

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE
ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICO MEDIANTE
TECNOLOGÍA LED PARA EL PARQUE DEL C.P.M.
AMBATO TAMBORAPA, DISTRITO BELLAVISTA, JAÉN
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA

Autores: Bach. Jorge Eduardo Moya Ramírez

Bach. Leiner Edilmer Benavides Huamán

Asesor: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Línea de Investigación: Energías Alternativas

JAÉN - PERÚ, AGOSTO 2024

NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICO MEDIANTE TECNOLOGÍA LED PARA EL PARQUE

AUTOR

Jorge Eduardo Moya Ramírez & Leiner Edilmer Benavides Huamán

RECUENTO DE PALABRAS

16107 Words

RECUENTO DE CARACTERES

87150 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

104 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

20.8MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 10, 2024 8:34 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 10, 2024 8:38 AM GMT-5

● **16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día lunes 05 de agosto del 2024, siendo las 17:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Dr. José Gerardo Saavedra Carrasco
Secretario : Dr. Ricardo Ángel Shimabuku Ysa
Vocal : Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN FOTOVOLTAICO MEDIANTE TECNOLOGÍA LED PARA EL PARQUE DEL C.P.M AMBATO TAMBORAPA, DISTRITO DE BELLAVISTA, JAÉN".

Presentado por los bachilleres: **Jorge Eduardo Moya Ramírez y Leiner Edilmer Benavides Huamán** de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.

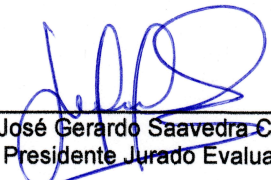
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría


Con la siguiente mención:

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

Siendo las 18:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando con la suscripción de la presente.


Dr. José Gerardo Saavedra Carrasco
Presidente Jurado Evaluador


Dr. Ricardo Ángel Shimabuku Ysa
Secretario Jurado Evaluador


Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca
Vocal Jurado Evaluador

ÍNDICE

ÍNDICE.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRAC.....	vii
I. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.1.1. Antecedentes internacionales.....	2
1.1.2. Antecedentes nacionales	3
1.1.3. Antecedentes regionales y locales.....	4
1.2. Descripción del problema	4
1.3. Formulación del problema.....	5
1.4. Justificación	5
1.4.1. Justificación social	5
1.4.2. Justificación ambiental.....	6
1.4.3. Justificación económica	6
1.5. Hipótesis	6
1.6. Teoría relacionada al tema.....	6
1.6.1. Radiación en sistemas solares fotovoltaicos	6
1.6.2. Sistema de iluminación	8
II. Objetivos	14
2.1. Objetivo general.....	14
2.2. Objetivos específicos	14
III. Material y métodos	15
3.1. Tipo y diseño de la investigación	15
3.2. Población y muestra.....	15
3.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	15
3.4. Procesamiento y análisis de datos.....	17
3.5. Procedimiento metodológico	17

3.5.1. Evaluación y caracterización del recurso solar en la zona de estudio	17
3.5.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para la demanda del sistema de iluminación.....	23
3.5.3. Simulación con el software DIALux el sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED.....	52
3.5.4. Evaluación económica del sistema de iluminación fotovoltaico propuesto.	59
IV. Resultados	69
V. Discusión	73
VI. Conclusiones y recomendaciones.....	75
6.1. Conclusiones.....	75
6.2. Recomendaciones	76
Referencias bibliográficas	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características ambientales en el C.P.M. Ambato Tamborapa	18
Tabla 2: Radiación promedio mensual en el parque C.P.M. Ambato Tamborapa (kWh/m ² /día)	20
Tabla 3: Otros métodos para estimar el ángulo de inclinación óptimo en función de la latitud	22
Tabla 4: Consumo energético teórico por cada punto de iluminación	25
Tabla 5: Pérdidas en una instalación fotovoltaica	26
Tabla 6: Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico seleccionado.....	29
Tabla 7: Selección de interruptores termomagnéticos.....	42
Tabla 8: Equipos y accesorios del sistema fotovoltaico	44
Tabla 9: Iluminación recomendada para parques y jardines	52
Tabla 10: Presupuesto referencial para la instalación de iluminación fotovoltaica	60
Tabla 11: Presupuesto referencial para alumbrado público convencional	61
Tabla 12: Tarifa con simple medición de energía 1E – Alumbrado público.....	62
Tabla 13: Costo de cada tipo de energía mensual	63
Tabla 14: Flujo de caja acumulado.....	65
Tabla 15: Análisis de ingresos y egresos.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Radiación recibida en una superficie	7
Figura 2: El espectro visible es un minúsculo intervalo electromagnético.	8
Figura 3: Sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED.....	11
Figura 4: Iluminación fotovoltaica utilizada en parques y calles	12
Figura 5: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
Figura 6: Ubicación geográfica del C.P.M. Ambato Tamborapa.....	18
Figura 7: Radiación solar al ángulo óptimo.....	21
Figura 8: Ángulo óptimo para inclinación de los paneles	21
Figura 9: Luminaria LED seleccionada.	24
Figura 10: Panel fotovoltaico monocristalino	29
Figura 11: Curva I-V, en función de la temperatura y la irradiancia.....	30
Figura 12: Batería sellada GEL de ciclo profundo	35
Figura 13: Controlador de carga.....	36
Figura 14: Cable NH-80, 4 mm ² , INDECO, color Azul.....	38
Figura 15: Cable NH-80, 2.5 mm ² , INDECO, color Negro	39
Figura 16: Cable NH-80, 2.5 mm ² , INDECO, color Negro	40
Figura 17: Poste existente para iluminación convencional	43
Figura 18: Poste de acero SCH-10.	44
Figura 19: Longitud efectiva de columnas y relación de esbeltez.....	47
Figura 20: Crucetas para las luminarias.	49
Figura 21: Partes del sistema de iluminación fotovoltaica.	50
Figura 22: Cimentación, platina y aleta de acero A36 para el poste.	51
Figura 23: Plano del parque C.P.M Ambato Tamborapa.	53
Figura 24: Luminarias LED en el parque	56
Figura 25: Fijación de puntos de iluminación	57
Figura 26: Alumbrado general del parque	58
Figura 27: Alumbrado del camino peatonal principal	58
Figura 28: Alumbrado de la plazuela central del parque.....	59
Figura 29: Cálculo del nivel de iluminación general mediante el software DiaLux.	70
Figura 30: Cálculo del nivel de iluminación en el camino peatonal principal	71
Figura 31: Cálculo del nivel en la plazuela central del parque.....	72

RESUMEN

En el presente informe de tesis, muestra el diseño y simulación de un sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED para el parque del C.P.M Ambato Tamborapa, distrito Bellavista, provincia de Jaén. Actualmente, el parque presenta deficiencias en el sistema iluminación del área debido a que los niveles de iluminación no están acordes con los niveles establecidos en la norma técnica DGE y consumos de energía elevados. Generando inhibición en la práctica para el desarrollo de actividades culturales y deportivas, inseguridad y limitaciones a la convivencia vecinal y familiar. El proyecto de tesis contempla un análisis teórico mediante la revisión de fuentes bibliográficas que contribuyeron al desarrollo del tema de investigación. Luego se muestra el análisis del recurso solar en la zona del proyecto para diferentes ángulos de inclinación con datos obtenidos del aplicativo online de la NASA, luego se realizó el diseño y simulación del sistema de iluminación con ayuda del software gratuito Dialux EVO 9.2, que nos permitió documentar los resultados obtenidos mediante visualizaciones fotorrealistas. Seguidamente se dimensiono el sistema fotovoltaico para cada punto de iluminación y finalmente se realizó un análisis económico que desde el punto de vista económico es factible (VAN positivo).

Palabras clave: Alumbrado público, iluminación LED, recurso solar, sistema fotovoltaico.

ABSTRAC

In this thesis report, it shows the design and simulation of a photovoltaic lighting system using LED technology for the C.P.M Ambato Tamborapa Park, Bellavista district, Jaen province. Currently, the park has deficiencies in the lighting system of the area due to the fact that the lighting levels are not in accordance with the levels established in the DGE technical standard and high energy consumption. Generating inhibition in practice for the development of cultural and sports activities, insecurity and limitations to neighborhood and family coexistence. The thesis project includes a theoretical analysis through the review of bibliographic sources that contributed to the development of the research topic. Then the analysis of the solar resource in the project area is shown for different angles of inclination with data obtained from the NASA online application, then the design and simulation of the lighting system was carried out with the help of the free software DiaLux EVO 9.2, which allowed to document the results obtained through photorealistic visualizations. Next, the photovoltaic system was dimensioned for each lighting point and finally an economic analysis was carried out, which from the economic point of view is feasible (positive VAN).

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

I. INTRODUCCIÓN

Toda instalación de alumbrado público sea calles, vías, plazas, plazuelas entre otras, tiene como objetivo establecer las exigencias lumínicas mínimas que deben cumplir las instalaciones de alumbrado público dentro de los estándares de calidad y el marco de cumplimiento de la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos. Así como también, fijar las obligaciones de los suministradores y autoridades para su oportuna operación y mantenimiento.

Sin embargo, todo proyecto de iluminación debe estar sujeto a normativas y reglamentos que varían dependiendo del espacio a iluminar en cada país. En el caso de Perú, los proyectos de iluminación de vías públicas, deben estar acorde con la Norma Técnica DGE (Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución), la misma que es fiscalizada por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), institución pública encargada de regular y supervisar que las empresas del sector eléctrico, hidrocarburos y minero cumplan las disposiciones legales de las actividades que desarrollan (Simpalo, 2019).

El desarrollo de la presente tesis, considera una evaluación integral del sistema de iluminación pública para el parque del C.P.M. Ambato Tamborapa, distrito Bellavista de la provincia de Jaén, se inicia realizando una inspección del estado situacional eléctrico, luminotécnico y de eficiencia del modelo actual de la luminaria usada para la iluminación, con el objetivo de determinar el estado de este mismo.

Luego, se procede con la identificación del recurso solar en la zona de proyecto, haciendo uso de los datos obtenidos del aplicativo de la NASA, estimación de la demanda de consumo de energía del parque del C.P.M. Ambato Tamborapa y el diseño de cada uno de los componentes del sistema de iluminación fotovoltaico, simulando el sistema de iluminación con el software libre Dialux Evo 9.2 para el ajuste y cumplimiento de los niveles de iluminación establecidos por la norma DGE de alumbrado público. También se efectúa un

análisis económico y técnico considerando los elementos que integrarían el sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED.

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes internacionales

Katzin y otros (2021) en el artículo de investigación “Ahorro de energía en invernaderos mediante la transición de la iluminación de sodio de alta presión a la iluminación LED” explica un primer análisis de las demandas de energía de los invernaderos en transición de la iluminación de sodio de alta presión (HPS) a la iluminación LED, proporcionando una cuantificación del ahorro total de energía logrado por los LED. En la mayoría de los casos, el ahorro energético total mediante la transición a LED fue del 10% al 25%. Este valor se correlacionó linealmente con la fracción de energía utilizada para la iluminación antes de la transición, que era del 40 al 80%.

Bandeira (2018) en la tesis “Método de dimensionamiento de sistemas de alumbrado público fotovoltaico autónomo basado en el análisis de la dinámica diaria de generación y consumo” cuyo objetivo fue proponer un método de dimensionamiento de sistemas de alumbrado público fotovoltaico autónomo basado en el análisis de la dinámica diaria de generación y consumo (en su caso de 833.4 Wh). El tipo de investigación utilizado fue cuantitativa con un nivel descriptivo, la misma que en los resultados muestra que el tamaño basado en el análisis de los datos, un panel solar 66% más grande que el tamaño del panel por el método de promedios mensuales cuya radiación en la zona fue de 3.56 kWh/m²/día. Concluyendo que el método propuesto presentó mejores resultados, permitiendo la reducción de hasta 1 kWh de capacidad de carga en algunos escenarios estudiados.

Duman y Onder (2019) en el artículo de investigación “Análisis tecno económico de sistemas de iluminación vial LED fotovoltaicos fuera de la red: un estudio de caso para las regiones del norte, centro y sur de Turquía”, determino el Coeficiente Nivelado de Energía (COE) de los sistemas de alumbrado vial LED fotovoltaicos fuera de la red varía entre 0.229 y 0.362 \$ / kWh para M4 y 0.254 – 0.359 \$ / kWh para la clase de alumbrado vial M5, dependiendo del potencial solar de la región. Y, el NPC total de toda la instalación de iluminación por km varía entre 24 296 y 29 123 \$ para M5 y 33 225 – 44 318 \$ para la clase de iluminación vial M4.

Las tesis citadas, corroboran con los objetivos de la investigación ya que sistematiza procedimientos validados en función del recurso solar mínimo necesario para el diseño y simulación de sistemas de iluminación con tecnología LED como producto final.

1.1.2. Antecedentes nacionales

Chuquizuta (2020) en la tesis “Diseño de un sistema de iluminación LED con paneles solares para la plataforma de estacionamiento de aeronaves, Talara, 2019” tuvo como objetivo principal diseñar un sistema de iluminación LED con paneles solares para la plataforma de estacionamiento de aeronaves, para que de esta forma puedan desarrollarse las actividades con seguridad y eficacia durante la noche, la metodología empleada fue de tipo aplicada con un nivel de investigación descriptiva y un diseño de investigación no experimental. La investigación arrojó una demanda de energía requerida de 312 kWh/día, la radiación de 3.84 kWh/m²/día para el mes más desfavorable, el ángulo de inclinación óptima de 9° y finalmente concluye que las luminarias LED generan un ahorro de 62.75% manteniendo la iluminación constante de 20 lux requeridos como mínimo según norma RAP-314.

Muñoz (2019), en la tesis “Diseño e implementación de un sistema de energía inteligente para iluminación utilizando tecnología LED de bajo consumo en Villa el Sol distrito de Yarabamba” planteó como objetivo principal desarrollar un proyecto que permita determinar la conveniencia de la utilización de energías no convencionales para sistemas de iluminación de bajo consumo, asimismo reúne las condiciones metodológicas de una investigación científica con un nivel de investigación aplicado, los resultados encontrados muestran una radiación diaria de 4.932 kWh/m²/día, la potencia total requerida de 1,000 Wh, la orientación de los paneles de 250 Watt respecto al sur es de 15°, y el consumo medio diario de las cargas es de 250 Ah/día, la misma que concluye que es necesario instalar paneles solares conectados a red del suministro local, cuyo costo total de la instalación es de S/. 32,661.42.

Muñoz (2021) en la tesis “Propuesta de iluminación tipo LED y diseño de sistema fotovoltaico para el edificio IME de la UDEP”, cuyo objetivo fue diseñar un sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED. Para ello realizó mediciones como la demanda máxima instalada de 3 200 W, la radiación en la zona del proyecto de 5.295 kWh/m²/día, el ángulo de inclinación determinado es de 20° de acuerdo con el aplicativo de NASA y determinó que la inversión total para la instalación fotovoltaica de S/ 2 699 905.75.

Finalmente concluyó que, desde el punto de vista técnico, la construcción de una instalación fotovoltaica autónoma es viable y desde el punto de vista financiero, no lo es.

1.1.3. Antecedentes regionales y locales

Pérez (2019) en la tesis “Diseño de un Sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED para el parque central de la provincia de Jaén – Cajamarca”, planteo como objetivo principal diseñar un sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED para el parque central de la provincia de Jaén, la metodología empleada fue de tipo aplicada, nivel descriptivo y un diseño no experimental. La radiación mínima para el mes más desfavorable fue 3,71 kWh/m²/día para un ángulo de inclinación de 5° y la potencia de toda el área a iluminar de 546.25 W. Para la implementación se estimó que se necesitan 8 luminarias LED de 67W, un panel solar de 130Wp, una batería de 150Ah de 12V CD, para 1 día de autonomía, un regulador de carga de 20A y 12V CD y 2 interruptores termomagnéticos de 20 y 10A. Finalmente concluye con un análisis económico para una inversión inicial de S/. 43 025.13 determinando un VAN de S/. 12 989.04 y TIR de 14% para un flujo de caja de 20 años.

1.2. Descripción del problema

Es importante revelar las ventajas y factibilidad técnica y económica de implementar un sistema de alumbrado público en parques con luminarias LED alimentado por medio de paneles solares, puesto que, contribuye al cuidado del ambiente. Para cumplir con lo antes mencionado, el estudio en cuestión consideró el redondel de la plaza Condado y el redondel de la plaza Equinoccial, ubicado en la ciudad de Quito – Ecuador. Para las plazas mencionadas 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 alimentadas de la red común, determinándose además los componentes necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico con luminarias LED (Flores, 2016).

En la actualidad los sistemas de alumbrado público es un servicio fundamental para la humanidad, en el Perú ante el incremento y modernización de las industrias que lleva al aumento del consumo y demanda energética, surge la necesidad de implementar sistemas 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 cuidado del medio ambiente (Pérez, 2019).

El Perú, por firmar el protocolo de Kioto, incentiva activamente la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, el decreto legislativo N°1002 declara de interés nacional y necesidad pública en el desarrollo de una nueva generación eléctrica mediante el uso de Recursos Energéticos Renovables (RER), dentro de las cuales, destaca la energía fotovoltaica, eólica y biomasa (Mamani, 2019).

El parque del C.P.M. Ambato Tamborapa actualmente presente varias deficiencias en el sistema iluminación del área, entre ellas tenemos: Los niveles de iluminación no están acorde con los niveles establecidos en la norma técnica DGE, no hay una medida de concientización sobre el consumo de energía eléctrica, generando inhibición a la práctica de actividades para el desarrollo de actividades culturales y deportivas, inseguridad y limitaciones a la convivencia vecinal y familiar.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo se diseña y se simula un sistema de iluminación fotovoltaica mediante tecnología LED para el parque del C.P.M. Ambato Tamborapa, distrito Bellavista, Jaén?

1.4. Justificación

Es precisamente el sistema de iluminación deficiente, la principal razón que motiva diseñar y simular un sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED, con la finalidad de contribuir con el desarrollo energético y ambiental sostenible y ecológico para la población de Ambato Tamborapa del distrito Bellavista de la provincia de Jaén, así como también cumplir con la normativa y reglamentos establecidos en el ámbito nacional para alumbrado público.

1.4.1. Justificación social

El diseño y simulación de un sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED para el parque del Centro Poblado Menor Ambato Tamborapa, en el distrito de Bellavista, provincia de Jaén, busca mejorar significativamente la calidad de vida de sus habitantes. Al proporcionar acceso a energía eléctrica confiable y sostenible, se facilita la realización de actividades comunitarias durante las horas nocturnas, se incrementa la seguridad en espacios públicos y se promueve la cohesión social.

1.4.2. Justificación ambiental

Un sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED en el parque del Centro Poblado Menor Ambato Tamborapa, distrito de Bellavista, provincia de Jaén, se fundamenta en la necesidad de promover el uso de fuentes de energía renovables y sostenibles. La energía solar, al ser una fuente limpia e inagotable, contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mitigando así el cambio climático y sus efectos adversos.

1.4.3. Justificación económica

Desde una perspectiva económica, la adopción de un sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED representa una inversión rentable a largo plazo. Aunque la instalación inicial puede requerir una inversión significativa, los costos operativos y de mantenimiento son considerablemente menores en comparación con los sistemas de iluminación convencionales. La reducción en el consumo de energía eléctrica se traduce en ahorros económicos para la administración local, permitiendo la reasignación de recursos a otras áreas prioritarias. Además, la implementación de este proyecto puede generar oportunidades de empleo local en actividades relacionadas con la instalación, operación y mantenimiento del sistema, impulsando el desarrollo económico de la comunidad.

1.5. Hipótesis

La radiación solar y el consumo energético del alumbrado público influyen en el diseño y simulación del sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED para el parque C.P.M Ambato Tamborapa, distrito Bellavista, Jaén.

1.6. Teoría relacionada al tema

1.6.1. Radiación en sistemas solares fotovoltaicos

Garnacho (2020) menciona que la radiación solar es una fuente de energía que hace posible la vida en el planeta tierra, esta radiación se propaga en todas las direcciones del espacio mediante ondas electromagnéticas emitidas por el sol.

Por otro lado, Muñoz (2019), explica que: La parte superior de la atmósfera recibe una cantidad de energía solar equivalente a 1.367 W/m^2 , parámetro que se conoce como insolación o constante solar. Además, menciona que la energía solar incidente en la superficie terrestre se manifiesta de cuatro maneras diferentes como se muestra a continuación.

a. Radiación directa. Como su nombre lo indica es una radiación que llega a la superficie terrestre, sin cambios de dirección.

b. Radiación difusa. Esta radiación es definida como la cantidad de energía solar que incide sobre una superficie horizontal como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma.

Muñoz (2019) afirma que esta energía puede estimarse aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados sin atenuaciones, pero en los días nublados (radiación directa es muy baja) la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor.

c. Radiación de albedo. También llamada radiación reflejada, es la que se refleja de todos los objetos terrestres, por ejemplo, la que refleja una pared blanca, un charco, un lago, etc.

d. Radiación global. Es la radiación recibida en un ángulo sólido de 2π estereorradianes sobre una superficie horizontal. Se determina con la ecuación 1.

$$R_{\text{global}} = R_{\text{directa}} + R_{\text{difusa}} + R_{\text{albedo}} \quad (1)$$

Dónde:

R_{global} : Radiación global.

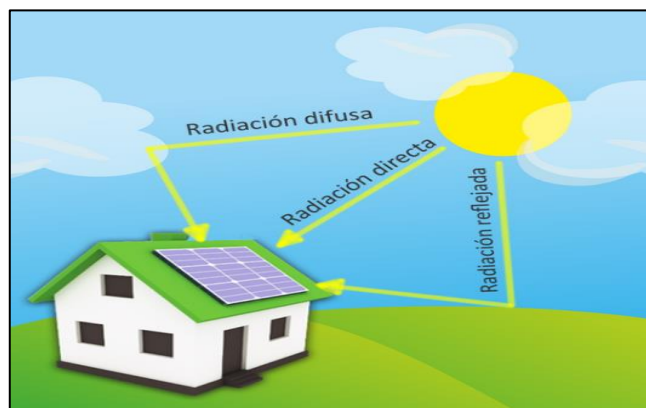
R_{directa} : Radiación directa.

R_{difusa} : Radiación difusa.

R_{albedo} : Radiación albedo.

Figura 1

Radiación recibida en una superficie



Nota. La figura representa los tipos de radiación solar captada por un sistema fotovoltaico. Tomado de HelioEsfera (2021).

1.6.2. Sistema de iluminación

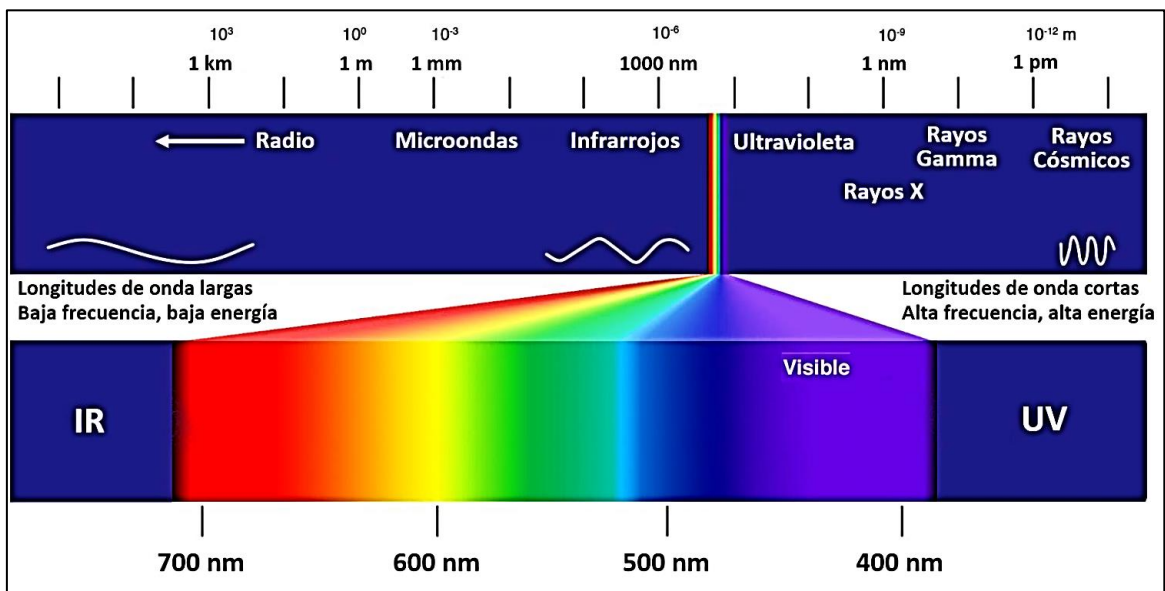
a. Definición de luz

Jinchuña (2020) afirma lo siguiente: “La luz corresponde a la pequeña parte del espectro electromagnético comprendida entre las longitudes de onda 380 nm (...) y 760 nm aproximadamente, cuya energía es la absorbida por la foto receptores del sistema visual humano, iniciando así el proceso de la visión” (p.27-28).

También Espinoza (2017), afirma de manera similar que: “La luz es una forma de energía radiante electromagnética, que tiene la capacidad de estimular la retina del ojo humano y, producir así, la sensación visual” (p.23).

Figura 2

El espectro visible es un minúsculo intervalo electromagnético.



Nota. La figura muestra la luz en forma de energía radiante electromagnética percibida por el ojo humano. Tomado de Gertz (2021).

b. Magnitudes luminotécnicas

Según Pérez (2019) menciona que las magnitudes luminotécnicas proveen información sobre las fuentes emisoras de luz, en este sentido las luminarias, para una adecuada clasificación dependiendo del tipo la aplicación.

- Flujo luminoso

Jinchuña (2020) menciona que el flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente de radiación por cada unidad de tiempo y se determina con la ecuación 2.

$$\Phi_{lum} = km \int_{380}^{760} V_{\lambda} \Phi_{rad} d\lambda \quad (2)$$

Dónde:

Φ_{lum} : Flujo luminoso expresado en lúmenes.

Φ_{rad} : Flujo radiante en un pequeño intervalo de longitud de onda expresado en vatios.

- Intensidad luminosa

Muñoz (2021) define como: “El flujo luminoso emitido o irradiado por una fuente luminosa en una sola dirección delimitada para un ángulo sólido de valor un estereorradián” (p.5). Por otro lado, de manera similar Jinchuña (2020), explica que la intensidad luminosa es: “La relación entre el flujo luminoso emitido por la fuente puntual dentro del ángulo sólido” y se determina con la ecuación 3.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (3)$$

Dónde:

I: Intensidad luminosa en candelas (cd).

Φ : Flujo luminoso incidente en lúmenes (lm).

Ω : Angulo solido.

- Luminancia

Muñoz (2021) define como: “Relación entre el flujo luminoso que incide sobre una superficie y la extensión de dicha superficie” (p.5). Su unidad de medida en el sistema internacional es lux (Lx). Este parámetro de iluminación se determina con la ecuación 4.

$$E = \frac{\Phi_s}{S} \quad (4)$$

Dónde:

E : Iluminancia medida en lux (lx).

ϕ_s : Flujo luminoso incidente en lúmenes (lm).

S : Superficie en metros cuadrados (m²).

- Luminancia

Jinchna (2020) afirma lo siguiente: “Relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente de dicha dirección” (p.30). Se determina con la ecuación 5.

$$L = \frac{I}{S_a} = \frac{I}{S \cdot \cos(\alpha)} \quad (5)$$

Dónde:

L : Luminancia.

I : Intensidad luminosa.

S_a : Superficie aparente.

c. Lámparas

Muñoz (2021) menciona que es un dispositivo que emite energía luminosa, siempre y cuando las ondas electromagnéticas que la conforman sean detectadas por el ojo humano; es decir, que formen parte del espectro de luz visible. Fundamentalmente existen dos formas para crear energía luminosa por incandescencia y por luminiscencia.

La diferencia radica en que la primera emite luz cuando alcanza un valor determinado de temperatura y la segunda no radica exclusivamente en altas temperaturas, sino que, por el contrario, es una forma de luz fría en la que se emite radiación lumínica en condiciones de temperatura ambiente. Es este caso se destacan lámparas de vapor de mercurio, los diodos emisores de luz (LED), las lámparas de vapor de sodio a alta presión, etc. (Muñoz F. , 2021)

En el mercado actual existen distintas lámparas que emiten energía luminosa entre ellas se destacan las siguientes: Lámparas incandescentes, lámparas de descarga, lámparas de inducción magnética y luminarias LED (Light Emitting Diode) que se resaltan para este proyecto de investigación (Muñoz, 2021).

d. Luminarias LED

Para Jinchuña (2020), afirma que una fuente de luz LED (Light Emitting Diode) está compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que producen luz en una o más longitudes de onda cuando es polarizado de manera adecuada. Un diodo es un dispositivo que permite el paso de la corriente direccional y su circuito eléctrico se encapsula en una carcasa plástica, de resina epoxi o cerámica según los tipos de tecnologías.

En la figura 3, se aprecia un sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED.

Figura 3

Sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED



Nota. La figura muestra una luminaria LED alimentada por dos paneles fotovoltaicos como fuente de generación de energía eléctrica. Tomado de Luxman (2020).

e. Iluminación autónoma – Solar

De acuerdo con Duman y Onder (2019) menciona que los sistemas iluminación autónoma encuentran una aplicación ideal en sistemas fotovoltaicos. La energía fotovoltaica combinada con instalaciones de almacenamiento de la batería puede ser usadas para proporcionar iluminación de:

- Vallas publicitarias
- Carretera en signos de formación
- Instalaciones de uso público o particulares
- Estacionamientos, etc.

En la figura 4, se muestra un sistema de iluminación fotovoltaico con tecnología LED que puedes ser utilizado tanto en el sector público como privado.

Figura 4

Iluminación fotovoltaica utilizada en parques y calles



Nota. La figura muestra una Luminaria LED fotovoltaica. Tomado de Pngwing (2024).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar y simular un sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED para el parque del C.P.M Ambato Tamborapa, distrito Bellavista, Jaén.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el recurso solar en la zona del proyecto.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico para la demanda del sistema de iluminación.
- Simular con el software DIALux el sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED.
- Evaluación económica del sistema de iluminación fotovoltaico propuesto.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Tipo y diseño de la investigación

En función del propósito, esta investigación será de tipo aplicada ya que busca encontrar mecanismos y estrategias para innovar en el ámbito tecnológico de las energías renovables. Por su nivel de profundidad, esta investigación será descriptiva ya que mide las características, observa la configuración y los procesos que componen los hechos. Por la naturaleza de los datos de información, esta investigación será cuantitativa ya que se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos sustentados en la medición y recolección de datos.

Por los medios para obtener los datos, esta investigación será documental porque se realiza apoyándose en fuentes documentales obtenidas a través de fuentes bibliográficas como: Libros, tesis, artículos, revistas, etc. y de campo, porque se apoya de información y datos que provienen de entrevistas, cuestionarios, encuestas, observaciones, etc.

3.2. Población y muestra

Para el proyecto de tesis, se considera como población el sistema de iluminación del parque C.P.M. Ambato Tamborapa. Además, se considera que la población es igual a la muestra. Se considera un muestreo no probabilístico.

3.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Recordando que las técnicas de recolección de datos se definen como un conjunto de procedimientos y herramientas para recoger, analizar y validar la información necesaria que permita lograr los objetivos de la investigación (Turmero, 2024). En este proyecto las técnicas e instrumentos se muestran en la figura 5.

Figura 5

Técnicas e instrumentos de recolección de datos



Nota. El gráfico muestra las técnicas e instrumentos utilizados en el desarrollo del proyecto. Elaboración propia.

- Observación de campo. Se utilizó para la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad, para ello se utilizó el instrumento como la guía de observación.
- Entrevista. Se utilizó para recabar datos tales como el encendido, control y apagado de las luminarias en el parque C.P.M. Ambato Tamborapa, el instrumento fue un cuestionario de preguntas preparados con anticipación.
- Análisis documental. Utilizado para el análisis bibliográfico como tesis, artículo, revistas, libros, etc.
- Mediciones. En esta técnica se utilizó instrumentos de medición como luxómetro para medir los niveles de iluminación, multímetros para medir tensiones y corrientes en el sistema eléctrico y GPS para obtener las coordenadas de ubicación en la zona del proyecto.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

En el desarrollo del proyecto se utilizó las siguientes fuentes y procesadores de información.

- Software DIALux Evo versión 9.2. Para la verificación y simulación del sistema de iluminación.
- Software Autodesk (AutoCAD 2023). Para elaboración de planos.
- Luxómetro digital. Se utilizó para medir los niveles de iluminación en el parque del C.P.M. Ambato Tamborapa.
- Excel y Word 2019. Para el procesamiento, análisis de datos y soporte para la documentación de investigación.

3.5. Procedimiento metodológico

3.5.1. Evaluación y caracterización del recurso solar en la zona de estudio

Para la evaluación y caracterización del recurso solar se evaluó el área geográfica de la zona, las condiciones climatológicas y finalmente determinar la radiación solar a través de diferentes fuentes de datos dependiendo de cada país tales como: NASA, METEONORM, SOLARGIS, NREL, etc. En este caso se utilizó el aplicativo de la NASA.

3.5.1.1. Área geográfica

La zona del proyecto se ubica en el C.P.M. Ambato Tamborapa, distrito de Bellavista, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

En la figura 6, se muestra la ubicación del parque del C.P.M. Ambato Tamborapa, disponiendo de las coordenadas geográficas como la latitud y longitud.

- **Latitud.** Es la distancia angular que existe entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y el ecuador, para este proyecto la latitud es de -5.4505.
- **Longitud.** Es la distancia angular que existe entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y el meridiano de Greenwich, para este proyecto la longitud es de -78.8335.

Figura 6

Ubicación geográfica del C.P.M. Ambato Tamborapa



Nota. La figura muestra la ubicación del para que donde se desarrolló el proyecto de investigación. Tomado de Google Maps (2020).

3.5.1.2. Condiciones climatológicas

El área del proyecto cuenta con un clima caluroso durante el día, cielo mayormente despejado, baja humedad, pocas lluvias, vientos ligeros y alta incidencia de radiación solar directa. Las características ambientales acorde a NASA, se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Características ambientales en el C.P.M. Ambato Tamborapa

Descripción	Valor	Unidad
Temperatura mínima anual	11.88	°C
Temperatura máxima anual	34.52	°C
Altitud sobre el nivel del mar	508	m.s.n.m.
Velocidad promedio del viento	3.6	m/s

Nota. Esta tabla muestra los parámetros ambientales como temperatura, altitud sobre el nivel del mar y velocidad del viento de la zona de estudio. Tomado de NASA (2022).

3.5.1.3. Recurso solar de la zona

En la investigación se utilizó los datos abiertos del aplicativo de la NASA para los años 2015 al 2019, consultados el 17 de mayo del 2022. La radiación solar promedio mensual para la zona del proyecto, se muestra en la tabla 2, donde también se observa que los días de no sol consecutivos dan una tendencia de cuantos días de autonomía se debe de establecer para el dimensionamiento, es este caso se utilizó del promedio anual de 1.54 días, equivalente a 1.5 días de autonomía, de igual manera en la tabla se aprecia que el ángulo óptimo del promedio anual es de 9.5° equivalente a 10° .

Tabla 2*Radiación promedio mensual en el parque C.P.M. Ambato Tamborapa (kWh/m²/día)*

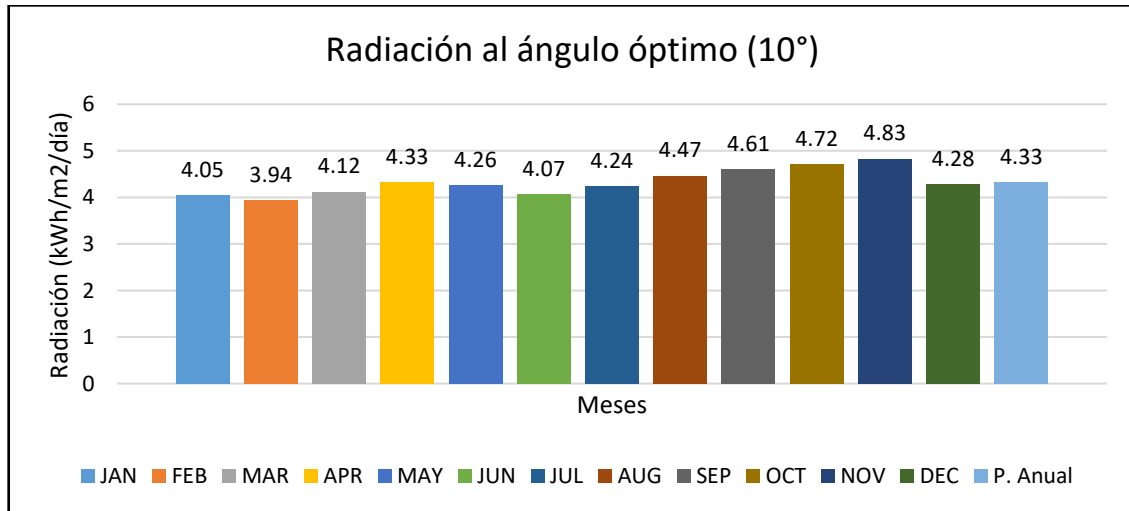
Lat. -5.4505 Lon. -78.8335	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Pan
T2M_max	35.33	34.73	34.53	33.89	34.51	33.41	32.89	32.8	34.98	36.02	36.08	35.01	34.52
T2M_min	12.61	13.52	13.64	13.7	10.39	12.9	12.11	10.89	12.91	11.49	10.51	7.93	11.88
D7CNS	1.8	1.71	1.44	1.2	1.4	1.39	1.45	1.57	1.55	1.49	1.72	1.77	1.54
0°	4.2	4.03	4.14	4.28	4.13	3.89	4.06	4.34	4.58	4.81	5.01	4.47	4.33
10°	4.05	3.94	4.12	4.33	4.26	4.07	4.24	4.47	4.61	4.72	4.83	4.28	4.33
5.45°	4.12	3.99	4.14	4.32	4.22	4	4.18	4.42	4.61	4.77	4.92	4.37	4.34
20.45°	3.78	3.75	4	4.31	4.33	4.18	4.36	4.5	4.52	4.52	4.52	3.98	4.23
90°	1.49	1.46	1.63	2.13	2.47	2.58	2.61	2.32	1.83	1.57	1.62	1.54	1.94
RANGOP	4.2	4.03	4.14	4.34	4.33	4.2	4.37	4.5	4.61	4.81	5.01	4.47	4.42
ANGOP	0	0	2	12	21.5	26.5	26	18.5	7.5	0	0	0	9.5≈10

Nota. La tabla muestra los parámetros de temperatura y radiación para diferentes ángulos de inclinación. Radiación al ángulo óptimo (RANGOP). Ángulo óptimo (ANGOP). Tomado de NASA (2022).

En la figura 7 y 8, se observa que la radiación solar a un ángulo óptimo se mantiene en un rango de 3.94 a 4.83 durante todo el año, por la cual en este proyecto se utilizó la radiación solar mínima correspondiente al mes de febrero y al ángulo óptimo de $9.5^{\circ} \approx 10^{\circ}$ de inclinación para el diseño del sistema fotovoltaico.

Figura 7

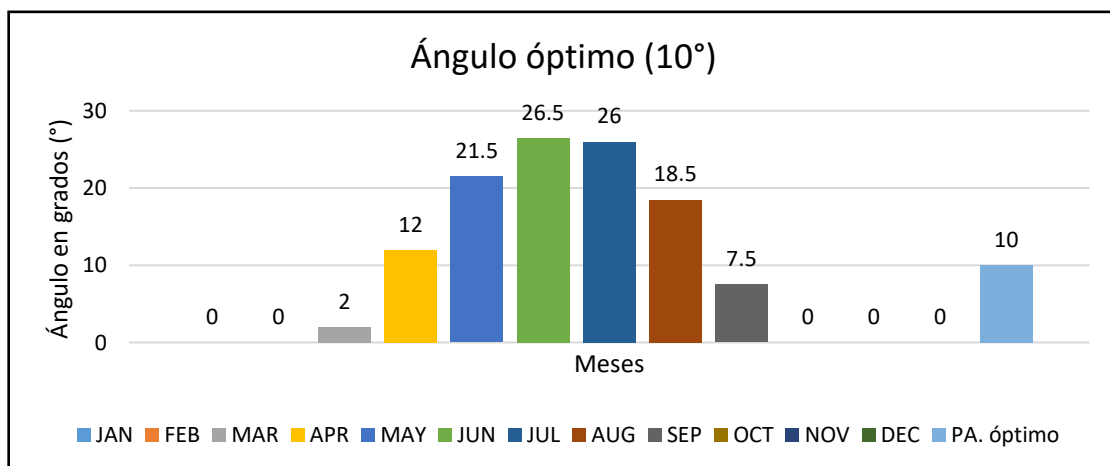
Radiación solar al ángulo óptimo



Nota. El grafico muestra cómo cambia el nivel de radiación de acuerdo con el mes del año según el ángulo óptimo. Tomado de NASA (2022).

Figura 8

Ángulo óptimo para inclinación de los paneles



Nota. El grafico muestra cómo cambia el ángulo óptimo de acuerdo con el mes del año, indicador importante para el mayor aprovechamiento de radiación solar en los sistemas fotovoltaicos. Tomado de NASA (2022).

También existe otros métodos para determinar el ángulo de inclinación optima anual que busca aprovechar la máxima captación de energía solar a lo largo del año, una de ellas es la ecuación numero 6 basada en la latitud (Intesla, 2021).

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |\varphi| \quad (6)$$

Dónde:

β_{opt} : Angulo de inclinación optima

$|\varphi|$: Latitud en valor absoluto (siempre positivo)

Para este proyecto las coordenadas geográficas son las siguientes: Latitud -5.4505 y la longitud es de -78.8335, ahora procedemos a estimar el ángulo óptimo de acuerdo con la latitud y reemplazando los datos en la ecuación 6.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |-5.4505|$$

$$\beta_{opt} = 7.46^\circ$$

Como se observa el ángulo óptimo de acuerdo con la ecuación 6 es de 7.46° muy cercano al ángulo obtenido del aplicativo de la NASA que nos da un valor de $9.5^\circ \approx 10^\circ$.

Por otro lado, en la tabla 3 se muestra otros criterios en función de la latitud para estimar el ángulo óptimo de inclinación en los sistemas fotovoltaicos.

Tabla 3

Otros métodos para estimar el ángulo de inclinación optimo en función de la latitud

Latitud φ 	Angulo de inclinación (β)
0° a <15°	15°
15° a <25°	La misma latitud
25° a <30°	Latitud + 5°
30° a <35°	Latitud + 10°
35° a <40°	Latitud + 15°
40° a mas	Latitud + 20°

Nota. La tabla muestra cómo cambia el nivel de inclinación de los paneles fotovoltaicos, de acuerdo con la latitud. Tomado de Intesla (2021).

De acuerdo con la tabla 3, el ángulo de inclinación óptimo para una latitud -5.4505 es de 15°, por lo tanto, estos métodos son aproximaciones por lo que tomara el ángulo de inclinación optima de 10° obtenido del aplicativo NASA, ángulo determinante para aprovechar la máxima radiación solar en la zona del proyecto; y muy cercano al ángulo optimo calculado de 7.46°.

3.5.2. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para la demanda del sistema de iluminación.

3.5.2.1. Recurso solar

De acuerdo con la base de datos obtenida del aplicativo de la NASA, utilizamos la irradiación mínima mensual, cuyo valor es de 3.94 kWh/m²/día para el ángulo óptimo de inclinación de 10°.

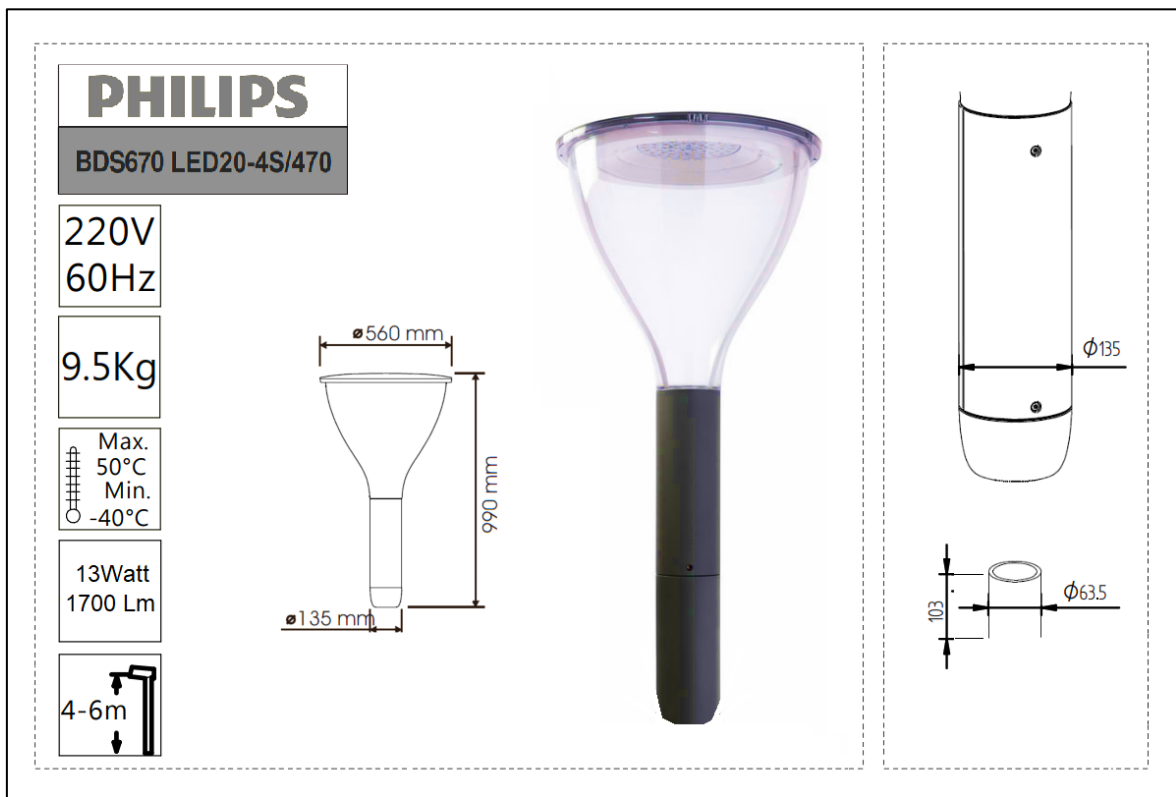
3.5.2.2. Luminaria seleccionada

La luminaria seleccionada está diseñada para zonas urbanas, con un diseño cuidadoso y confortable. Su apariencia discreta la convierte en una solución ideal para áreas residenciales, parques, vías peatonales, carriles de bicicletas, etc.

Se utilizará una luminaria LED de 13 watt y 1700 lúmenes de la marca Phillips, ya que esta reemplaza a las luminarias convencionales de vapor de sodio, por ser más eficientes en consumo y tener mayor durabilidad. Cada punto de iluminación contará con dos luminarias de 13 W haciendo una potencia de 26 W por cada punto de consumo.

Figura 9

Luminaria LED seleccionada



Nota. La figura muestra la luminaria led de 13 watt seleccionada, se pueden observar también sus principales características. (Phillips, 2024)

3.5.2.3. Demanda energética teórica

Se realizó el análisis del consumo energético en función del tiempo de operación del sistema de iluminación, a partir de la ecuación 7.

$$E_t = P \times t \quad (7)$$

Dónde:

E_t : Energía teórica (Wh).

P : Potencia (W).

T : Tiempo de operación (h).

Tabla 4*Consumo energético teórico por cada punto de iluminación*

Ítem	Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo de operación (h)	Energía consumida (kWh)
1	Luminarias LED	2	13	12	0.312
2	Autoconsumo	2	0.104	24	0.005
Total					0.317

Nota. La tabla muestra el consumo de energía de acuerdo con el tiempo de operación de las luminarias. Elaboración propia.

3.5.2.4. Cálculo del rendimiento global de la instalación

Según Alvarado (2018), menciona que el rendimiento global fotovoltaico viene definido por la ecuación 8 y para el cálculo se debe utilizar la tabla 5.

$$R = (1 - K_b - K_i - K_r - K_v) \times \left(1 - \frac{K_a \times N}{P_d}\right) \quad (8)$$

Dónde:

K_b : Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador.

K_i : Pérdidas por el rendimiento del inversor.

K_r : Pérdidas en el controlador de carga

K_v : Otras pérdidas no consideradas anteriormente.

K_a : Fracción de energía que se pierde por autodescarga.

N : Número de días de autonomía para asegurar un servicio sin carga.

P_d : Profundidad máxima de descarga admisible.

Tabla 5*Perdidas en una instalación fotovoltaica*

Ítem	Descripción	Símbolo	valor
1	Pérdidas en el proceso de acumulación	Kb	
	Acumulados nuevos, sin descargas intensas		0.05
	Acumulados viejos, descargas intensas, temperaturas bajas		0.1
2	Autodescarga de la batería	Ka	
	Baterías de baja autodescarga, sin mantenimiento		0.002
	Baterías estacionarias de energía solar		0.005
	Baterías de alta autodescarga		0.012
3	Pérdidas por el rendimiento del inversor	Ki	
	No hay inversor en la instalación		0
	Rendimiento inversor 95%		0.05
	Rendimiento inversor 90%		0.1
	Rendimiento inversor 85%		0.15
	Rendimiento inversor < 85%		0.2
4	Otras pérdidas no consideradas	Kv	
	Si no se tiene en cuenta pérdidas en cableado y equipos		0.15
	Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos		0.05
5	Profundidad de descarga máxima admisible	Pd	
	Batería descargada hasta el 90%		0.9
	Batería descargada hasta el 80%		0.8
	Batería descargada hasta el 70%		0.7
	Batería descargada hasta el 60%		0.6
	Batería descargada hasta el 50%		0.5
	Batería descargada hasta el 40%		0.4
	Batería descargada hasta el 30%		0.3
6	Número de días de autonomía	N	
	Vivienda fines de semana		3
	Vivienda habitual		5
	Instalaciones especiales con servicio prioritario		15
	Instalaciones especiales alta fiabilidad		20
7	Pérdidas en el controlador de carga	Kr	
	Controlador de carga eficiente		0.1
	Controlador de carga antiguo, poco eficiente		0.15

Nota. La tabla muestra los factores de pérdidas en un sistema fotovoltaico. Tomado de Alvarado (2018).

De la tabla 5 se tomará los siguientes valores para cada constante presente en la instalación fotovoltaica.

- Acumulados nuevos, sin descargas intensas (K_b) = 0.05
- Baterías estacionarias de energía solar (K_a) = 0.005
- Rendimiento inversor 95% (K_i) = 0.05
- Controlador de carga eficiente (K_r) = 0.1
- Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos K_v = (0.05)
- Batería descargada hasta el 60% (P_d) = 0.6
- Días de autonomía (parque) N = 1.5

Reemplazando datos en la ecuación 8 se tiene:

$$R = (1 - K_b - K_i - K_r - K_v) \times \left(1 - \frac{K_a \times N}{P_d}\right)$$

$$R = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.1 - 0.05) \times \left(1 - \frac{0.005 \times 1.5}{0.6}\right)$$

$$R = 0.738$$

Ahora se determina el consumo energético real (E), a partir del consumo teórico (E_t) y los múltiples factores de pérdidas que van a existir en la instalación fotovoltaica mediante la ecuación 9. Los resultados muestran un consumo energético de 0.430 kWh.

$$E = \frac{E_t}{R} \quad (9)$$

$$E = \frac{0.317 \text{ kWh}}{0.738}$$

$$E = 0.430 \text{ kWh}$$

3.5.2.5. Cálculo de los paneles solares

Para estimar la potencia del generador fotovoltaico es necesario conocer el consumo energético real de la instalación y las Horas Solar Pico (HSP). Es decir, el número de horas que tiene un día con una irradiancia de 1000 W/m². Entonces para el cálculo de las HSP se utiliza la ecuación 10. Se tiene como resultado HSP de 3.94 h/día.

$$\text{HSP} = \frac{\text{Irradiancia (kW/m}^2\text{/día)}}{1000 \text{ (W/m}^2\text{)}} \quad (10)$$

$$\text{HSP} = \frac{3.94 \text{ kWh/m}^2\text{/día}}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$\text{HSP} = 3.94 \text{ h/día}$$

Ahora calculando se determinará la potencia del generador fotovoltaico a partir de la ecuación 11.

$$P_{\text{GFV}} = \frac{E}{\text{HSP}} \quad (11)$$

Dónde:

P_{GFV} : Potencia del generador fotovoltaico (W).

E: Consumo energético real (kWh).

HSP: Horas solar pico (h).

Reemplazando datos en las ecuaciones 11, tenemos:

$$P_{\text{GFV}} = \frac{0.430 \text{ kWh/día}}{3.94 \text{ h/día}}$$

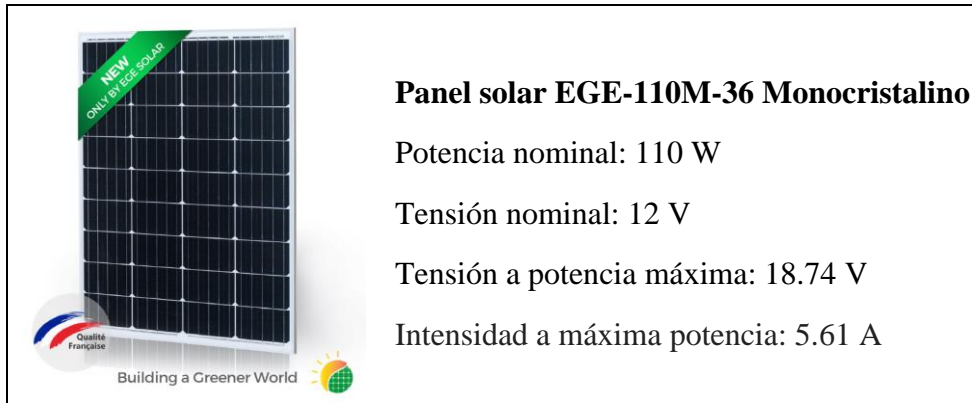
$$P_{\text{GFV}} = 0.109 \text{ kW} \approx 110 \text{ W}$$

De acuerdo con Intesla (2021), menciona que en sistemas fotovoltaicos para potencias menores o iguales a 800 W su tensión nominal debe ser de 12 V y para potencias entre 801 y 1600 W la tensión nominal es de 24 V, de manera que nuestro sistema fotovoltaico por su potencia se adhiere a una tensión nominal de 12 V y panel fotovoltaico de 110 Watt.

En la figura 10, se muestra los parámetros principales del panel fotovoltaico monocristalino. La ficha técnica completa se adjunta en los anexos.

Figura 10

Panel fotovoltaico monocristalino



Nota. La figura muestra los parámetros del panel fotovoltaico monocristalino. Tomado de ProViento (2024).

a. Parámetros de cálculo del panel

El panel fotovoltaico fue seleccionado de acuerdo con cuatro parámetros que son: Potencia, voltaje, garantía, eficiencia. Los parámetros técnicos que se muestran en la tabla 6, serán utilizados para el cálculo por corrección de temperatura del panel fotovoltaico.

Tabla 6

Especificaciones técnicas del panel fotovoltaico seleccionado

Parámetros	Valores
Potencia máxima (Pmax)	110 W
Tensión nominal (V_N)	12 V
Tensión de potencia máxima (V_{mp})	18.74 V
Intensidad a máxima potencia (I_{mp})	5.61 A
Tensión de circuito abierto (V_{oc})	22.64 V
Corriente de corto circuito (I_{sc})	6.15 A
Eficiencia de célula (%)	16.10 %
Máxima tensión del sistema (V)	1500 V
Coefficiente de temperatura I_{sc} (%) °C	-0.06%/°C
Coefficiente de temperatura V_{sc} (%) °C	-0.31%/°C
Coefficiente de temperatura P_{max} (%) °C	-0.41%/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de la célula	45°C ± 2°C

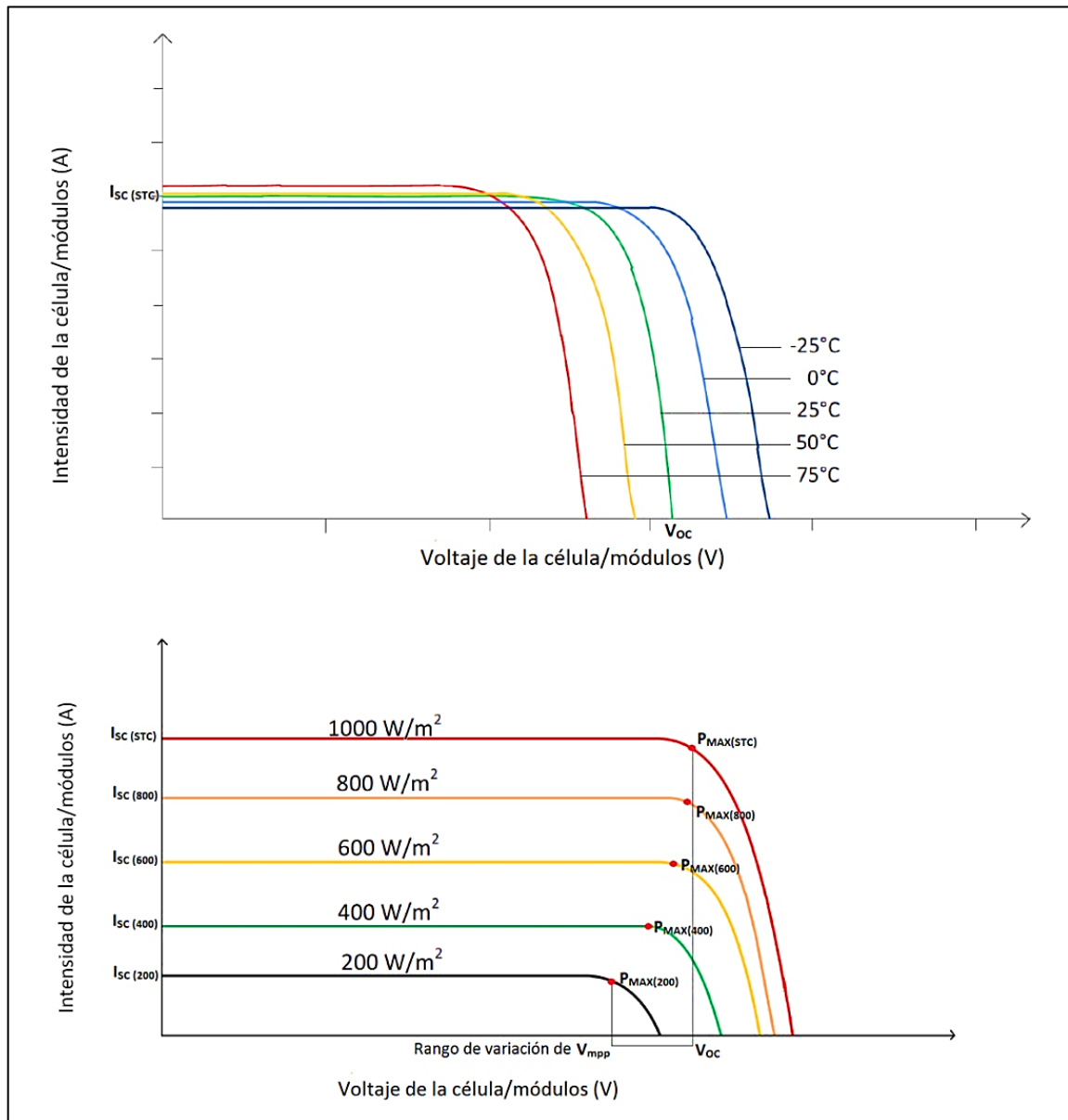
Nota. La tabla muestra los parámetros del panel monocristalino. Tomado de ProViento (2024).

b. Influencia de la temperatura en el panel fotovoltaico

La temperatura como la irradiancia juegan un papel importante en la eficiencia de los paneles fotovoltaicos, puesto que afecta directamente a la tensión e intensidad de los mismos (Pérez, 2019). Este efecto se observa mejor en la figura 11, mediante las curvas I-V del módulo en función de la temperatura y la irradiancia respectivamente.

Figura 11

Curva I-V, en función de la temperatura y la irradiancia.



Nota. Variación de la potencia en función de la temperatura. Tomado de Sopena (2019).

En la figura 11, se aprecia como la tensión de circuito abierto aumenta a medida que la temperatura disminuye, mientras que la corriente de cortocircuito disminuye. Por otro lado, la irradiancia afecta de tal forma que, al incrementarse, produce un aumento tanto de la corriente de cortocircuito como de la tensión de circuito abierto. A continuación, se realizan los cálculos de potencia, tensión y corriente por efectos de la temperatura.

- Calculamos la temperatura de celda a partir de la ecuación 12.

$$T_c = T_a + G \times \frac{TNOCT - 20}{800} \quad (12)$$

Dónde:

T_c : Temperatura de celda ($^{\circ}C$).

T_a : Temperatura máxima de la zona del proyecto ($^{\circ}C$).

G : Irradiación para ($1000W/m^2$).

$TNOCT$: Temperatura nominal de operación del módulo ($^{\circ}C$).

$$T_c = 36.02 + 1000 \times \frac{45 - 20}{800}$$

$$T_c = 67.25 \text{ } ^{\circ}C$$

- Ahora se calcula la corrección por temperatura a las características del panel fotovoltaico a partir de las ecuaciones 13, 14 y 15.

$$\Delta P_{max} = (T_{cmax} - 25)^{\circ}C \times \text{Coef. } T_{pmax} \%/^{\circ}C \quad (13)$$

$$\Delta V_{oc} = (T_{cmin} - 25)^{\circ}C \times \text{Coef. } T_{Voc} \%/^{\circ}C \quad (14)$$

$$\Delta I_{sc} = (T_{cmax} - 25)^{\circ}C \times \text{Coef. } T_{Isc} \%/^{\circ}C \quad (15)$$

Dónde:

ΔP_{max} : Variación de la potencia (%)

ΔV_{oc} : Variación del voltaje (%).

ΔI_{sc} : Variación de la corriente (%).

T_{cmax} : Temperatura de celda máxima (°C).

T_{cmin} : Temperatura de la zona del proyecto mínima (°C).

Coef. T_{pmax} : Coeficiente de temperatura P_{max} (%) °C.

Coef. T_{Voc} : Coeficiente de temperatura V_{sc} (%) °C.

Coef. T_{Isc} : Coeficiente de temperatura I_{sc} (%) °C.

Reemplazando datos en las ecuaciones 13, 14 y 15 tenemos:

$$\Delta P_{max} = (T_{cmax} - 25)^{\circ}C \times \text{Coef. } T_{pmax} \% / ^{\circ}C$$

$$\Delta P_{max} = (67.25 - 25) \times -0.41$$

$$\Delta P_{max} = -17.32 \%$$

$$\Delta V_{oc} = (T_{cmin} - 25)^{\circ}C \times \text{Coef. } T_{Voc} \% / ^{\circ}C$$

$$\Delta V_{oc} = (7.93 - 25) \times -0.31$$

$$\Delta V_{oc} = 5.29\%$$

$$\Delta I_{sc} = (T_{cmax} - 25)^{\circ}C \times \text{Coef. } T_{Isc} \% / ^{\circ}C$$

$$\Delta I_{sc} = (67.25 - 25) \times 0.06$$

$$\Delta I_{sc} = 2.54 \%$$

- Ahora se calcula la potencia máxima corregida del panel fotovoltaico a partir de la ecuación 16.

$$P_{maxc} = P_{max} \times \left(1 + \frac{\Delta P_{max}}{100}\right) \quad (16)$$

Dónde:

P_{maxc} : Potencia máxima corregida (W).

P_{max} : Potencia máxima del panel (W).

ΔP_{max} : Variación de la potencia (%).

$$P_{\max c} = P_{\max} \times \left(1 + \frac{\Delta P_{\max}}{100}\right)$$

$$P_{\max c} = 110 \text{ W} \times \left(1 + \frac{(-17.32)}{100}\right)$$

$$\mathbf{P_{\max c} = 90.95 \text{ W}}$$

- Ahora se calcula la corriente de cortocircuito corregida del panel fotovoltaico a partir de la ecuación 17.

$$I_{\text{sc}c} = I_{\text{sc}} \times \left(1 + \frac{\Delta I_{\text{sc}}}{100}\right) \quad (17)$$

Dónde:

$I_{\text{sc}c}$: Corriente de corto circuito corregida (A).

I_{sc} : Corriente de corto circuito (A).

ΔI_{sc} : Variación de la corriente de cortocircuito (%).

$$I_{\text{sc}c} = I_{\text{sc}} \times \left(1 + \frac{\Delta I_{\text{sc}}}{100}\right)$$

$$I_{\text{sc}c} = 6.15 \text{ A} \times \left(1 + \frac{2.54}{100}\right)$$

$$\mathbf{I_{\text{sc}c} = 6.31 \text{ A}}$$

- Ahora se calcula la cantidad de paneles fotovoltaicos mediante la ecuación 18.

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{P_{\text{GFV}}}{P_{\max c}} \quad (18)$$

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{110}{90.95}$$

$$\mathbf{N^{\circ} \text{ paneles} = 1.2 \approx 1}$$

- Finalmente se determina el número de paneles en serie y en paralelo a partir de la ecuación 19 y 20.

$$N^{\circ}_{Pserie} = \frac{Vnom}{Vpm} \quad (19)$$

$$N^{\circ}_{Pparalelo} = \frac{P_{GFV}}{P_{maxc} \times N^{\circ}_{Pserie}} \quad (20)$$

Reemplazamos datos en la ecuación 19 y 20, para calcular el número de paneles en serie y paralelo.

$$N^{\circ}_{Pserie} = \frac{Vnom}{Vpm}$$

$$N^{\circ}_{Pserie} = \frac{12 V}{18.74 V}$$

$$N^{\circ}_{Pserie} = 0.64 \approx 1$$

$$N^{\circ}_{Pparalelo} = \frac{P_{GFV}}{P_{maxc} \times N^{\circ}_{Pserie}}$$

$$N^{\circ}_{Pparalelo} = \frac{110}{90.95 \times 1}$$

$$N^{\circ}_{Pparalelo} = 1.2 \approx 1$$

3.5.2.6. Dimensionamiento de la batería

El almacenamiento de energía es un elemento principal para los sistemas fotovoltaicos aislados. Estos elementos (baterías) deben ser capaces de almacenar toda la energía generada a través de los paneles solares o aerogeneradores para luego suministrar esa energía de forma estable y adecuada (Pérez, 2019). El dimensionamiento se determina a partir de la ecuación 21.

$$\text{Capacidad (Ah)} = \frac{\text{Demanda energetica real x días de autonomía}}{V_{bateria} \times \text{Profundidad de descarga}} \quad (21)$$

Reemplazando datos en la ecuación 21 tenemos.

$$\text{Capacidad (Ah)} = \frac{430 \text{ Wh} \times 1.5}{12 \text{ V} \times 0.6}$$

$$\text{Capacidad (Ah)} = 89.58 \text{ Ah} \approx 100\text{Ah}$$

Los días de no sol consecutivos mostrados en la tabla 2, me da una tendencia de cuantos días de autonomía debo de establecer para mi dimensionamiento, en este caso se utilizó el promedio anual de 1.54 días, equivalente a 1.5 días de autonomía. (NASA, 2022)

En la figura 12, se muestra los parámetros principales de la batería gel de ciclo profundo. La ficha técnica completa se adjunta en los anexos.

Figura 12

Batería sellada GEL de ciclo profundo



Nota. La figura muestra los parámetros eléctricos principales de la batería GEL de ciclo profundo. Tomado de Proviento (2024).

3.5.2.7. Dimensionamiento del regulador de carga

El regulador de carga es un dispositivo electrónico cuya función es proteger las baterías de acumuladores contra la sobrecarga o descarga profunda, proteger a la batería de acumuladores contra las sobretensiones y evitar la descarga nocturna de las baterías sobre los generadores fotovoltaicos (Pérez, 2019). Se determina con la ecuación 22.

$$I_{\max,G} = I_{sc,G} = N^{\circ}_{pp} \times I_{sc} \quad (22)$$

Dónde:

$I_{\max,G}$: Corriente máxima del generador (A).

$I_{sc,G}$: Corriente de cortocircuito del generador (A).

N°_{pp} : Numero de paneles en paralelo.

I_{sc} : Corriente de cortocircuito corregido del generador (A).

Reemplazando datos en la ecuación 22 tenemos:

$$I_{\max,G} = I_{sc,G} = N^{\circ}_{pp} \times I_{sc,c}$$

$$I_{\max,G} = I_{sc,G} = 1 \times 6.31 \text{ A}$$

$$I_{\max,G} = I_{sc,G} = \mathbf{6.31 \text{ A}}$$

Según Chuquizuta (2020), menciona que se debe considerar un factor de seguridad del 25% para reguladores en sistemas fotovoltaicos. De acuerdo con lo anterior la corriente de cortocircuito del generador es:

$$I_{sc,G} = 6.31 \text{ A} \times 1.25$$

$$I_{sc,G} = \mathbf{7.89 \text{ A}}$$

En la figura 13, se muestra los parámetros principales del controlador de carga. La ficha técnica completa se adjunta en los anexos.

Figura 13

Controlador de carga



Nota. La figura muestra los parámetros eléctricos principales del controlador de carga. Tomado de Autosolar (2024).

3.5.2.8. Dimensionamiento del inversor

Para el funcionamiento de las luminarias seleccionadas es necesario contar con suministro eléctrico de 220V en corriente alterna, el sistema proporciona 12V en corriente continua, por lo tanto, es necesario un inversor de corriente continua a corriente alterna y a la vez, con un transformador de 12V a 220V.

En el mercado existen módulos electrónicos que realizan ambas funciones, y su disponibilidad se encuentra a precios muy accesibles, pero en este caso, será proporcionado por el mismo proveedor sin ningún otro costo adicional. Para ello debemos calcular la

potencia necesaria de dicho componente con la ecuación 23 y con un factor de seguridad de 1.2:

$$P_{MI} = FS \times P_{Lum} \quad (23)$$

Dónde:

P_{MI} : Potencia del Módulo Inversor (W).

FS : Factor de Seguridad.

P_{Lum} : Potencia total de las luminarias (W).

Reemplazando datos en la ecuación 23 tenemos:

$$P_{MI} = 1.2 \times (13W \times 2)$$

$$P_{MI} = 31.2 \text{ Watt}$$

Por lo tanto, la potencia del módulo inversor será de 31.2 Watt.

En el mercado, se dispone de mini módulo inversor-transformador de 25, 30 y 40 Watt, y de acuerdo con el valor de potencia obtenida es conveniente seleccionar el de 40 Watt para el normal funcionamiento de las luminarias.

3.5.2.9. Dimensionamiento de la sección del cable

Utilizando el programa computacional Excel, calculamos la sección del cable para cada componente mediante la ecuación 24.

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I_{sc}}{\% (V_a - V_b)} \quad (24)$$

Dónde:

S: Sección del cable (mm²)

L: Longitud del cable (m).

I_{sc} : Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico (A).

$\% (V_a - V_b)$: Caída de tensión (V).

ρ : Conductividad del material para el Cu: 0.022 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Los cálculos se realizaron por tramos de línea, mediante la ecuación 24.

- **Tramo de línea 1:** Este tramo corresponde desde el generador fotovoltaico hasta el regulador de carga. Reemplazando los datos en la ecuación 24 y considerando una caída de tensión máxima de 1.5%, una longitud de 2.5 metros y una corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico en condiciones estándar (STC) de 6.15 amperios tenemos.

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I_{sc}}{U \times \Delta U_{max}}$$

$$S = \frac{2 \times 0.022 \times 2 \times 6.15}{12 \times \frac{1.5}{100}}$$

$$S = 3.75 \text{ mm}^2$$

Según la Tabla adjunta en el Anexo 6, la sección superior del conductor que corresponde al valor obtenido para el Tramo de línea 1 es 4 mm².

En la figura 14, se muestra los parámetros principales del cable unifilar para el Tramo de línea 1. La ficha técnica completa se adjunta en el Anexo 7.

Figura 14

Cable NH-80, 4 mm², INDECO, color Azul.



Nota. La figura muestra los parámetros eléctricos principales del cable NH-80 4mm², INDECO. Tomado de CablexPerú (2024).

- **Tramo de línea 2:** Este tramo corresponde desde el regulador de carga hasta las baterías. Reemplazando los datos en la ecuación 24 y considerando una caída de tensión máxima de 1.5%, una longitud de 1.00 metros y una corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico en condiciones estándar (STC) de 6.15 amperios:

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I_{sc}}{U \times \Delta U_{max}}$$

$$S = \frac{2 \times 0.022 \times 1.5 \times 6.15}{12 \times \frac{1.5}{100}}$$

$$S = 1.5 \text{ mm}^2$$

Según la Sección 030 del Código Nacional de Electricidad, la sección mínima para conductores de fuerza y alumbrado no debe ser menor a 2.5 mm². Por lo tanto, para el Tramo de línea 2, la sección del conductor es de 2.5 mm².

En la figura 15, se muestra los parámetros principales del cable unifilar para el Tramo de línea 2. La ficha técnica completa se adjunta en el Anexo 7.

Figura 15

Cable NH-80, 2.5 mm², INDECO, color Negro



Nota. La figura muestra los parámetros eléctricos principales del cable NH-80 2,5mm², INDECO. Tomado de CalexPerú (2024).

- **Tramo de línea 3:** Este tramo corresponde desde el regulador de carga hasta las cargas (luminarias). Reemplazando los datos en la ecuación 24 y considerando una caída de tensión máxima de 1.5%, una longitud de 3 metros y una corriente de acuerdo con la carga, que en este caso es 0.67 amperios:

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{U \times \Delta U_{\max}}$$

$$S = \frac{2 \times 0.022 \times 3 \times 0.67}{12 \times \frac{1.5}{100}}$$

$$S = 0.5 \text{ mm}^2$$

Siguiendo las recomendaciones de la Sección 030 del Código Nacional de Electricidad sobre la sección mínima para conductores de alumbrado, la sección del conductor para el Tramo de línea 3 será también de 2.5 mm².

En la figura 16, se muestra los parámetros principales del cable unifilar para el Tramo de línea 3. La ficha técnica completa se adjunta en el Anexo 7.

Figura 16

Cable NH-80, 2.5 mm², INDECO, color Negro



Nota. La figura muestra los parámetros eléctricos principales del cable NH-80 2,5mm², INDECO. Tomado de CalexPerú (2024).

3.5.2.10. Dispositivos de maniobra y protección

De acuerdo con Muñoz (2021), menciona que un sistema fotovoltaico autónomo, tiene un comportamiento energético muy diferente al de las instalaciones eléctricas convencionales. De manera que, el panel fotovoltaico se comporta como generador siempre que hay luz solar, aunque esté desconectado. Por otro lado, la corriente producida por el panel fotovoltaico está autolimitada por los días de baja o nula irradiación solar.

3.5.2.10.1. Protección de los paneles fotovoltaicos

Dentro del generador fotovoltaico, se pueden producir corrientes inversas que pueden reducir la vida de los componentes o estos podrían fallar. Por lo cual, es preciso disponer de un dispositivo de protección contra sobre intensidades (Muñoz, 2021).

- **Fusibles**

Según Muñoz (2021), menciona que los fusibles en sistemas fotovoltaicos se dimensionan para actuar entre 1.5 y 2 veces la corriente de cortocircuito de cada módulo (I_{sc}) en

condiciones estándar (STC). Asimismo, si la tensión del generador fotovoltaico es elevada, se ha de comprobar que la tensión o voltaje asignado al fusible soporta por lo menos 1.2 veces la tensión del circuito abierto del generador fotovoltaico ($V_{v_{goc}}$) en condiciones estándar (STC). Se determina con la ecuación 25.

$$I_{FPR} = 2 \times I_{sc} \quad (23)$$

Dónde:

I_{FPR} : Corriente del fusible entre el panel y el regulador (A).

I_{sc} : Corriente de cortocircuito del panel (A).

Reemplazando datos en la ecuación 25 para el tramo de línea 1 (panel-regulador) tenemos:

$$I_{FPR} = 2 \times 6.15A$$

$$I_{FPR} = 12.30 A$$

Calculamos el fusible para el tramo de línea 2 (regulador-batería) mediante la ecuación 26.

$$I_{FRB} = 2 \times 1.1 \times I_{sc} \quad (24)$$

Dónde:

I_{FRB} : Corriente del fusible entre el regulador y la batería (A).

I_{sc} : Corriente de cortocircuito del panel (A).

Reemplazando datos en la ecuación 26 tenemos:

$$I_{FRB} = 2 \times 1.1 \times I_{sc}$$

$$I_{FRB} = 2 \times 1.1 \times 6.15A$$

$$I_{FRB} = 13.53 A$$

Finalmente se calculará el fusible para el tramo de línea 3 (regulador-luminaria) mediante la ecuación 27.

$$I_{FRL} = \frac{P_{lum}}{V_s} \quad (25)$$

Dónde:

I_{FRL} : Corriente del fusible entre el regulador y la luminaria (A).

V_s : Voltaje del sistema (V).

Reemplazando datos en la ecuación 27 tenemos:

$$I_{FRL} = \frac{13 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$I_{FRL} = 1.08 \text{ A} \approx 1 \text{ A}$$

- **Interruptores termomagnéticos**

De acuerdo con Pérez (2019), menciona que, para la selección de interruptores termomagnéticos, se debe saber la sección del cable en cada uno de los tramos de línea del sistema, considerando un valor inferior de corriente al que soporta el conductor. Para efectos de seguridad del sistema, se seleccionará los termomagnéticos en base a la sección mínima calculada del conductor en cada tramo.

Tabla 7

Selección de interruptores termomagnéticos

Tramo de línea	Sección del conductor	Corriente en ducto del conductor	ITM seleccionado
Tramo 1			
Generador fotovoltaico - Regulador de carga	4mm ²	31A	20A
Tramo 2			
Regulador de carga - Batería	2.5mm ²	14A	10A
Tramo 3			
Regulador de carga - Luminarias	2.5mm ²	14A	10A

Nota. La tabla muestra los interruptores termomagnéticos seleccionados. Elaboración propia.

3.5.2.11. Sistema de puesta a tierra

De acuerdo con el Código Nacional de Electricidad – Utilización en la sección 060-102 (puesta a tierra en sistemas de corriente continua de dos conductores) menciona lo siguiente: Los sistemas DC de dos conductores que alimentan alambrados interiores y operan a tensiones entre 50 V y 300 V, deben ponerse a tierra mediante uno de los conductores; por lo tanto, en nuestro sistema no es obligatorio instalar un sistema de puesta a tierra ya que opera a 12 V.

3.5.2.12. Soporte y cimentación del sistema fotovoltaico y luminarias

Actualmente, en el parque de Ambato Tamborapa existen 18 postes metálicos, fabricados de tubo de acero SCH-10 de 114.30mm de diámetro, 2.38mm de espesor y 4.00m de altura desde el nivel del piso terminado, tal como lo muestra la figura 17.

Cada poste se encuentra anclado e izado sobre un dado de concreto con resistencia a la compresión de 210kg/cm², de 0.50m x 0.50m x 0.30m de altura y, en el punto más alto del poste se encuentra instalada una cruceta de 3 brazos para las luminarias existentes, fabricada con fierro rectangular de 100mm x 50mm x 2mm de espesor y 0.90m de longitud, soldadas a un eje tubular de 114.30mm de diámetro.

Figura 17

Poste existente para iluminación convencional



Nota. La figura muestra el poste SCH-10 existente, con las respectivas luminarias convencionales, cruceta de tres brazos, izado sobre el dado de concreto. Elaboración propia.

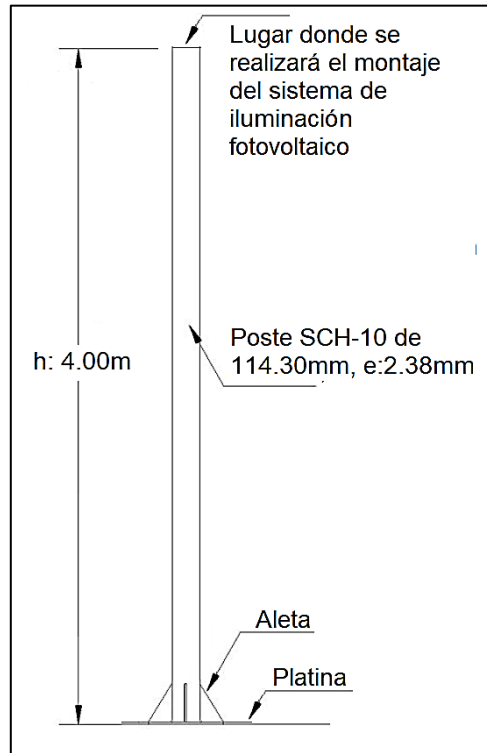
3.5.2.11.1 Poste para el sistema.

El dimensionamiento del poste se realiza en función de la sumatoria del peso total de todos los equipos y componentes que irán montados sobre él, se montará la cruceta para las 02 luminarias, el gabinete para la batería y demás equipos, el panel fotovoltaico y su respectiva estructura de soporte, cada peso se encuentran descritos en la tabla 8.

Se ha considerado el mismo poste existente en el parque, el cual es de acero SCH-10 de 114.30mm de diámetro exterior, 2.38mm de espesor y una altura de 4.00 metros, pero se realizará una modificación en el tipo de anclaje.

Figura 18

Poste de acero SCH-10.



Nota. Poste de acero modificado para anclaje mediante pernos. (Elaboración propia)

A través del cálculo se puede determinar y confirmar si el poste existente puede o no soportar el peso total del sistema de iluminación fotovoltaico, en caso de que no cumpla, se procede a reemplazarlo y se dimensiona al siguiente diámetro y espesor comercial.

Tabla 8

Equipos y accesorios del sistema fotovoltaico

Nº	Equipo o Accesorio	Cant.	Peso Unitario (kg)	Peso Total (kg)
01	Panel Fotovoltaico de 110W	01	7.70	7.70
02	Batería de 100Ah	01	31.00	31.00
03	Controlador de carga	01	0.50	0.50

04	Luminaria Led completa	02	9.50	19.00
05	Cableado 2.5mm ² y 4mm ² (mtrs)	15	0.033	0.50
06	Cruceta de tubo rectangular + eje	1	14.70	14.70
07	Soporte de fierro angular para panel	1	5.20	5.20
08	Templador de fierro liso de 3/8"	2	0.25	0.50
09	Gabinete de Plancha estriada	1	19.30	19.30
10	Interruptores termomagnéticos y otros	1	1.13	1.13
			Total	100 kg

Nota. La tabla muestra el peso real de cada uno de los equipos y accesorios, previamente calculados y/o extraídos de sus respectivas fichas técnicas. Elaboración propia.

Después de conocer el peso total, el cual ejercerá una fuerza de compresión axial sobre el poste, se procede a realizar los cálculos respectivos, empezando por el área transversal, mediante la ecuación 28, considerando un tubo de acero SCH-10, de 114.30mm (11.43cm) de diámetro exterior, 109.54mm (10.95cm) de diámetro interior y mm de espesor:

$$A = \frac{\pi}{4}(D_e^2 - D_i^2) \quad (28)$$

Donde:

A : Área transversal de la tubería. (cm²)

D_e : Diámetro exterior. (cm)

D_i : Diámetro interior. (cm)

Reemplazando datos en la ecuación 28, tenemos:

$$A = \frac{\pi}{4}(D_e^2 - D_i^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4}(11.43^2 - 10.95^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4}(10.74)$$

$$A = 8.435 \approx 8.44 \text{ cm}^2$$

Al ser una estructura tubular, el momento de inercia es perpendicular al eje y será la misma en el eje "X" y en el eje "Y", por lo tanto, se determina según su sección transversal con la ecuación 29.

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D_e^4 - D_i^4) \quad (29)$$

Donde:

I_x : Momento de Inercia en el eje "X". (cm⁴)

I_y : Momento de Inercia en el eje "y". (cm⁴)

D_e : Diámetro exterior. (cm)

D_i : Diámetro interior. (cm)

Reemplazando datos en la ecuación 29, tenemos:

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D_e^4 - D_i^4)$$

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (11.43^4 - 10.95^4)$$

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (2691.48)$$

$$I_x = I_y = 132.12 \text{ cm}^4$$

Ahora calculamos el radio de giro, a través de la ecuación 30:

$$\rho = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (30)$$

Donde:

ρ : Radio de giro. (cm)

I_x : Momento de Inercia en el eje "X". (cm⁴)

A : Área transversal del tubo. (cm²)

Reemplazamos datos en la ecuación 30:

$$\rho = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

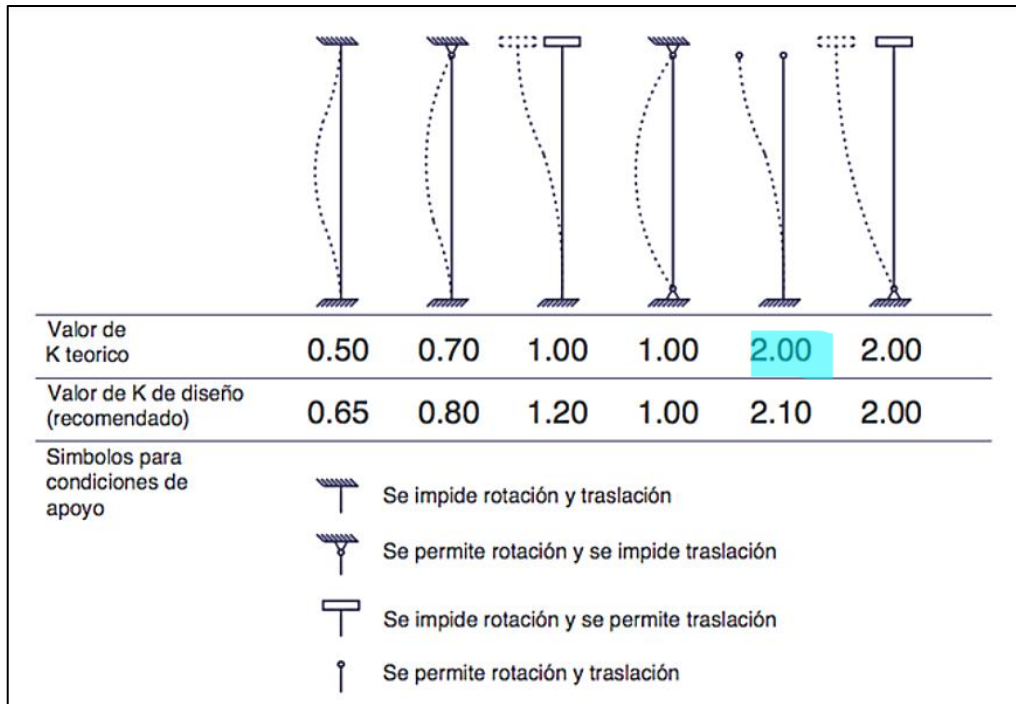
$$\rho = \sqrt{\frac{132.12 \text{ cm}^4}{8.44 \text{ cm}^2}}$$

$$\rho = 3.96 \text{ cm}$$

Para calcular la Esbeltez de la estructura con la ecuación 31, primero debemos identificar la “condición de apoyo” según la figura 19, y luego considerar el factor de longitud efectiva que corresponde.

Figura 19

Longitud efectiva de columnas y relación de esbeltez



Nota. En la figura se muestra el valor de K teórico de 2.00, que corresponde a la condición de apoyo de la estructura del poste tubular. (GmoralexV2, 2024)

Identificado ya el factor de longitud efectiva, se realiza el cálculo de la Esbeltez con la ecuación 31:

$$\lambda = \frac{k \cdot L}{\rho} \quad (31)$$

Donde:

λ : Esbeltez de la estructura.

k : factor de longitud efectiva: 2.00

L : Longitud del poste. (cm)

ρ : radio de giro. (cm)

Reemplazamos datos en la ecuación 30:

$$\lambda = \frac{k \cdot L}{\rho}$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 400 \text{ cm}}{3.96 \text{ cm}}$$

$$\lambda = 202.02$$

Calculamos la tensión crítica o esfuerzo a través de la ecuación 32, más conocida como Ecuación de Euler para columnas:

$$\sigma = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \quad (32)$$

Donde:

σ : Tensión crítica o esfuerzo. (kg/cm^2)

E : factor de elasticidad del acero: $2,070,000 \text{ kg/cm}^2$

λ : Esbeltez de la estructura.

Reemplazamos datos en la ecuación 32:

$$\sigma = \frac{\pi^2 \cdot 2070000 \text{ kg/cm}^2}{(202.02)^2}$$

$$\sigma = 500.59 \text{ kg/cm}^2$$

Ahora con todos los datos que se han obtenido, se procede a calcular la Carga de diseño con la ecuación 33, considerando un factor de seguridad de 1.67:

$$P_{max} = A \cdot \frac{\sigma}{FS} \quad (33)$$

Donde:

P_{max} : Carga de diseño o peso máximo de carga del poste. (kgf)

A : Área transversal del tubo. (cm^2)

σ : Tensión crítica o esfuerzo. (kg/cm^2)

FS : Factor de seguridad.

Reemplazamos datos en la ecuación 33:

$$P_{max} = 8.44 \text{ cm}^2 \cdot \frac{500.59 \text{ kg/cm}^2}{1.67}$$

$$P_{max} = 2,529.93 \text{ kgf}$$

Finalmente, procedemos a convertir los kilogramos-fuerza (*kgf*) a kilogramos-masa (*kg*) para determinar el peso máximo (P_{max}) que soporta el poste metálico seleccionado, con la ecuación 34.

$$P_{max} = 2,529.93 \text{ kgf} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9.81 \text{ kgf}} \quad (34)$$

$$P_{max} = 257.89 \text{ kg}$$

Entonces, el peso máximo de carga calculado debe ser y es mayor que el peso total de todos los equipos y estructuras que se montarán sobre el poste existente.

$$P_{max} > P_{sist}$$

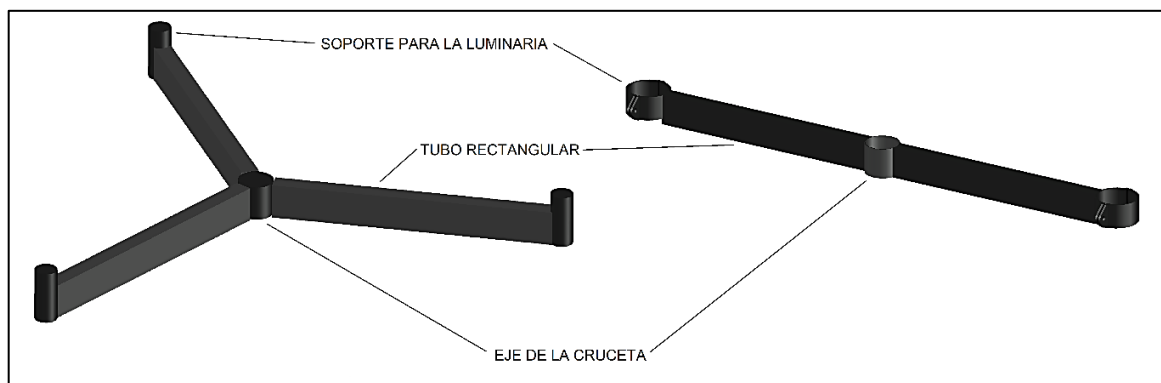
3.5.2.11.2 Modificación de la cruceta existente

La cruceta existente se encuentra diseñada con 03 brazos rectos, fabricadas de tubo rectangular de 100 x 50 x 2mm y 0.90m de longitud cada uno, en dirección perpendicular al eje del poste, distribuidas con un ángulo de 120° entre ellas y a la misma altura, unidas en un eje tubular de 114.30mm, albergan a las 3 farolas con su respectiva luminaria convencional de vapor de sodio de 50W.

Para el diseño propuesto, se realizarán modificaciones a la cruceta actual, convirtiéndola en una cruceta de 02 brazos de 0.85m de longitud cada uno, alineados horizontalmente tal como lo muestra la figura 20 y, se adicionará un poste soldado en el centro de esta, fabricado de tubo circular de 88.90mm de diámetro, 2.38mm de espesor y 0.80m de altura.

Figura 20

Crucetas para las luminarias

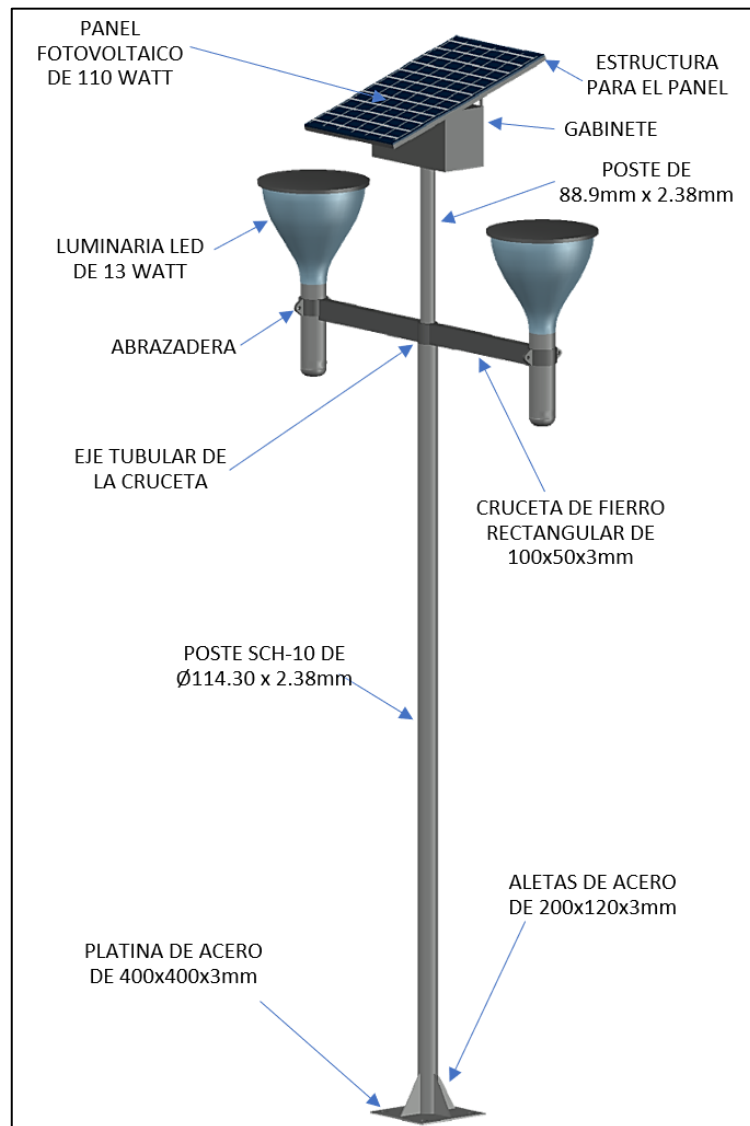


Nota. En la figura, a la izquierda se muestra la cruceta existente de 03 brazos, y a la derecha se muestra la cruceta de 02 brazos con la respectiva modificación. Elaboración propia.

En el extremo superior del poste de 0.80m, se fijará mediante soldadura, un gabinete con su respectiva puerta de una sola hoja, fabricado de plancha estriada de 0.55 x 0.25 x 0.30m y 2.5mm de espesor para albergar la batería y el regulador de carga, entre otros accesorios, y sobre éste, una estructura rectangular de 103 x 68cm, fabricada con fierro angular de 38 x 38 mm y 2.5 mm de espesor para soporte del panel fotovoltaico, tal como se muestra en la figura 21.

Figura 21

Partes del sistema de iluminación fotovoltaica.



Nota. En la imagen se muestra el modelo propuesto, con las diversas partes descritas líneas arriba. Elaboración propia.

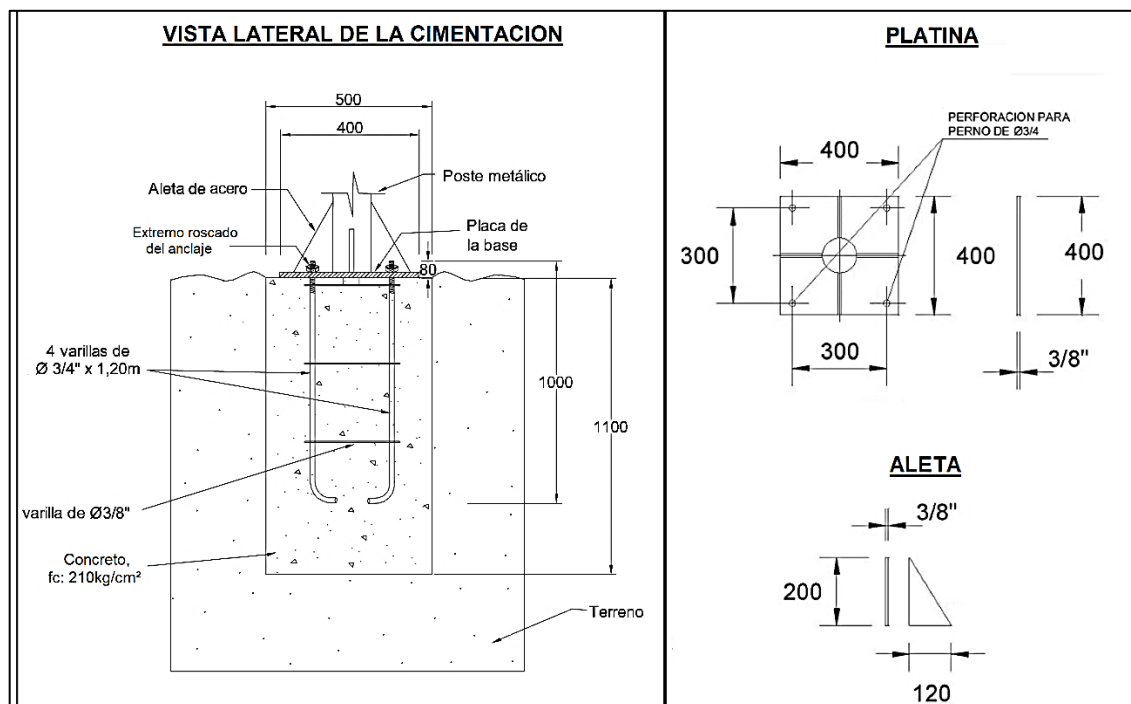
3.5.2.11.3 Cimentación y anclaje para el poste

La cimentación y el anclaje para el poste son elementos fundamentales para el soporte estructural del sistema fotovoltaico, ya que depende de ellos su preservación y operatividad, además, se pueden evitar riesgos y peligros que pueden afectar seriamente la vida y la salud de los transeúntes en el parque, por lo tanto, bajo estas premisas se han considerado las siguientes características principales para el diseño de este tipo de estructura:

- Anclaje empernado con una platina cuadrada de acero de 0.40 x 0.40m x 9.5mm de espesor, y orificios para perno pasante de 19mm (3/4") de diámetro, tal como se muestra en la figura 22.
- 04 refuerzos o aletas de forma triangular de 9.5mm de espesor, soldada entre la parte inferior lateral del poste y la platina cuadrada, tal como se muestra en la figura 22.
- Deben ser fabricadas en Acero A36.
- La cimentación para el poste debe estar diseñado con concreto vibrado, con resistencia a la compresión de 210kg/cm², las dimensiones de la misma y del fierro considerado se muestran en la figura 22.

Figura 22

Cimentación, platina y aleta de acero A36 para el poste.



Nota. En la figura se muestra el detalle constructivo de la cimentación, además, formas, dimensiones y espesor en milímetros de la platina y de la aleta de acero. Elaboración propia.

3.5.3. Simulación con el software DIALux el sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED

3.5.3.1. Determinación de parámetros de entrada para la simulación

Conforme a la norma DGE 017-AI-1-/1982 (Norma de alumbrado de interiores y campos deportivos) del Ministerio de Energía y Minas en su inciso 11, iluminación recomendada para exteriores en parques y jardines que implica la iluminación de árboles arbustos, setos y posibles lagos y fuentes. La norma menciona que, el objetivo esencial de la iluminación es el de acentuar durante la noche la belleza del escenario y eliminar zonas oscuras para una ciudad ordinariamente bien iluminada. En la tabla 9 se muestra los niveles de iluminación recomendada en cada punto de iluminación.

Tabla 9

Iluminación recomendada para parques y jardines

Descripción	Iluminación nominal en Lx
Alumbrado general	5
Fondos decorativos (vallas, árboles)	20
Flores	50
Puntos importantes de confluencia	100

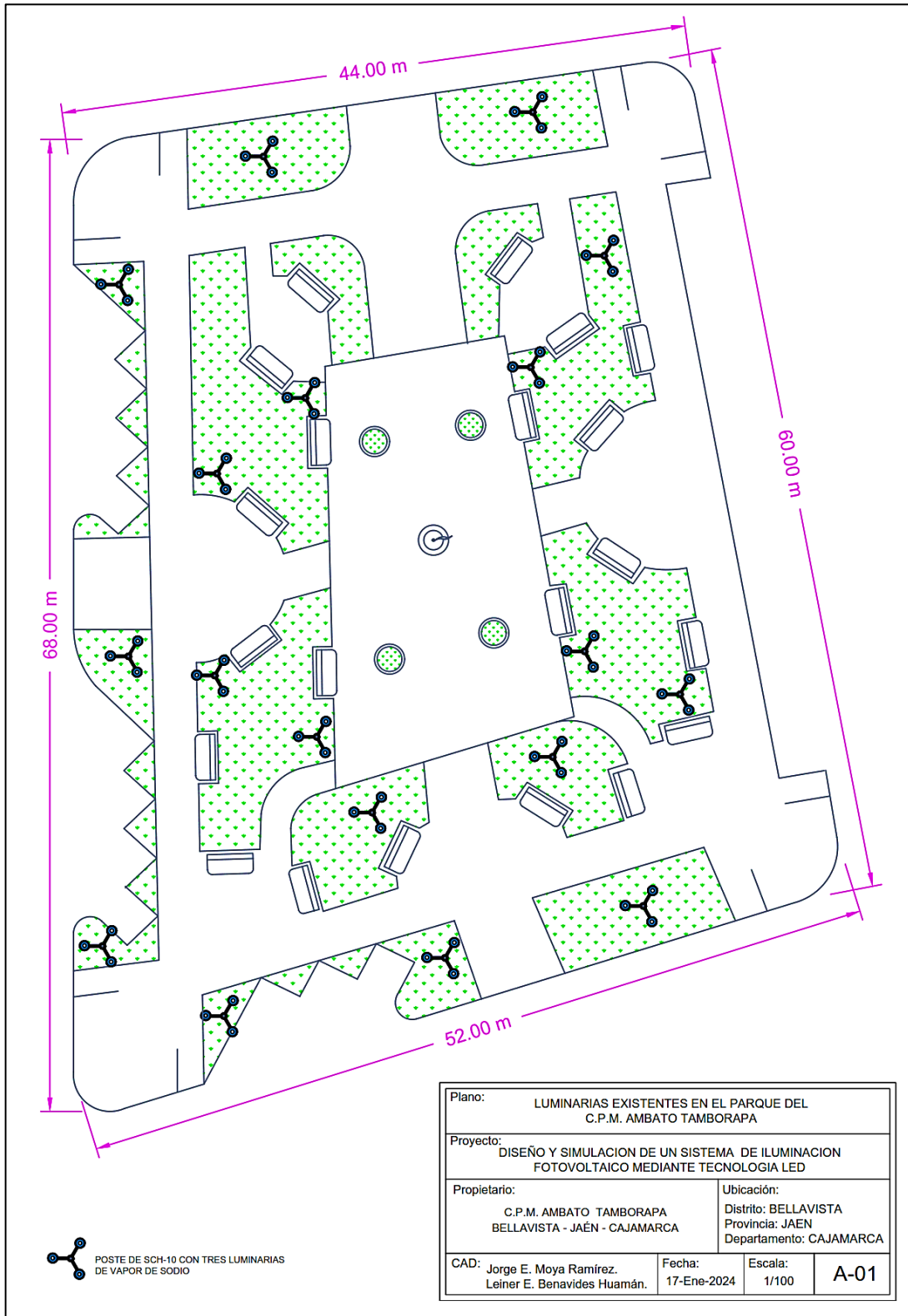
Nota. En la tabla muestra los niveles de iluminación recomendada en parques y jardines. Tomado de Norma DGE 017-AI-1-/1982.

3.5.3.2. Plano actual del parque del C.P.M. Ambato Tamborapa

En la fecha el parque del C.P.M. Ambato Tamborapa cuenta con luminarias instaladas a la red eléctrica, que implica un consumo de energía eléctrica y utilizan tres lámparas de vapor de sodio de 50 W de potencia por cada punto de iluminación, suministradas por una tensión eléctrica de 220 V y operando desde las 18:00 horas hasta 6:00 horas del siguiente día.

Figura 23

Plano del parque C.P.M Ambato Tamborapa.



Nota. La figura muestra el plano del parque y la distribución de las luminarias existentes.
Elaboración propia.

Como se observa en la figura 23, los puntos de iluminación están montados sobre postes SCH-10 con 03 luminarias de vapor de sodio de 50 W cada una, el parque actualmente cuenta con 54 luminarias instaladas haciendo una potencia total de 2.7 kW.

3.5.3.3. Potencia total necesaria para el área del proyecto

De acuerdo con la norma de alumbrado DGE (2002), menciona que, en el interior de las plazas, parques y plazuelas el concesionario está obligado a instalar unidades de alumbrado en razón de 0,13 W/m² 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/m² establecido en este numeral, deberán mantenerse y no ser sujeto de reducción. La potencia total del área del proyecto se determinará con la ecuación 35.

$$P_t = A_p \times R_{dge} \quad (35)$$

Dónde:

P_t : Potencia total del área del proyecto (W).

A_p : Área del proyecto (m²).

R_{dge} : Razón según norma DGE (W/m²).

Cálculo del área total del proyecto con la ecuación 36.

$$A_p = \frac{L_1 + A_1}{2} \times \frac{L_2 + A_2}{2} \quad (36)$$

$$A_p = \frac{52m + 44m}{2} \times \frac{68m + 60m}{2}$$

$$A_p = 3072.00 \text{ m}^2$$

Remplazando datos en la ecuación 35 se tiene:

$$P_t = 3072.00 \text{ m}^2 \times 0.13 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$P_t = 399.36 \text{ W}$$

3.5.3.4. Cálculo del número de puntos de iluminación en el área del proyecto.

Según Chuquizuta (2020), para determinar la cantidad de puntos de iluminación nos basamos en la ecuación 37.

$$P_{\text{ilum}} = \frac{P_t}{N_{\text{lumi}} \times P_{\text{lumin}}} \quad (37)$$

Dónde:

P_{ilum} : Puntos de iluminación.

P_t : Potencia total del área del proyecto (W).

N_{lumi} : Numero de luminarias por cada punto de iluminación.

P_{lumin} : Potencia de la luminaria (W).

Reemplazando datos en la ecuación 35 obtenemos el número de puntos de iluminación necesarios para cumplir con los niveles de iluminación que dicta la norma DGE de alumbrado público y que se muestran en el siguiente cálculo y la figura 24:

$$P_{\text{ilum}} = \frac{399.36 \text{ W}}{2 \times 13 \text{ W}}$$
$$P_{\text{ilum}} = 15.36 \approx 15$$

3.5.3.5. Simulación con el software DiaLux

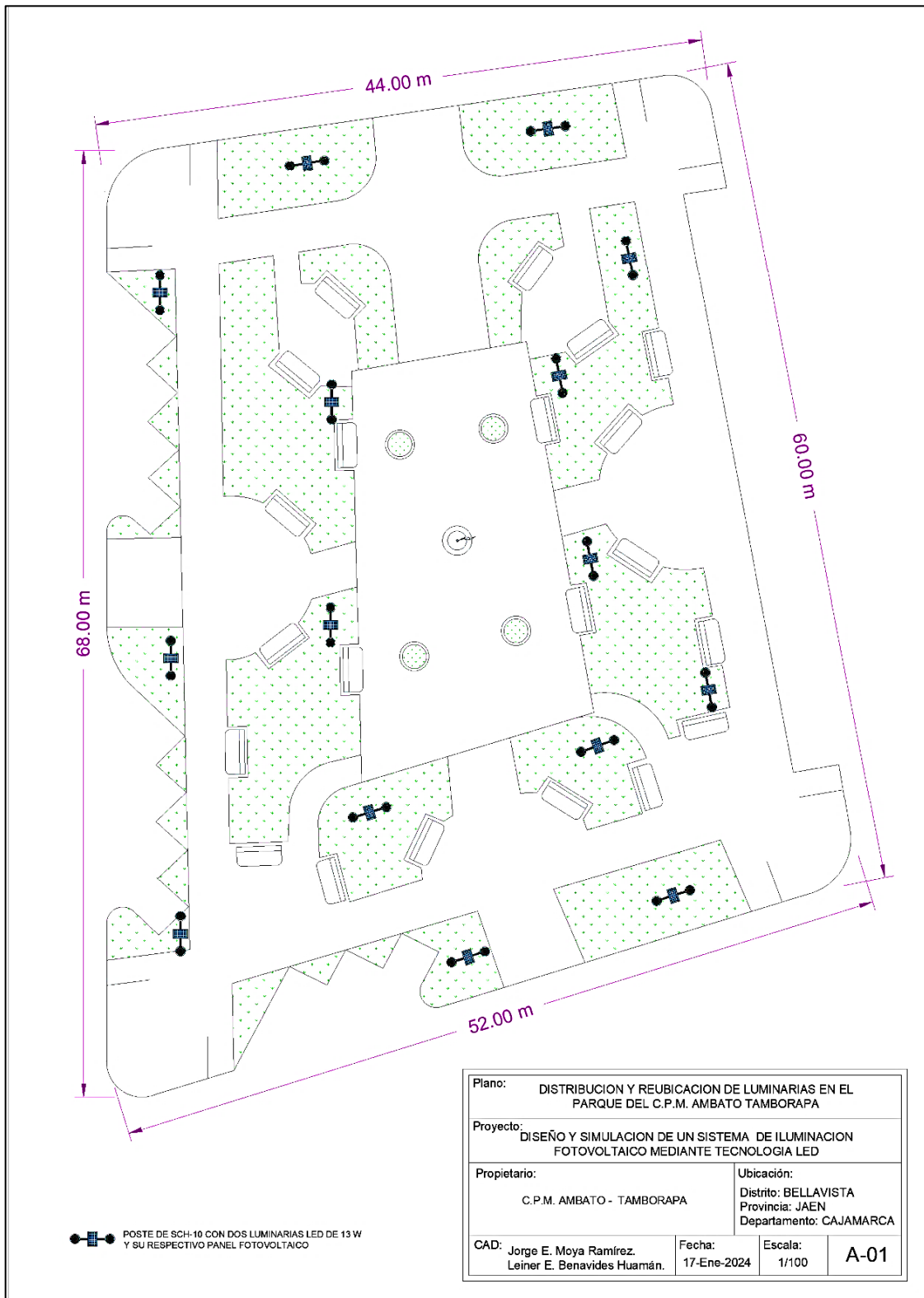
Utilizando el software DiaLux Evo 9.2, se obtuvo los cálculos luminotécnicos de las luminarias y su ubicación en la zona del proyecto. En la tabla 8, se muestra los niveles de iluminación recomendada para parques y jardines los cuales fueron validados y distribuidos mediante el uso del software DiaLux.

a. Plano de situación de los puntos de iluminación

En la figura 25 se muestra los puntos de iluminación constituidos por 02 luminarias de 13W cada uno, situados a 4.00 metros de altura. Por otro lado, cuenta de manera referencial con un panel solar monocristalino de 110W situado a 5.10 metros de altura, cuya finalidad es suministrar energía eléctrica que demandan los 26 Watt de ambas luminarias.

Figura 24

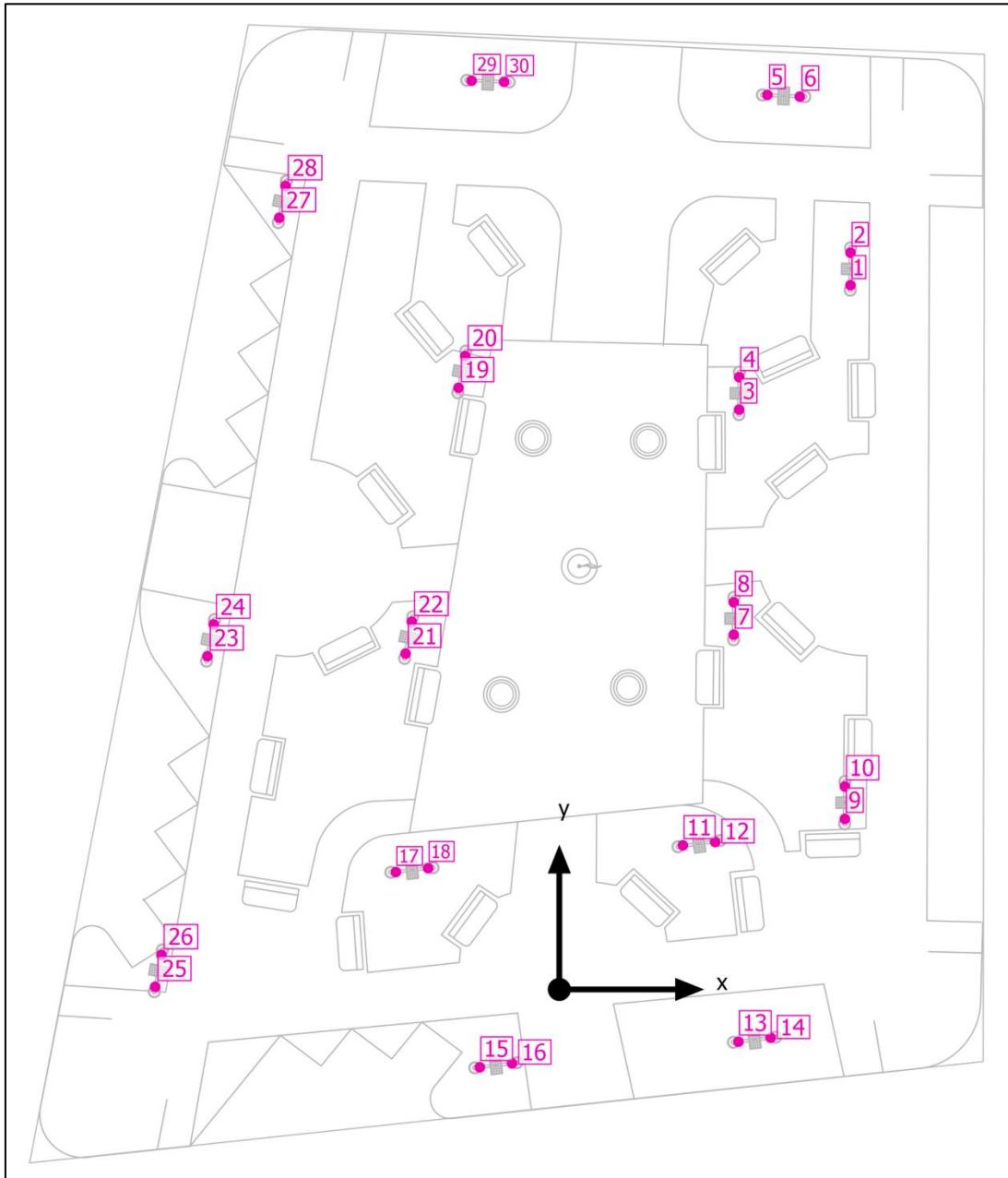
Luminarias LED en el parque



Nota. En la figura podemos observar la distribución de los 15 puntos de iluminación calculados, cada uno con sus dos respectivas luminarias LED. Elaboración propia.

Figura 25

Fijación de puntos de iluminación



Nota. La figura muestra la fijación de los puntos de iluminación en el parque. Reporte del software DiaLux. Elaboración propia.

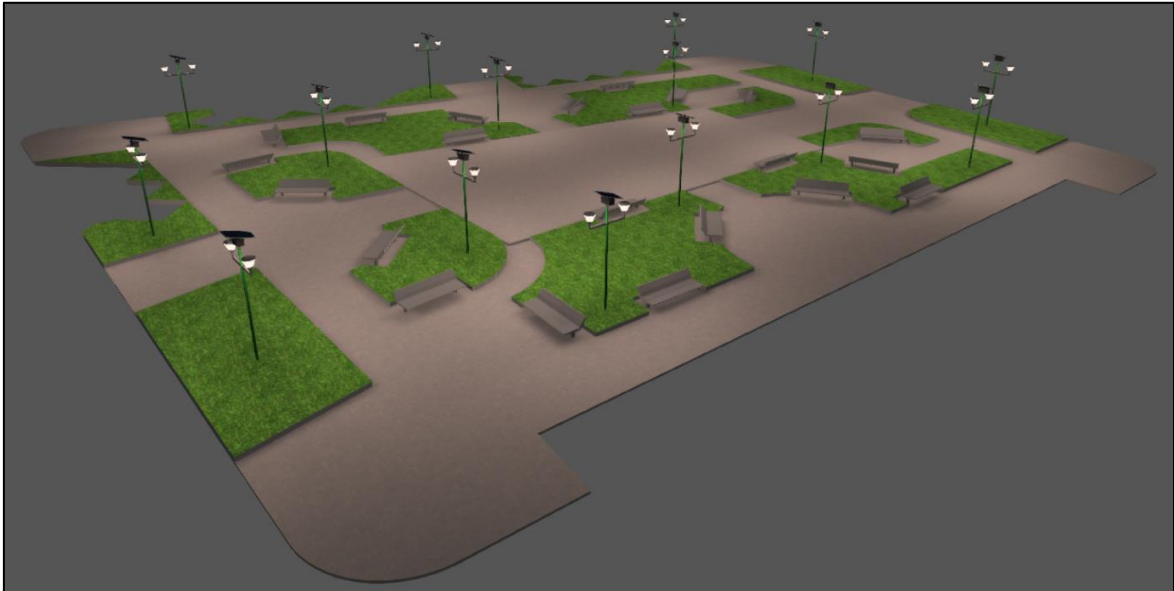
Simulación

En la figura 26, 27 y 28 se muestra la simulación del alumbrado general del parque, el cual se estima los niveles de iluminación en cada objeto de cálculo tales como: Alumbrado

general, camino peatonal principal y plazuela central puntos más importantes a cumplir con los niveles de iluminación que estipula la norma DGE de alumbrado público.

Figura 26

Alumbrado general del parque



Nota. La figura muestra la simulación en el software DiaLux del alumbrado general del parque, donde se aprecia que cada punto de iluminación dispone de tres luminarias alimentadas por un panel fotovoltaico. Elaboración propia.

Figura 27

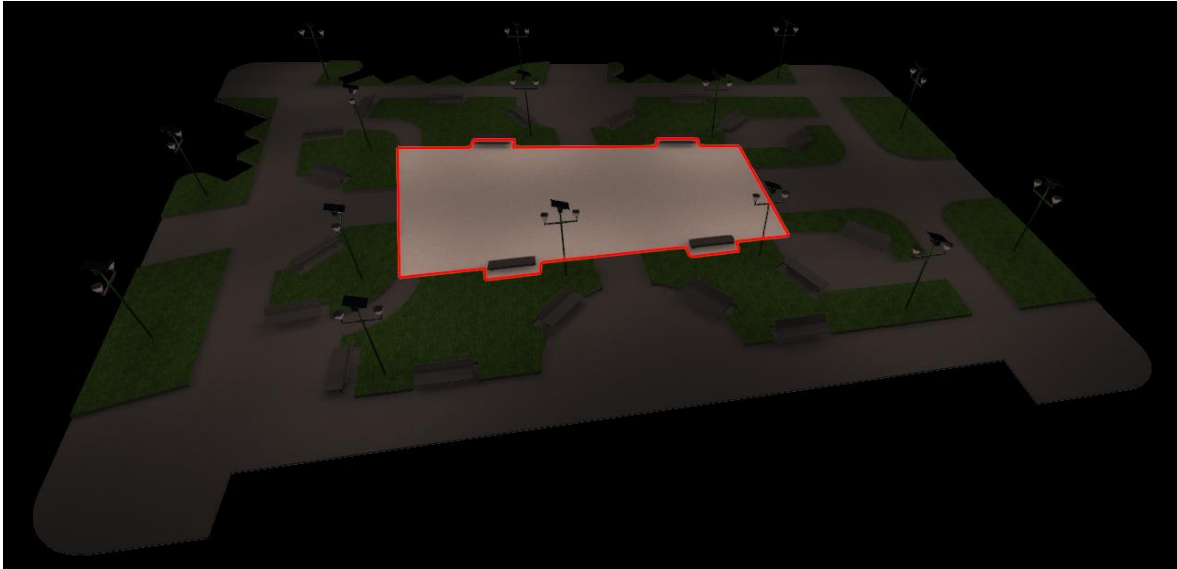
Alumbrado del camino peatonal principal



Nota. La figura muestra un filtro de la simulación en el software DiaLux correspondiente al área peatonal principal del parque. Elaboración propia.

Figura 28

Alumbrado de la plazuela central del parque



Nota. La figura muestra un filtro de la simulación en el software DiaLux correspondiente a la plazuela central del parque. Elaboración propia.

3.5.4. Evaluación económica del sistema de iluminación fotovoltaico propuesto.

La evaluación económica se efectuó con la finalidad de dar a conocer la viabilidad de materialización del proyecto, con las características propias ya detalladas anteriormente. Los equipos y componentes necesarios para la construcción de la instalación fotovoltaica pueden ser cotizados fácilmente ya que existen muchos mercados online orientados a las energías renovables no convencionales.

Según Intesla (2021), para el análisis económico de un sistema fotovoltaico se evalúa lo siguiente:

1. Costo inicial total de la instalación fotovoltaica.
2. Vida útil de algunos equipos, para considerar los costos de futuras reposiciones.
3. Análisis económico para determinar su factibilidad del proyecto.
4. Tiempo de recuperación de la inversión.

3.5.4.1. Presupuesto referencial para la instalación fotovoltaica.

En estos ítems se analiza los costos de los materiales y componentes para una futura implementación del sistema fotovoltaico. Los precios de cada equipo o dispositivo se han obtenido de la página web de tiendas online como AutoSolar, ProViento SAC, etc.

De acuerdo con Pérez (2019), menciona que el costo de mano de obra y montaje electromecánico en sistemas fotovoltaicos aislados es de 30% de la inversión inicial del proyecto. Por lo tanto, la inversión inicial es:

- Inversión inicial en soles: S/ 72,416.18
- Inversión inicial en dólares: \$ 19,259.62 (tipo de cambio S/. 3.76 consultado el 28 de mayo del 2024)

En la tabla 10, se muestra la estructura de costos de cada equipo para la instalación de iluminación fotovoltaica, considerando un 30% en la mano de obra:

Tabla 10
Presupuesto referencial para la instalación de iluminación fotovoltaica

Materiales y equipos	Precio unitario con IGV (S/.)	Cantidad (Unid.)	Total (S/.)
Panel solar de 110W	S/ 313.88	15	S/ 4,708.20
Controlador de carga	S/ 696.20	15	S/ 10,443.00
Batería	S/ 937.50	15	S/ 14,602.50
Luminaria LED de 13W + Módulo	S/ 540.00	30	S/ 16,200.00
ITM 10A IC60N ABB Monofásico	S/ 78.10	15	S/ 1,171.50
ITM 6A IC60N ABB Monofásico	S/ 66.59	15	S/ 998.85
Fusible 16A	S/ 7.90	15	S/ 118.50
Fusible 10A	S/ 6.90	15	S/ 103.50
Interruptor horario	S/ 30.10	15	S/ 451.50
Cable NH-90° 4.0mm ² Rojo (rollo)	S/ 402.00	1	S/ 402.00
Cable NH-90° 2.5mm ² Negro (Rollo)	S/ 168.60	2	S/ 337.20
Terminales + Conectores	S/ 1.20	15	S/ 18.00
Kit para soporte de panel y luminarias	S/ 410.00	15	S/ 6,150.00
	SUB TOTAL		S/ 55,704.75
	Mano de obra (30%)		S/ 16,711.43
	TOTAL		S/ 72,416.18
	TOTAL		\$ 19,259.62

Nota. La tabla muestra los precios de los materiales y equipos del sistema fotovoltaico. Elaboración propia.

3.5.4.2. Presupuesto referencial mediante energía convencional

Como se aprecia en la tabla 11, el presupuesto referencial para una instalación de alumbrado público convencional al inicio es menor que el presupuesto para una instalación de alumbrado fotovoltaico, pero es importante tener en cuenta que en un sistema fotovoltaico el consumo de energía no se paga volviéndose significativamente rentable en el transcurso del tiempo con respecto a la convencional.

Tabla 11

Presupuesto referencial para alumbrado público convencional

Materiales y equipos	Precio unitario (S/.)	Cantidad (Unid.)	Total (S/.)
Luminaria de vapor de sodio 50 W (3 x por punto de iluminación)	S/ 145.00	54	S/ 7,830.00
Contactador	S/ 467.25	1	S/ 467.25
Commutador de 63A	S/ 280.00	1	S/ 280.00
Botonera	S/ 12.00	3	S/ 36.00
Caja moldeada de 63A	S/ 320.00	1	S/ 320.00
Interruptor termomagnético	S/ 90.59	3	S/ 271.77
Interruptor horario	S/ 95.00	1	S/ 95.00
Cableado	S/ 650.00	6	S/ 3,900.00
Ferretería general (pernos, tuercas, etc.)	S/ 93.75	15	S/ 1,406.25
kits de Estructura de soporte	S/ 720.00	15	S/ 10,800.00
Murete	S/ 180.00	1	S/ 180.00
Tablero de F°G°	S/ 480.00	1	S/ 480.00
Cajas de paso de F°G° de 30x30x15cm	S/ 72.00	15	S/ 1,080.00
Tubería SAP de 2" x 3.00m + curvas	S/ 50.00	54	S/ 2,700.00
Cintas aislantes, precintos, pintura, etc.	S/ 500.00	1	S/ 500.00
		Sub total	S/ 30,346.27
		IGV (18%)	S/. 5,462.33
		Mano de obra (30%)	S/. 9,103.88
		Total	S/. 44,912.48
		Total	\$ 11,944.81

Nota. La tabla muestra los precios de los materiales y equipos de un sistema convencional.
Elaboración propia.

3.5.4.3. Análisis de ahorro económico

El pliego tarifario máximo del servicio de alumbrado público de electricidad vigente al 24 de mayo del 2024 de la empresa Electro Oriente en la zona de Bagua-Jaén se aprecia en la tabla 12.

Tabla 12

Tarifa con simple medición de energía IE – Alumbrado público

Tipo de Tarifa	Descripción	Unidad	Tarifa sin IGV
Tarifa BT5C	Cargo fijo mensual	S//mes	5.22
	Cargo por energía activa	Ctm.S//kWh	90.86

Nota. La tabla muestra la tarifa eléctrica fijada para el alumbrado público. Tomado de Gob.pe (2024).

Ahora se determina el ahorro económico por consumo de energía anual mediante la ecuación 38.

$$E_{diaria} = N_{lumi} \times P_{max} \times t \quad (38)$$

Dónde:

E_{diaria} : Energía diaria (kWh/día).

N_{lumi} : Número de luminarias.

P_{max} : Potencia máxima (W).

t: Tiempo de operación (h/día).

Reemplazando datos en la ecuación 38, para el sistema de iluminación fotovoltaico tenemos:

$$E_{diaria} = N_{lumi} \times P_{max} \times t$$

$$E_{diaria} = 30 \times 13 \times 12$$

$$E_{diaria} = 4,680.00 \text{ Wh} \cong 4.68 \text{ kWh/día}$$

Considerando un mes normal de 30 días tenemos:

$$E_{mes} = 4.68 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}}$$

$$E_{mes} = 140.40 \text{ kWh/mes}$$

Reemplazando datos en la ecuación 38, para el sistema de iluminación convencional tenemos:

$$E_{\text{diaria}} = N_{\text{lumi}} \times P_{\text{max}} \times t$$

$$E_{\text{diaria}} = 54 \times 50 \times 12$$

$$E_{\text{diaria}} = 32,400.00 \text{ Wh} \cong 32.40 \text{ kWh/día}$$

Considerando un mes normal de 30 días tenemos:

$$E_{\text{mes}} = 32.40 \frac{\text{Kw}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}}$$

$$E_{\text{mes}} = 972.00 \text{ kWh/mes}$$

En la tabla 13, se muestra el costo para cada tipo de energía fotovoltaica y convencional.

Tabla 13

Costo de cada tipo de energía mensual

Tipo de energía	Tarifa (S//kWh)	E _{mes} (kWh/mes)	Subtotal (S/)	Total, mensual con IGV (S/)	Total, anual con IGV (S/)
Fotovoltaica	0.9086	140.40	127.57	150.53	1,806.35
Convencional	0.9086	972.00	883.16	1,042.13	12,505.53

Nota. La tabla muestra una comparación de los costos para energía convencional y fotovoltaica. Elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de energía mensual y anual se aprecia que el costo de energía convencional es mucho mayor que el costo de energía fotovoltaica para la zona de estudio.

De acuerdo con Pérez (2019), menciona que el ahorro económico anual es la sumatoria del costo de la energía convencional que se dejaría de pagar por parte de la entidad. Por lo tanto, el ahorro será S/. 12,505.53 anual, así mismo, menciona que el costo de mantenimiento anual en cualquier instalación fotovoltaica es aproximadamente el 2% de la inversión inicial considerando futuras reposiciones de algunos equipos que perduren menos años de durabilidad (regulador de carga, baterías, etc.)

3.5.4.4. Vida útil de algunos equipos para considerar los costos de futuras reposiciones

La vida útil de algunos equipos relevantes para futuras reposiciones son los siguientes:

- Panel solar: 25 años

- Regulador de carga: 15 años
- Baterías: 15 años
- Conductores eléctricos: 25 años
- Equipos de protección: 25 años.

La vida útil del sistema que más perdura es de 25 años, esto nos indica que el periodo de evaluación económica para el retorno de la inversión se debe analizar para 25 años, considerando el costo de reposición de algunos equipos de menos duración.

3.5.4.5. Factibilidad financiera

a. Valor presente neto

De acuerdo con Muñoz (2021), menciona que el Valor Presente Neto (VPN) es una medida de los excesos o pérdidas de flujos de efectivo, llevado al valor actual neto. La metodología consiste en descontar al momento actual, actualizando mediante una tasa de descuento de 9%, todos los flujos efectivos. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor presente neto. Se determina con la ecuación 39.

$$VPN = \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} - I \quad (39)$$

Dónde:

Q_n : Flujo de caja de cada año.

n: Número de años.

I: Inversión inicial del proyecto.

r: Tasa de descuento.

b. Tasa interna de retorno

De acuerdo con Muñoz (2021), menciona que la Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de rentabilidad que nos ofrece una inversión. Así, se puede decir que es el porcentaje de beneficio o pérdida que hace que el VPN de una inversión sea igual a cero (VPN=0). Se determina con la ecuación 40.

$$VPN = \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} - I = 0 \quad (40)$$

Tabla 14*Flujo de caja acumulado*

Años	Ingresos (S/.)	Mantenimiento (S/.) 2% de I	Inversión (S/.)	Flujo de caja neto (S/.)	Factor de actualización	FCN actualizado	Flujo de caja actualizado	Año de repago
0			72,416.18	-72,416.18	1.00	-72,416.18	-72,416.18	
1	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.91	10,062.06	-62,354.12	
2	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.83	9,177.48	-53,176.64	
3	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.75	8,292.91	-44,883.73	
4	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.69	7,629.47	-37,254.26	
5	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.62	6,855.47	-30,398.79	
6	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.57	6,302.61	-24,096.18	
7	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.52	5,749.75	-18,346.43	
8	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.47	5,196.89	-13,149.54	
9	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.43	4,754.60	-8,394.94	
10	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.39	4,312.31	-4,082.63	
11	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.35	3,870.02	-212.61	11.06
12	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.32	3,538.31	3,325.70	
13	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.29	3,206.59	6,532.29	
14	12,505.53	1,448.32	0.00	11,057.21	0.27	2,985.45	9,517.74	
15	12,505.53	1,448.32	25,045.50	-13988.29	0.24	-3,357.19	6,160.55	
16	12,505.53	1,448.32	0.00	11057.21	0.22	2,432.59	8,593.14	
17	12,505.53	1,448.32	0.00	11057.21	0.20	2,211.44	10,804.58	
18	12,505.53	1,448.32	0.00	11057.21	0.18	1,990.30	12,794.88	
19	12,505.53	1,448.32	0.00	11057.21	0.17	1,879.73	14,674.61	
20	12,505.53	1,448.32	0.00	11057.21	0.15	1,658.58	16,333.19	
21	12,505.53	1,448.32	0.00	11057.21	0.14	1,548.01	17,881.20	
22	12,505.53	1,448.32	0.00	11057.21	0.13	1,437.44	19,318.64	

23	12,505.53	1,448.32	0.00	11057.21	0.11	1,216.29	20,534.93
24	12,505.53	1,448.32	0	11057.21	0.10	1,105.72	21,640.65
25	12,505.53	1,448.32	0	11057.21	0.09	995.15	22,635.80
VAN (10%)				22,635.80			
TIR				14%			

Nota. La tabla muestra la determinación del VAN y el TIR del proyecto. Elaboración propia.

Puesto que el VAN tiene un valor positivo, considerando una tasa de interés de 9%, la inversión para realizar una instalación fotovoltaica en el parque del C.P.M. Ambato Tamborapa, desde el punto de vista económico, es viable.

c. Análisis beneficio-costo (B/C)

La relación de beneficio-costo se determina con la ecuación 41.

$$\frac{B}{C} = \frac{VP(i)}{VP(e)} \quad (41)$$

Dónde:

VP(i): Valor presente de ingresos.

VP(e): Valor presente de egresos.

Los resultados del valor presente en ingresos y egresos se muestran en la tabla 15.

Reemplazando datos en la ecuación 41 tenemos:

$$\frac{B}{C} = \frac{VP(i)}{VP(e)} = \frac{S/ 122,836.56}{S/ 87,517.16}$$
$$\frac{B}{C} = 1.40$$

El valor 1.40 significa, que se está esperando S/ 1.40 soles de beneficio por cada S/ 1.00 de inversión inicial en el proyecto.

Tabla 15*Análisis de ingresos y egresos*

Años	Ingresos (S/.)	Egresos	Inversión (S/.)	Gastos por MTTO (S/.) 2% de I
0	0	72416.18	72,416.18	0
1	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
2	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
3	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
4	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
5	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
6	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
7	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
8	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
9	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
10	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
11	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
12	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
13	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
14	12,505.53	1,448.32	0.00	1,448.32
15	12,505.53	25,045.50	23,597.18	1,448.32
16	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
17	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
18	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
19	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
20	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
21	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
22	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
23	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
24	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
25	12,505.53	1,448.32	0	1,448.32
	VP(i)	S/ 122,836.56		
	VP(e)	S/ 87,517.16		

Nota. La tabla muestra la determinación de los ingresos y egresos del proyecto. Elaboración propia.

IV. RESULTADOS

Se determinó que el recurso solar en la zona del proyecto es de 3.94 kWh/m²/día en el mes más deformable (febrero) para el ángulo óptimo calculado de 7.46°. Sin embargo, se optó por el ángulo obtenido del aplicativo de la NASA de 10° muy cercano al ángulo calculado. Así mismo la temperatura máxima es de 36.08 °C, la temperatura mínima de 7.93 °C, los días de no sol para 7 días consecutivos fue de 1.54 días.

Los resultados del dimensionamiento del sistema fotovoltaico y componentes por cada punto de iluminación (en total 15 puntos) se determinó un panel solar de 110 W para la demanda del sistema de iluminación de 0.430 kWh/día. Así mismo, un regulador de carga de 100 V - 15 A, un mini módulo inversor-transformador de 40 W, una batería con capacidad de 100 Ah de 12 V; conductores para el tramo de línea 1 de 4 mm² y fusibles de 16 A, conductores para el tramo de línea 2 y 3 de 2.5mm² y fusibles de 10 A. Así como también se dimensionaron interruptores termomagnéticos de 20A para el tramo de línea 1, y de 10A para los tramos de línea 2 y 3, se realizó el cálculo para conocer si el poste existente puede o no soportar el peso total del sistema fotovoltaico, confirmando así que el poste soporta 257.89 kg frente a los 100 kg del sistema fotovoltaico incluido las 02 luminarias.

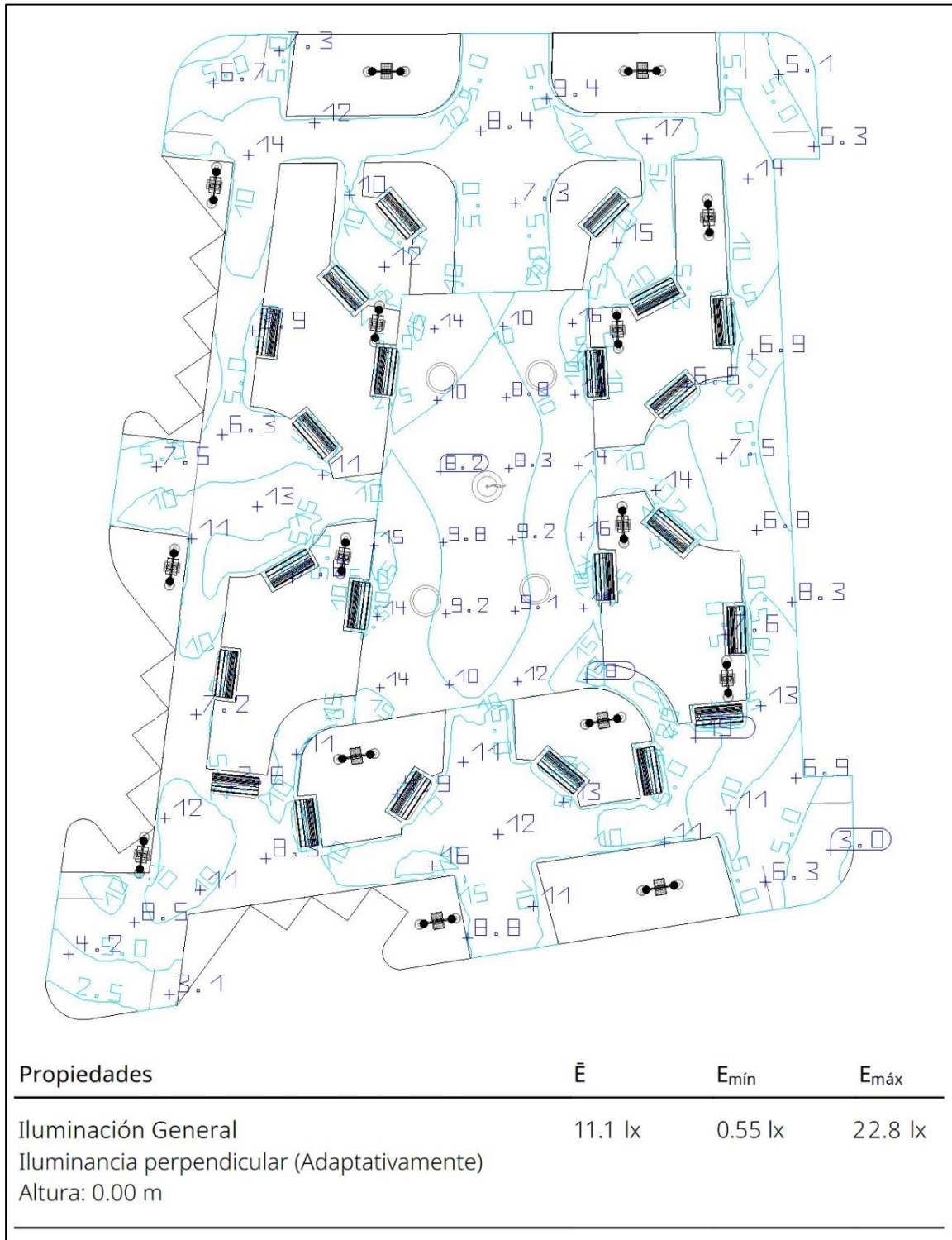
Los resultados obtenidos de la simulación con el software DiaLux para el sistema fotovoltaico mediante tecnología LED corresponden al alumbrado general cuyo valor promedio es de 9.72 lux, camino peatonal principal de 10.1 lux y plazuela central de 9.63 lux como se aprecia en las figuras 29, 30 y 31 respectivamente.

Los resultados de la evaluación económica del sistema fotovoltaico propuesto, para una futura implementación se muestra en las tablas 10, 11, 12, 13, 14 y 15, a través de los índices económicos como: VAN, TIR y la relación beneficio-costos (B/C), así como también se realizó el flujo de caja económico y acumulado en base a los costos, ingresos y ahorros.

Para la ejecución del proyecto se demandó de una inversión inicial de S/ 72,416.18 desglosada de la siguiente manera: Suministro de materiales, equipos y montaje electromecánico. En base a este valor se ha desarrollado la evaluación económica proyectada para un periodo de 25 años considerando la vida útil de algunos equipos relevantes para futuras reposiciones. Los resultados del valor actual neto (VAN) es de S/ 22,635.80, la tasa interna de retorno (TIR) es de 14% y la relación beneficio-costos (B/C) es de 1.40 que significa que se está esperando S/ 1.40 soles de rentabilidad por cada S/ 1 de inversión inicial en el proyecto.

Figura 29

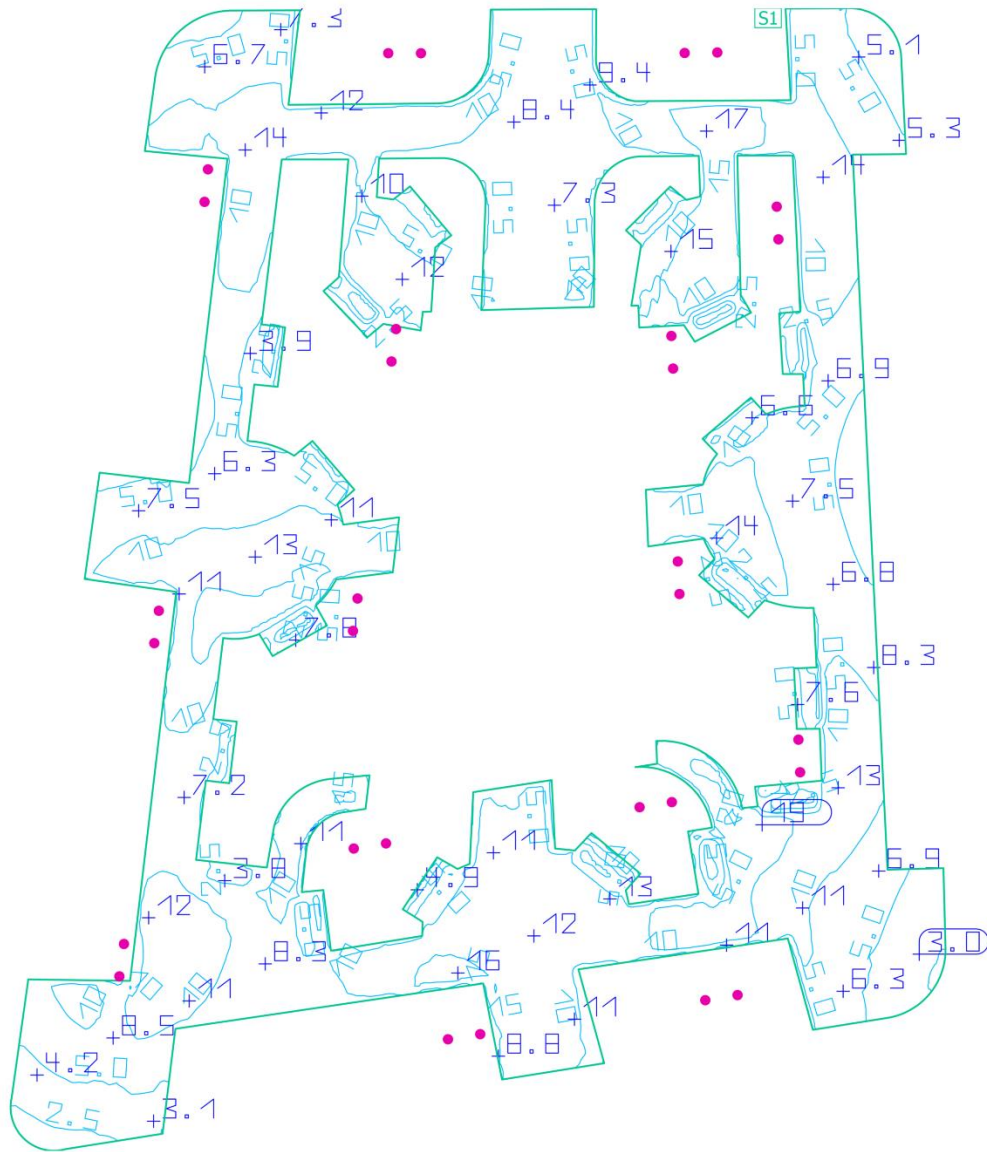
Cálculo del nivel de iluminación general mediante el software DiaLux.



Nota. La figura muestra los resultados de simulación en el área de alumbrado general, cuyo valor promedio es de 9.72 lx. Elaboración propia.

Figura 30

Cálculo del nivel de iluminación en el camino peatonal principal mediante el software DiaLux.

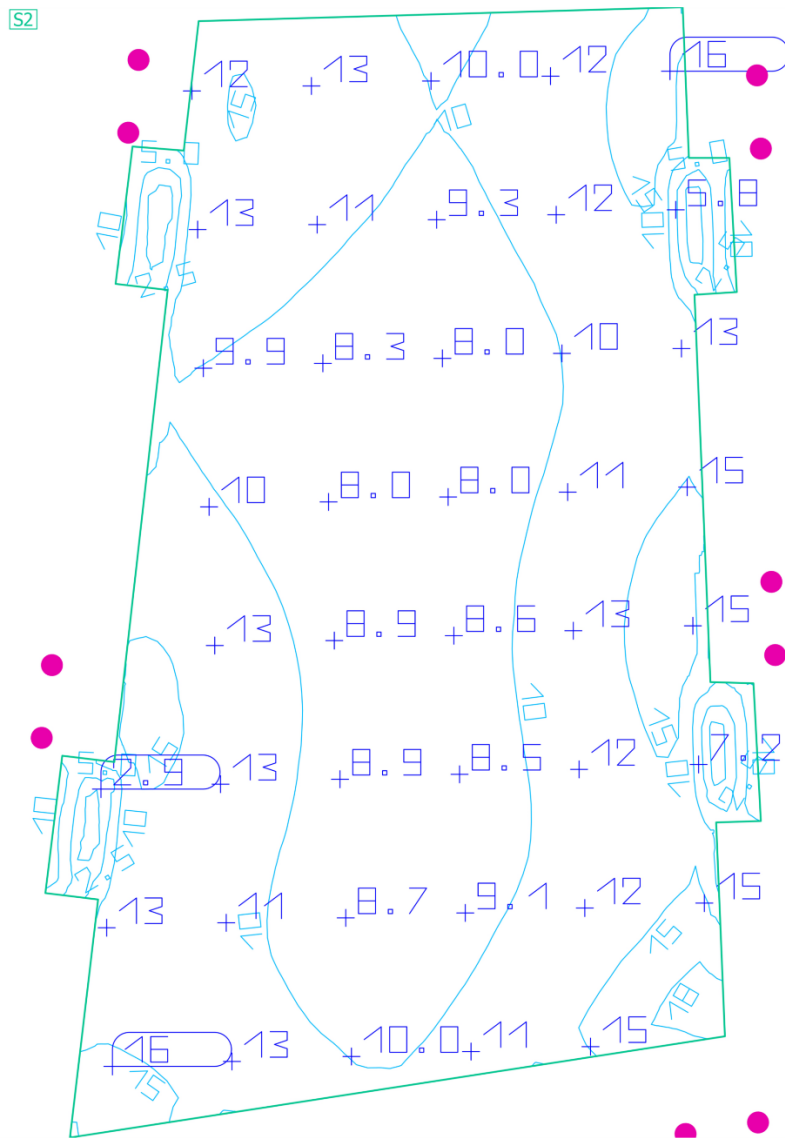


Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Zona Peatonal Principal	9.61 lx	0.51 lx	21.0 lx
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)			
Altura: 0.100 m			

Nota. La figura muestra los resultados de simulación en el área de alumbrado peatonal, cuyo valor promedio es de 7.70 lx. Elaboración propia.

Figura 31

Cálculo del nivel en la plazuela central del parque



Propiedades	\bar{E}	E_{\min}	E_{\max}
Zona Central	11.0 lx	1.78 lx	19.2 lx
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)			
Altura: 0.250 m			

Nota. La figura muestra los resultados de simulación en la plazuela central del parque, cuyo valor promedio es de 10.6 lx. Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

El nivel de radiación solar promedio mensual varía desde un mínimo de 3.94 kWh/m²/día en el mes de febrero, hasta un máximo 4.83 kWh/m²/día en el mes de noviembre para un ángulo óptimo de inclinación estimado de acuerdo con el aplicativo de la NASA de 10° muy cercano al ángulo calculado de 7.46°. Se aplicó el criterio de seleccionar la radiación en el mes más desfavorable correspondiente a febrero que fue 3.94 kWh/m²/día. Datos muy cercanos a los encontrados por Chuquizuta (2020), cuya radiación en el mes más desfavorable fue de 3.84 kWh/m²/día, y una inclinación óptima estimada de acuerdo con el aplicativo de SOLARGIS de 9°. Sin embargo, los resultados son coincidentes, debido a que las zonas de estudio tienen condiciones climatológicas de radiación y temperatura muy similares.

De acuerdo con los cálculos teóricos en la etapa de dimensionamiento para una demanda de energía de 0.430 kWh/día, se seleccionó un panel fotovoltaico EGE-110M-36 monocristalino, el cual nos brinda una potencia de 110 W a una tensión de 12 V. Por otra parte, se seleccionó un controlador de carga de Smart Solar MPPT VICTRON de 15 A de carga máxima y con tensión compatible para 12 y 24 V, un mini módulo inversor-transformador de 40 W, una batería de sellada de GEL con capacidad de 100 Ah a 12 V, así como también conductores y equipos de protección para los diferentes tramos de línea. Cabe recalcar que el parque del C.P.M. Ambato Tamborapa requiere 15 puntos de iluminación, es decir, cada equipo mencionado anteriormente corresponde a un solo punto. La topología del sistema, son muy similares a los encontrados por Pérez (2019), que selecciono un panel fotovoltaico policristalino de 130 W a 12 V, un regulador de 20 A compatible para 12 y 24 V, una batería de 150 Ah a 12 V CD, conductores y equipos de protección para cada punto de iluminación en el parque central de la provincia de Jaén. Las capacidades y tamaños del sistema fotovoltaico están en función a la demanda, recurso solar y criterios justificados del investigador.

De acuerdo con los cálculos del nivel de iluminación fotovoltaico en la etapa de simulación con el software Di alux, se determinó 11.1 lux de alumbrado general promedio para todo el parque, 9.61 lux para el camino peatonal principal y 11.00 lux en la plazuela central. Los resultados son muy similares a los niveles de iluminación establecidos por la norma DGE 017-AI-1-/1982 en parques y jardines, cuyo valor de alumbrado general recomendado es de 5 lux. También concuerda con los datos encontrados por Pérez (2019), obteniendo resultados

de 8.9 lux de alumbrado general y 4.02 lux en plazuela central. Los resultados son coincidentes ya que permiten la interpretación por medio de la normativa vigente y visualizaciones fotorrealistas como plan de iluminación propio en cada zona de estudio.

La evaluación económica del sistema de iluminación fotovoltaico resultó rentable con un VAN de S/. 22,635.80 positivo y un TIR 14 %, con un tiempo de recuperación a largo plazo de aproximadamente 11 años con 22 días, para la evaluación económica se consideró un ahorro anual de S/ 12,505.53 valor que dejaría de pagar la municipalidad por consumo de energía convencional, se evaluó tomando un interés para el VAN de 10 %, y la vida útil 25, también se consideró un costo de reinversión al año 15 de S/.25,045.50 para los reguladores y baterías. Resultados concuerdan con Pérez (2019), que diseño un sistema fotovoltaico con tecnología LED en el parque central de la provincia de Jaén, determinado un VAN de S/. 12,989.04, un TIR de 14% para un flujo de caja de 20 años. Los resultados son coincidentes debido a que los dos proyectos fotovoltaicos se encuentran en la provincia de Jaén con condiciones climatológicas muy similares.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Se determinó que la radiación solar en la zona del proyecto varía desde un mínimo de 3.94 kWh/m²/día en el mes de febrero, hasta un máximo de 4.83 kWh/m²/día en el mes de noviembre para un ángulo óptimo de inclinación obtenido de la NASA de 10°. Para los cálculos se tomó el criterio de la radiación en el mes más desfavorable (3.94 kWh/m²/día).

Se seleccionó un panel fotovoltaico EGE-110M-36 monocristalino con una potencia de 110 W y una tensión de 12 V para la demanda de energía de 0.430 kWh/día. También se seleccionó un controlador de carga de Smart Solar MPPT VICTRON de 15 A compatible para 12 y 24 V, un mini módulo inversor-transformador de 40 W, una batería de GEL sellada de 100 Ah y 12 V, así como también conductores y equipos de protección para los diferentes tramos de línea. No es necesario reemplazar los postes, ya que éstos pueden soportar el peso de todas las modificaciones consideradas en este proyecto. Cabe recalcar que el parque del C.P.M. Ambato Tamborapa requiere 15 puntos de iluminación, es decir, cada equipo mencionado anteriormente corresponde a un punto de iluminación

En la etapa de simulación con el software DiaLux, se determinó 11.1 lux de alumbrado general promedio para todo el parque, 9.61 lux para el camino peatonal principal y 11.00 lux en la plazuela central. Valores que cumplen con la normativa nacional (DGE 017-AI-1-/1982) que recomienda 5 lux de alumbrado general en parques y jardines.

De acuerdo con el análisis económico, la implementación de un sistema iluminación fotovoltaico en el parque del C.P.M. Ambato Tamborapa es viable. Esto se debe, principalmente a los resultados obtenidos del Valor Actual Neto (VAN) de S/22,635.80, la Tasa Interna de Retorno (TIR) de 14% y la relación beneficio-costos (B/C) de S/ 1.40.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda a la Sub-Gerencia Regional de Cajamarca, la implementación de proyectos de iluminación fotovoltaico para alumbrado público, en lugares con similares problemas y condiciones climatológicas.

Efectuar un análisis comparativo de las ventajas y desventajas técnica y económicas de luminarias LED frente a las convencionales.

Realizar el cálculo de iluminación haciendo el uso del software Dialux, elaborándose el mapa luminotécnico, el cual permite obtener la calidad lumínica en base al Código Nacional de Electricidad.

Se recomienda a las entidades encargadas del sector eléctrico, cambiar el sistema de alumbrado público con el diseño realizado.

El uso de nuevas tecnologías para la iluminación de parques públicos, por ejemplo, sistemas eólicos que puedan conmutar con nuestro sistema, este puede ser tema de trabajos de tesis posterior.

El proyecto de investigación brinda conocimiento a futuros ingenieros que quieran realizar investigaciones sobre fuentes de energía renovables, como los sistemas fotovoltaicos, como alternativa energética limpia y ecológica para el futuro de nuestro país y el mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J. (2018). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*.
https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf
- Autosolar. (21 de Mayo de 2024). <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-mppt-blue-solar-100v-15a-victron>
- Autosolar. (21 de Mayo de 2024). *Baterías Solares*. <https://autosolar.pe/baterias-solares?page=2>
- AutoSolar. (21 de Mayo de 2024). *Cable Unifilar 6 mm² SOLAR PV ZZ-F Rojo*.
<https://autosolar.pe/cable-unifilar/cable-unifilar-6-mm2-solar-pv-zz-f-rojo>
- Bandeira, R. H. (2018). *Método de dimensionamiento de sistemas de alumbrado público fotovoltaico autónomo basado en el análisis de la dinámica diaria de generación y consumo*. Tesis de maestría, Universidad Federal de Santa Maria , Brasil. Recuperado el 3 de Junio de 2021, de <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/14943>
- CablexPerú. (22 de Mayo de 2024). <https://cablexperu.company.site/Cable-NH80-2-5mm2-p86217146>
- CablexPerú. (21 de Mayo de 2024). *CABLE INDECO NH80 4MM2 INDECO*.
<https://cablexperu.company.site/Cable-NH80-4mm2-p86217122>
- Chuquizuta, A. R. (2020). *Diseño de un sistema de iluminación LED con paneles solares para la plataforma de estacionamiento de aeronaves, Talara, 2019*. Tesis de grado, Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/3220>
- ComparaLux*. (2016). *Magnitudes físicas fundamentales*.
<https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesFundamentales.php>
- Duman, C., & Onder, G. (Junio de 2019). Análisis tecnoeconómico de sistemas de iluminación vial LED fotovoltaicos fuera de la red: un estudio de caso para las regiones del norte, centro y sur de Turquía. *Edificación y Medio Ambiente*, 156, 89-98. Recuperado el 15 de Agosto de Agosto, de <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.005>
- Espinoza, L. F. (2017). *Diseño de un sistema de iluminación LED alimentado por paneles solares aplicado a minería de cielo abierto*. Tesis de pregrado, Universidad Católica

- del Perú, Lima. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8288>
- Flores, G. A. (2016). *Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias led y alimentación solar fotovoltaica*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana , Quito. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12213/3/UPS-KT01248.pdf>
- Garnacho, G., Salido, R., & Moreno, J. (2020). Efectos de la radiación solar y actualización en fotoprotección. *Anales de Pediatría*, 92(6), 377-e1. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1695403320301661>
- Gertz. (29 de Octubre de 2021). *Quora*. Comprender la Luz. <https://es.quora.com/Por-que-C3%A9-no-vemos-m%C3%A1s-colores-o-un-mayor-rango-de-longitudes-de-onda>
- GmoralexV2. (01 de Junio de 2024). *Elementos a Compresión*. <https://gmoralexv2.weebly.com/elementos-a-compresioacuten.html>
- Gob.pe. (24 de Mayo de 2024). *Pliego Tarifario*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6054295/3754005-040224-pliegotarifarioamazonascajamarca.pdf?v=1710452382>
- Google Maps. (2020). Google Maps. <https://www.google.com.pe/maps/@-12.0630149,-77.0296179,13z?hl=es-419>
- HelioEsfera. (10 de Julio de 2021). *La radiación solar*. <https://www.helioesfera.com/la-radiacion-solar/#>
- INTESLA. (2021). *Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos ON GRID y OFF GRID CON PVSYST*. Lima.
- Jinchuña , J. C. (2020). *Análisis técnico-económico de sistemas de telegestión para la iluminación eficiente con luminarias de tecnología LED en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno - 2019*. Tesis de pregrado, Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13696>
- Katzin, D., Marcelis, L., & Mourik, S. (1 de Enero de 2021). Ahorro de energía en invernaderos mediante la transición de la iluminación de sodio de alta presión a la

- iluminación LED. *Energía aplicada*, 281, 14. Recuperado el 5 de Agosto de 2021, de <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116019>
- Lobo, J. (2019). *MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL LED MEDIANTE ENFRIADORES TERMOELÉCTRICOS: eficiencia del LED*. Tesis de maestría, Europa. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de <https://www.dart-europe.org/full.php?id=2124291>
- Luxman. (22 de Abril de 2020). *DISEÑO DEL SISTEMA DE LÁMPARA SOLAR VIAL*. <https://luxmanlight.com/es/disenio-del-sistema-de-lampara-solar-vial/>
- Mamani, M. I. (2019). *Diseño del sistema de energía solar fotovoltaico para la iluminación de los laboratorios de electricidad del pabellón "R" de la U.C.S.M.* Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa.
- Muñoz , A. M. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de energía inteligente para iluminación utilizando tecnología led de bajo consumo en Villa el Sol distrito de Yarabamba*. Tesis de pregrado, Arequipa. Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12044>
- Muñoz, F. (2021). *Propuesta de iluminación tipo LED y diseño de sistema fotovoltaico para el edificio IME de la UDEP*. Piura: Universidad de Piura. Recuperado el 5 de Agosto de 2021, de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4861>
- NASA. (2022). *Visor de acceso a datos*. NASA. <https://power.larc.nasa.gov/>
- Pérez Zulueta, J. A. (19 de Julio de 2019). *Diseño de un Sistema de Iluminación Fotovoltaico Mediante Tecnología Led para el Parque Central de la Provincia De Jaén – Cajamarca*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/74>
- Philips. (2021). *Philips*. https://www.lighting.philips.com.pe/prof/luminarias-de-exterior/solar/SOLAR_CA/category
- Phillips. (06 de Junio de 2024). *BDS670 LED20-4S/740 I MDM D9 STD 60*. https://www.lighting.philips.com/prof/outdoor-luminaires/urban/metronomis-led-fluid/910925868169_EU/product
- Pngwing. (21 de Enero de 2024). *Luz Led Fotovoltaica*. <https://www.pngwing.com/es/free-png-ydmfq>

- Prieto, A. M. (1 de Agosto de 2017). *UnADM*. Tipos de investigación. <https://jose-mario-balderas-reyes-unadm.blogspot.com/2017/08/tipos-de-investigacion.html>
- Proviento. (21 de Mayo de 2024). *Baterías Solares*. <https://www.proviento.com.pe/baterias.html>
- ProViento. (2024). *Panel Fotovoltaico de 110W*. <https://www.proviento.com.pe/EGE-105-110W-36-MONO-5b-English.pdf>
- Ramos, E. (1 de Julio de 2018). *Gestiopolis*. Métodos y técnicas de investigación. <https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>
- SAC, A. E. (21 de mayo de 2024). <https://autosolar.pe/baterias-agm-12v/bateria-agm-12v-70ah-tensite>
- Sarmiento, D. O. (2019). Simulación de un Sistema Fotovoltaico Aislado en Matlab/Simulink. *Mundo Fesc*, 9(17), 16-22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7452557>
- Simpalo, P. E. (2019). *Mejoramiento de los parámetros de iluminación del proyecto alumbrado público de la vía que une los distritos de Laredo y el Porvenir*. Tesis de pregrado, Chiclayo. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2556>
- Sopelia*. (21 de Julio de 2016). Energía solar fotovoltaica. <https://www.energiasolar.lat/rentabilidad-fotovoltaica/>
- Sopeña, A. (2019). *Diseño instalación solar fotovoltaica de 10 MWP en Cuerva (Toledo)*. España.
- Tomo, V. (2011). *Código Nacional de Electricidad - Utilización*. Ministerio de Energía y Minas, Lima, Perú.
- Turmero, P. (24 de Mayo de 2024). *Diseño del instrumento de recolección de datos*. <https://www.monografias.com/trabajos109/disenodelinstrumentorecolecciondatos-powerpoint/disenodelinstrumentorecolecciondatos-powerpoint>

AGRADECIMIENTO

A nuestros maestros y asesor de tesis, por el tiempo y esfuerzo que dedicaron para compartirnos sus conocimientos y experiencias ya que sin sus instrucciones no se habría llegado a este nivel, a Dios por darnos vida, salud y sabiduría a lo largo de la vida universitaria.

Los autores.

DEDICATORIA

A mi amada madre Vilma Ramírez, por enseñarme el valor de la humildad y sencillez en cualquier aspecto de la vida, por la fe y oración hacia Dios para perseverar y agradecer por todo lo que nos rodea, y también, a mi “papá” Miguel Samamé, por el ejemplo de trabajo y tenacidad para crecer día a día... y sin desmerecer mi constante sacrificio para lograr cada uno de mis objetivos, ¡¡...mil gracias!!

Jorge Ed.

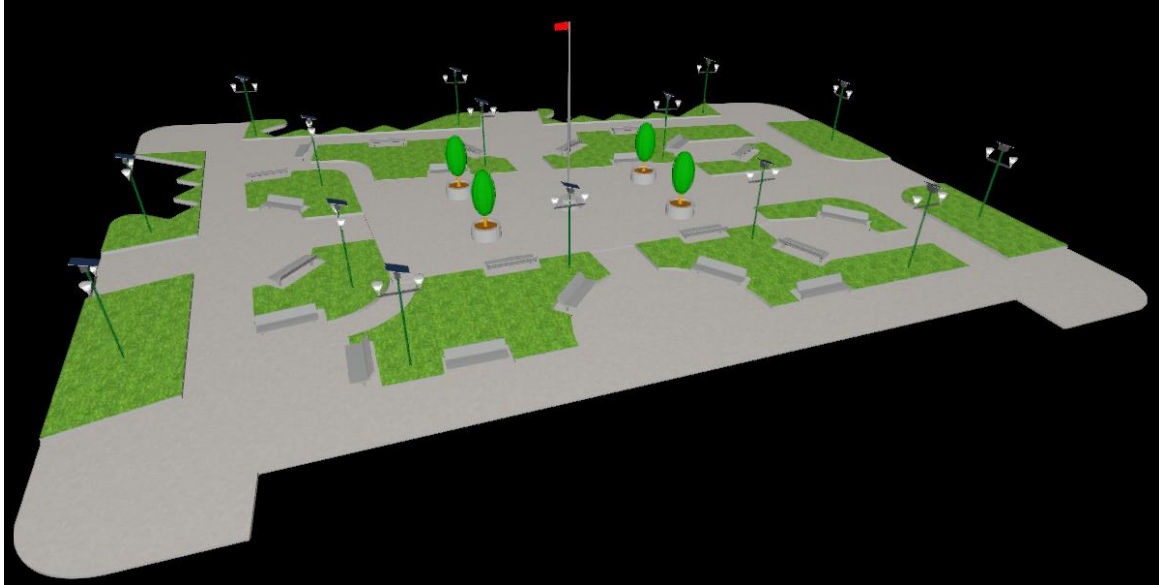
Se lo dedico a mis padres por formarme en la persona que soy hoy. A ellos les debo muchos de mis logros, incluido éste. Me enseñaron reglas y ciertas libertades, pero al final me empujaron continuamente a lograr mis objetivos. Gracias a mi esposa y a mi hijo por inspirarme a ser mejor cada día.

Leiner Edilmer

ANEXOS

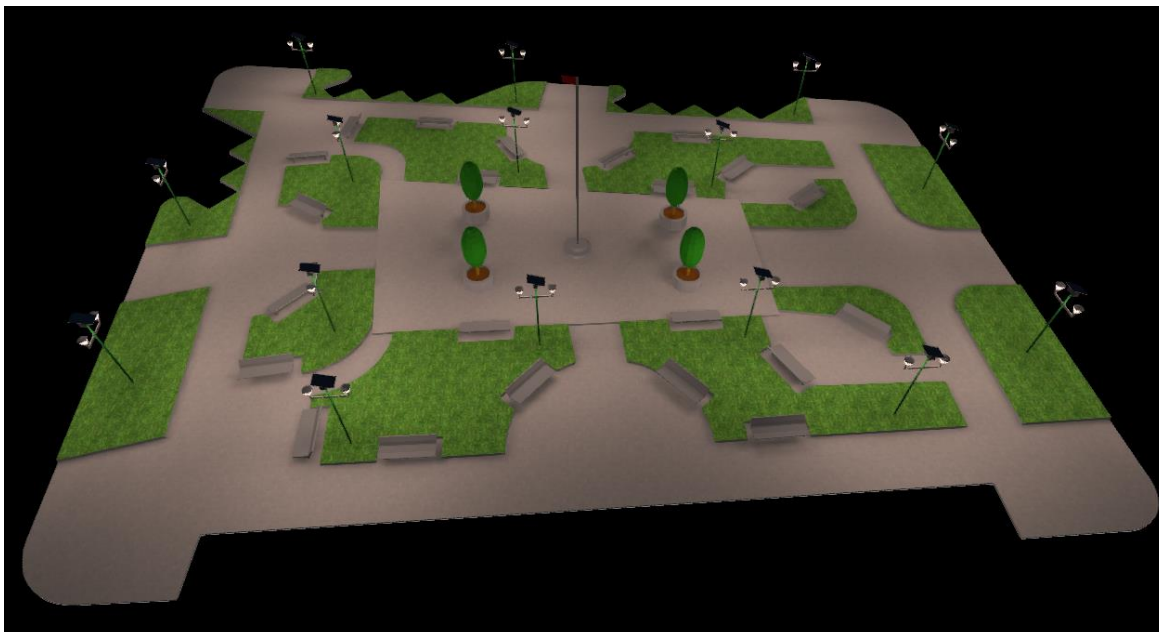
ANEXO 1

Imagen referencial antes de la simulación.



ANEXO 2

Iluminación durante la simulación sin puntos de superficie de cálculo.




ANEXO 3

Iluminación durante la simulación con puntos de superficie de cálculo.




ANEXO 4

Panel fotovoltaico EGE 110M-36 monocristalino 110Wp/12V.



SOLAR MODULE EGE-105-110M-36

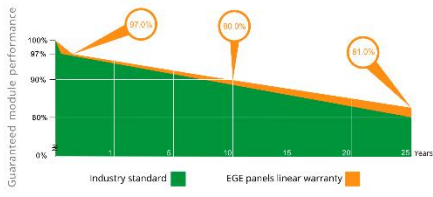
MONOCRYSTALLINE MODULE
105-110 W / 36 Cells / 5 Bus bars



CERTIFICATES







IEC 61215 / IEC 61730 / IEC 61701/ CE / ISO 9001:2015 / PV CYCLE

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
12-Year Product Warranty - 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy's modules are only made of grade A solar cells with a very high efficiency and ensured more than 25 years lifespan.

KEY FEATURES

-  5 bus bars cells, with efficiency up to 22.8 %
-  IP65 junction box for long term weather endurance
-  High quality aluminum frame, resisting load up to 5400 Pa and wind pressure up to 2400 Pa
-  High transmissivity, low-iron tempered glass
-  High performance in low-light environment
-  Double EL test before and after lamination

25













YEARS

OUTPUT POWER WARRANTY

12

YEARS

PRODUCT WARRANTY

ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	105 W	110 W
Power tolerance	0~+3 %	0~+3 %
Module efficiency	15.36 %	16.10 %
Maximum power voltage (Vmp)	18.70 V	18.74 V
Maximum power current (Imp)	5.61 A	5.87 A
Open circuit voltage (Voc)	22.80 V	22.64 V
Short circuit current (Isc)	6.05 A	6.15 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m²
Cell temperature: 25 °C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NOCT*

Power output (Pmax)	78.29 W	82.02 W
Maximum power voltage (Vmp)	17.54 V	17.57 V
Maximum power current (Imp)	4.46 A	4.66 A
Open circuit voltage (Voc)	21.14 V	21.00 V
Short circuit current (Isc)	4.92 A	5.00 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m²
Ambiant temperature: 20 °C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45 °C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.41%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06%/°C

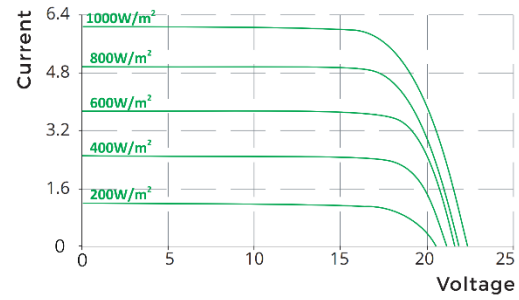
MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-45 °C ~+85 °C
Maximum system voltage	1500 V
Max series fuse rating	15 A
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

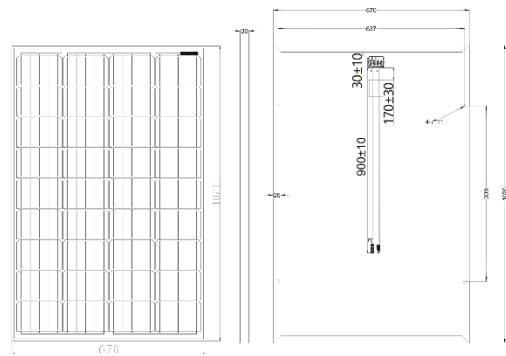
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (156.75x104 mm)
Number of cells	36
Dimensions	1020x670x30mm
Weight	7.7 kg
Glass	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP65
Cable	0.9 m
Connector	MC4 or MC4 compatible

I-V CURVES



ENGINEERING DRAWINGS (mm)



PACKAGING

Type	Pcs	Weight
Pallet	35 pcs	299.5 kg
20ft GP Container	990 pcs	8.5 t
40ft GP Container	2150 pcs	18.4 t
40ft HQ Container	2500 pcs	21.4 t

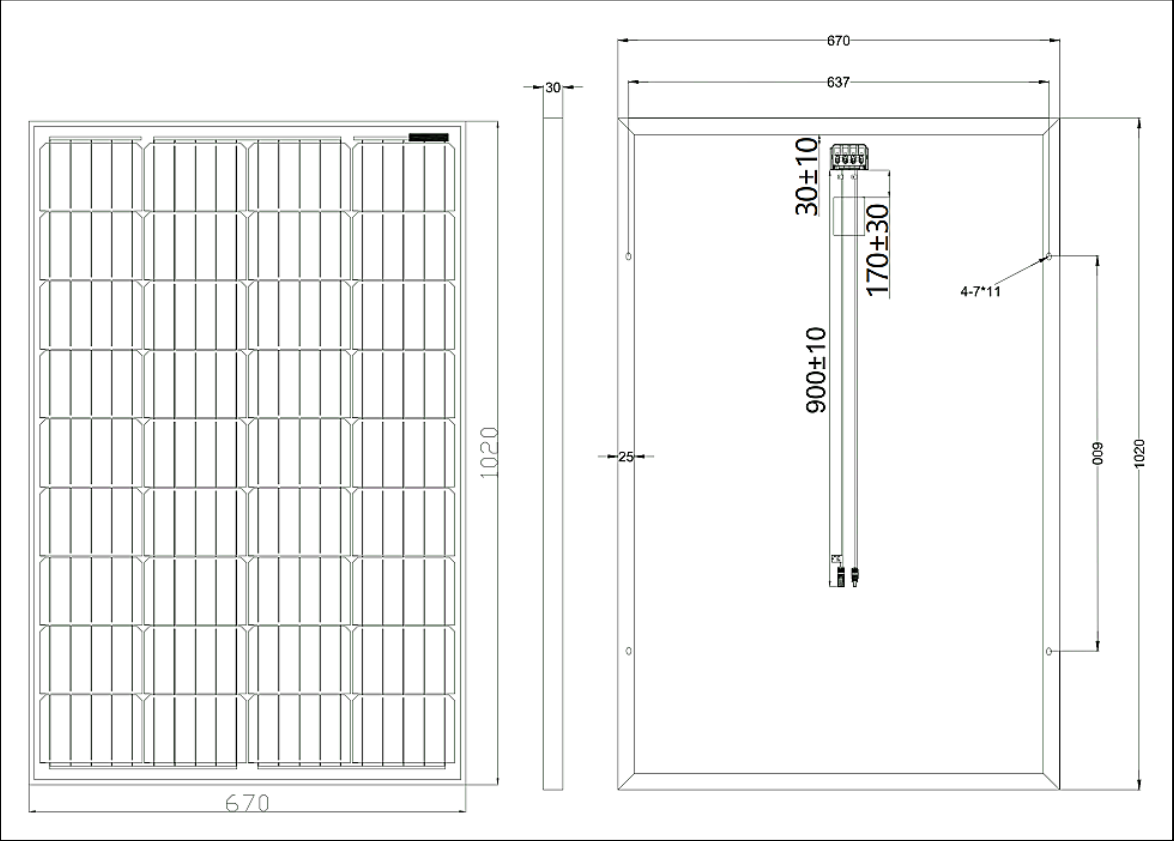


Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.
Add: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong,
Jiangsu, China
Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

Specifications included in this datasheet are subject to
change without prior notice. Refer to our website for further
information or contact one of our sales staff.
www.eco-greenenergy.com

ANEXO 5

Panel fotovoltaico EGE 110M-36 monocristalino 110Wp/12V.



ANEXO 6

Controlador Smart Solar MPPT 100V 15A VICTRON.

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



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere
Países Bajos
E-mail: sales@victronenergy.com
Centralita: +31 (0)36 535 97 00
www.victronenergy.com

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				
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/Sobretemperatura				
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)				
CARCASA					
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.					

ANEXO 7

Tabla de datos técnicos para el conductor NH-80, de la marca INDECO.



TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

ANEXO 8

Conductor eléctrico NH-80°, marca INDECO.



FREETOX NH-80

Usos

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.

En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobre vivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.

Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR.

Características

Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Marca

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibres

1.5 mm² - 300 mm²

Embalaje

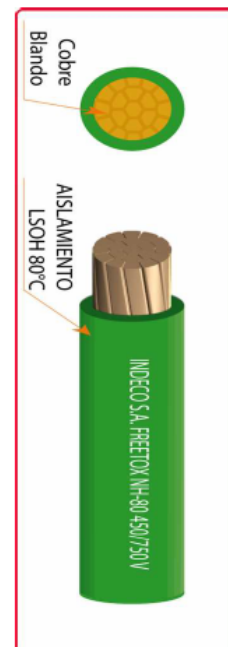
De 1.5 a 10 mm², en rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 300 mm², en carretes de madera.

Colores

De 1.5 a 10 mm²: blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde y verde / amarillo.

Mayores de 10 mm² sólo en color negro (1).

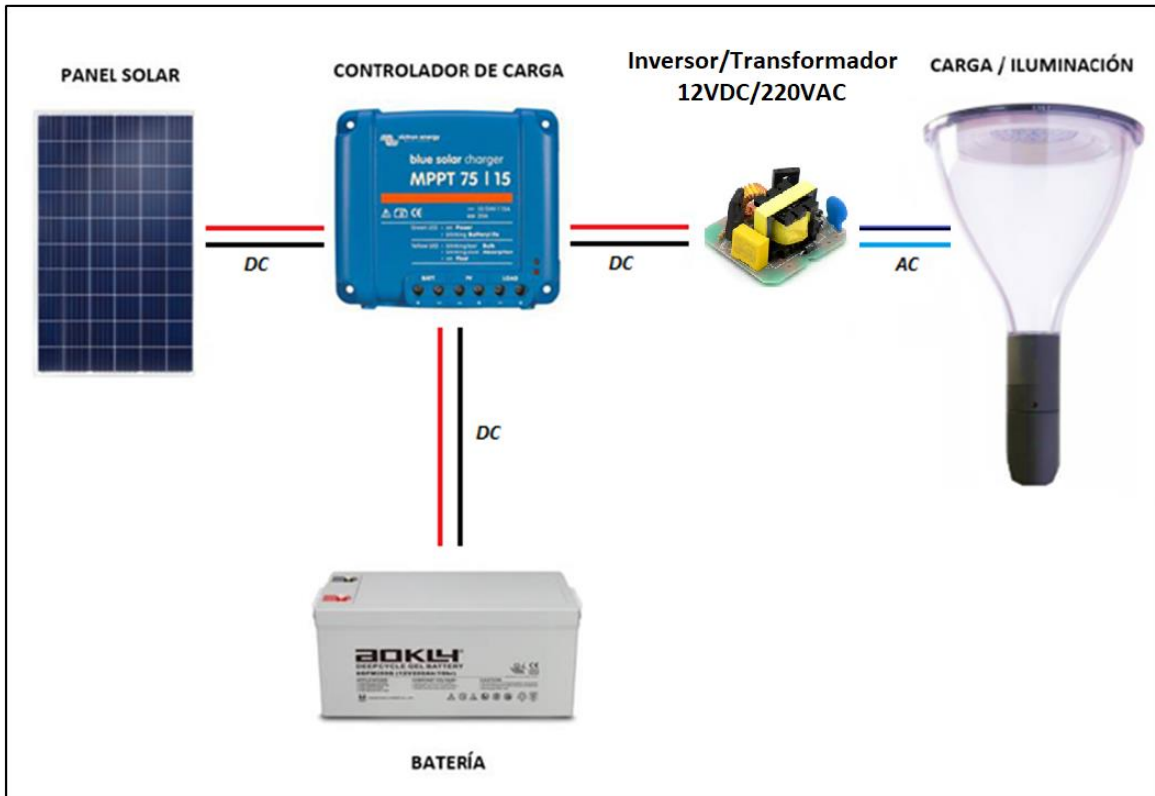


Norma(s) de Fabricación
NTP 370.252
Tensión de servicio
450/750 V
Temperatura de operación
80°C

(1) A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

ANEXO 9

Topología de diseño y conexiones de los equipos.



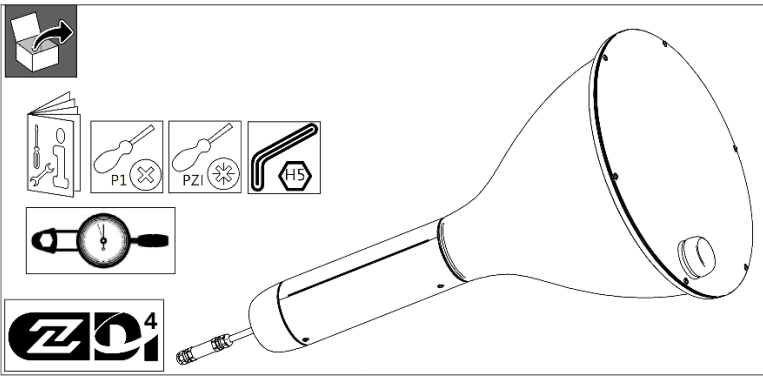
ANEXO 10



Ficha técnica de la luminaria seleccionada.

PHILIPS

Metronomis LED


BDS670 LED20-4S/470




R&TTE
868MHz
<5mW


outdoor




220V
240V

50Hz
60Hz








IK10
IP66

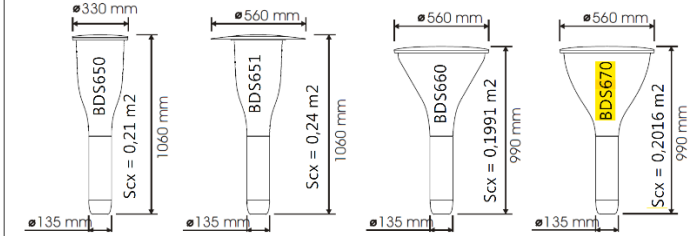
IK09
SR version

Max.
50°C
Min.
-40°C




4-6m

LED COLOUR	LIGHT SOURCE OF ENERGY EFFICIENCY CLASS
722	E
727	E
730	D
740	D
830	E



LUMINAIRE	LEDs	*WASHLIGHT (+ 11,0 W)					Driver	Inrush current		MCB B 16A		* WASH LIGHT (+ 1,4 kg)
		740	722	727	730	830		FP	SR	FP	SR	
		W*	W*	W*	W*	W*	FP/SR	FP	SR	FP	SR	
BDS650 BDS651	LED15	-	13	11,4	-	12,2	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	9,5
	LED20	12,6	17	14,8	13,4	16	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	9,5
	LED25	15,6	21	18,2	16,4	19,8	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	9,5
	LED30	18,6	25,5	21,5	19,6	23,5	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	9,5
	LED40	24,5	34	29	26	31,5	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	9,5
	LED50	29	40	34,5	31	37	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	9,5
	LED60	35	48	41	37	44,5	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	10,0
	LED70	40,5	56	48	43	52	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	10,0
	LED80	46,5	65	55	49,5	60	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	10,0
	LED90	53	74	63	56	68	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	10,0
	LED100	59	-	71	63	77	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	10,0
	LED110	65	-	-	-	70	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	10,0
LED120	72	-	-	-	77	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	10,0	
BDS660 BDS670	LED15	-	13	11,4	-	12,2	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	9,5
	LED20	13	17	14,8	13,4	16	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	9,5
	LED25	15,6	21,5	18,2	16,6	19,8	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	13,0
	LED30	18,6	25,5	22	19,8	24	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	13,0
	LED40	25	32	29,5	26,5	32,5	40W	21A/225µs	21A/300µs	26	21	13,5
	LED50	29	40	34,5	31	37	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	13,5
	LED60	35	48	41	37	44,5	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	13,5
	LED70	40,5	56	48	43	52	75W	46A/250µs	65A/330µs	11	6	13,5
	LED80	45	62	53	47,5	58	150W	53A/300µs	65A/330µs	8	6	13,5
	LED90	51	70	60	54	65	150W	53A/300µs	65A/330µs	8	6	13,5
	LED100	57	79	67	60	73	150W	53A/300µs	65A/330µs	8	6	13,5
	LED110	62	87	74	66	80	150W	53A/300µs	65A/330µs	8	6	13,5
LED120	68	96	81	72	88	150W	53A/300µs	65A/330µs	8	6	13,5	



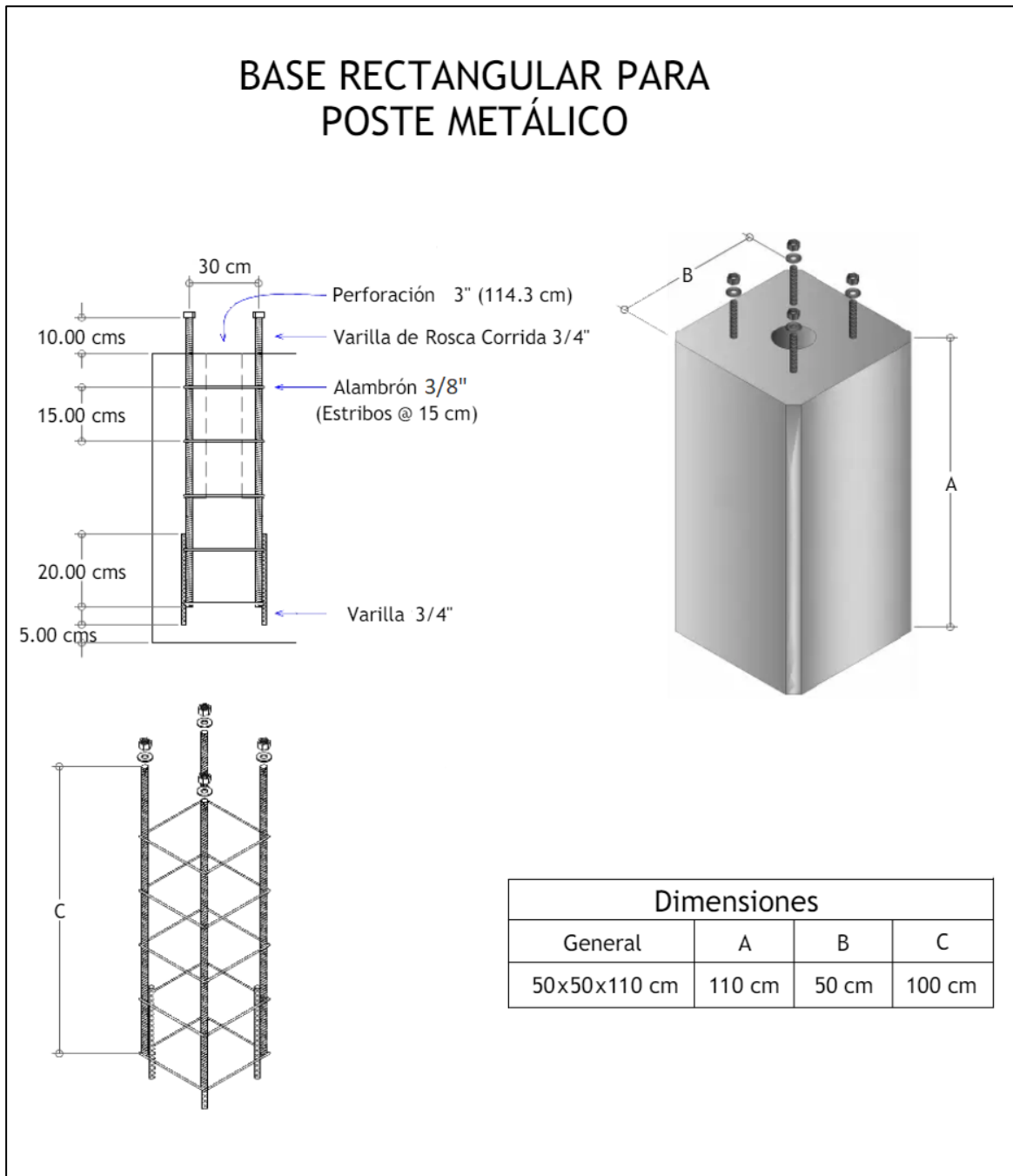
583 - Error: No reference
2024-03-18
© Signify Holding
All rights reserved

Printed in Poland
Data subject to change without notice
Keep for future reference: www.philips.com/lighting

1/13

ANEXO 11

Detalle y características de la cimentación para el poste



ANEXO 12

Ficha técnica de la Plancha estriada para el gabinete.

Planchas de Acero Estriadas ASTM A36



Propiedades Mecánicas	Limite de Fluencia (kg/cm ²)	2110-3510
	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	-
	Alargamiento (%)	25 mín.
	Doblado al Frío (Sobre si mismo)	Sin Fisura

PLANCHAS A36 ESTRIADAS

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36, resaltes de figuras geométricas en una de las caras. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, ASTM A786
Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.
Se mide en espesor x ancho x largo

Dimensiones Nominales						Peso
Espesor		Ancho		Largo		Pieza
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg
2.5	3/32	1200	4	2400	8	57.55
2.9	1/8	1200	4	2400	8	72.10
3.0	1/8	1200	4	2400	8	69.49
4.4	3/16	1200	4	2400	8	105.35
4.5	3/16	1200	4	2400	8	103.56
5.9	1/4	1200	4	2400	8	134.95
6	1/4	1200	4	2400	8	137.85

Tolerancias de Masa Específica			
ESPESO NOMINAL mm	MASA ESPECÍFICA NOMINAL (Kg/m ²)	TOLERANCIA PARA MASA PROMEDIO DE LOTES (En % de la masa específica manual)	
		+	-
2.5	20.69	8	5
2.9	23.67	8	5
4.4	35.58	6	5
5.9	47.39	5	3

Tolerancia en ancho: +10 mm / - 0 mm. Tolerancia de longitud: + 13 mm / -0 mm. Falta de aplanado: 24 mm máx.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

ANEXO 13

Ficha técnica del tubo redondo para el poste.



Ficha del Producto

TUBOS REDONDOS

Descripción

Es utilizado generalmente, en la industria metalmeccánica entre otras como: Automotriz y de autopartes (carrocería y rodados), Agrogranadera (maquinaria e implementos agrícolas, avícolas y ganaderos), Artículos del hogar (muebles, iluminación, juegos infantiles), Señalización vial (alumbrado, soportes), Equipo hospitalario, Aparatos de gimnasia, Construcción (rejas, portones, columnas), Muebles (sillas, mesas, reposeras).

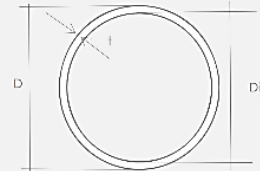
Tipos de Material

Lamina Caliente

Fabricada bajo norma: ASTM A36

Dimensiones, Espesores y Pesos

Dimensiones Externas (D)		Espesor (t)		Peso			Piezas por Paquete	Kgs por Paquete	Referencias
mm ⁽¹⁾	plg ⁽²⁾	mm	Kg/m	Lb/pla	Kg/Pieza	Lb/Pieza			
21.34	1/2	1.20	0.61	0.41	3.65	8.04	217	791.28	
21.34	1/2	1.50	0.76	0.51	4.56	10.05	217	989.10	
21.34	1/2	1.80	0.91	0.61	5.47	12.06	217	1186.92	
21.34	1/2	2.00	1.01	0.68	6.08	13.40	217	1318.80	
26.92	3/4	1.20	0.78	0.52	4.67	10.29	169	788.51	
26.92	3/4	1.50	0.97	0.65	5.83	12.86	169	985.63	
26.92	3/4	1.80	1.17	0.78	7.00	15.43	169	1182.76	
26.92	3/4	2.00	1.30	0.87	7.78	17.14	169	1314.18	
33.40	1	1.20	0.96	0.64	5.74	12.66	127	729.29	
33.40	1	1.50	1.20	0.80	7.18	15.82	127	911.61	
33.40	1	1.80	1.44	0.96	8.61	18.99	127	1093.93	
33.40	1	2.00	1.60	1.07	9.57	21.10	100	957.07	
33.40	1	2.38	1.87	1.26	11.25	24.79	127	1428.34	
33.40	1	3.17	2.50	1.68	14.98	33.02	127	1902.46	
42.16	1-1/4	1.20	1.24	0.83	7.44	16.39	91	676.72	
42.16	1-1/4	1.50	1.55	1.04	9.30	20.49	91	845.90	
42.16	1-1/4	1.80	1.86	1.25	11.15	24.59	91	1015.08	
42.16	1-1/4	2.00	2.07	1.39	12.39	27.32	91	1127.86	
42.16	1-1/4	2.38	2.45	1.65	14.72	32.45	91	1339.56	
42.16	1-1/4	3.17	3.26	2.19	19.57	43.14	91	1780.76	
48.26	1-1/2	1.20	1.39	0.93	8.33	18.36	61	507.92	
48.26	1-1/2	1.50	1.73	1.17	10.41	22.95	61	634.90	
48.26	1-1/2	1.80	2.08	1.40	12.49	27.53	61	761.88	
48.26	1-1/2	2.00	2.31	1.55	13.88	30.59	61	846.53	
48.26	1-1/2	2.38	2.73	1.83	16.37	36.09	61	998.69	
48.26	1-1/2	3.17	3.60	2.42	21.62	47.64	61	1318.62	
60.33	2	1.20	1.73	1.17	10.41	22.95	37	385.10	
60.33	2	1.50	2.17	1.46	13.01	28.68	37	481.38	
60.33	2	1.80	2.60	1.75	15.61	34.42	37	577.65	
60.33	2	2.00	2.89	1.94	17.35	38.24	37	641.84	
60.33	2	2.38	3.44	2.31	20.64	45.51	37	763.79	
60.33	2	3.17	4.55	3.06	27.31	60.20	37	1010.29	
88.90	3	1.50	3.26	2.19	19.56	43.12	30	586.80	
88.90	3	1.80	3.91	2.63	23.47	51.75	30	704.17	
88.90	3	2.00	4.35	2.92	26.08	57.50	30	782.41	
88.90	3	2.38	5.17	3.48	31.04	68.42	30	931.06	
88.90	3	3.17	6.85	4.60	41.07	90.55	30	1232.15	
114.30	4	1.50	4.16	2.79	24.94	54.99	19	473.93	
114.30	4	1.80	4.99	3.35	29.93	65.99	19	568.72	
114.30	4	2.00	5.54	3.72	33.26	73.32	19	631.91	
114.30	4	2.38	6.57	4.42	39.43	86.94	19	749.26	
114.30	4	3.17	8.75	5.88	52.52	115.80	19	997.97	



$Di = D - 2t$

NORMA DE FABRICACION ASTM A500 Gr B
Propiedades Químicas
 Carbono: 0.26% max
 Silicio: 0.35% max
 Manganeso: 1.35% max
 Fósforo: 0.033% max
 Azufre: 0.033% max
Propiedades Mecánicas
 Resistencia a la Tracción: 400 Mpa
 Límite de Fluencia: 317 Mpa
Tolerancias:
-Dimension Externa
 Tubos ≤ 48.26 (±0.5% del diámetro nominal)
 Tubos > 48.26 ≤ 114.30 (±0.75% del diámetro nominal)
Espeor de la pared (t)
 ±10% del espeor nominal
-Longitud
 Tubos ≤ 6.7m (+12.7/-6.4mm)
 Tubos > 6.7m ≤ 13.4m (+19.0/-6.4mm)

(1) Medidas Reales / (2) Medidas Nominales

TUBOS REDONDOS

Descripción

Es utilizado generalmente, en la industria metalmecánica entre otras como: Automotriz y de autopartes (carrocería y rodados), Agrogranadera (maquinaria e implementos agrícolas, avícolas y ganaderos), Artículos del hogar (muebles, iluminación, juegos infantiles), Señalización vial (alumbrado, soportes), Equipo hospitalario, Aparatos de gimnasia, Construcción (rejas, portones, columnas), Muebles (sillas, mesas, reposeras).

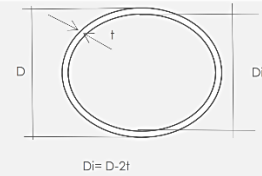
Tipos de Material

Lamina Fría

Fabricada bajo norma: JIS G3141 SPCC SD

Dimensiones, Espesores y Pesos

Dimensiones Externas (D)		Espesor (t)		Peso			Piezas por Paquete	Kgs por Paquete	Referencias
mm ⁽¹⁾	plg ⁽²⁾	mm	Kg/m	Lb/pie	Kg/Pieza	Lb/Pieza			
15,88	5/8	0,70	0,27	0,18	1,65	3,64	217	358,00	
15,88	5/8	0,80	0,31	0,21	1,89	4,16	217	409,14	
15,88	5/8	0,90	0,35	0,24	2,12	4,68	217	460,28	
15,88	5/8	1,20	0,47	0,32	2,83	6,23	217	613,71	
19,05	3/4	0,70	0,33	0,22	1,98	4,36	169	334,00	
19,05	3/4	0,80	0,38	0,25	2,26	4,98	169	381,72	
19,05	3/4	0,90	0,42	0,28	2,54	5,60	169	429,43	
19,05	3/4	1,20	0,56	0,38	3,39	7,47	169	572,58	
22,23	7/8	0,70	0,38	0,26	2,29	5,06	169	387,78	
22,23	7/8	0,80	0,44	0,29	2,62	5,78	169	443,18	
22,23	7/8	0,90	0,49	0,33	2,95	6,50	169	498,58	
22,23	7/8	1,20	0,66	0,44	3,93	8,67	169	664,77	
25,40	1	0,70	0,44	0,30	2,64	5,82	127	335,02	
25,40	1	0,80	0,50	0,34	3,01	6,65	127	382,88	
25,40	1	0,90	0,57	0,38	3,39	7,48	127	430,74	
25,40	1	1,20	0,75	0,51	4,52	9,97	127	574,31	



NORMA DE FABRICACION ASTM A513
Propiedades Químicas
 Carbono: 0.12% max
 Manganeso: 0.50% max
 Fósforo: 0.040% max
 Azufre: 0.045% max
Propiedades Mecánicas
 Resistencia a la Tracción: 270 Mpa (min)
Tolerancias:
 -Dimension Externa
 ≤5/8 Ch22-16 (±0.003")
 >5/8≤1-1/8 Ch22-11 (±0.0035")
 >1-1/8≤2 Ch22-10 (±0.005")
 -Espesor de la pared:
 ±10% del espesor nominal

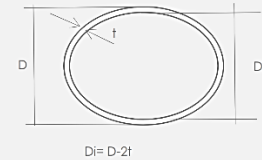
⁽¹⁾ Medidas Reales/⁽²⁾ Medidas Nominales

Lamina Galvanizada/Superdyma

Fabricada bajo norma: ASTM A653M CS Tipo B Z180/NSDCC K18

Dimensiones, Espesores y Pesos

Dimensiones Externas (D)		Espesor (t)		Peso			Piezas por Paquete	Kgs por Paquete	Referencias
mm ⁽¹⁾	plg ⁽²⁾	mm	Kg/m	Lb/pie	Kg/Pieza	Lb/Pieza			
21,34	1/2	1,50	0,78	0,52	4,65	10,25	217	1009,26	
21,34	1/2	1,80	0,92	0,62	5,52	12,16	217	1197,00	
26,92	3/4	1,20	0,79	0,53	4,73	10,42	169	798,55	
26,92	3/4	1,50	0,98	0,66	5,89	12,99	169	995,68	
26,92	3/4	1,80	1,18	0,79	7,06	15,56	169	1192,81	
26,92	3/4	2,30	1,50	1,01	9,00	19,85	169	1521,35	
33,40	1	1,20	0,97	0,65	5,82	12,82	127	738,58	
33,40	1	1,50	1,21	0,81	7,25	15,99	127	920,90	
33,40	1	1,80	1,45	0,97	8,69	19,15	127	1103,22	
33,40	1	2,30	1,82	1,23	10,94	24,12	127	1389,51	
33,40	1	3,00	2,37	1,60	14,25	31,41	127	1809,61	
42,16	1-1/4	1,20	1,26	0,84	7,53	16,60	91	685,34	
42,16	1-1/4	1,50	1,57	1,05	9,39	20,70	91	854,52	
42,16	1-1/4	1,80	1,87	1,26	11,25	24,80	91	1023,70	
42,16	1-1/4	2,38	2,47	1,66	14,82	32,66	91	1348,17	
42,16	1-1/4	3,17	3,28	2,20	19,66	43,35	91	1789,35	
48,26	1-1/2	1,20	1,41	0,94	8,43	18,59	61	514,39	
48,26	1-1/2	1,50	1,75	1,18	10,51	23,18	61	641,37	
48,26	1-1/2	1,80	2,10	1,41	12,60	27,77	61	768,35	
48,26	1-1/2	2,30	2,65	1,78	15,93	35,11	61	971,53	
48,26	1-1/2	3,00	3,43	2,30	20,56	45,33	61	1254,26	
60,33	2	1,20	1,76	1,18	10,54	23,24	37	390,01	
60,33	2	1,50	2,19	1,47	13,14	28,97	37	486,28	
60,33	2	1,80	2,62	1,76	15,74	34,71	37	582,56	
60,33	2	2,38	3,46	2,33	20,78	45,80	37	768,69	
60,33	2	3,17	4,57	3,07	27,44	60,49	37	1015,17	
88,90	3	1,50	3,29	2,21	19,76	43,56	30	592,78	
88,90	3	1,80	3,95	2,65	23,67	52,19	30	710,15	
88,90	3	2,30	5,03	3,38	30,19	66,55	30	905,75	
88,90	3	3,00	6,51	4,38	39,07	86,13	30	1172,01	
114,30	4	1,50	4,20	2,82	25,20	55,55	19	478,76	
114,30	4	1,80	5,03	3,38	30,19	66,55	19	573,55	
114,30	4	2,30	6,39	4,30	38,36	84,57	19	728,89	
114,30	4	3,00	8,33	5,60	49,96	110,14	19	949,26	

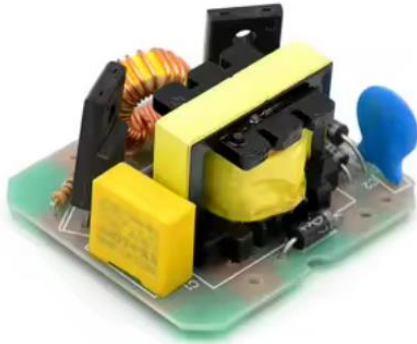


Propiedades Químicas
 Carbono: 0.02-0.15%
 Manganeso: 0.60%
 Fósforo: 0.030 %
 Azufre: 0.035%
Propiedades Mecánicas
 Límite de Fluencia: 205/380 Mpa

⁽¹⁾ Medidas Reales/⁽²⁾ Medidas Nominales

40W DC AC Boost Inverter Module

DC 12V a AC 220V 40W Mini módulo inversor transformador de refuerzo convertidor de fuente de alimentación



Detalles

Se puede personalizar	Si	Número de modelo	DC 12V to AC 220V 40W Mini Inverter Module
Uso	computadora	Estado	Nuevo
Tipo	Regulador de tensión	Origen	CN(Origen)

Descripción

Características:

Entrada: 12 V CC

Salida: 220 V CA

Potencia: 40W

Tamaño del módulo: 4,2*3,6*2,8 cm

Este producto tiene un voltaje entre 210 v y 240 v que cumple con el voltaje de entrada de seguridad eléctrica.

Este módulo puede convertir una batería de 8 V-13 V CC en una batería doméstica de 220 V CA.

Sin conexiones, entrada y salida de línea de soldadura por usted mismo.

El paquete incluye:

1 Uds DC 12V a AC 220V 40W Transformador Boost Módulo convertidor de fuente de alimentación

PARQUE DEL C.P.M. AMBATO - TAMBORAPA

