTADOS

Con el nuevo diseño propuesto de iluminación fotovoltaico se estaría dejando de comprar durante un año 8 963 kWh, con la energía convencional se excedería 6 639,992 kWh durante un año al consumo de la energía proyectada del sistema de iluminación fotovoltaico y si hablamos del ahorro económico anual sería de S/.7 716,5; por lo tanto, se estaría reduciendo a un 74 %.

La Tabla 22, demuestra los resultados del nuevo diseño propuesto para el sistema fotovoltaico, que es abastecida con corriente continua a una tensión de 12V, el consumo máximo, el número de paneles solares. Los resultados del diseño nos señalan paneles de 130 Wp, con voltaje nominal de 12 V y corriente de operación de 7,31 A.

Tabla 22.

Resultados del diseño del sistema fotovoltaico

Especificaciones técnicas de diseño	consumo máximo (Wh/día)	Voltaje del sistema (V)	Numero de paneles solares fotovoltaicos	
			paralelo	total
Panel FV policristalino Eco Delta (ED130-6p) de 130 Wp, voltaje de operación de 12 V, corriente óptimo de 7,31 A, corriente de cortocircuito de 7,67 A	806,592	12	2	16

Fuente: Elaboración propia

En los resultados se muestra una luminaria LED de 67 W con un flujo luminoso de 11 000 lm y un tiempo de vida útil de 100 000 horas.

La Tabla 23, se muestra los resultados el sistema de almacenamiento a cada artefacto de alumbrado público, el cual se considera una batería de 150 Ah, 12 V CD de descarga profunda, para un día de autonomía, el cual se tiene un total de ocho baterías. Por las condiciones climatologías durante un año en la Ciudad

de Jaén es viable trabajar con un día de autonomía para así disminuir los costos respectivos y la cantidad de baterías.

Tabla 23.

Resultados del sistema de almacenamiento.

Especificaciones técnicas de diseño	1 día de autonomía	
	Capacidad de la batería	Total de baterías
Baterías RITAR de 150 Ah, 12 V CD, de descarga profunda, temperatura de trabajo de -20°C a 60°C	150 Ah	8

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 24, se muestra los resultados del sistema de regulación y de potencia para cada artefacto de alumbrado público, lo cual se considera un regulador de 20 A, de 12/24V CD.

Tabla 24.

Resultados para el sistema de regulación.

Especificaciones técnicas de diseño	corriente de salida calculado	total de reguladores
controlador o regulador de carga MTT 100 V de 20 A, DE 12/24V CD, con una temperatura de trabajo de .20°C a 55°C.	19,7 A	8

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la rentabilidad del proyecto, el flujo de caja calculado emana un VAN de S/. 12 989,04, un TIR de 14 %, con un índice de recuperación de toda la inversión de siete años y cuatro meses.

V. DISCUSIÓN

Para definir las características de la radiación solar no existen medidas exactas para evaluar el recurso solar en la zona de proyecto, lo cual se optó para evaluar en forma aproximada datos de referencia por departamento tomados del Atlas de Energía Solar del Perú – 2003 realizado por el SENAMHI (Sampen,2018). Para el diseño se usa como referencia el aplicativo de la NASA, ya que brinda información de la radiación existente mensualmente del parque central de la Provincia de Jaén, solo necesitando la latitud y altitud de la zona del proyecto.

Al optar por un sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED, se ha comprobado niveles de eficiencia a comparación con la iluminación convencional de vapor de sodio, lo cual siempre cumpliendo con la normativa técnica DGE “Alumbrado de vías en Zonas de Concesión de Distribución”, con una diferencia de 74% con relación al otro sistema de iluminación.

Los generadores fotovoltaicos en la actualidad la mayor parte están fabricados de células de silicio (SI), este material semiconductor puede ser monocristalino, que tienen mejor eficiencia de conversión de energía que la policristalina (Alavarado,2015). Para el diseño se utilizó paneles fotovoltaico policristalino, ya que en la actualidad las mejoras y la avanzada tecnología llegue a eficiencias cercanas a la monocristalina, convirtiéndola en más económica y comercial, se usa un panel policristalino Eco Delta modelo ED130-6P de 130 Wp, un voltaje nominal de 12V.

Los sistemas de iluminación pública tanto en avenidas y parques tienen una distribución inadecuada, ya que algunas no cuentan con un buen sistema de mantenimiento preventivo, en la mayor parte hay zonas que se encuentran totalmente en oscuras o poca iluminación, por el motivo de ser áreas muy grandes y la existencia de árboles grandes, actualmente la iluminación se puede

evidenciar en un plano luminotécnico que se desarrolla con el software DIALux, utilizando la recolección de datos tanto en lo ancho y largo de la determinada zona, y así cumplir con la calidad de iluminación que nos a conocer la normativa (Riofrio, 2015).

Para sistemas fotovoltaicos se emplean baterías de descarga profunda entre 50 y 80% y las más utilizadas son de plomo – ácido. Si la descarga de la batería es muy aparente se requiere de un mayor número de baterías y esto aumentaría el costo de mantenimiento (Tinoco,2015) Para el diseño se usa una batería Victron Energy modelo RITAR de 150 Ah -12 V de descarga de ciclo profundo. Son más económicas y porporcionan una mayor cantidad de amperios.

Los reguladores de carga sencillo que actúan como un interruptor entre los paneles solares y las baterías son los de carga PWM (Ancho de pulso modulado) y trabajan a una tensión de 13,5 V (Alavarado,2018). El controlador MPPT (Punto de máxima potencia) lleva incorporado un seguidor de punto de máxima potencia y un convertidor de corriente continua de más alta tensión a corriente continua de más baja tensión para alargar la carga de la batería, el cual dispara un rendimiento de hasta un 25% al utilizar un regulador PWM (Montenegro y Gonzales,2018). Para el diseño se usa como referencia un regulador de carga SmartSolar modelo MPPT 100V 20A, con una salida a 12/24V con un rendimiento de 30% al utilizar controladores de PWM.

El cambio de artefactos de alumbrado público convencional por artefactos tipo LED, es una alternativa muy favorable, ya que son mucho más eficientes y menos contaminantes en menor escala, reduciendo las emisiones de gases contaminantes por largo del tiempo generaría no solo un incremento de utilidades a las concesionarias sino también se aliviaría la contaminación ambiental. Sus costos de mantenimiento y operación oscilan debajo del 78% respecto con respecto a costos de alumbrado público convencional (Gonzales,2018).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base al estudio realizado del recurso solar para zona del proyecto de investigación, el nivel de radiación promedio mensual varia de un mínimo de 3,71 kWh/m²/día en el mes de febrero, hasta un máximo de radiación promedio mensual de 5,16 kWh/m²/día en el mes de noviembre para un ángulo óptimo de 5°. Para efectos de cálculos precisos y selección de equipos del sistema, aplicamos el criterio de trabajar con la radiación solar del mes más desfavorable, el cual se determinó 3,71 kWh/m²/día.

Se calculo los niveles de iluminación mediante tecnología LED para el parque, haciendo el uso del software DIALux, elaborándose el mapa luminotécnico, el cual nos permitió obtener la calidad lumínica basándose el en Código nacional de electrificación.

Para la implementación del diseño se estimó que se necesitan ocho luminarias LED de 67W, dos paneles solares de 130Wp conectados en paralelo, una batería de 150Ah de 12V CD, para un día de autonomía, un regulador de carga de 20A y 12V CD, dos interruptores termomagnéticos de 20A y uno de 10 A.

En el estudio técnico – económico se ha obtenido índices de rentabilidad del proyecto donde el sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED, presenta indicadores favorables y aceptables con un tiempo de recuperación de la inversión en de 7 años y 4 meses, que es menor al tiempo de vida útil del sistema de iluminación fotovoltaico (20 años), haciendo factible el proyecto de investigación.

El diseño del sistema de iluminación fotovoltaica mediante tecnología LED, es viable ya que se abastece de energía eléctrica de forma independiente de otras fuentes de energía. Y sirve como un proyecto piloto ya que se obtiene grandes

ventajas de aplicación donde se requiere confiabilidad, bajo costo del servicio eléctrico y una buena iluminación.

Se recomienda que las entidades encargadas en el control del sector eléctrico, cambiar el sistema de alumbrado público con el diseño realizado, lo cual implicaría para la empresa evitar cualquier penalidad a futuro por infringir la normativa.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aching, C. (2014). *Matemáticas financieras para toma de decisiones empresariales*. Recuperado de https://me-matematicas_financieras_para_toma_de_decisiones_empresariales-ca.pdf.
- Alvarado, C. R. (2015). *Diseño y construcción de un sistema de iluminación autosustentable fotovoltaico para una parada de buses y su valla informativa del sistema integrado de transporte de Cuenca* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11352/1/UPS-CT005555.pdf>
- Barrios,. (2015). Perú ahorraría hasta US\$ 600 millones al año si usa tecnología LED en alumbrado público. *Gestion*. Recuerado de <https://gestion.pe/economia/peru-ahorraria-us-600-millones-ano-tecnologia-led-alumbrado-publico-100402>.
- Chapoñan, A. J. (2018). *Dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica a la Localidad de Cruz de Pañala-Morrope-Lambayeque* (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/1995>.
- Chávez Guerrero, M. A. (2012). *Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generacion fotovoltaica de electricidad en el Complejo Hbabitacional "San Antonio" de Riobamba* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2478>.
- Chicaiza, J. D. (2016). *Sistema fotovoltaico para promoveer energia electrica al GAD Parroquial de Curaray en la provincia de Pastaza* (tesis de grado).

- Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/19362?mode=simple>
- Correa, H. J., y Gonzales, V. J. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica en la Institución Educativa n°287 de la comunidad nativa Cilla Gonzalo, Distrito Río Santiago, Provincia Condorcanqui, Departamento de Amazonas* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/2198>
- Elias, S., y Ruiz, D. (2009). *aplicación del plan de ahorro de energía en los sistemas de iluminación en la Escuela Superior de Computo(ESCOM) del IPN primera etapa* (Gonzales Mestanza, 2018)(Tesis de grado). Instituto Politecnico Nacional, D.F Mexico, Mexico. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7180/2.pdf?sequence=1>
- Flores, G. A. (2016). *Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias led y alimentación solar fotovoltaica* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12213/3/UPS-KT01248.pdf>
- Garcia, J. R. (2017). *Diseño de un Sistema de Iluminación LED con Celdas Solares Autónomas para Áreas Externas de la UCSM* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú recuperado de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6071>
- Guerrero, A., Ruvalcaba, J. y Vasquez, I. (2016). *Propuesta de alumbrado con iluminación tipo led y paneles fotovoltaicos "estacionamiento de la DEA (Dirección de Administración Escolar) de la I.P.N"*. (Tesis de pregrado). Instituto Politecnico Nacional, D.F Mexico, Mexico. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/21082/1/TEISIS%20FINAL%20VRI.pdf>.
- Klaus, J., Olindo, I., Arno H.M, S., A.C.M.M. van Swaaij, R., & Zeman, M. (2014). *Solar Energy Fundamentals, Technology, and Systems*. Netherlands. Recuperado de https://courses.edx.org/c4x/DelftX/ET.3034TU/asset/solar_energy_v1.1.pdf.

- Mamani, J., I (2017). *Diseño y cálculo del sistema de energía fotovoltaico para la iluminación pública del malecón turístico de la playa de la Meca-Tacna*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5096>.
- Mejía, E., J (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica*. (Trabajo de investigación). Universidad Politécnica Amazónica, Bagua Grande, Perú
- Ministerio de Energía y Minas. (2015). *Plan de Electrificación Rural Periodo 2016-2025*. Dirección General de Electrificación Rural. Perú.
- Osinermin (2013). *Foro Regional Eficiencia y Nuevas Tecnologías en los Sistemas Eléctricos para la Región Ica Avances Tecnológicos en el Alumbrado Público*.
- Pérez, D. O. (2009). *Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcip434a/doc/bmfcip434a.pdf>.
- Rosas, J. A. (2017). *Análisis de Ingeniería en Alumbrado Público Con Luminarias Led Aplicado en la Avenida Central del Distrito de Villa El Salvador* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/212>.
- Salavarría, M. C. (2016). *Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para el alumbrado público de la carretera que enlaza la Universidad Cesar Vallejo con el Distrito de Morales Provincia de San Martín*. (Tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú. Recuperado de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/9630/salavarría_vm.pdf?sequence=1&isallowed=y.
- Sarzo, M. A. (2007). *Proyectos de Electrificación*. Lima: Megabyte.
- SENAMHI, M. D. (2003). *Proyecto PER/98/G31: electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú*, Lima, Perú.

- Tinoco., J. C. (2015). *Evaluación técnica económica de la factibilidad de implementación de la red de alumbrado del cerco perimetral del aeropuerto de Chiclayo con generación de energías renovables*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3516/1/tinoco_gj.pdf.
- Valdiviezo, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP* (Tesi de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5447>.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1.

Tipo de alumbrado según la clasificación vial. (MIENM-DGE, 2002)

Tipo de vía	Tipo de alumbrado	Función	Características del tránsito y la vía
Expresa	I	-Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez -Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas)	-Flujo vehicular ininterrumpido. - Cruces a desnivel. -No se permite estacionamiento. -Alta velocidad de circulación, mayor a 60 km/h. -No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal. -No se permite vehículos de transporte urbano, salvo los casos que tengan vía especial -No se permite estacionamiento.
Arterial	II	-Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez - Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares	-Alta y media velocidad de circulación, entre 60 y 30 km/h. -No se permiten paraderos urbanos sobre la calzada principal. -Volumen importante de vehículos de transporte público
Colectora 1	II	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distritos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica. -Generalmente tienen calzadas principales y auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público.
Colectora 2	III	Permite acceso a vías locales	-Vías que están ubicadas entre 1 o 2 distritos. -Tienen 1 o 2 calzadas principales, pero no tienen calzadas auxiliares. -Circulan vehículos de transporte público Los vehículos circulan a una velocidad máxima de 30 km/h.
Local comercial	III	Permite el acceso al comercio local	-Se permite estacionamiento. -No se permite vehículos de transporte público. - Flujo peatonal importante.
Local residencial 1	IV	Permite acceso a las viviendas	-Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado reducido. -Vías con calzadas asfaltadas, pero sin veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo.

Local residencial 2	V	Permite acceso a las viviendas	Vías con calzadas sin asfaltar. -Vías con calzadas asfaltadas, veredas continuas y con flujo motorizado muy reducido o nulo
Vías peatonales	V	Permite el acceso a las viviendas y propiedades mediante el tráfico peatonal	- Tráfico exclusivamente peatonal.

ANEXO 2.

Identificación de los tipos de calzada. (MIENM-DGE, 2002)

Tipo de superficie	Tipo de calzada
Revestimiento de concreto	Clara
Revestimiento de asfalto	Oscura
Superficies de tierra	clara

ANEXO 3.

Niveles de luminancia. Iluminancia e índice de control de deslumbramiento.

(MIENM-DGE, 2002)

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbramiento (G)
	(cd/m ²)	Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 – 2,0	15 – 20	30 – 40	≥ 6
II	1,0 – 2,0	10 – 20	20 – 40	5 – 6
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 – 6
IV		2 – 5	5 – 10	4 – 5
V		1 – 3	2 – 6	4 – 5

ANEXO 4.

ILUMINACION DE PARQUE CENTRAL

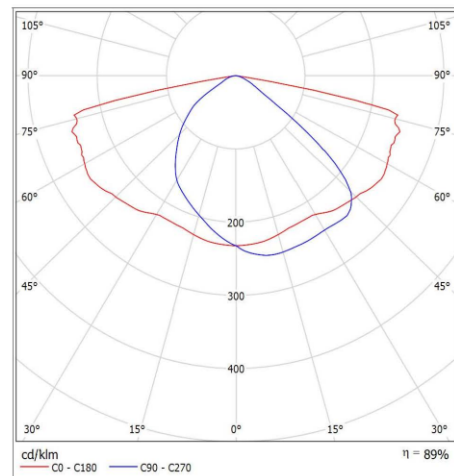


UNJ

Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 38 73 96 100 89

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

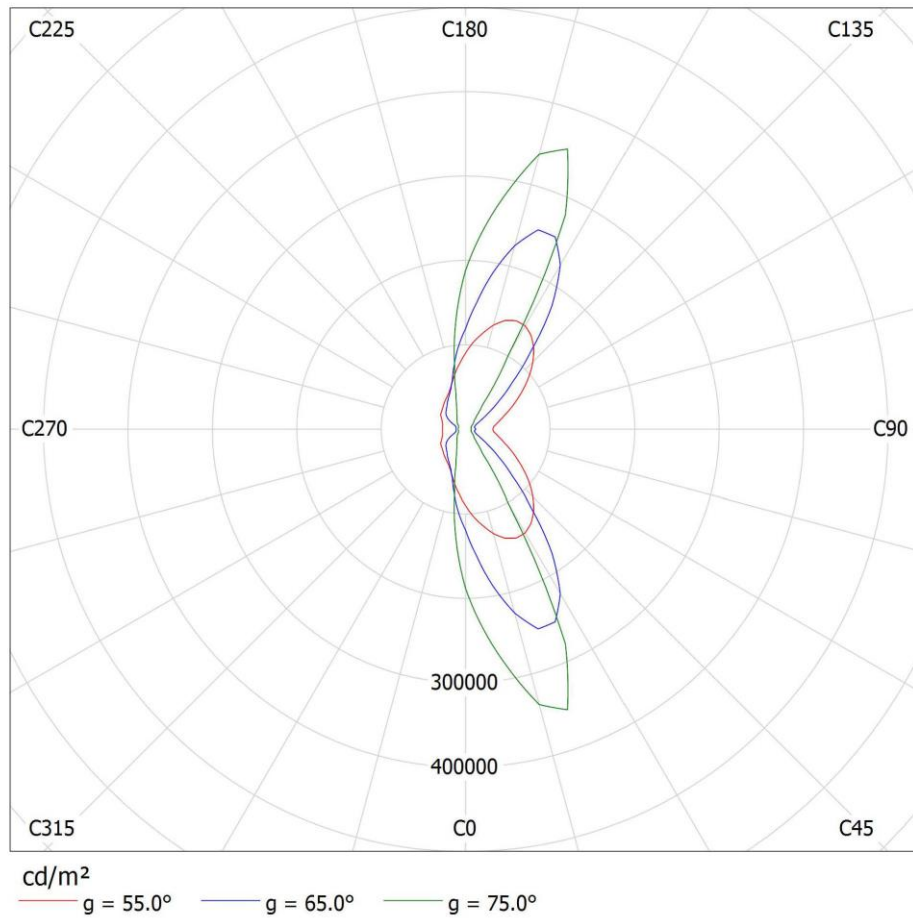
Prepara tu ciudad para el futuro con DigiStreet Desarrollada con el propósito de convertirse en tu socia a largo plazo, la arquitectura preparada para el sistema de DigiStreet te permite disfrutar ya de las ventajas de los sistemas de iluminación conectados y preparar la ciudad para futuras innovaciones. Sus dos conectores te permiten establecer una conexión directa con el sistema Philips City Touch y, además, está preparada para la conexión a las futuras innovaciones de IoT. Además, la aplicación Philips Service tag permite identificar de manera única cada luminaria individual. Con solo escanear un código QR, que se encuentra en el interior de la puerta de la columna, obtendrá acceso inmediato a la configuración de la luminaria, lo que facilita y acelera las operaciones de mantenimiento y programación sin que importe en qué etapa de su vida útil se encuentre la luminaria.

UNJ

Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11
Lámparas: 1 x LED109-4S/757





UNJ

 Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jesusunj92@gmail.com
PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Tabla de intensidades lumínicas

 Luminaria: PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11
 Lámparas: 1 x LED109-4S/757

Gamma	C 90°	C 105°	C 120°	C 135°	C 150°	C 165°	C 180°	C 195°	C 210°	C 225°
0.0°	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232
5.0°	243	241	240	240	237	234	231	229	226	225
10.0°	249	246	245	244	239	234	230	224	219	216
15.0°	250	248	247	245	240	233	226	217	210	205
20.0°	249	248	246	245	241	232	222	209	199	193
25.0°	248	249	248	248	245	235	220	202	188	182
30.0°	247	250	251	255	252	241	220	198	179	170
35.0°	248	250	255	265	267	255	228	194	170	159
40.0°	249	252	262	276	287	269	234	190	160	148
45.0°	236	244	265	294	313	290	238	186	150	136
50.0°	186	208	250	313	347	317	245	176	138	122
55.0°	90	119	197	315	395	356	251	165	123	105
60.0°	39	46	117	273	441	403	251	148	107	86
65.0°	25	23	42	161	462	463	245	124	85	67
70.0°	14	15	20	48	392	507	244	97	60	43
75.0°	8.43	8.53	11	18	128	425	237	55	26	18
80.0°	2.84	3.04	3.23	5.19	20	155	115	9.51	6.66	5.98
85.0°	0.10	0.10	0.20	0.49	1.08	2.55	1.67	1.47	1.47	1.37
90.0°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Valores en cd/klm

UNJ

 Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jesusunj92@gmail.com
PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Tabla de intensidades lumínicas

 Luminaria: PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11
 Lámparas: 1 x LED109-4S/757

Gamma	C 240°	C 255°	C 270°
0.0°	232	232	232
5.0°	223	222	223
10.0°	213	211	211
15.0°	202	200	199
20.0°	191	189	188
25.0°	180	178	178
30.0°	167	167	168
35.0°	156	152	152
40.0°	142	136	133
45.0°	128	117	115
50.0°	112	99	95
55.0°	95	79	76
60.0°	74	51	47
65.0°	49	25	23
70.0°	25	16	16
75.0°	13	11	11
80.0°	5.88	5.49	5.49
85.0°	1.57	1.47	0.88
90.0°	0.00	0.00	0.00

Valores en cd/klm



UNJ

 Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail jesusunj92@gmail.com
PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Tabla de densidades lumínicas

 Luminaria: PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11
 Lámparas: 1 x LED109-4S/757

Gamma	C 90°	C 105°	C 120°	C 135°	C 150°	C 165°	C 180°	C 195°	C 210°	C 225°
0.0°	47723	47723	47723	47723	47723	47723	47723	47723	47723	47723
5.0°	50147	49602	49501	49360	48754	48229	47704	47098	46613	46270
10.0°	51994	51381	51177	50809	49828	48827	47908	46641	45742	45068
15.0°	53239	52719	52469	52135	50990	49490	48032	46074	44679	43658
20.0°	54405	54105	53848	53569	52585	50786	48410	45733	43528	42158
25.0°	56209	56386	56120	56164	55521	53190	49904	45864	42667	41313
30.0°	58475	59241	59543	60403	59799	57243	52202	46836	42491	40214
35.0°	62066	62730	63810	66316	66979	64031	57105	48656	42589	39814
40.0°	66842	67604	70335	73855	77033	71964	62640	51005	42915	39790
45.0°	68401	70820	76994	85303	90965	84250	69227	53862	43676	39379
50.0°	59502	66294	79972	99942	110834	101382	78282	56341	44133	38938
55.0°	32306	42724	70575	112808	141291	127541	90008	59070	44162	37638
60.0°	15854	18912	47925	111904	181156	165583	102931	60841	43941	35491
65.0°	12140	10997	20614	78218	224561	225084	118969	60222	41180	32325
70.0°	8647	8941	11765	28530	235066	304068	146710	58355	35766	25707
75.0°	6685	6763	8706	14459	101834	337295	188042	43376	20600	14148
80.0°	3360	3592	3823	6141	23984	183180	136023	11239	7879	7068
85.0°	231	231	462	1154	2539	6002	3924	3463	3463	3232

Valores en Candela/m².



PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Tabla de densidades lumínicas

Luminaria: PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11
 Lámparas: 1 x LED109-4S/757

Gamma	C 240°	C 255°	C 270°
0.0°	47723	47723	47723
5.0°	45987	45724	45886
10.0°	44455	44047	43965
15.0°	42846	42471	42242
20.0°	41665	41387	41151
25.0°	40669	40270	40403
30.0°	39657	39494	39889
35.0°	39077	38144	38070
40.0°	37978	36323	35588
45.0°	37075	33945	33376
50.0°	35870	31707	30455
55.0°	34095	28307	27290
60.0°	30501	20924	19395
65.0°	23613	11949	11092
70.0°	15118	9706	9706
75.0°	10261	8629	8706
80.0°	6952	6488	6488
85.0°	3694	3463	2078

Valores en Candela/m².



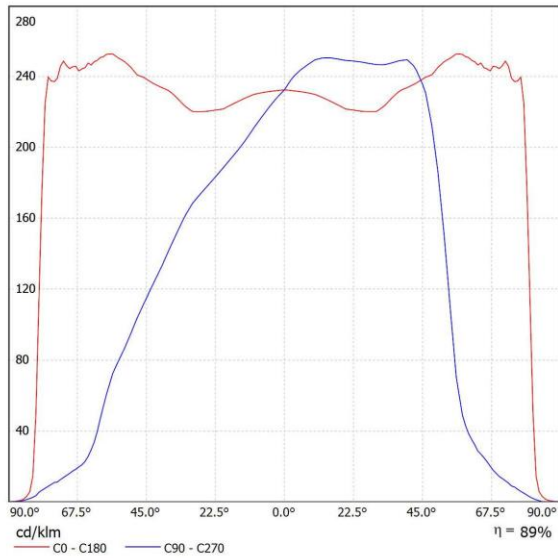
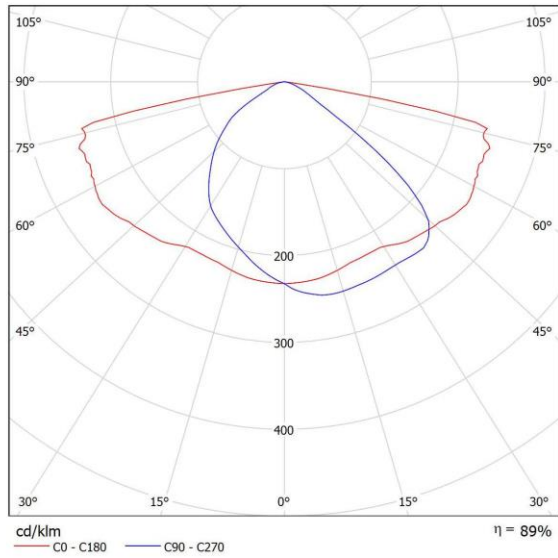
UNJ

Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Hoja de datos CDL

Luminaria: PHILIPS BGP761 T25 1
xLED109-4S/757 DM11

Lámparas: 1 x LED109-4S/757



UNJ

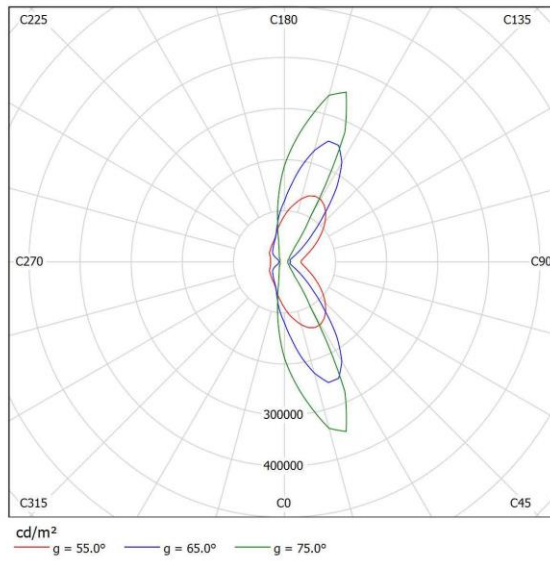
Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Hoja de datos Deslumbramiento

Luminaria: PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Lámparas: 1 x LED109-4S/757



UNJ

Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11 / Hoja de datos del alumbrado de emergencia

Luminaria: PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11

Lámparas: 1 x LED109-4S/757

Índice de reproducción de color: 0
Flujo luminoso: 11000 lm
Factor de corrección: 1.000
Factor de alumbrado de emergencia: 1.00
Flujo luminoso de alumbrado de emergencia: 11000 lm
Grado de eficacia de funcionamiento: 89.00
Grado de eficacia de funcionamiento (medio local inferior): 100.00
Grado de eficacia de funcionamiento (medio local superior): 0.00

Evaluación del deslumbramiento (Intensidades lumínicas máximas [cd])

	C0	C90	C0 - C360
Gamma 60° - 90°	2757.5	424.7	6187.7
Gamma 0° - 180°	2766.1	2755.4	6187.7

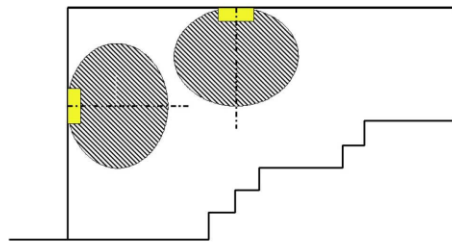
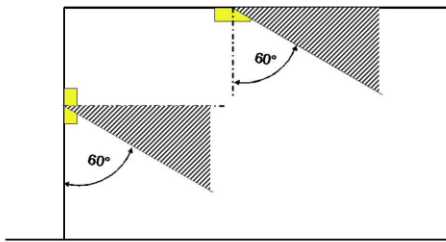







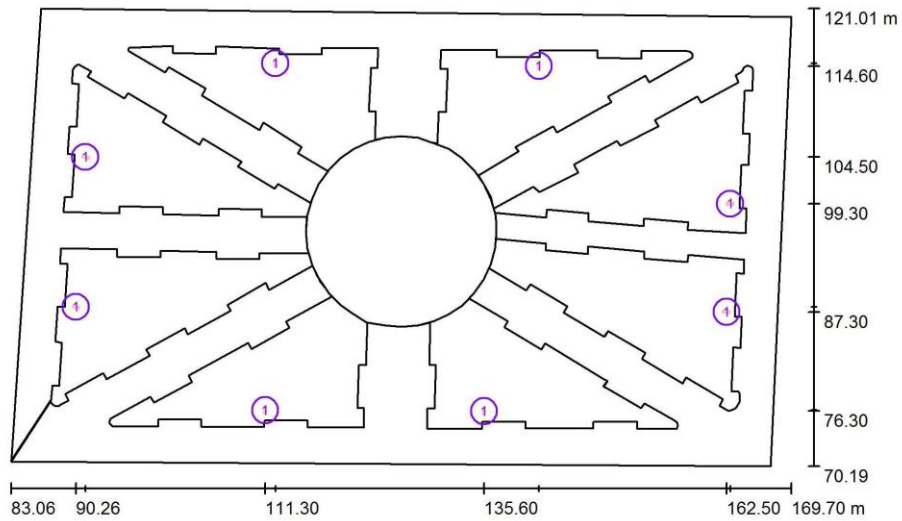
Tabla de distancias para caminos de escape planos

Altura de montaje [m]					
2.00	6.65	16.92	11.84	7.73	3.31
2.50	8.32	21.16	14.80	9.66	4.14
3.00	9.98	25.39	17.76	11.59	4.97
3.50	11.64	29.62	20.72	13.53	5.80
4.00	13.31	33.85	23.68	15.46	6.63

La tabla de distancias se base en los siguientes parámetros:

- Factor mantenimiento: 0.72
- Factor de alumbrado de emergencia: 1.00
- Intensidad luminica mínima en la línea media: 1.00 lx
- Intensidad luminica mínima en la media anchura de la vía de evacuación: 0.50 lx
- Uniformidad máxima en la línea media 40 : 1
- Anchura de la vía de evacuación: 2.00 m

Escena exterior 1 / Luminarias (ubicación)

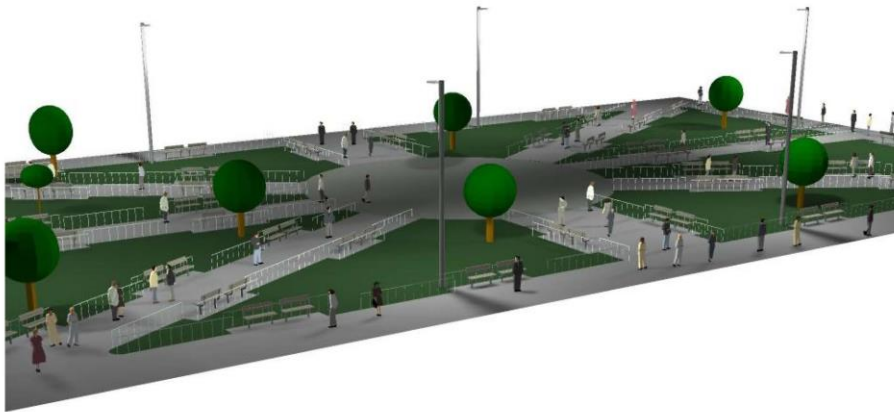


Escala 1 : 620

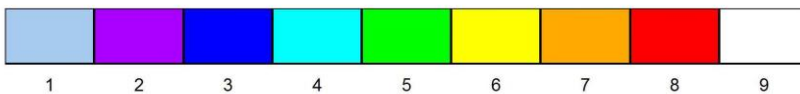
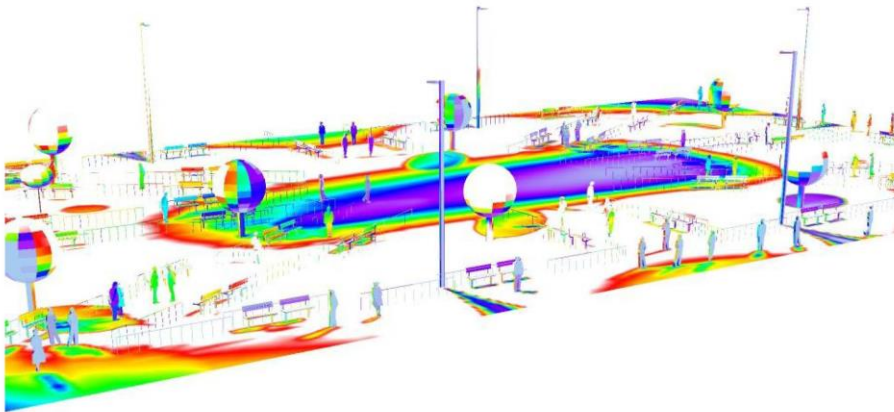
Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación
1	8	PHILIPS BGP761 T25 1 xLED109-4S/757 DM11

Escena exterior 1 / Rendering (procesado) en 3D

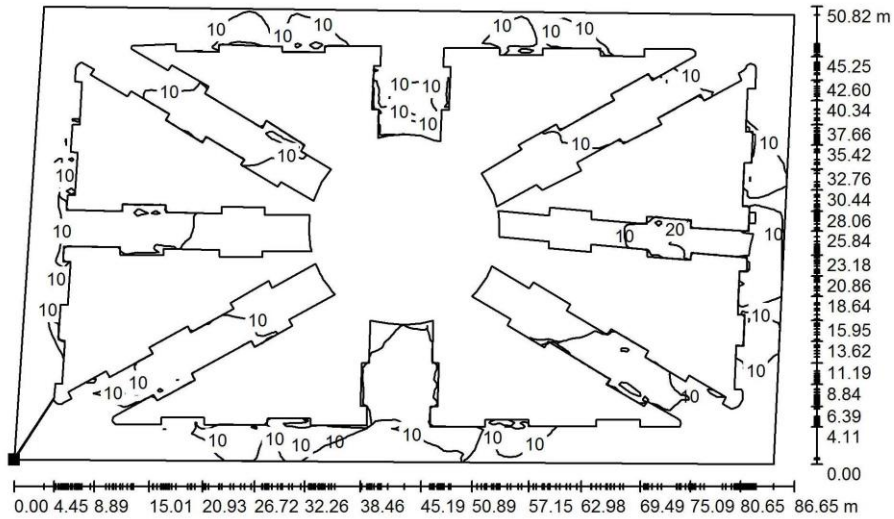


Escena exterior 1 / Rendering (procesado) de colores falsos



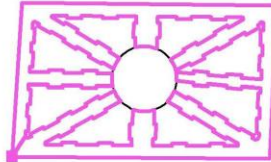
lx

Escena exterior 1 / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 620

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(83.058 m, 70.682 m, 0.000 m)



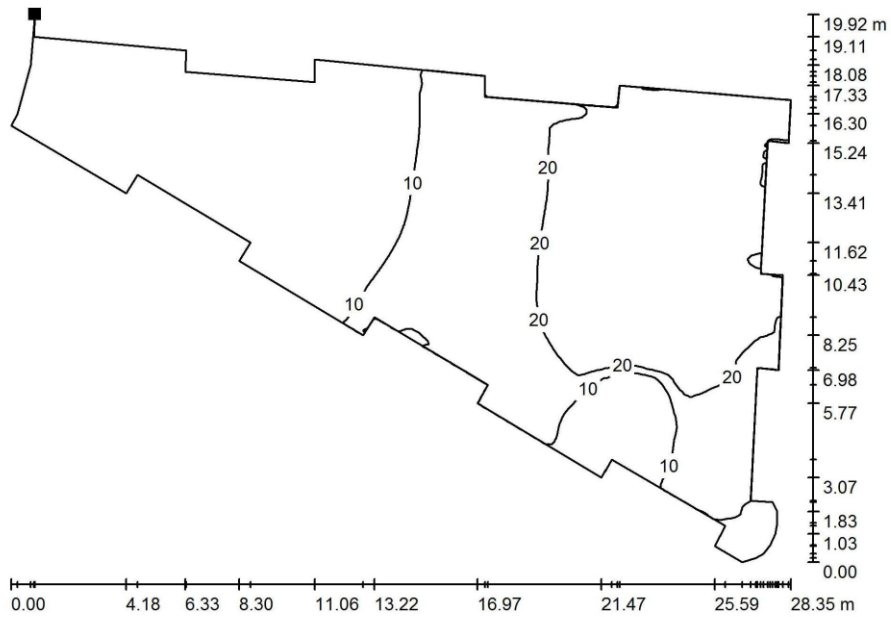
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
8.90	0.44	28	0.050	0.016

UNJ

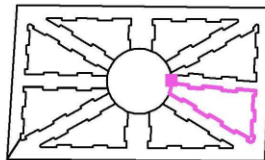
Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

Escena exterior 1 / Piso / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 203

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(136.995 m, 96.231 m, 0.000 m)



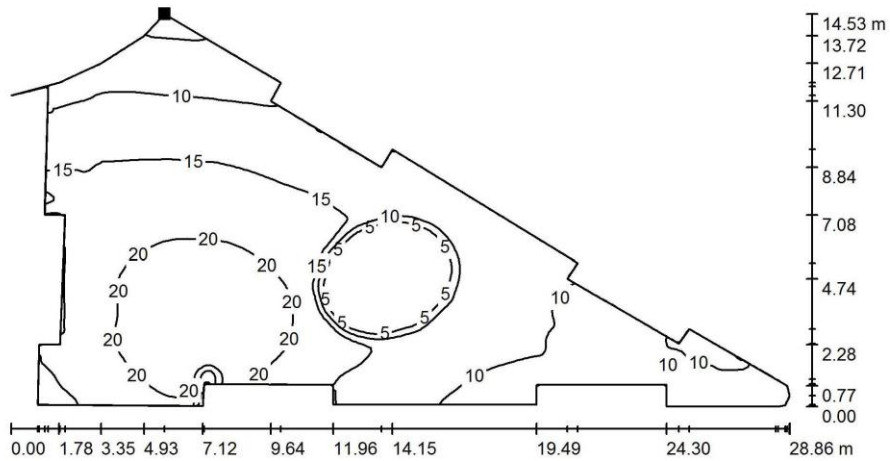
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	1.08	29	0.078	0.037

UNJ

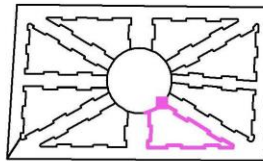
Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

Escena exterior 1 / Piso / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 207

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(133.949 m, 88.829 m, 0.000 m)



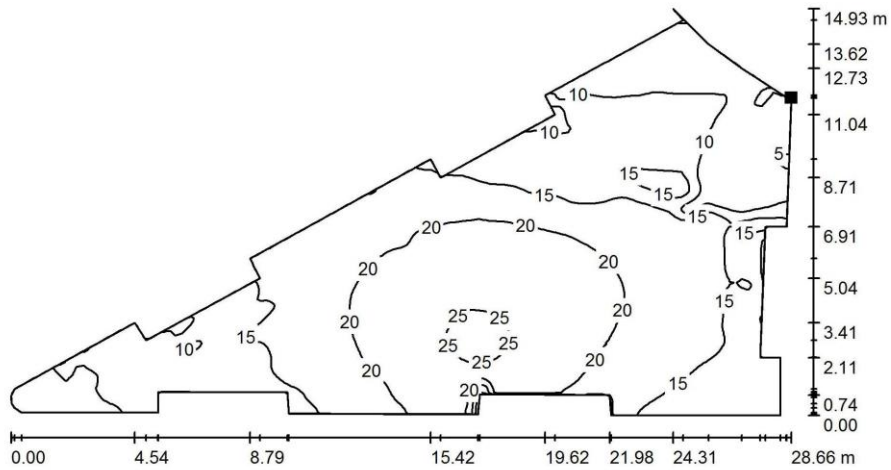
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
13	0.88	24	0.066	0.037

UNJ

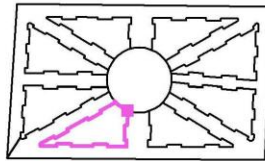
Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

Escena exterior 1 / Piso / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 205

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(122.656 m, 86.142 m, 0.000 m)



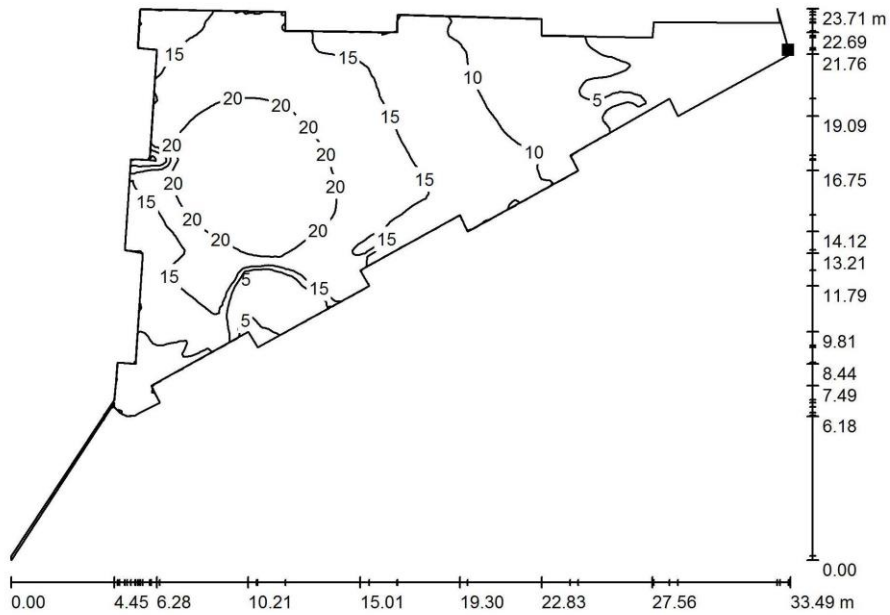
Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
16	2.40	26	0.150	0.094

UNJ

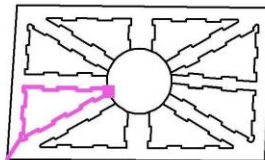
Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA
Teléfono
Fax
e-Mail jesusunj92@gmail.com

Escena exterior 1 / Piso / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 240

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(116.466 m, 92.611 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
13	1.79	23	0.133	0.078



UNJ

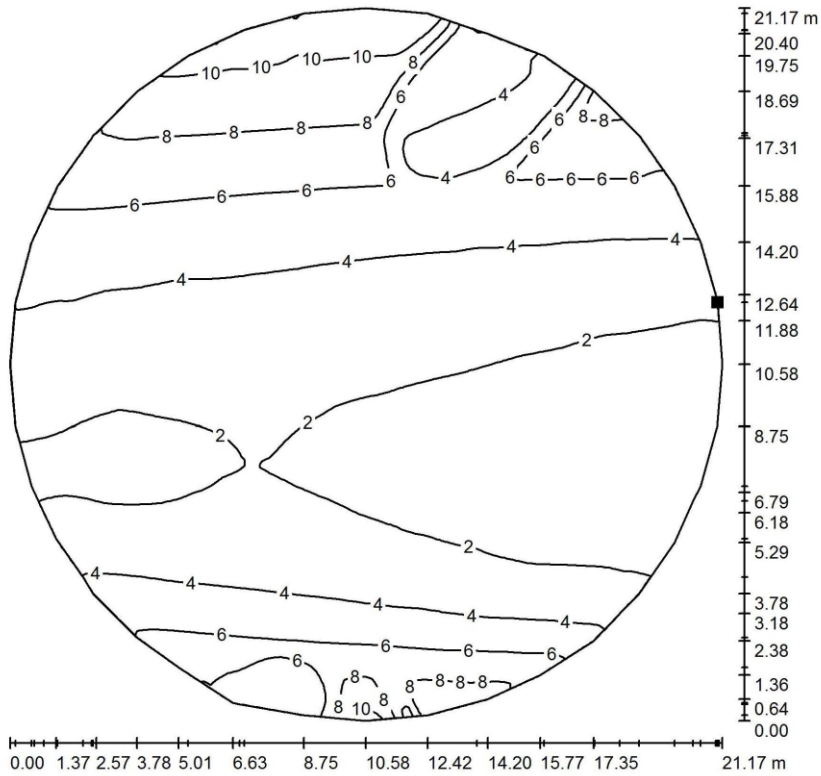
Proyecto elaborado por JESUS PEREZ ZULUETA

Teléfono

Fax

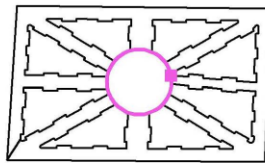
e-Mail jesusunj92@gmail.com

Escena exterior 1 / Centro / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 166

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (136.863 m, 98.069 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
4.02	1.18	11	0.294	0.106

ANEXO 5.



Poly-crystalline Solar Module

ED110-6P
ED120-6P
ED130-6P

Warranty

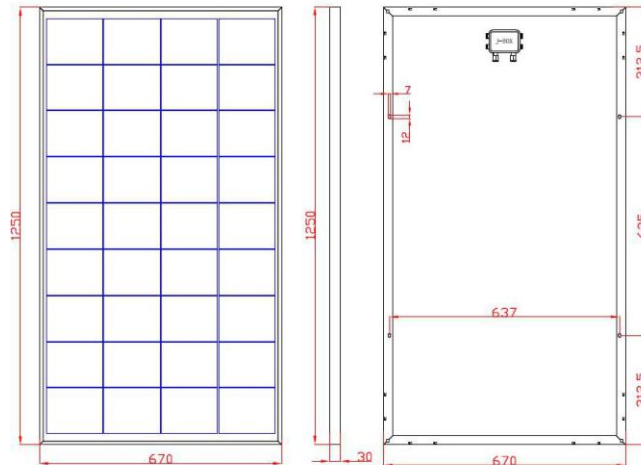
10-year repair and workmanship warranty
12-year warranty at 90% power output
25-year warranty at 80% power output



Typical Electrical Characteristics

Models	ED110-6P	ED120-6P	ED130-6P
Max. Power (Pmax)	110Wp	120Wp	130Wp
Optimum Operating Voltage (Vm)	17.2V	17.6V	17.8V
Optimum Operating Current (Im)	6.40A	6.82A	7.31A
Open-circuit Voltage (Voc)	21.6V	22.4V	22.8V
Short-circuit Current (Isc)	6.78A	7.22A	7.67A
Module efficiency	14.2%	15.0%	15.7%

Note: the specifications are obtained under the Standard Test Condition (STC): 1,000W/m², Am 1.5, Cell Temperature 25°C

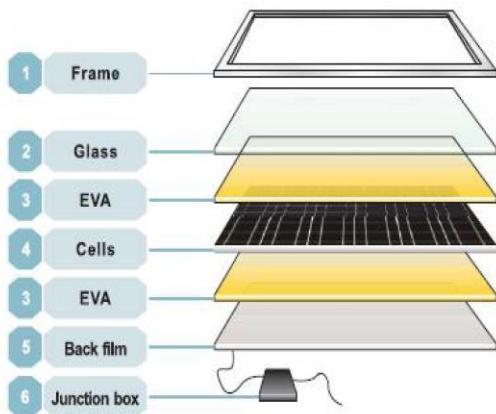


ECO DELTA POWER CO.,LTD.
www.ecodeltapower.com

Email:info@ecodeltapower.com
Tele: 0086-519-88887678

Solar cell	Poly
Power Tolerance (Pmax)	0 ~ +3%
Numbers of cells	36pcs of cells in series
Module Dimension	1250×670×30mm
Weight	10Kg
Max. System Voltage	1000V DC
Max. Series Fuse Rating	—
Temperature cycling range	-40℃ ~ +85℃
NOTC	47℃
Temperature coefficients of Isc	(+0.06%/℃)
Temperature coefficients of Voc	(-0.35%/℃)
Temperature coefficients of Pmax	(-0.4%/℃)
Load Capacity	448pcs/ 20'GP
	1008pcs/ 40'GP

Certification



The Structure of Solar Modules

Cells

The hi-efficiency of mono and poly solar cells ensure adequate power for panels.

Glass

Low-iron tempered glass, 3.2mm thickness with higher reflectivity.

EVA

Higher transmission rate, antioxidant capacity and temperature resistance, no expansion or contraction.

Back film

Increase efficiency of modules slightly and reduce module's temperature. Aging resistance, corrosion resistance and airtight.

Aluminum Frame

Using the framework of the anodized aluminum frame with high intensity, mechanical shock resistance capacity.



ECO DELTA POWER CO.,LTD.
www.ecodeltapower.com

Email: info@ecodeltapower.com
 Tele: 0086-519-88887678



DC12-134 (12V150Ah)

DC (Deep Cycle) series is specially designed for frequent cyclic discharge. By using strong grids and specially designed active material, the DC series battery offers 30% more cyclic life than the standby series. It is suitable for UPS, solar & wind energy, telecom system, electric power system, electric vehicles, golf cars, etc.



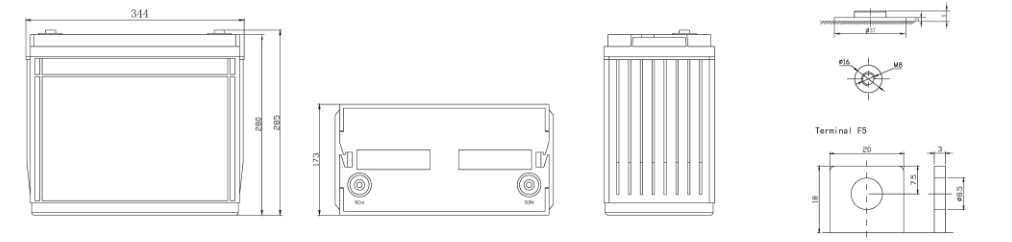
Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	134Ah@10hr-rate/150Ah@100hr-rate (to 1.80V per cell @25°C)
Weight	Approx. 41.5 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Max. Discharge Current	1340A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 4.0 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current	40.2A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F5/F12
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



Dimensions

Unit: mm Dimension: 344(L) × 173(W) × 285(H)



Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	426.6	311.3	243.1	134.6	83.64	51.64	35.09	28.30	23.49	15.47	13.94	7.38
10.0V	414.2	296.2	238.1	132.9	82.53	50.60	34.44	27.89	23.28	15.41	13.81	7.24
10.2V	402.0	285.8	234.4	130.9	81.74	50.06	34.14	27.62	23.13	15.27	13.67	7.11
10.5V	360.9	263.7	223.1	127.3	80.74	49.41	33.83	27.21	22.94	15.13	13.53	6.97
10.8V	325.8	240.4	205.7	123.1	79.62	49.00	33.44	26.28	22.82	15.07	13.41	6.90
11.1V	278.2	214.9	184.5	118.4	77.73	47.03	32.78	25.90	22.66	14.95	13.26	6.62

Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	4412	3315	2674	1541	969.3	605.2	413.2	338.7	281.4	185.3	167.2	88.92
10.0V	4325	3214	2631	1525	960.4	597.8	407.0	333.9	278.9	184.6	165.9	87.38
10.2V	4276	3129	2601	1512	954.7	593.5	405.2	330.8	277.2	183.2	164.4	85.76
10.5V	3892	2914	2481	1481	948.6	586.0	401.9	326.3	275.0	181.6	162.8	84.14
10.8V	3545	2686	2294	1446	936.4	581.6	397.4	315.3	273.7	180.8	161.2	83.33
11.1V	3114	2428	2065	1406	922.4	559.9	390.8	310.8	272.7	179.5	159.4	80.35

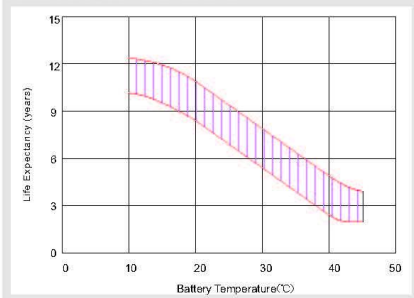
All mentioned values are average values (Tolerance ±2%).

DC12-134

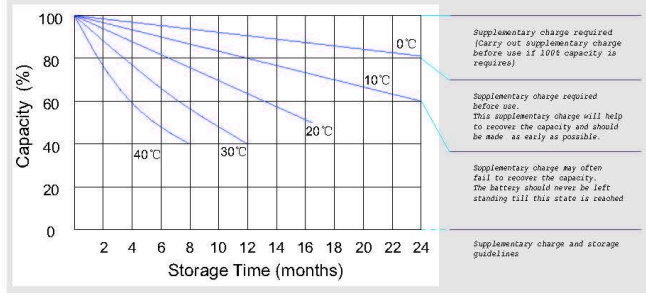
12V150Ah



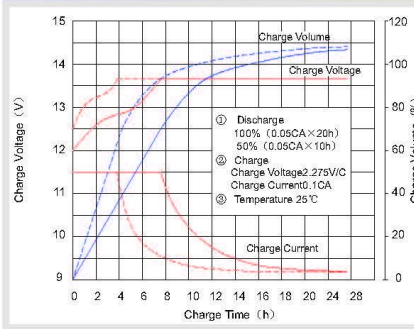
Effect of temperature on long term float life



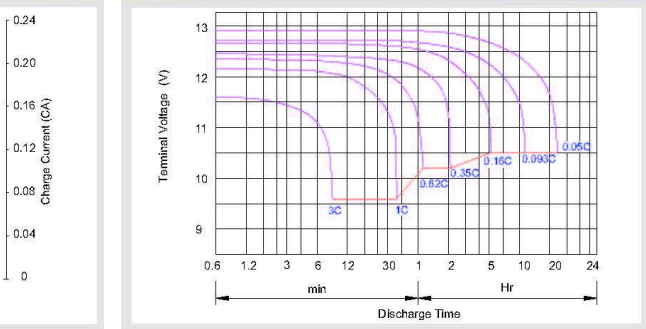
Storage characteristic



Charge characteristic Curve for standby use



Discharge characteristic Curve



Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/cell	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤ 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥ 1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+14.4-14.7Vx24h.Max. Current 0.3C
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1Cx12h
Fast	-0.2Cx2h-0.3Cx4h

Bolt	M5	M6	M8
Terminal	F3 F4 F13 F18 T25 T26	F8 F11 F12-1 F15	F5 F9 F10 F12 F14 F16
Torque	6-7N·m	8-10N·m	10-12N·m

Maintenance & Cautions

Float Service:
※ Every month, recommend inspection every battery voltage.
※ Every three months, recommend equalization charge for one time.
Equalization charge method:
Discharge: 100% rate capacity discharge.
Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 14.4-14.7V charge 24h.
※ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/C/Cell.
※ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.

SHENZHEN RITAR POWER CO.,LTD.
URL: www.ritarpower.com

Address: Rm405, Tower C, Huahan Building, Langshan Rd16, Nanshan District, ShenZhen, 518057, China
Tel: +86-755-33981668 Fax: 86-755-8347-5180

2015 Version 0

Controladores de carga SmartSolar con salida de carga MPPT 75/10, 75/15, 100/15, 100/20, 100/20-48V

www.victronenergy.com



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 75/15

Bluetooth Smart Integrado: no necesita mochila

La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control, un PC u otros dispositivos.

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta alcanzar una tensión preestablecida. (Modelo 48V: interfaz con un relé) También se puede establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife. La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.

BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Si un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses.

El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

Algoritmo de carga de batería programable

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Temporizador día/noche y opción de regulador de luminosidad

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Programación y opciones de visualización del historial y de datos en tiempo real

- Smartphones Apple y Android modernos, tabletas, macbooks y otros dispositivos: consulte las capturas de pantalla en la hoja informativa de la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.
- Panel ColorControl

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20	MPPT 100/20-48V
Tensión de la batería	Selección automática 12/24V				48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W	n.a.
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W	n.a.
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí				
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V		
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	12V: 25 mA 24V: 15 mA		15mA		
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)				57,6V (ajust.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)				55,2V (ajust.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Corriente de carga continua	15A		20A		1A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife				
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible)/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95% sin condensación				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
CÁRCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales de conexión	6 mm ² / AWG10				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	0,5 kg	0,6 kg	0,65 kg		
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm	100 x 113 x 50 mm		100 x 113 x 60 mm	
NORMATIVAS					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.

1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador.

Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.

2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.

TTRF-70 (NLT / NMT)

Usos

En aparatos sujetos a desplazamientos, arrollamientos o vibraciones y para todo tipo de equipos móviles. Servicio liviano NLT (SVTO) y servicio medio pesado NMT (SJTO).

Descripción

Dos, tres o cuatro conductores de cobre electrolítico recocido, flexible, cableado en haz, aislados con PVC, trenzados, relleno de PVC y cubierta exterior común de PVC.

Características

Gran flexibilidad, terminación compacta; resistente a la abrasión, humedad y al aceite. Retardante a la llama.

Marcación

INDECO S.A. TTRF-70(NLT / NMT) <Sección> 300/500 V
Marca a solicitud: <Año> <Nombre Cliente> <Metrado Secuencial>

Calibres

NLT : 18 AWG - 14 AWG.
NMT: 12 AWG - 10 AWG.

Embalaje

En rollos estándar de 100 metros.

Colores

Aislamiento: 2 conductores: blanco y negro.
3 conductores: blanco, negro y rojo.
4 conductores: blanco, negro, rojo y amarillo.

Cubierta Exterior: Gris.



Norma(s) de Fabricación
NTP 370.252
Tensión de servicio
0.3/0.5 kV
Temperatura de operación
70°C

TABLA DE DATOS TECNICOS NLT

CALIBRE	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE*
				AISLAMIENTO	CUBIERTA			
NºxAWG	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A
2 x 18	2x0.82	24	0.204	0.6	0.8	6.8	61	10
2 x 16	2x1.31	24	0.255	0.7	0.8	7.8	83	15
2 x 14	2x2.08	39	0.255	0.8	0.9	9.2	120	20
3 x 18	3x0.82	24	0.204	0.6	0.8	7.2	73	7
3 x 16	3x1.31	24	0.255	0.7	0.9	8.5	104	10
3 x 14	3x2.08	39	0.255	0.8	1.1	10.2	155	15
4 x 16	4x1.31	24	0.255	0.7	1	9.4	128	10
4 x 14	4x2.08	39	0.255	0.8	1.1	11.1	186	15

TABLA DE DATOS TECNICOS NMT

CALIBRE	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	ESPEORES		DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE*
				AISLAMIENTO	CUBIERTA			
NºxAWG	mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A
2 x 12	2x3.31	61	0.255	0.8	1.1	10.5	164	25
2 x 10	2x5.26	98	0.255	0.8	1.2	12	226	30
3 x 12	3x3.31	61	0.255	0.8	1.1	11.2	204	20
3 x 10	3x5.26	98	0.255	0.8	1.2	12.7	285	25
4 x 12	4x3.31	61	0.255	0.8	1.2	12.4	251	20
4 x 10	4x5.26	98	0.255	0.8	1.4	14.3	358	25

(*) Temperatura ambiente: 30 °C