

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado
público con energía solar fotovoltaica en la
comunidad campesina de San José de
Astobamba - Huancavelica - 2021**

Carol Ann Huamani Rios
Yonifer Paucar Huaman

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancavelica, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTOS

Al culminar el presente trabajo, agradecemos a Dios por bendecirnos y permitirnos la vida para continuar en la obtención de uno de los anhelos más deseados por nosotros.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional durante todo este tiempo de nuestra formación profesional; gracias infinitas a ustedes por apostar y creer en nosotros.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, siendo referencia de superación personal y profesional y por brindarnos ese apoyo moral, alentándonos a lo largo de esta etapa universitaria.

A todas las personas cercanas a nosotros que nos apoyaron para la culminación de esta investigación y en especial a la población de la Comunidad Campesina de San José de Astobamba – Castrovirreyna - Huancavelica, por dejarnos aprender más de ellos y así poder apoyarlos con nuestros conocimientos y la tecnología ahora existente.

DEDICATORIA

Carol Ann: Esta investigación la dedico a la memoria de mi ángel guerrera “KOKITA”, por ser mi mejor ejemplo de lucha y valentía en esta vida y por ser pilar fundamental de la gran familia que somos como fruto de su infinito amor, enseñanzas y valores que mantendré por el resto de mis días; y a mis padres Gladys - Walter por el apoyo constante en mi realización personal y profesional.

Yonifer: El siguiente trabajo de investigación la dedico a mis padres Donato y Prudencia, por el gran sacrificio que realizan día a día para sostener a la familia y dotarnos de experiencia mediante sus consejos, también a mis hermanos Emerson y Noemi por el gran apoyo profesional y con el ánimo que se les caracteriza fueron de gran soporte para realizar este proyecto que es un gran paso en mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación e importancia	4
1.4. Hipótesis	5
1.4.1. Hipótesis general	5
1.4.2. Variables	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.2. Bases teóricas	8
2.3. Definición de términos	20
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	22
3.1. Métodos y alcance de la investigación	22
3.2. Diseño de la investigación	22
3.3. Población y muestra	22
3.4. Técnicas de recolección y análisis de la información	23
	iv

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información	26
4.1.1. Revisión de la situación actual	26
4.1.2. Deficiencias en el dimensionado del sistema	34
4.1.3. Medidas de optimización	35
4.1.4. Evaluación de la factibilidad	40
4.2 Prueba de hipótesis	46
4.3 Discusión de resultados	47
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Valores para estimar el KALP</i>	13
Tabla 2. <i>Componentes básicos de un sistema de alumbrado público solar</i>	19
Tabla 3. <i>Sistema actual de alumbrado publico</i>	26
Tabla 4. <i>Ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero</i>	27
Tabla 5. <i>Análisis de resultados de la encuesta</i>	33
Tabla 6. <i>Consumo actual del sistema de alumbrado</i>	34
Tabla 7. <i>Puntos de iluminación óptimos</i>	37
Tabla 8. <i>Selección de paneles solares</i>	37
Tabla 9. <i>Relación entre altura y flujo luminoso</i>	39
Tabla 10. <i>Componente del sistema de APFV</i>	39
Tabla 11. <i>Costo estimado del sistema con tecnología LED FV</i>	40
Tabla 12. <i>Costo estimado del sistema con tecnología tradicional</i>	40
Tabla 13. <i>Costo por consumo eléctrico equivalente</i>	41
Tabla 14. <i>Costos de mantenimiento</i>	42
Tabla 15. <i>Flujo de caja por costos de mantenimiento</i>	43
Tabla 16. <i>Flujo de efectivo</i>	44
Tabla 17. <i>Cálculo del VAN y TIR del proyecto</i>	44
Tabla 18. <i>Indicadores del sistema de alumbrado público</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ciclo ISO 50001.....	9
<i>Figura 2.</i> Proceso de planificación energética.....	10
<i>Figura 3.</i> Proceso de planificación energética.....	16
<i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo del desarrollo de la investigación.....	25
<i>Figura 5.</i> Comparación entre sistemas LED y tradicional.....	26
<i>Figura 6.</i> Comparación de la emisión de gases de efecto invernadero	27
<i>Figura 7.</i> Resultados de encuesta 1.....	28
<i>Figura 8.</i> Resultados de encuesta 2.....	28
<i>Figura 9.</i> Resultados de encuesta 3.....	29
<i>Figura 10.</i> Resultados de encuesta 4.....	29
<i>Figura 11.</i> Resultados de encuesta 5.....	30
<i>Figura 12.</i> Resultados de encuesta 6.....	30
<i>Figura 13.</i> Resultados de encuesta 7.....	31
<i>Figura 14.</i> Resultados de encuesta 8.....	32
<i>Figura 15.</i> Resultados de encuesta 9.....	32
<i>Figura 16.</i> Puntuación de la escala de medición de la encuesta.....	33
<i>Figura 17.</i> Resultado de la medición de la encuesta.....	34
<i>Figura 18.</i> Plan de gestión del sistema de alumbrado público.....	36
<i>Figura 19.</i> Comparación del consumo anual de energía.....	41
<i>Figura 20.</i> Consumo anual de energía.....	42
<i>Figura 21.</i> Flujo de caja del proyecto.....	45
<i>Figura 22.</i> Comparación del consumo eléctrico acumulado.....	46

RESUMEN

Los sistemas eléctricos de alumbrado público en el área rural representan grandes retos. Actualmente, los ingenieros ambientales se valen de las energías renovables no tradicionales, las cuales vienen evidenciando mayor viabilidad y mucha más eficiencia, así como mayores ventajas para el planeta, entre ellas, la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero. El presente estudio tuvo el objetivo de diseñar un plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba. Se partió de la siguiente hipótesis: El plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba contribuye a la mejora del desempeño energético y rendimiento medioambiental. El enfoque que orientó este trabajo fue el cuantitativo, bajo una investigación de tipo aplicada empleando datos documentales como información de campo, convirtiéndose en un estudio mixto. Asimismo, el diseño es no experimental, descriptivo y transversal. Por ser un estudio proyectivo, se tomó como población el total de habitantes de la referida comunidad la cual se estima en 100 habitantes, tras la aplicación de criterios de inclusión y exclusión y dadas las limitaciones de acceso y dispersión geográfica de la comunidad, se manejó una muestra no probabilística por cuota de 36 habitantes. Finalmente, se concluye que el sistema de alumbrado público propuesto representa un aumento en su dimensionamiento del 279% en base al consumo energético esperado, mientras que el ahorro de emisión de gases de efecto invernadero se calcula en el orden de 13,70 toneladas de CO₂ anuales.

Palabras clave: sistemas eléctricos de alumbrado público, energía solar fotovoltaica, energías renovables no tradicionales.

ABSTRACT

The electrical systems of public lighting in rural areas represent great challenges, nowadays environmental engineers use non-traditional renewable energies, which shows greater viability and much more efficiency, as well as greater advantages for the planet, among them, the reduction in the emission of greenhouse gases. The objective of this study is to design a management plan for the public lighting system with photovoltaic solar energy in the rural community of San José de Astobamba. Based on the hypothesis that this plan contributes to the improvement of energy performance and environmental performance. To do this, a study based on a quantitative approach is developed, under applied research; using documentary data as field information, which means this in a mixed study. Likewise, it is non-experimental, descriptive and transversal. Because it is a projective study, the population of the public lighting system with photovoltaic solar energy in the rural community of San José de Astobamba was taken as the population. With regard to the field phase, the population was taken as the total population of the referred community which is estimated at 100 inhabitants, after applying inclusion and exclusion criteria and given the limitations of access and geographic dispersion of the community, a non-probabilistic sample was handled per quota of 36 inhabitants. Finally, the proposed public lighting system represents an increase in size of 279% based on the expected energy consumption, while the saving in greenhouse gas emissions is calculated in the order of 13.70 tons of CO₂ per year.

Keywords: public lighting electrical systems, photovoltaic solar energy, non-traditional renewable energies.

INTRODUCCIÓN

En el campo de la ingeniería ambiental, el abordaje de la gestión de las energías renovables representa un gran reto. De allí que, al buscar el beneficio a las comunidades con sistemas de alumbrados públicos producto de la energía solar fotovoltaica en zonas rurales del Perú se torna en un avance para la sociedad y el ambiente, al presentarse alternativas en aras de solventar el problema de la carencia del alumbrado público en zonas campesinas, las cuales coadyuvan al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de estas zonas.

Con relación a lo anterior, el suministro de energía eléctrica en las áreas rurales es una realidad con grandes retos, más con el empleo de energías renovables no tradicionales, que evidencian viabilidad, así como mayor eficiencia donde se han implementado. Asimismo, estas energías son más rentables y su contribución al ambiente es de relevancia, al reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Por tal razón, el presente estudio tiene como objetivo diseñar un plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba, año 2021. En lo que respecta a cada capítulo, se detallan a continuación:

El capítulo I abarca los aspectos centrales del estudio, se parte del planteamiento y formulación del problema, se enuncian los objetivos. También se explica la importancia y se justifica la investigación como tal. De igual manera, se formulan las hipótesis a desarrollar.

En el capítulo II se realiza el abordaje teórico, exponiendo los antecedentes o investigaciones previas que sustentan el estudio. Luego se desarrollan las bases teóricas del estudio en cuestión, para cerrar el apartado con los términos básicos que definen el estudio.

Dentro del capítulo III se explican los métodos, así como el alcance de la investigación, así como el diseño que tiene la misma. Se detalla la población y la muestra a trabajar. Igualmente, se describen las técnicas empleadas para recabar y analizar la información.

Finalmente, en el capítulo IV se presentan los resultados que arroja la investigación, así como el tratamiento y análisis que se hace a los mismos, también las correspondientes contrastaciones a las hipótesis formuladas, para cerrar con discusión de los resultados. Por último, se suman las conclusiones a las que el estudio como tal ha llegado.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El desarrollo sostenible es un proceso socioeconómico y tecnológico orientado a elevar el nivel de vida de los habitantes, sin comprometer los recursos disponibles para las generaciones futuras (1). En este marco, el suministro masivo de energía eléctrica juega un rol fundamental; sin embargo, la electrificación suele realizarse a través de una gestión centralizada que dificulta el acceso equitativo a nivel territorial (2). Dicha realidad cobra mayor vigencia en los poblados rurales de difícil acceso y alejados de los centros urbanos de interconexión eléctrica, empujándolos a depender de otras fuentes de energía como la leña y combustibles fósiles, cuya quema produce efectos ambientales adversos de gran importancia(3). Asimismo, el suministro de energía eléctrica por métodos convencionales a las zonas remotas se ha reconocido como antieconómico y muchas veces inviable (4).

Por lo tanto, los programas de electrificación rural enfrentan el reto de suministrar energía eléctrica de calidad, tanto en duración como en cantidad en zonas no urbanas (5). De cara a dicha realidad, el uso de energías renovables no convencionales está demostrando ser viable, ambientalmente amigable y más eficiente en el contexto de programas de electrificación total (4). Así, la energía solar puede reconocerse como una alternativa tecnológica superior por su flujo libre y continuo (5). De este modo, las tecnologías solares se acercan rápidamente a la rentabilidad financiera y presentan ciertas ventajas medioambientales respecto a la expansión de la red, especialmente en los poblados rurales remotos, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero (2).

Es oportuno señalar que el Ministerio de Energía y Minas del Perú se ha fijado como objetivo que para el año 2021, el 100% de las poblaciones rurales del país deben contar con energía eléctrica, para lo cual se contempla la utilización de sistemas de energía renovables como los paneles solares fotovoltaicos (6). En relación con esto, en el Perú se cuenta con el Decreto Legislativo N°1002 sobre la promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables, en el que se establece como prioridad nacional la promoción de las energías renovables, definiendo las fuentes de energía no convencionales (solar, geotérmico, biomasa, eólico e hidroeléctrico) además de promover un sistema de subastas para el arrendamiento de dicha energía (7).

A pesar de ello, uno de los componentes del sistema eléctrico que sigue en deuda a nivel rural es el alumbrado público, el cual suele emplearse para elevar la seguridad y la calidad de vida, al prolongar artificialmente las horas de luz para que pueda desarrollarse las actividades cotidianas. Así, el alumbrado público tiene la urgente necesidad de innovar su funcionalidad y aprovechamiento de la energía eléctrica. Precisamente, las tecnologías más recientes apuntan hacia el diseño de alumbrado público con celdas fotovoltaicas y luminarias LED ahorradoras de energía (8). Por otra parte, a pesar de la elevada radiación solar de muchos territorios peruanos y las reglamentaciones que motivan la implementación de energías renovables, el uso de este tipo de tecnologías en el país aún dista de ser adecuado (8).

En este marco, se encuentra la comunidad campesina de San José de Astobamba ubicada en el distrito Santa Ana, en la provincia de Huancavelica, la cual se enclava en la Sierra central peruana, a más de 4,500 msnm. Es un poblado de aproximadamente 100 habitantes ligados en su mayoría a las actividades ganaderas, caracterizados también por poseer elevados niveles de pobreza; de hecho, el distrito Santa Ana se situó en el puesto 46 del ranking de pobreza monetaria en el Perú (9) y se estima que 35% de su población carece de servicio eléctrico (10).

En este contexto, dada la carencia de alumbrado público y lo disperso de las viviendas de la comunidad de San José de Astobamba, la municipalidad distrital de Santa Ana puso en marcha en el año 2019 un proyecto de alumbrado público con la utilización de celdas fotovoltaicas integradas y luminarias LED. Dicho proyecto significó una inversión aproximada de S/. 163,656.33 por parte del Estado y realizado por la empresa Adinelsa. Sin embargo, recorridos de campo y sondeos informales con los pobladores, revelaron que dicha iniciativa viene presentando fallas. Por una parte, el área del proyecto solo cubre el 20% de la micro - región, aunado a ello, el tráfico de vehículos y peatones es bastante escaso en las carreteras del poblado a ciertas horas de la noche; por lo tanto, si la luz permanece encendida durante toda la noche, se produce un enorme desperdicio de energía. Asimismo, se carece de conocimientos para formular un plan de mantenimiento que incluya actividades de limpieza y revisión técnica que asegure una mayor vida útil. Estas labores deberán estar a cargo de los entes competentes del Estado, encargándose este de la financiación para la implementación, y realizado por la empresa Adinelsa, quien fue la encargada y responsable del sistema actual.

La realidad misma exige el desarrollo de la presente investigación. Con ella se propuso un plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba, con la finalidad de mitigar la realidad problemática existente. Al respecto, la norma ISO 50001 *Sistemas de Gestión de Energía* surge como un estándar de referencia internacional para el diseño de sistemas de gestión eléctricos eficientes, siguiendo el ciclo de mejora continua de Deming (11).

Tomando como base la problemática antes descrita, se formula la siguiente interrogante principal: ¿Cuál es el diseño del plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba, año 2021? Así mismo, se definieron también las siguientes interrogantes específicas: 1) ¿Cuál es el nivel de eficiencia energética, el ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero y los beneficios socioeconómicos actuales del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica?; 2) ¿Cuáles son las deficiencias en el dimensionamiento del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en función de la demanda proyectada en la comunidad?; 3) ¿Cuáles medidas pueden proponerse para la optimización del desempeño energético y el rendimiento medioambiental del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica? y 4) ¿Cuál es la factibilidad económica, social y ambiental de las medidas adoptadas?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Diseñar un plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba, año 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la eficiencia energética, el ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero y los beneficios socioeconómicos actuales del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica.
- Identificar las deficiencias en el dimensionamiento del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en función de la demanda proyectada en la comunidad.
- Proponer medidas que permitan la optimización del desempeño energético y el rendimiento medioambiental del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica.
- Evaluar la factibilidad económica, social y ambiental de las medidas adoptadas.

1.3. Justificación e importancia

La gestión de las energías renovables conforma un reto para la gerencia ambiental. En este sentido, la presente propuesta de plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica emerge como una investigación aplicada, cuyos hallazgos pueden beneficiar directamente a los habitantes de la comunidad campesina de San José de Astobamba, así como también, otras zonas rurales del país, colocando en relieve los beneficios socio-ambientales de las tecnologías alternativas de alumbrados públicos (12) y colocando sobre la mesa una visión global de todos los diferentes aspectos problemáticos que reducen su efectividad. Aunado a ello, la propuesta mejoraría la seguridad de los habitantes; minimizaría el impacto visual y el riesgo ambiental asociado al uso de energías fósiles para iluminar de forma rudimentarias las calles. Si bien es cierto que las empresas generadoras de energía, así como el sistema de alumbrado público actual no atenta contra la seguridad del medio ambiente en la zona de estudio de manera directa, queda implícito que las actividades llevadas a cabo durante la producción de energía eléctrica convencional cuentan con una elevada huella de carbono, medible en

términos de toneladas de gases de efecto invernadero liberadas a la atmósfera, las cuales contribuyen al calentamiento global.

Del mismo modo, conforma un aporte metodológico apreciable debido a que sus instrumentos de medición, una vez validados, pudieran ser empleados por otros investigadores del área. Asimismo, dado que existen pocos aportes nacionales al respecto, ayudará a cerrar las lagunas de conocimientos acerca de la teoría de energías renovables y su conexión con las perspectivas de gestión ambiental. Además, es una contribución desde la óptica de la ingeniería ambiental para hacer frente a la falta de alumbrado público en las zonas remotas, realidad que desmejora la calidad de vida en la comunidad campesina de San José de Astobamba.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

H1: El plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba contribuye a la mejora del desempeño energético y rendimiento medioambiental.

1.4.2. Variables

Las variables de la investigación son:

Variable independiente: Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público

Variable dependiente: Generación de energía solar fotovoltaica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En el año 2017, Khalil et al. realizaron un estudio para analizar la viabilidad de la transición de los combustibles fósiles a las energías renovables en sistemas de alumbrado de Libia. Para ello, emplearon una metodología cuantitativa y seleccionaron una carretera de cuatro kilómetros como caso de estudio. De esta manera, los autores evaluaron cuatro alternativas tecnológicas: un sistema de alumbrado público con lámparas HPS de combustible fósil, un sistema de alumbrado público con LED de combustible fósil, un sistema de alumbrado LED autónomo con energía solar y un sistema de alumbrado LED con energía solar conectado a la red nacional. Las cuatro alternativas se compararon en términos de su costo inicial, costo de mantenimiento, costo de combustible y emisiones de CO₂. Los resultados indicaron que el sistema de iluminación tradicional HPS de combustible fósil, ampliamente utilizado en Libia, resulta ser la opción más cara e ineficiente. En efecto, los autores concluyen que, si se sustituyen las lámparas HPS por iluminación LED, se puede ahorrar el 75% de la electricidad consumida y reducir las emisiones de CO₂ en un 75 % (13).

En el 2019, Hasan et al. realizaron un trabajo enfocado en diseñar un sistema solar fotovoltaico para el alumbrado público en la Universidad de Ciencia y Tecnología Shahjalal (SUST), en Sylhet, Bangladesh. Para ello, se apoyaron en una metodología cuantitativa basada en el análisis de la viabilidad económica y la emisión de gases de efecto invernadero del sistema (CO₂) de alumbrado público solar, empleando para ello el software *RETScreen*. De esta manera, los hallazgos indicaron que la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN), la relación costo-beneficio (CB) y el ahorro anual durante el ciclo de vida resultan ser del 7%, 35690 BDT, 2,6 y 1430 BDT, respectivamente. Por ende, se puede concluir que la implantación de los sistemas solares de fotovoltaicos es factible económicamente. Además, se espera una reducción total de 11,42 toneladas de emisiones de CO₂ al año al sustituir la energía eléctrica basada en combustibles fósiles, lo que indica un gran impacto medioambiental (14).

El año 2018, Echavarría y Rojas desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue analizar la implementación de un sistema de alumbrado público con paneles solares en el municipio de El Peñol, en Colombia. En este sentido, se apoyaron en una investigación aplicada incluyendo el estudio del entorno, mercado, análisis técnico, impacto ambiental, evaluación

financiera y riesgos de la propuesta. Los resultados indican que el proyecto de alumbrado con paneles solares con 47 luminarias, genera una disminución de emisiones de CO₂ a la atmosfera que supera las 5 toneladas en el primer año, incrementándose en los años subsiguientes hasta 390 toneladas de CO₂ en el horizonte límite del proyecto. Asimismo, concluyen que el sistema de iluminación autónomo propuesto generaría un VAN positivo y una TIR financiera de 43,51%, superior al costo de oportunidad del dinero, con una recuperación de la inversión con el escenario de financiamiento de cuatro años y generando el mejoramiento en la percepción de los beneficios de seguridad por parte de la comunidad (15).

Montero efectuó una investigación, en el año 2018, orientada a diseñar una propuesta de alumbrado público utilizando tecnología LED en la avenida José Gálvez. En este sentido, empleó una investigación aplicada donde primeramente evaluaron el recurso solar disponible mediante el análisis documental, observación de campo y uso del software DiaLux Evo, finalizando con el análisis económico de la propuesta. Los hallazgos permitieron afirmar que existe un ahorro en el consumo energético de 28,76% con el uso de tecnología solar LED en comparación con la tecnología de Vapor de Sodio. Además, dado que en la avenida José Gálvez existen 54 luminarias VSAP, al ser reemplazadas por tecnología LED reduciría la emisión de CO₂ en 512.46 kg de CO₂ al año. Asimismo, se demostró la factibilidad económica de la propuesta al reportar un VAN al 12% positivo y una TIR de 38,77% superior al costo de oportunidad, recuperándose la inversión en un plazo de cuatro años (16).

Jinchuña realizó una investigación en el 2020, cuyo objetivo general fue realizar un análisis técnico-económico de los sistemas de telegestión para alcanzar mayor eficiencia en los principales parques céntricos de la ciudad de Puno. A tal respecto, se apoyó en un diseño descriptivo que combinó el análisis documental, observación *in situ* con un luxmetro y la determinación de la factibilidad técnica y económica de la propuesta. Se diagnosticó que existe una iluminación convencional de baja calidad en la zona de estudio. De esta manera, con la propuesta luminarias LED y sistema de telegestión se obtuvo un ahorro energético de 106,996.98 kW.h y 31.03 kg de CO₂ al año. De igual forma, se obtuvo un VAN al 12% positivo y una TIR de 106% superior al costo de oportunidad, recuperándose la inversión en un plazo de 4,42 años (17).

En el 2021, Tébar efectuó una investigación dirigida a elaborar una propuesta de iluminación fotovoltaica para el circuito de alumbrado público de la subestación E417109 de Pichanaki. De esta manera, la investigación fue del tipo aplicada y para el desarrollo se planteó un diseño preexperimental basándose en las lecturas del medidor de alumbrado público. Así, el autor concluyó que la propuesta de iluminación fotovoltaica de tecnología LED brinda una mejor iluminación y menor consumo de energía eléctrica, con una eficiencia de generación de 15%. De igual forma, se halló que la tecnología LED, aunque es más cara que la iluminación convencional, se compensa con el ahorro energético alcanzado en el largo plazo. Por otra parte, afirma que el dimensionamiento y la ubicación de los puntos de iluminación de los proyectos de alumbrado público se deben hacer de acuerdo con las normas de los entes reguladores (18).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público

Sistema eléctrico de alumbrado público

Se puede definir como una estructura funcional de iluminación de vías, plazas y parques de uso público que tiene como finalidad garantizar la seguridad para el tránsito de los peatones y vehículos, contribuyendo así a elevar el nivel de vida de la población. En Perú, según el artículo 94 de la Ley N° 25844, la responsabilidad del alumbrado público es asignada a los concesionarios de distribución y la energía se factura al municipio correspondiente(19). De esta manera, el alumbrado público del país conforma un servicio prioritario pues incide en la movilidad de la población, en el ornato del territorio y la seguridad de los habitantes, y el mismo se realiza para proporcionar visibilidad y luz para el desarrollo de las actividades cotidianas del área de concesión(20). En este sentido, los objetivos del alumbrado público se centran en cinco aspectos: 1) proporcionar mayor seguridad y confort a los peatones, 2) dotar de una visualización clara a los vehículos que circulan por la vía, 3) mitigar la posibilidad de sufrir un accidente, 4) coadyuvar al ahorro energético y 5) elevar la estética de las vías (16).

Así, en el país, el marco legal del alumbrado público se establece en la Ley N° 25844 - Ley de concesiones eléctricas y su reglamento, y lo concerniente a la normativa técnica se rige por lo establecido en la R.M. N° 013-2003-EM/DM referida al alumbrado público en las zonas de concesión de distribución y la R.D. N°017-2003-EM/DGE que abarca

específicamente la norma de alumbrado de vías públicas en áreas rurales. Asimismo, otra legislación relevante es la Ley N° 28749 - Ley general de electrificación rural (LGER) y su reglamento donde se define lo relativo a la calidad del alumbrado rural (16).

Plan de gestión de sistemas eléctricos

Un plan de gestión puede definirse de forma general como un documento que logra captar el estado actual, establecer metas y objetivos para el futuro, así como también, la articulación para alcanzarlos (21). En este marco, la norma ISO 50001 conforma un estándar internacional para ayudar a las organizaciones públicas y privadas a establecer los procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético, incluida la eficiencia, el uso y el consumo de energía eléctrica. En efecto, esta norma se basa en el marco de mejora continua de Deming: planificar → hacer → verificar → actuar (PHVA), como se refleja en la figura 1.

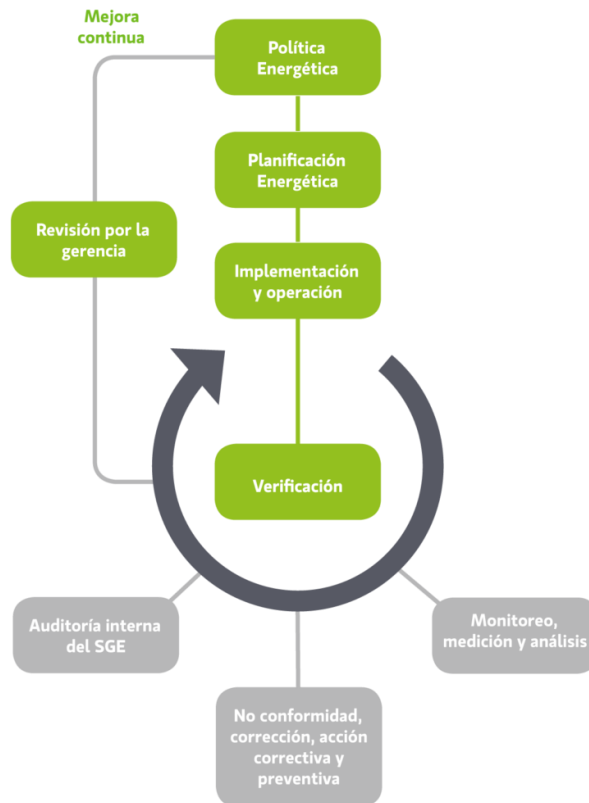


Figura 1. Ciclo ISO 50001
Nota: Tomado de (11)

Dicho enfoque se describe de la siguiente manera (11):

- a. Planificar: esta etapa se realiza una revisión de la situación energética, se desarrollan líneas de base e indicadores de rendimiento energético, planteándose los objetivos, metas y planes de acción.
- b. Hacer: es decir, la implementación del plan.
- c. Verificar: consiste en medir el rendimiento respecto a la política energética, los objetivos e informar de los resultados.
- d. Actuar: radicar en efectuar las acciones para la mejora continua.

En esta investigación, se hará énfasis en la fase de planificación de la norma ISO 50001, la cual puede adaptarse para elaborar un plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público. A este respecto, la figura 2 muestra un diagrama conceptual del proceso de planificación energética bajo la norma ISO 50001.



Figura 2. Proceso de planificación energética
Nota: Tomado de (11)

Revisión

Uno de los aspectos claves del plan de gestión es la revisión de los aspectos energéticos como la demanda máxima de energía del sistema (22). Asimismo, al analizar el uso de la energía, es importante determinar la posible disminución de la demanda máxima y

determinar una línea de base que incluya tanto la demanda (MW) como el consumo (MWh/día, mes, año) (11). De esta manera, la revisión de los aspectos energéticos incluirá como entradas el consumo de energía histórico y presente, y su relación con la oferta energética actual, así como también la identificación de los usuarios o áreas significativas de consumo, para luego visualizar las oportunidades de mejoramiento del rendimiento energético (22). El resultado del proceso de identificación de oportunidades debería ser un registro de opciones de mejora con las oportunidades priorizadas (11).

Salidas

Los productos o entregables del plan son los objetivos, metas y planes de acción. Al respecto, los objetivos energéticos del plan se desarrollan sobre la base de la política energética de la organización. Una vez establecidos los objetivos, se desarrollan métricas detalladas para establecer las metas y, finalmente, los planes de acción, los cuales definen las actividades para alcanzar los objetivos y metas energéticas de la organización. En conjunto, estos tres elementos antes expuestos, constituyen el componente de partida para lograr la mejora continua de cualquier sistema eléctrico (22).

Beneficios socio-ambientales

Eficiencia energética en alumbrados públicos

La eficiencia energética se puede conceptualizar como la optimización del uso de los recursos, con el fin de prestar un servicio o cubrir una necesidad, dando cumplimiento a las condiciones óptimas de confort y mínimo uso de energía. En el caso de los sistemas de alumbrado público, dicho indicador se puede estimar dividiendo el producto de la superficie iluminada media en servicio, entre la potencia activa que se ha instalado (18). Así, la fórmula de eficiencia energética ε es:

$$\varepsilon = \frac{S.E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right) \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde:

ε = Corresponde a la eficiencia energética del sistema de alumbrado exterior.

P = Potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W).

S = Superficie iluminada (m^2).

E_m = Iluminación media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento, (lux).

En Perú, la norma R.D. N°017-2003-EM/DGE (2003) establece que las instalaciones de alumbrado público que se instalen en capitales de provincia o capitales de distrito en las que haya una agrupación de estructuras, lugares de importancia turística o arqueológica, o en los que la protección de los habitantes lo necesite, como por ejemplo, lugares desarrollados junto a carreteras federales, subregionales o autopistas; se deben tomar en cuenta un rango de 2-6 Lux de Iluminancia media y mínimo 15% de uniformidad media de iluminancia (23).

Ahorro en emisiones de CO2 en alumbrados públicos

Para poder estimar la emisión CO₂ se puede utilizar la fórmula $E = NA \times FE$, donde NA corresponde a un nivel de actividad humana y FE el Factor de emisión respectivo. En el caso del nivel de actividad, es un valor que refleja la magnitud de la actividad humana que produce emisiones durante un periodo de tiempo, mientras que el factor de emisión, implica un coeficiente que relaciona el nivel de actividad y la cantidad de emisiones. En muchas, ocasiones dicho valor representa los resultados de un muestreo promedio, que permite contar con un rango de emisión correspondiente a ciertas condiciones de operación (24).

En el contexto de la presente investigación, para estimar el ahorro de emisiones de CO₂, se requiere multiplicar la energía anual generada por el sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba y el factor de emisión. A este respecto, el factor de emisión (FE) más actualizado de la red eléctrica peruana y recomendado por el MINAM es el valor de: 0.52144 tCO₂eq/MW (25). Así, con dicho valor se puede calcular el ahorro energético del sistema eléctrico de alumbrado como:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{Energía generada anual} \times 0.52144 \text{ tCO}_2\text{eq/MW} \quad (\text{ecuación 2}).$$

Beneficios sociales

Diversos autores señalan que el beneficio social más importante del alumbrado con energía solar es el acceso a los peatones y vehículos a una iluminación de calidad, y la consiguiente reducción del consumo de energía fósil en la iluminación de los hogares o las vías de las comunidades. Además, incrementa la seguridad pues permite a los niños y la población en general socializar por la noche, facilitando las actividades culturales o deportivas de la comunidad e incrementando la percepción de seguridad (26). Al respecto, este tipo de

beneficios puede estimarse con ayuda de cuestionarios aplicados a los miembros de la comunidad beneficiaria.

Dimensionamiento de alumbrados públicos

La cantidad de puntos a iluminar dentro de una comunidad rural, se puede determinar en función del cálculo de la demanda o consumo de energía mensual por alumbrado público, para lo cual se puede emplear la siguiente fórmula (23):

$$\text{CMAP} = F \times \text{KALP} \times \text{UN} \text{ (ecuación 3)}$$

Donde:

CMAP: Consumo mensual de energía alumbrado público en kW.h

NU: Total de usuarios estimados de la localidad

KALP: Factor de alumbrado público en kW.h/usuario-mes

F: 1, para todos los sistemas eléctricos de distribución con excepción de los SER que se utilizará 0,5.

A su vez, para estimar KALP, se utiliza o asume los valores de la tabla 1 según el sector de distribución típica.

Tabla 1. *Valores para estimar el KALP*

Sector de distribución típico	KALP (kW.h/usuario-mes)	Potencia de la lámpara vapor de sodio (W)	Flujo luminoso de la lámpara (lúmenes)
4 Urbano-Rural	7,4	70	6500
5 Rural	6,3	50	3400
Especial Coelvisac	4,7	50	3400
SER Sistemas Eléctricos Rurales	6,3	50	3400

Nota: Tomado de R. D. N° 017-2003-EM/DGE (2003)⁽²³⁾

Posteriormente, el cálculo de los puntos de iluminación requeridos considera la potencia promedio de las lámparas de alumbrado y el total de horas de servicio mensuales del alumbrado público (NHMAP). De esta manera, se utiliza la fórmula (23):

$$\text{PI} = \text{CMAP} \times 1000 / (\text{NHMAP} \times \text{PPL} \text{ (ecuación 4)})$$

Donde:

PI: Puntos de Iluminación

CMAP: Consumo mensual de energía de alumbrado público en kW.h

NHMAP: Total de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes)

PPL: Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público en W

Asimismo, para estimar el total de horas mensuales del servicio de alumbrado público (NHMAP), el mismo dependerá del método de control de encendido y apagado, siendo el de célula fotoeléctrica 360 horas/mes. De igual forma, la estimación de los puntos de iluminación debe tomar en cuenta la potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público según la tabla 1, además del sistema eléctrico de distribución y agregando la potencia nominal de sus accesorios de encendido. Igualmente, el cálculo de los puntos de Iluminación se debe efectuar según el siguiente orden de prioridad: i. plazas principales o centro comunal de la localidad, ii. vías públicas en el perímetro de las plazas principales, iii. vías públicas importantes y iv. áreas restantes de la localidad (23).

Factibilidad del plan de gestión

Para la evaluación de la factibilidad del plan de gestión se debe tomar en cuenta la situación incremental que se genera con y sin el plan de gestión. La primera, correspondería al servicio luego de las intervenciones previstas en los planes de acción y la segunda, el conjunto de beneficios que se percibe antes de llevar a cabo el plan.

En este sentido, la evaluación económica se realiza luego de elaborado los flujos netos incrementales de costos (incluyendo la inversión y costos operativos) y beneficios (asumiendo la venta de energía de alumbrado a precios de mercado), los cuales permiten estimar el Valor Actual Neto (VAN) del plan y la Tasa Interna de Retorno (TIR), tomándose en cuenta una tasa de descuento privada de 12 %, de esta manera si el $VAN > 0$ y la $TIR >$ tasa de descuento, el plan de gestión presenta factibilidad económica (27). De igual forma, se recomienda un periodo de recuperación de la inversión en proyectos de alumbrado fotovoltaico no mayor a 12 años (29).

Por otra parte, la factibilidad social se refiere a la percepción ciudadana sobre el proyecto de alumbrado con energía fotovoltaica. Para ello, se pueden aplicar cuestionarios que midan la opinión pública sobre el uso y aplicaciones de energía solar fotovoltaica en la

zona. La idea es conocer el grado de aceptación del proyecto, el impacto visual, y la posibilidad que pueda sufrir vandalismo (28). Asimismo, la factibilidad ambiental se determina con los correspondientes análisis incremental de la eficiencia energética y ahorro de emisiones de CO₂, los cuales deben ser de al menos 20 % (29).

2.2.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se obtiene convirtiendo la luz solar en electricidad, mediante una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Es un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante que puede producirse en instalaciones que van desde pequeños generadores para autoconsumo hasta grandes plantas fotovoltaicas (30). Los sistemas fotovoltaicos se perfilan como una forma perfecta de abordar los problemas de electrificación rural a corto, medio y largo plazo, ya que el suministro de electricidad es más barato que la ampliación de una línea eléctrica o alguna otra fuente de energía potencia (31).

Sistemas de alumbrado público con energía solar

Un sistema de alumbrado público solar fotovoltaico es una unidad de iluminación exterior que se utiliza para iluminar una calle o una zona abierta (30). El alumbrado público solar basado en la electricidad fotovoltaica es una tecnología avanzada de energía renovable que se utiliza cada vez más en todo el mundo para erradicar la pobreza lumínica en los países en desarrollo y para proporcionar una iluminación de calidad. La reducción de costos, junto con los avances técnicos de hardware y software en todos los componentes principales (módulo fotovoltaico, lámpara, batería y controlador), ha incrementado la adopción de estos sistemas autónomos, resolviendo problemas históricos en zonas de difícil acceso. Hoy en día, el alumbrado público solar es capaz de llevar iluminación de bajo costo y respetuoso con el medio ambiente a poblaciones sin acceso a la electricidad (32).

De igual forma, los recientes avances en la iluminación con LED han aportado oportunidades muy prometedoras para su aplicación en el alumbrado público. En efecto, en la mayoría de los proyectos actuales, las lámparas de descarga de alta intensidad (HID), como las lámparas de sodio de alta presión (HPS), están siendo sustituidas por lámparas LED de menor potencia (32).

Componentes básicos de un sistema de alumbrado público solar

Los componentes básicos de un sistema de alumbrado público alimentado por energía solar son: 1) panel solar o módulo fotovoltaico, 2) baterías, 3) lámparas LED, 4) controlador o regulador de carga solar y 5) poste de luz. En este sistema, el panel solar proporciona electricidad para cargar la batería durante el día y dicha carga está controlada por un regulador. Asimismo, el encendido de la lámpara se efectúa mediante un circuito de control que utiliza sensores como la resistencia dependiente de la luz (LDR) o un sensor de tensión o corriente (30). Todos estos componentes se fijan en un poste, tal y como se muestra en la figura 3. De igual forma, el módulo solar, fijado en la parte superior del poste, se coloca orientado hacia el sur para que reciba la radiación solar incidente durante todo el día, sin que caiga ninguna sombra sobre él (30).



Figura 3. Proceso de planificación energética

Nota: Tomado de (29)

Módulo fotovoltaico

También llamado panel fotovoltaico, es un módulo formado por una variedad de celdas interconectadas entre sí, que se encarga de la generación de energía solar fotovoltaica por medio de la transformación de la energía solar en energía eléctrica en forma de corriente continua. Cuentan con una vida útil de 25 años y su diseño está pensado para resistir todo

tipo de condiciones climáticas, ya que se encuentran expuestos al aire libre (34). los componentes que conforman la estructura de los módulos fotovoltaicos son los siguientes:

Células fotovoltaicas: representan la parte más importante del módulo, ya que son las encargadas de llevar a cabo el proceso de transformación de la radiación solar en energía eléctrica. Se encuentran encapsuladas con vidrio reforzado y capas de metal de plástico, siendo reforzadas, además, por un marco exterior de perfiles metálicos de aluminio (34).

Cubierta frontal: es la encargada de brindar protección al módulo ante los ataques de los cambios atmosféricos. Está formado de vidrio templado para garantizar una buena protección y, a su vez, servir de transmisor de la radiación solar (34).

Marco de apoyo: debido a que el módulo fotovoltaico se encuentra permanentemente expuesto a las condiciones atmosféricas cambiantes, los materiales con los que son construidos deben ser resistentes. En este sentido, el marco de apoyo es la parte más robusta del conjunto, es por esto que, comúnmente, se usa aluminio para la construcción del mismo, aunque también es posible usar otros materiales que cumplan con estas características (34).

Protección posterior: este se encarga de brindar protección al módulo de los climas atmosféricos, ya que forma una barrera contra la humedad (34).

Caja de condiciones eléctricas: de aquí se genera la conexión, por medio de dos cables, uno positivo y el otro negativo, con los cuales se genera el proceso de circuito eléctrico (34).

Una célula fotovoltaica tiene la capacidad de generar una tensión equivalente a unas décimas de voltios (+/- 0,5 V) y una potencia máxima de 1 o 2 Watts. Es por esto que se hace necesaria la conexión en serie de varias células, con la finalidad de obtener un comportamiento similar a pequeños generadores de corriente, con los cuales se pueden lograr tensiones de hasta 624 V. En este sentido, un módulo fotovoltaico o panel fotovoltaico, comúnmente está formado por 36 células fotovoltaicas, necesarias para alcanzar los voltios necesarios para la carga de las baterías 12 V (35)

Los módulos fotovoltaicos pueden estar conectados entre ellos en serie o en paralelo. La conexión en serie se realiza conectando el polo positivo del primer módulo con el polo

negativo del segundo, y así sucesivamente, este tipo de unión produce una tensión igual a la suma de la tensión de cada módulo. La conexión en paralelo, en cambio, se realiza mediante la unión de los polos positivos y negativos de ambos módulos, este tipo de conexión produce una tensión igual a la del módulo (35).

Acondicionador de energía

También conocido como controlador o regulador de carga, es un dispositivo electrónico diseñado para cumplir las siguientes funciones (38):

- Protección de la batería contra las posibles sobrecargas que puedan provenir del módulo fotovoltaico. Evitar la sobre descarga en la batería a causa del exceso de consumo, para, de esta manera, proteger también los dispositivos de consumo. Eliminar el paso de corriente desde la batería hasta el módulo fotovoltaico cuando este no está recibiendo energía solar.
- Centralizar el sistema de cableado, razón por la cual se encuentra provistos de los terminales necesarios, en vista de que de este parte el cableado hacia la red de consumo.
- Proveer al sistema de elementos de monitoreo, como lo son pantallas analógicas o digitales, testigos (LEDs) o alarmas que permitan llevar un registro de sus funciones.
- Tener una buena compatibilidad con las características en intermitencia que se puedan presentar en el recurso solar disponible.
- Estar dimensionado conforme a la carga requerida.
- Determinar los límites mínimos de suministro de potencia y los tiempos máximos de almacenamiento de energía.
- Tomar en consideración cada uno de los elementos que componen el sistema, así como también los dispositivos e interfaces entre ellos, para garantizar el desempeño eficiente, confiable y seguro durante toda la vida útil del sistema.
- Garantizar que la integración de las partes del sistema no requiera de asistencia técnica por periodos de tiempo largos, en especial en lugares remotos o de difícil acceso.
- Garantizar la resistencia a la acción del medio ambiente, por ejemplo, la salinidad o la contaminación.
- Garantizar el óptimo funcionamiento de las funciones automáticas, incluyendo la condición de prendido/apagado.

En la tabla 2 se pueden observar los elementos que componen un sistema de alumbrado público solar.

Tabla 2. *Componentes básicos de un sistema de alumbrado público solar*

Componente	Descripción
Panel solar	Es un módulo que convierte la energía luminosa (fotones) del sol para generar electricidad en forma de corriente continua (CC). Hay dos tipos de paneles solares, principalmente los cristalinos y los de película fina.
Baterías	Se utilizan para almacenar la electricidad generada por el panel solar. Cuando la demanda de la carga es mayor que la energía recibida de los paneles solares, las baterías proporcionan energía estable a la carga. Las aplicaciones de energía solar suelen utilizar baterías de ciclo profundo porque pueden persistir descargas repetidas y profundas.
Lámpara LED	Es un producto de diodo emisor de luz (LED) que se ensambla en una lámpara (o bombilla) para su uso en instalaciones de iluminación. Las lámparas LED tienen una vida útil y una eficiencia eléctrica varias veces superior a la de las lámparas incandescentes, y significativamente de las lámparas fluorescentes, ya que pueden emitir más de 100 lúmenes por vatio.
Controlador (regulador o acondicionador de energía)	Se utilizan para controlar la carga de las baterías. Así, los reguladores de carga obtienen la tensión/corriente variable de los paneles solares y la acondicionan para que se adapte a la seguridad de las baterías. Los reguladores de carga son básicamente convertidores DC - DC, donde se utiliza la técnica PWM o MPPT para regular los interruptores del regulador.
Sensores	Los sensores ayudan al encendido y apagado, y pueden tener funciones de regulación para ahorrar energía.

Nota: Tomado de AEPC (2018) (33)

Operaciones de mantenimiento

El sistema fotovoltaico necesita las siguientes operaciones de mantenimiento (4):

- Limpieza periódica de los módulos una vez al año.
- Seguimiento del inversor en diversas situaciones de irradiación solar (LED de indicación de estado y alarmas), ya que este equipo es uno de los menos eficaces de la instalación.

- Control de las interfaces eléctricas de los módulos y del cableado.
- Inspección visual de los componentes para buscar cristales rotos, humedad en el interior del panel.

La comprobación de los componentes de seguridad eléctrica para la seguridad personal y el funcionamiento de la instalación son también factores críticos.

2.3. Definición de términos

- **Acondicionador de energía:** Es un regulador de voltaje o controlador; se utiliza para controlar la carga de las baterías. Así, los reguladores de carga obtienen la tensión/corriente variable de los paneles solares y la acondicionan para que se adapte a la seguridad de las baterías. Los reguladores de carga son básicamente convertidores DC - DC, donde se utiliza la técnica PWM o MPPT para regular los interruptores del regulador (33).
- **Energía solar fotovoltaica:** Es un tipo de energía que se obtiene convirtiendo la luz solar en electricidad mediante paneles fotovoltaicos. Asimismo, es un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante, que puede producirse en instalaciones que van desde pequeños generadores para autoconsumo hasta grandes plantas fotovoltaicas (30).
- **Factibilidad:** Es un análisis que tiene en cuenta todos los factores relevantes de un proyecto o plan incluyendo consideraciones económicas, técnicas, legales y ambientales para determinar la probabilidad de completar el proyecto con éxito. Los analistas utilizan los estudios de factibilidad para discernir los pros y los contras de emprender un proyecto antes de invertir recursos en él (36).
- **Módulo fotovoltaico:** Son los paneles solares, un módulo que convierte la energía luminosa (fotones) del sol para generar electricidad en forma de corriente continua (CC). Hay dos tipos de paneles solares, principalmente los cristalinos y los de película fina (33).
- **Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público:** Es un documento que analiza la situación energética actual de un sistema, se desarrollan líneas de

base e indicadores de rendimiento energético y se plantean objetivos, metas y planes de acción para mejorar el desempeño del sistema (11).

- **Revisión de la situación actual:** Es una etapa del plan de gestión del sistema eléctrico que consiste en la determinación de la demanda máxima del sistema, el consumo de energía histórico y presente, y su relación con la oferta energética actual, así como también la identificación de los elementos significativos de consumo (22).
- **Salidas del plan de gestión:** Corresponde a una etapa del plan de gestión que implica la generación de los objetivos del plan en función de las políticas energéticas de la entidad, así como también, las metas y planes para alcanzarlos (22).
- **Sistemas de alumbrado público con energía solar:** Un sistema de alumbrado público solar fotovoltaico es una unidad de iluminación exterior que se utiliza para iluminar una calle o una zona abierta (30).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Métodos y alcance de la investigación

La presente investigación se basó en un enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por utilizar métodos estadísticos o computacionales para la comprobación de un cuerpo de hipótesis(37). Asimismo, fue una investigación de tipo Aplicada, orientada a la solución de problemas específicos; en este caso, referidos a la gestión ambiental del alumbrado público rural. Igualmente, dado que utilizó fuentes de datos de tipo documental y de información de campo, por lo que se clasificó como un estudio mixto. De igual forma, tuvo un alcance proyectivo, que converge en la elaboración de una propuesta de plan de gestión y su factibilidad (37). Finalmente, se sostiene que la presente investigación corresponde a un nivel descriptivo, pues su finalidad es conocer las condiciones internas y externas, propiedades y rasgos de la población de estudio (36), y poder determinar la situación del sistema de alumbrado, a través de lo cual poder plantear las medidas correctivas sujetas al sistema de gestión propuesto.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, de tipo descriptivo y transversal (37). Es decir, se estudia la realidad tal y como se presenta, sin intervenirla. El diseño combinó dos etapas: la revisión de documentos y la recolección de datos directamente de los pobladores beneficiarios del alumbrado público con energía solar fotovoltaica.

3.3. Población y muestra

La investigación por su naturaleza proyectiva tomó como población el sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba. En este caso, la muestra a utilizar correspondió a la totalidad de la población (37).

Por otra parte, para la fase de campo, se tomó como población el total de habitantes de la comunidad campesina de San José de Astobamba, la cual se estima en 100 habitantes. Se emplearon como criterio de inclusión: 1) residir en la zona desde hace un año y 2) poseer más de 18 años. Asimismo, se utilizó como criterio de exclusión: 1) no querer participar en el estudio. Por tanto, dadas las limitaciones de acceso y dispersión geográfica de la

comunidad campesina de San José de Astobamba, se manejó una muestra no probabilística por cuota de 36 habitantes.

3.4. Técnicas de recolección y análisis de la información

- a) Se hizo la recolección de los datos empleando la técnica de análisis documental, cuyo instrumento empleado fueron las fichas de recolección de datos (Anexo 3); su aplicación abarcó informes técnicos y proyectos referidos al sistema de alumbrado público existente.
- b) Con dichos datos se procedió a calcular la eficiencia energética (ecuación 1), ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero (ecuación 2) y los beneficios socioeconómicos que percibe la comunidad del proyecto actual. Sobre este último punto, se recolectaron los datos utilizando la técnica de la encuesta bajo el instrumento que le corresponde, o sea, el cuestionario estructurado, validado por el juicio de dos expertos y con una confiabilidad expresada con el coeficiente de alfa de Cronbach, siendo analizado mediante tablas de frecuencia y gráficos de barra (Anexo 3).
- c) Posteriormente, se estimaron las deficiencias en el dimensionamiento del sistema eléctrico de alumbrado actual en función del consumo mensual de energía alumbrado público (ecuación 3) y de los puntos de iluminación óptimos (ecuación 4). La escogencia de los componentes del sistema como lámpara, batería, módulo fotovoltaico, acondicionador de energía y sensores se efectuó mediante el examen del mercado y benchmarking. En esta etapa, también se elaboraron los objetivos, metas del plan de gestión y los planes específicos de dimensionamiento corregido, mantenimiento y gestión del riesgo.
- d) Asimismo, para el análisis de la viabilidad económica se utilizó el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), la relación costo-beneficio (RBC) y el periodo de retorno (PR), en conformidad con las funciones de Excel respectivas. De igual forma, se estimó la viabilidad social de la propuesta con el cuestionario de percepción, además de la eficiencia energética de la propuesta (ecuación 1) y el ahorro en emisiones de CO₂ (ecuación 2). En la figura 4 se muestra el diagrama de flujo del desarrollo de la presente investigación.

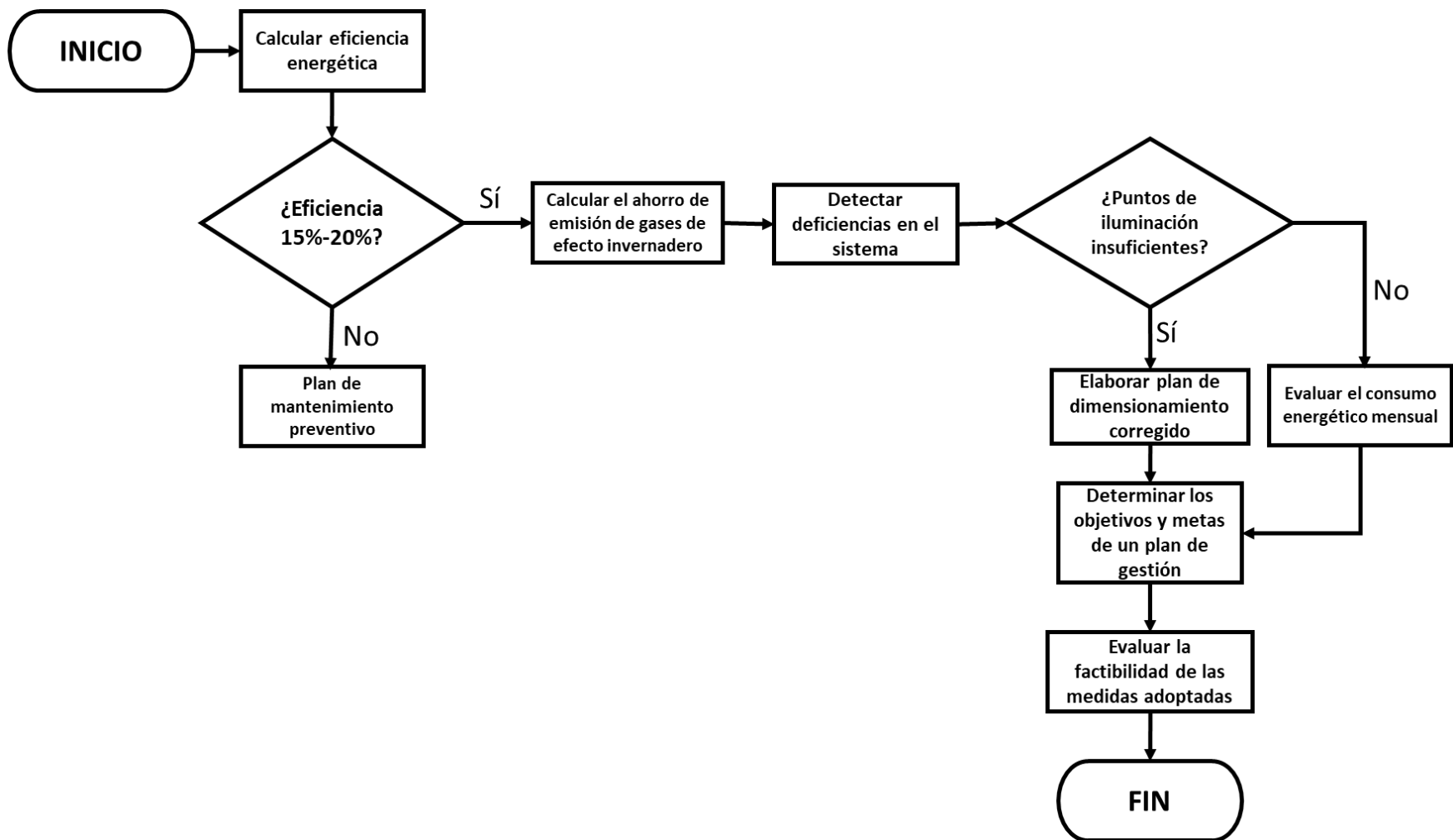


Figura 4. Diagrama de flujo del desarrollo de la investigación.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Revisión de la situación actual

Eficiencia energética

En relación a las características del sistema de alumbrado público actual, la tabla 3 resume los datos obtenidos en campo.

Tabla 3. Sistema actual de alumbrado publico

Características del sistema de alumbrado público	
Potencia de lámpara	LED 60 W
Flujo luminoso	6600 lm
Eficiencia energética	110 lm/W
Consumo diario del sistema	5493 Wh/día

El sistema actual goza de una alta eficiencia energética debido al uso de la tecnología LED, la cual emplea un consumo reducido de energía en comparación con los sistemas tradicionales de alumbrado público con focos de vapor de mercurio. La figura 5 muestra una comparación entre el sistema actual y un sistema convencional equivalente con lámparas de 1000 W.

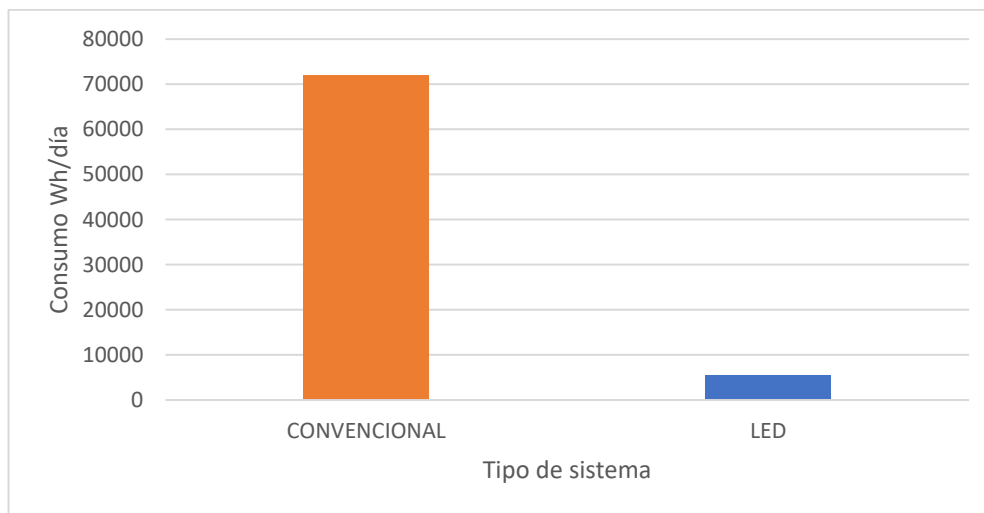


Figura 5. Comparación entre sistemas LED y tradicional

Ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero

El siguiente paso consistió en determinar el ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero producto de la generación de energía necesaria para abastecer el sistema. Para ello, se obtuvo el consumo anual de la red, lo cual se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero.

	Sistema LED con paneles solares	Sistema LED	Sistema Tradicional
Consumo diario	5493 Wh/día	5493 Wh/día	72000 Wh/día
Consumo anual	2,00 MWh/año	2,00 MWh año	26,28 MWh/año
Factor de conversión	-	0,52144 t CO ₂ /MW	0,52144 t CO ₂ /MW
Emisión generada	-	1,05 t CO ₂	13,70 t CO ₂

Se observa que, en función a los datos de consumo eléctrico, el sistema de alumbrado con uso de iluminación LED conlleva a una generación gases de efecto invernadero mucho menor que el sistema tradicional, llegando a representar este último un 1200% más que el primero. La figura 6 muestra la evolución de la generación de gas CO₂ en un plazo de un año para ambos sistemas con alimentación del sistema eléctrico nacional.

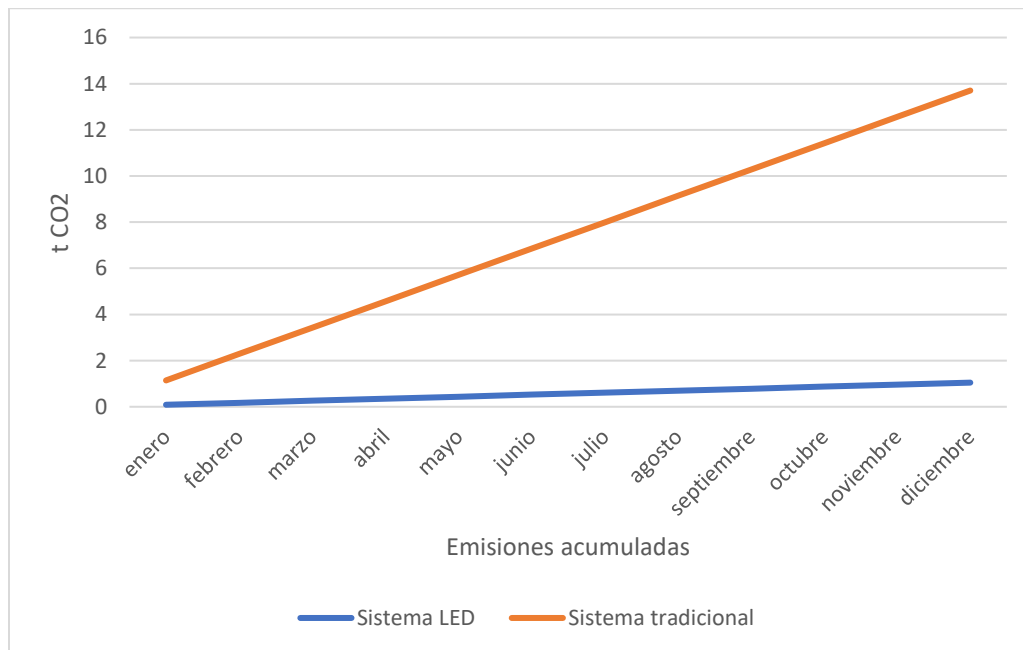


Figura 6. Comparación de la emisión de gases de efecto invernadero

Por otra parte, al utilizar un sistema de iluminación cuya fuente de energía es solar, se omite por completo la producción de CO₂, siendo esta alternativa la de mejor desempeño ambiental.

Beneficios socioeconómicos

En relación con la percepción de la población sobre los beneficios que brinda el sistema de alumbrado con tecnología LED y generación fotovoltaica, se aplicó la encuesta mostrada en el anexo 7, cuyo grado de confiabilidad se muestra en el Anexo 8. El análisis de los resultados sigue a continuación.

Pregunta 1: El alumbrado público solar ha mejorado la seguridad de la comunidad. Se observa que la población está de acuerdo en que la implementación del sistema de alumbrado público ha traído un beneficio hacia la comunidad, estando un 58,3 % “de acuerdo” y un 41,7% “totalmente de acuerdo” con tal afirmación, como se aprecia en la figura 7.

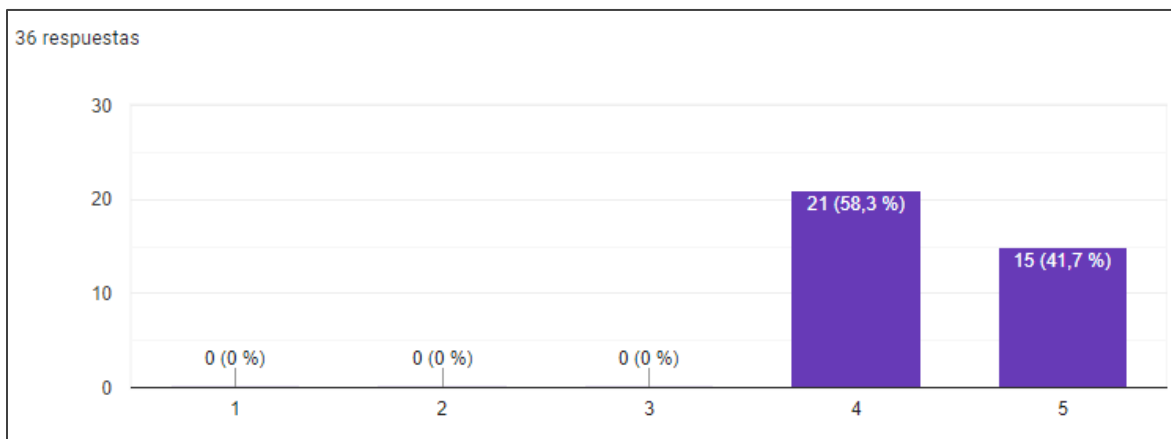


Figura 7. Resultados de encuesta 1

Pregunta 2. El alumbrado público solar es aceptado por la comunidad (Figura 8).

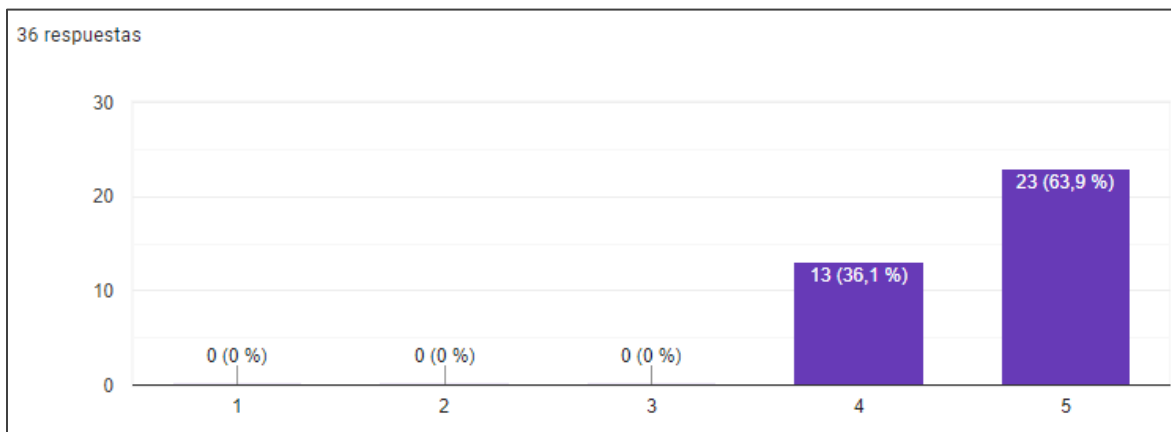


Figura 8. Resultados de encuesta 2

De las 36 respuestas recibidas, se observa que el total de ellas se encuentran a favor del sistema de alumbrado presente en la comunidad, teniendo una valoración de 36,1% las opiniones “de acuerdo”, mientras que la mayoría califica como de “totalmente de acuerdo”, con un 63,9%.

Pregunta 3. El alumbrado público solar presta un servicio de calidad (Figura 9).

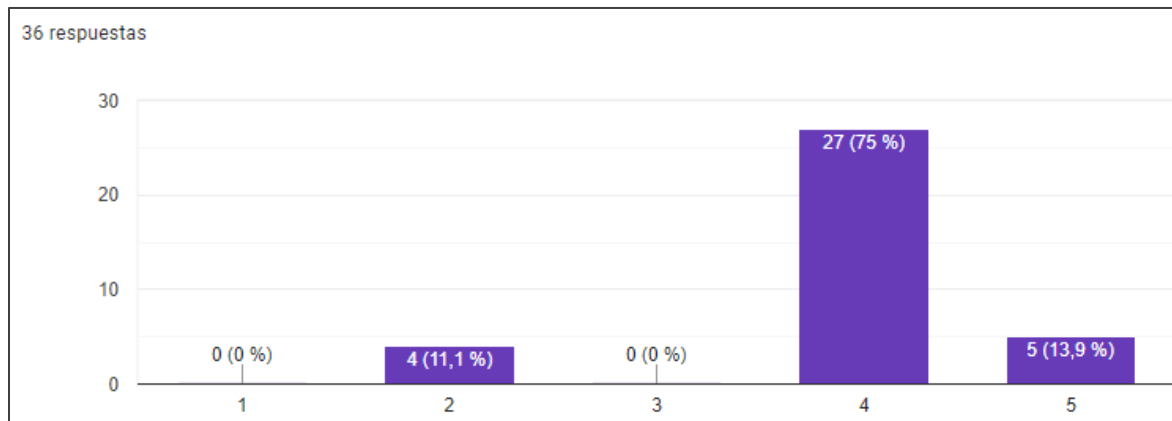


Figura 9. Resultados de encuesta 3

En cuanto a la calidad de los servicios ofrecidos de sistema de alumbrado público actual, un 75% está “de acuerdo” con los servicios prestados; el 13,9 % está “totalmente de acuerdo”, mientras que un 11,1% se presenta “en desacuerdo”. Esta medición apunta a que, si bien el sistema presta un servicio en beneficio de la comunidad, su funcionamiento no es óptimo, y da a lugar la adopción de trabajos de mejora.

Pregunta 4. El alumbrado público solar presta un servicio confiable (Figura 10)

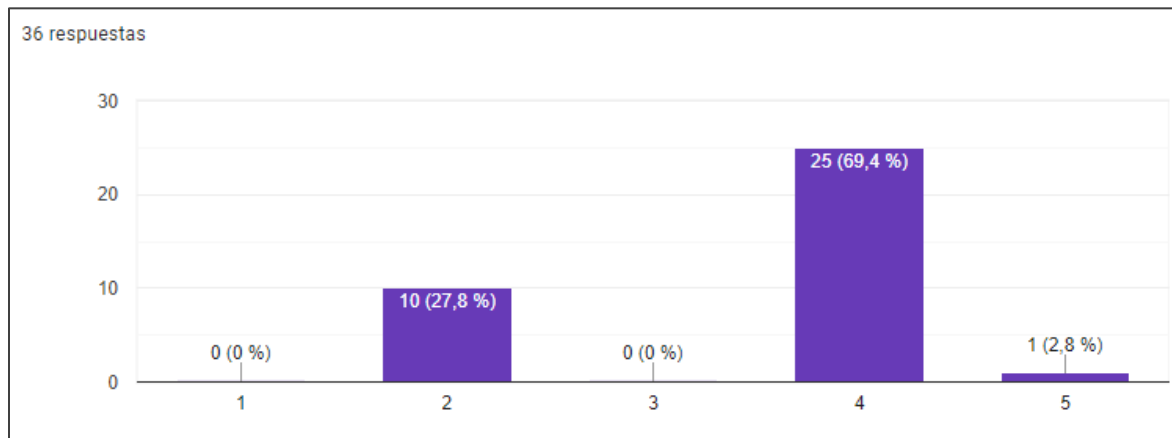


Figura 10. Resultados de encuesta 4

En cuanto a la confiabilidad del servicio, la mayoría de la población está de acuerdo con el sistema actual, está representada por el 69,4 % ubicada en la escala “de acuerdo” y un 2,8% se encontró “totalmente de acuerdo”. En cambio, un 27,8 % de la población está “en desacuerdo” con el sistema actual. Nuevamente se evidencia la falta de optimización del sistema para cumplir cabalmente las necesidades de la población.

Pregunta 5. El alumbrado público solar recibe mantenimiento (Figura 11)

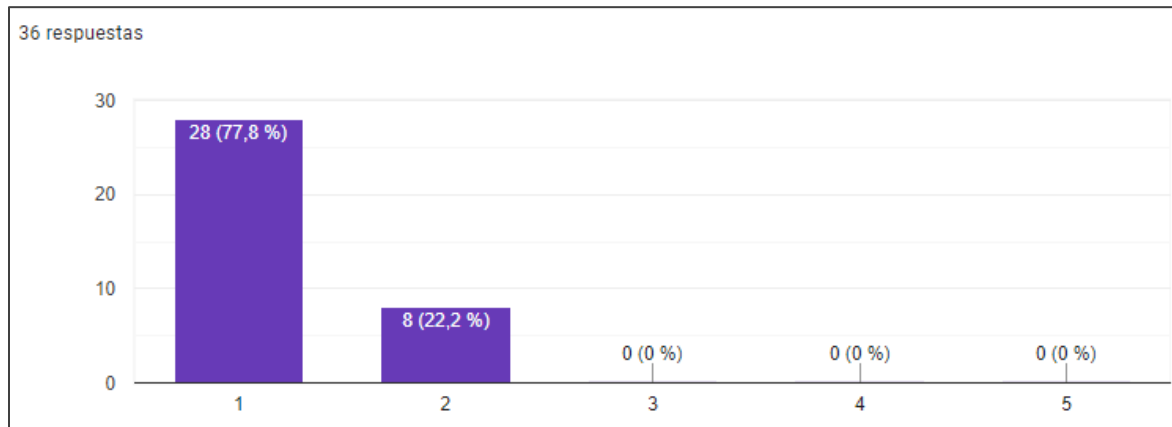


Figura 11. Resultados de encuesta 5

En relación con el mantenimiento del sistema, la población se muestra en un 22,2% “en desacuerdo” con la situación actual, mientras que el 77,8 % está “totalmente en desacuerdo”. De esta manera, se evidencia la actual falta de aplicación de un plan de mantenimiento en el sistema.

Pregunta 6. El alumbrado público solar facilita las actividades culturales de la comunidad (Figura 12).

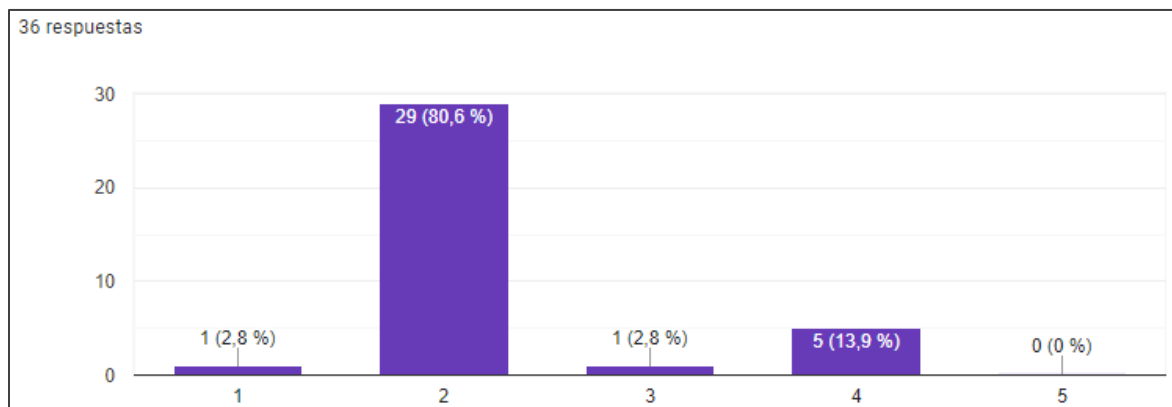


Figura 12. Resultados de encuesta 6

En relación con las facilidades que ofrece el sistema actual, la mayoría de la población tiene una visión negativa pues un 80,6 % se mostró “en desacuerdo” y un 2,8 % en “totalmente desacuerdo”; mientras que solamente un 13,9% dice estar “de acuerdo” con el panorama. Un 2,8 % de la población encuestada dice “no opinar” en tal situación. En este ítem se muestra el déficit de la capacidad del sistema actual, por cuanto su presencia no provee a la comunidad las facilidades objeto de su implementación, por lo que la población se muestra inconforme.

Pregunta 7. El alumbrado público solar es suficiente para cubrir las necesidades de la comunidad (Figura 13).

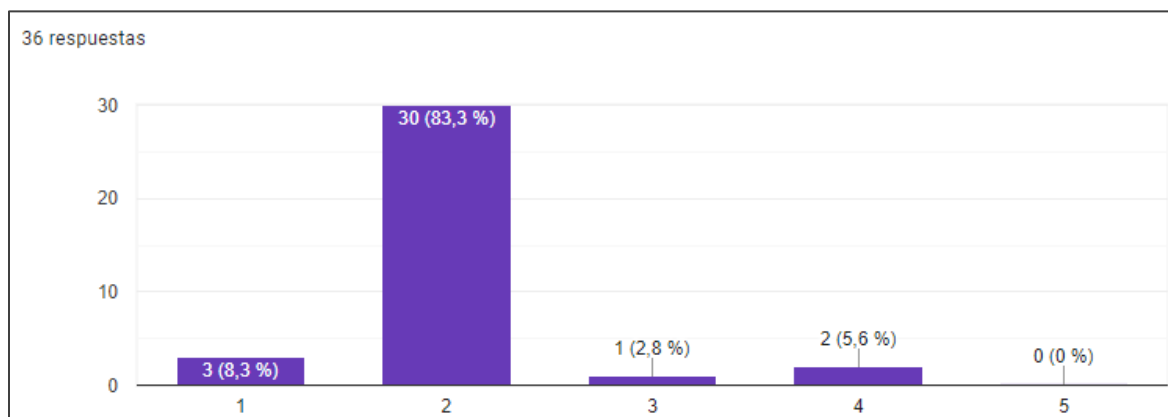


Figura 13. Resultados de encuesta 7

En el mismo orden de resultados que la pregunta anterior, se muestra que el 83,3 % de la población encuestada está “en desacuerdo” con el funcionamiento actual del sistema de alumbrado por cuanto este no cubre sus necesidades. El 8,3 % está “totalmente en desacuerdo” con la situación actual, mientras que solo un 5,6 % se muestra “de acuerdo”. El 2,8 % de los encuestados no mostraron opinión relevante al tema.

Pregunta 8. El alumbrado público solar y sus equipos son cuidados en la comunidad (Figura 14).

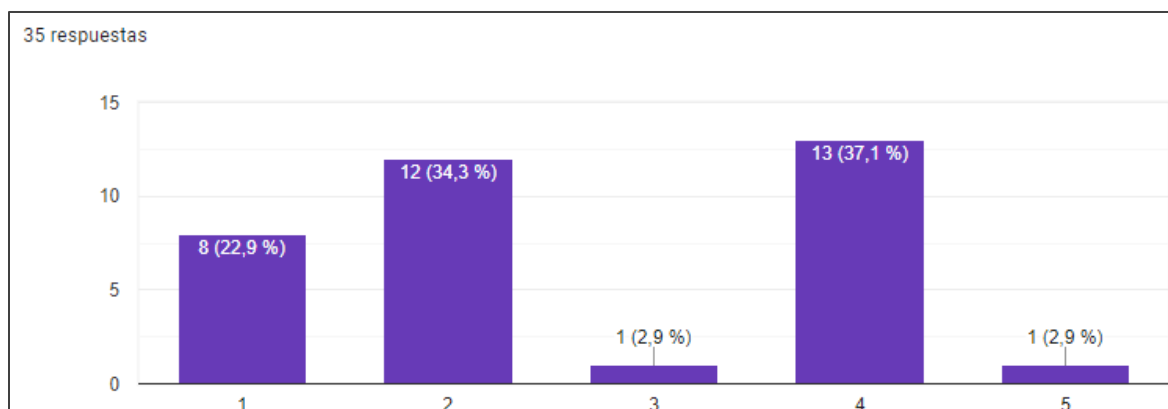


Figura 14. Resultados de encuesta 8

En cuanto al cuidado que reciben los elementos del sistema de alumbrado público, actualmente se evidencia que la mayoría de la población percibe de manera negativa el panorama, con un total de 57,2 % de disconformidad: un 22,9 % y 34,3 % en “total desacuerdo” y “en desacuerdo”, respectivamente. Por su parte, un 40 % de la población se muestra una opinión positiva, reflejado en un 37,1 % “de acuerdo” y un 2,9 % en “totalmente de acuerdo”. En este sentido, se pone de manifiesto el poco conocimiento sobre labores de mantenimiento del sistema, así como el nivel de participación de la comunidad en esta misma.

Pregunta 9. El alumbrado público solar genera un impacto visual positivo en la comunidad (Figura 15).

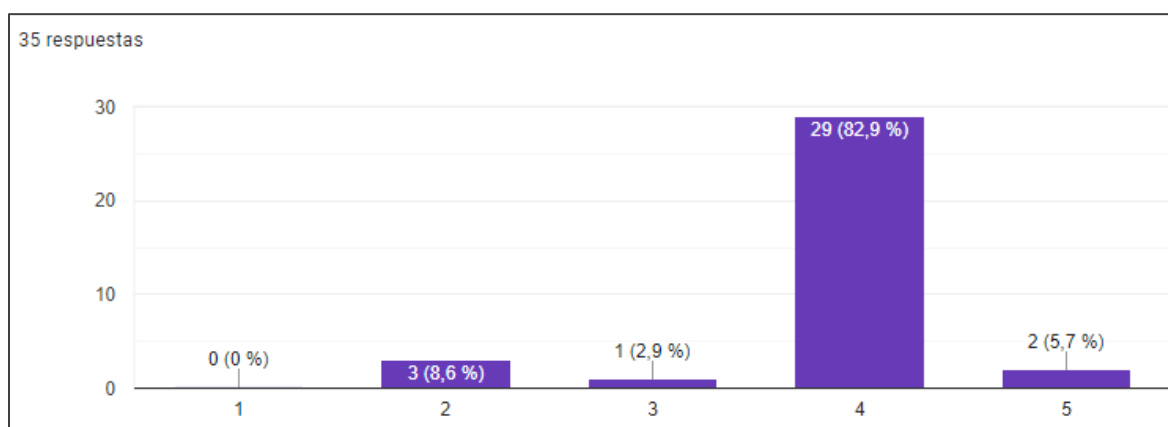


Figura 15. Resultados de encuesta 9

En relación con el impacto visual que ofrece el sistema de alumbrado hacia la comunidad, el 82,9% de la población encuestada está “de acuerdo” con las características actuales, un 5,7% dice estar “totalmente de acuerdo”, mientras que un 8,6 % está “en desacuerdo”. Un 2.9% no dio

opinión al respecto. Como tal, se ve un grado de aceptación positivo sobre la presencia del sistema dentro de la comunidad.

Con la información de las respuestas proporcionadas, se procede a medir el grado de aceptación de las condiciones actuales del sistema, mediante la ponderación de todos los resultados obtenidos en relación a la máxima calificación posible (39), cuyo análisis se muestra en la tabla 5, tomando en consideración que, con 9 preguntas en total, y de acuerdo con la escala de medición aplicada de 5 puntos; la puntuación mínima para cada pregunta es de 36 puntos, y la puntuación máxima es de 180 puntos, como se muestra en la figura 16.

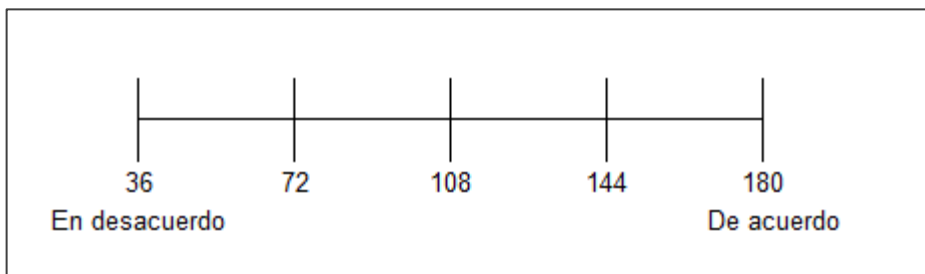


Figura 16. Puntuación de la escala de medición de la encuesta.

Tabla 5. Análisis de resultados de la encuesta.

Pregunta	Puntuación					Resultados		
	1	2	3	4	5	Pts. Minimos	Pts. Máximos	Pts. Obtenidos
P1	0	0	0	21	15			159
P2	0	0	0	13	23			167
P3	0	4	0	27	5			141
P4	0	10	0	25	1			125
P5	28	8	0	0	0	36	180	44
P6	1	29	1	5	0			82
P7	3	30	1	2	0			74
P8	8	12	1	13	1			92
P9	0	3	1	29	2			135
							Promedio	113

Con una puntuación general de 113 puntos sobre 180 máximos (figura 17), el estado actual del sistema de alumbrado público se encuentra cercano al rango neutro de la escala de medición. En consecuencia, se desprenden las siguientes conclusiones:

- El sistema de alumbrado público solar es bien recibido por la comunidad gracias a los beneficios que le brinda.

- El sistema de alumbrado actual no alcanza a cubrir la totalidad de las necesidades de la población.
- Existe una falta de gestión en tareas de mantenimiento al sistema de alumbrado, que influyen su desempeño.

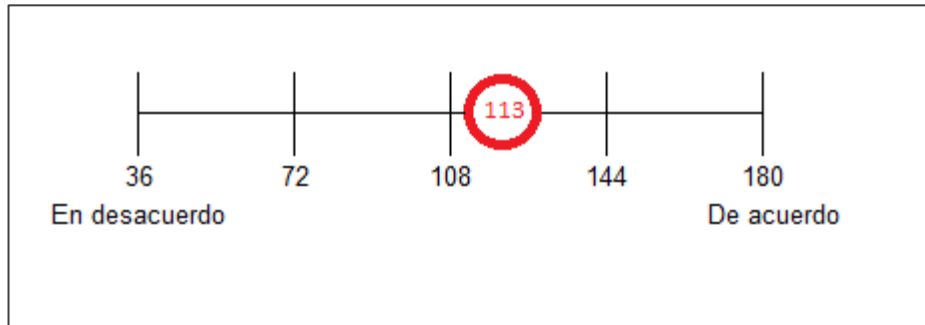


Figura 17. Resultado de la medición de la encuesta

Lo anterior indica que el sistema no está al máximo de su desempeño, por cuanto, aunque la implementación del sistema prevé la capacidad de brindar beneficios a la comunidad, los elementos que lo conforman actualmente resultan insuficiente para tal misión.

4.1.2. Deficiencias en el dimensionado del sistema

La cantidad de puntos óptimos a iluminar dentro de la comunidad se pudo determinar en función del cálculo de la demanda estimada (ecuación 3) y del consumo de energía mensual del alumbrado público, lo cual se resume en la tabla 6.

Tabla 6. Consumo actual del sistema de alumbrado

Componente	Descripción
Número de usuarios de la red	108 personas
Factor de alumbrado público zonas rurales	6.3 kW*h/usuario-mes
Consumo estimado del sistema de alumbrado (CMAP)	680.40 kW*h-mes
Consumo actual del sistema	164.79 kW*h-mes
Factor de consumo actual/permitido	24%

Se observa que el sistema actual funciona a un 24 % de la capacidad total permitida en la zona de estudio, en función del número de personas que habita la comunidad, situación que se presenta en sintonía con la descripción de la problemática dada por la población. En este sentido, se fundamentan las deficiencias del sistema de alumbrado actual, y se evidencia la necesidad de medidas correctivas.

4.1.3. Medidas de optimización

La sostenibilidad de cualquier medida de optimización pasa por el uso responsable de los recursos naturales, el impacto económico y los beneficios sociales que esta aporta. Es en este sentido, la meta de proporcionar a la comunidad campesina de San José de Astobamba de los elementos propicios de un sistema de alumbrado público que proporcione una elevada calidad de vida, respetando los intereses ambientales, y cuya factibilidad económica permita su aplicación, se hace necesario corregir las deficiencias del sistema de alumbrado actual, a la vez que se fomenta la tecnología sostenible a través del uso de fuentes de energías limpias, y se exponen los costos asociados. El proceso se muestra en la figura 18.

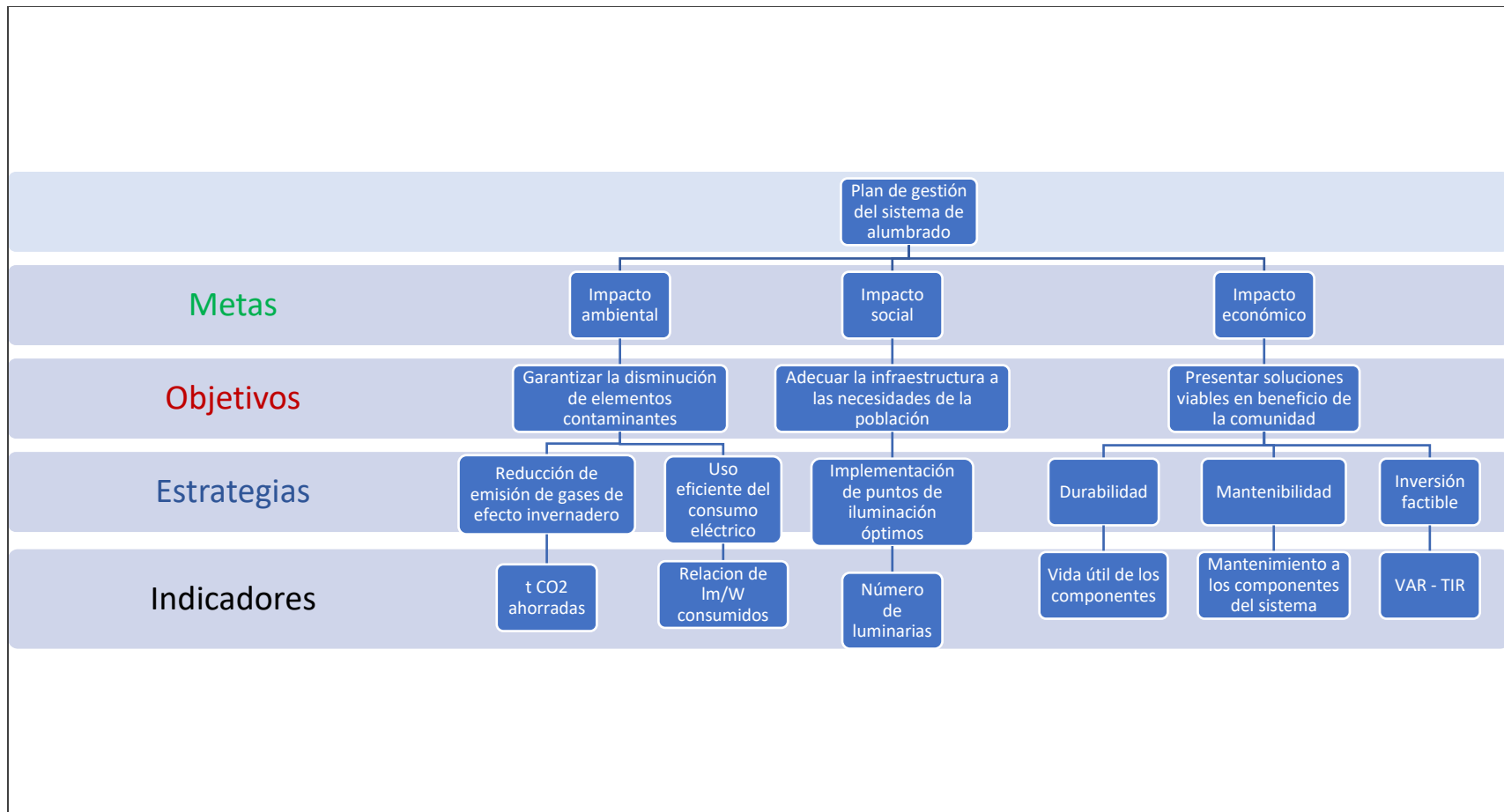


Figura 18. Plan de gestión del sistema de alumbrado público.

Dimensionamiento y selección de componentes del sistema

Para la selección de los componentes que conformarán el sistema de alumbrado público, se partió de los datos de consumo eléctrico, la estimación del número de luminarias necesarias a instalar (ecuación 4), y los componentes del sistema de iluminación con energía fotovoltaica.

- **Puntos de iluminación óptimos**

Se estimó en función de la población a abastecer del servicio y el consumo mensual estimado para dicho sistema, considerando la potencia promedio de las lámparas de alumbrado y el total de horas de servicio mensuales del alumbrado público (NHMAP). Para el desarrollo de la investigación, se seleccionó una lámpara modelo Philips BGP282 LED90-4S/740. Los resultados se resumen en la tabla 7.

Tabla 7. *Puntos de iluminación óptimos*

Componente	Descripción
Consumo mensual (CMAP)	680.4 kW*h/mes
Total de horas de funcionamiento mensuales	360 h/mes
Potencia de la lámpara	60 W
Puntos de iluminación	31

- **Selección de paneles solares**

En función de la radiación solar que recibe la región, se establecieron los parámetros que deben tener los paneles solares (tabla 8). La irradiación solar de la región de estudio fue obtenida del aplicativo *Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)* desarrollado por la Agencia Norteamericana de Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), cuyo resumen se encuentra en el anexo 9. Se seleccionaron los paneles Eco Delta ED130-6P.

Tabla 8. *Selección de paneles solares*

Componente	Descripción
Potencia de lámpara	60 W
Horas de funcionamiento diario	12
Demanda diaria del sistema	720 W/día
Radiación solar	3.66 kWh*m2/día
Factor de eficiencia y derrateo	0.9
Potencia eléctrica requerida	218 Wh/día

- **Selección de baterías**

Para el almacenamiento de la energía solar, se optó por un voltaje de 12 V para el cálculo de las baterías:

$$I_{max} = \frac{P}{V_b * R} \quad (\text{ecuación 5})$$

Donde:

I_{max} = intensidad de corriente (Ah/día)

P_{max} = potencia de la lámpara = 720 W/día

V_b = Voltaje de la batería = 12 V

R = rendimiento = 90%

$$I_{max} = 66,67 \text{ Ah/día}$$

Seguidamente se escogió un factor de descarga de la batería de 50 %, con motivo de contrarrestar los días de baja intensidad solar (40). Se seleccionó una batería Victron Energy RITAR de 150 Ah.

$$C_n = \frac{I_{max}}{Pd} \quad (\text{ecuación 6})$$

$$C_n = \frac{66,67 \text{ Ah/día}}{0,50}$$

$$C_n = 133,33 \text{ Ah/día}$$

- **Selección del regulador de carga**

Para la selección del regulador, se necesitó conocer la potencia de consumo de la aplicación, a la cual se le aplica un factor de seguridad de 25 % (41). En base a lo cual se seleccionó un regulador SmartSolar modelo MPPT 20A.

$$I_{rc} = 1,25 * N_{pfv} * I_{pfv} \quad (\text{ecuación 7})$$

Donde:

I_{rc} = corriente de cortocircuito del regulador

N_{pfv} = Numero de paneles fotovoltaicos

I_{pfv} = corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico (según catalogo)

$$I_{rc} = 1,25 * 2 * 7,67 \text{ A}$$

$$I_{rc} = 19,17 \text{ A}$$

Finalmente, se seleccionó la altura de instalación de la luminaria de la tabla 9, a partir de los valores de iluminación que provee la lámpara seleccionada (42).

Tabla 9. *Relación entre altura y flujo luminoso.*

Flujo de la lámpara (lm)	Altura (m)
$3000 \leq \Phi < 10000$	$6 \leq \Phi < 8$
$10000 \leq \Phi < 20000$	$8 \leq \Phi < 10$
$20\ 000 \leq \Phi < 40000$	$10 \leq \Phi < 12$
≥ 40000	≥ 12

Nota: Tomado de (40)

En base a los resultados obtenidos, en la tabla 10 se plantean los elementos que conformarán el sistema de alumbrado.

Tabla 10. *Componente del sistema de APFV*

Componentes del sistema de alumbrado propuesto	
Luminaria	
Modelo	Philips BGP282 LED90-4S/740
Potencia	56 W
Flujo luminoso	7920 lm
Eficiencia eléctrica	141 lm/W
Vida útil	100000 horas
Paneles solares	
Modelo	Eco Delta ED130-6P
Potencia máxima	130 W
Voltaje optimo	17,8 V
Corriente optima	7,31 A
Vida útil	25 años
Regulador de carga	
Modelo	SmartSolar MPPT 20A
Voltaje de trabajo	12/24 V
Corriente de carga	20 A
Baterías	
Modelo	Victron Energy RITAR DC12150
Voltaje	12 V
Potencia	150 Ah
Vida Útil	7 años
Poste de instalación	
altura	6 m

4.1.4. Evaluación de la factibilidad

En esta sección se detalla la inversión económica necesaria para la implementación del sistema de alumbrado público propuesto, así como los gastos relativos a su mantenimiento, con lo que finalmente calcular la rentabilidad del proyecto a partir del valor actual neto (VAR) y la tasa de recuperación (TIR) (27). Con tal motivo, se han llevado a cabo las siguientes consideraciones:

- El costo de inversión se ha obtenido del promedio anunciado por diferentes proveedores de componentes eléctricos en el país.
- Por tratarse de componentes de fabricación extranjera, la moneda de referencia ha sido el dólar americano.
- El monto correspondiente a la mano de obra por concepto de instalación del sistema será asumido como el 30 % del subtotal (41).

La tabla 11 muestra los costos de implementación del sistema de alumbrado con tecnología LED y generación fotovoltaica. En contraste, la tabla 12 muestra la estimación para un sistema tradicional de alumbrado público.

Tabla 11. Costo estimado del sistema con tecnología LED FV

Descripción	Cantidad	Precio unitario	
		(US\$)	Costo (US\$)
Luminaria LED	31	200	6 200,00
Panel solar	62	180	11 160,00
Regulador	31	40	1 240,00
Batería	62	250	15 500,00
Poste de instalación	31	150	4 650,00
Materiales de instalación	31	25	775,00
		Subtotal	39 525,00
		Mano de obra (30%)	11 857,50
		IGV (18%)	7 114,50
		Otros gastos (3%)	1 185,75
		Total (US\$):	59 682,75

Tabla 12. Costo estimado del sistema con tecnología tradicional.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	
		(U\$)	Costo (U\$)
Luminaria de vapor de sodio	31	70	2 170,00
Poste de instalación	31	150	4 650,00
Contactador	31	120	3 720,00
Interruptor horario	31	35	1 085,00
Interruptor termo magnético	31	8	248,00
Pernos, tuercas y otros	31	110	3 410,00

Cables de conexión	31	95	7 440,00
Materiales de instalación	31	25	775,00
		Subtotal	23 498,00
		Mano de obra (30%)	7 049,40
		IGV (18%)	4 229,64
		Otros gastos (3%)	704,94
		Total (U\$):	35 481,98

De los costos asociados a la implementación del sistema de alumbrado, se observa que el sistema con tecnología LED y generación eléctrica solar tiene un gasto mayor. Sin embargo, falta calcular el ahorro económico por consumo de energía eléctrica, el cual se detalla en la tabla 13. El costo por consumo eléctrico se obtuvo del pliego tarifario vigente por resolución de la OSINERGMIN (43), el cual muestra un costo de S/. 0,7648 kWh.

Tabla 13. Costo por consumo eléctrico equivalente.

Sistema	Consumo (W)	Cantidad	Tarifa (S/. kWh)	horas-mes	Costo Total Anual (S/.)
LED	56	31	0,7648	360	5 735,63
Tradicional	1000	31	0,7648	360	102 422,02
Ahorro					96 686,39

Como resultado, se obtiene que el costo por consumo de energía eléctrica de un sistema LED es el 5,60% de lo que resultaría un sistema de alumbrado tradicional, lo que representa un ahorro de más de 96 mil soles al año, como se aprecia en las figuras 19 y 20.

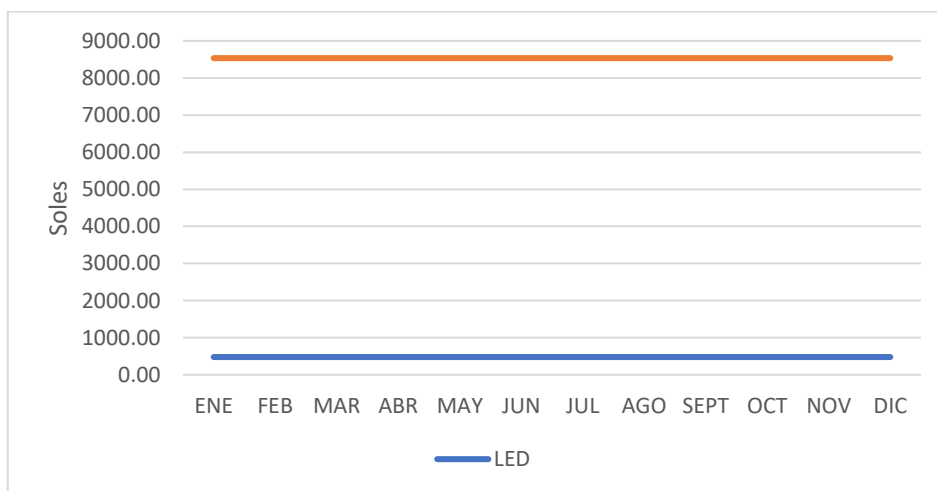


Figura 19. Comparación del consumo anual de energía

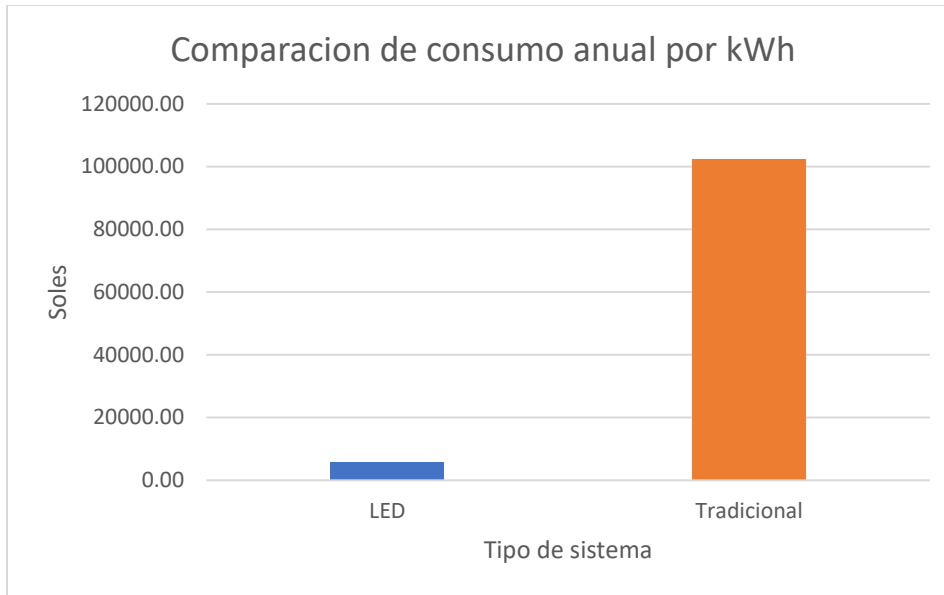


Figura 20. Consumo anual de energía

En cuanto al mantenimiento del sistema, se diferenciaron dos tipos de gastos: la reposición de lámparas y baterías, más la manutención mensual del sistema. La tabla 14 muestra los gastos por reposición. Se ha usado un factor de conversión de dólares a soles de 3,85 para uniformizar los costos asociados.

Tabla 14. Costos de mantenimiento

Descripción	Monto
Reposición de baterías	\$ 15 500,00 = S./ 59 675,00
Reposición LED	\$ 6 200,00 = S./ 23 870,00

En la tabla 15 se ha elaborado el flujo de caja por concepto de mantenimiento de los sistemas, con lo cual se obtiene el ahorro estimado. Tales costos, se estimaron tomando de referencia proyectos de obras de alumbrado, cuyo análisis considera que los costos por mantenimiento representan cerca del 2 % de la inversión para sistemas de generación fotovoltaica (41) (44). Se toma un periodo de 25 años el cual corresponde con la vida útil de los paneles solares. Así mismo, se introducen los costos por reposición de luminarias, cuya frecuencia se corresponden con el tiempo de vida útil.

Tabla 15. *Flujo de caja por costos de mantenimiento*

Sistema LED FV		
Año	Descripción	Monto (US\$)
1	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
2	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
3	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
4	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
5	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
6	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
7	Mtto. + Baterías + Reguladores	17 933,66
8	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
9	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
10	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
11	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
12	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
13	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
14	Mtto. + Baterías + Reguladores	17 933,66
15	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
16	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
17	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
18	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
19	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
20	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
21	Mtto. + Baterías + Reguladores	17 933,66
22	Mtto. Alumbrado + Luminarias	7 393,66
23	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
24	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
25	Mantenimiento del Alumbrado	1 193,66
Total		86 261,50

Finalmente, para construir el flujo de caja del proyecto (tabla 16), se muestran los costos por implementación del sistema (inversión), el costo por mantenimiento (egresos), y el ahorro por concepto de generación de la energía eléctrica (ingresos) (41) (45).

Tabla 16. *Flujo de efectivo*

Año	Ingresos	Egresos	Inversión	Flujo neto	Flujo efectivo
0	0.00	0.00	-229,778.59	-229 778,59	-229 778,59
1	96,686.38	-1,193.66		-134 285,86	97 880,04
2	96,686.38	-1,193.66		-38 793,14	97 880,04
3	96,686.38	-1,193.66		56 699,58	97 880,04
4	96,686.38	-1,193.66		152 192,30	97 880,04
5	96,686.38	-1,193.66		247 685,03	97 880,04
6	96,686.38	-1,193.66		343 177,75	97 880,04
7	96,686.38	-17,933.66		421 930,47	114 620,04
8	96,686.38	-1,193.66		517 423,20	97 880,04
9	96,686.38	-1,193.66		612 915,92	97 880,04
10	96,686.38	-1,193.66		708 408,64	97 880,04
11	96,686.38	-1,193.66		803 901,37	97 880,04
12	96,686.38	-1,193.66		899 394,09	97 880,04
13	96,686.38	-1,193.66		994 886,81	97 880,04
14	96,686.38	-17,933.66		1 073 639,54	114 620,04
15	96,686.38	-1,193.66		1 169 132,26	97 880,04
16	96,686.38	-1,193.66		1 264 624,98	97 880,04
17	96,686.38	-1,193.66		1 360 117,71	97 880,04
18	96,686.38	-1,193.66		1 455 610,43	97 880,04
19	96,686.38	-1,193.66		1 551 103,15	97 880,04
20	96,686.38	-1,193.66		1 646 595,87	97 880,04
21	96,686.38	-17,933.66		1 725 348,60	114 620,04
22	96,686.38	-7,393.66		1 814 641,32	104 080,04
23	96,686.38	-1,193.66		1 910 134,04	97 880,04
24	96,686.38	-1,193.66		2 005 626,77	97 880,04
25	96,686.38	-1,193.66		2 101 119,49	97 880,04

Con los datos anteriores, se procedió a calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), con una tasa de descuento de 12 %, para lo cual se ha usado dichas funciones matemáticas dentro del programa Excel, cuyo resultado se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. *Cálculo del VAN y TIR del proyecto*

Descripción	Valor
Periodo	25 años
Tasa de descuento	12 %
Inversión	S/. 229 778,59
VAN	S/. 1 010 524,87
TIR	43 %

Con los datos de la tabla 16 se construyó un gráfico del flujo de caja en el periodo de 25 años, en el cual se muestra que para el tercer año se ha recuperado la inversión del sistema (Figura 21).

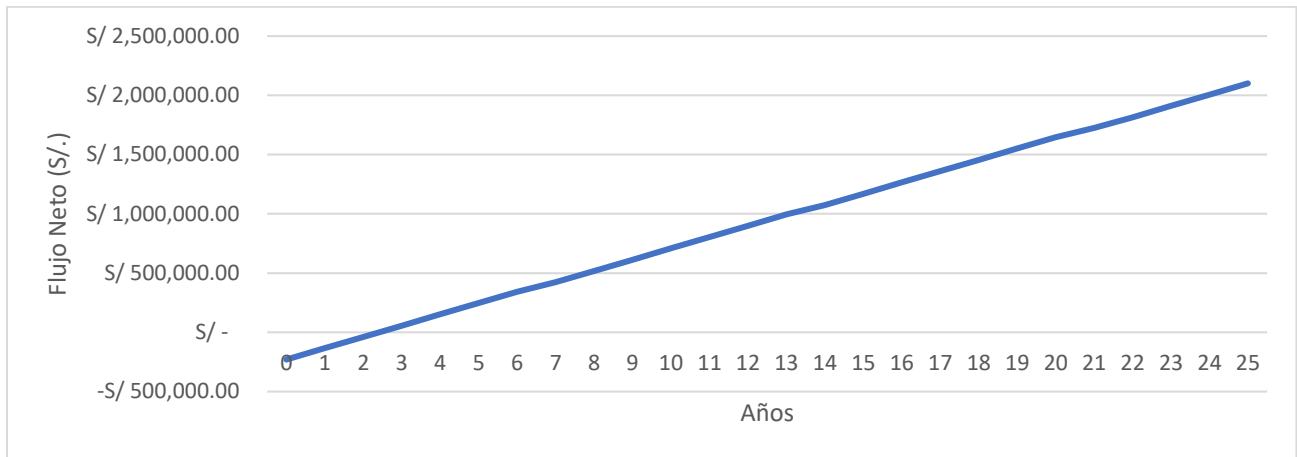


Figura 21. Flujo de caja del proyecto

En función de la información anterior, dado el análisis de ahorro por concepto de generación de energía eléctrica, y los valores del VAN y TIR obtenidos, se concluye que el proyecto es económicamente viable, con un valor actual neto positivo, y una recuperación de la inversión dentro del periodo de vida útil del sistema, en un plazo de 3 años.

Finalmente, se tiene el consumo energético anual entre el sistema actual y el sistema planteado presenta una variación anual de 1 977,48 kW/año actualmente, a 7 499,52 kW/año con el sistema de alumbrado propuesto, lo cual permite evidenciar la ampliación del sistema de alumbrado en un aumento del 279 %, como respuesta a las deficiencias detectadas, en pro de abastecer las necesidades de la población. La figura 22 muestra el gráfico que ilustra la información presentada.

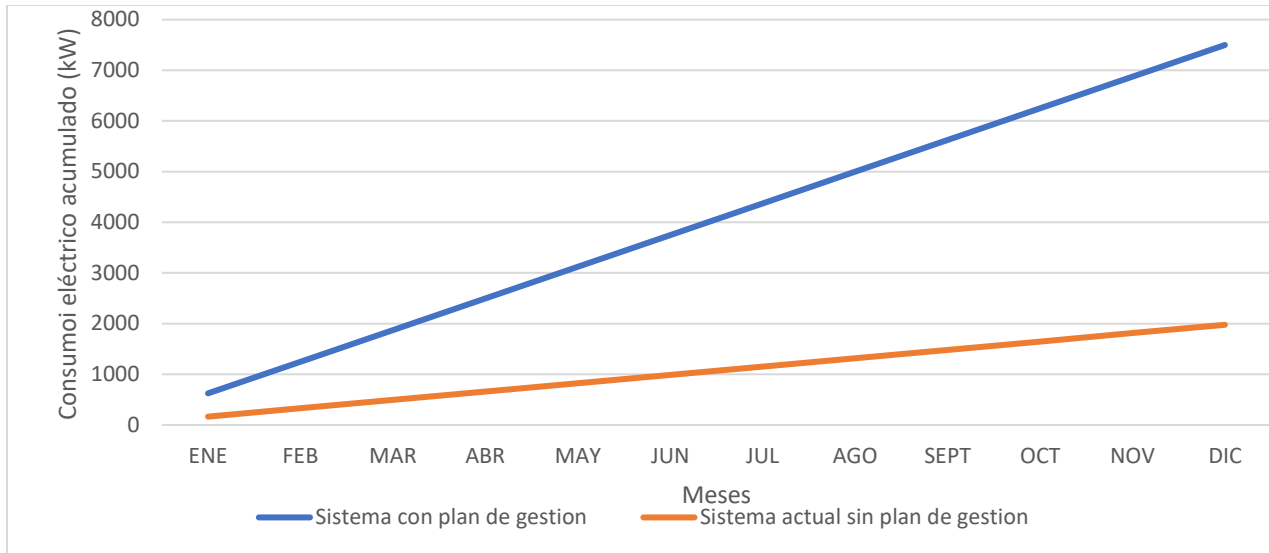


Figura 22. Comparación del consumo eléctrico acumulado

4.2 Prueba de hipótesis

H1: El plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba contribuye a la mejora del desempeño energético y rendimiento medioambiental.

Para la comprobación de la hipótesis, se hace uso de los indicadores relacionados con ella, que en este caso son el consumo energético, el cual depende del número de luminarias y su eficiencia, mientras que el rendimiento medioambiental se enfoca en el ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero. Por consiguiente, se construyó la tabla 18, donde se muestran los valores respectivos al sistema sin el plan de gestión, y con él.

Tabla 18. *Indicadores del sistema de alumbrado público*

Indicadores		Sin plan de gestión	Con plan de gestión	Diferencia media	Mejora
	Dimensionado del sistema	8 puntos	31 puntos	2,875	287% más puntos de iluminación
Desempeño energético	Energía generada	1 977,48 kW/año	7 499,52 kW/año	2,792	279% mayor generación de energía
	Eficiencia energética del alumbrado	110 lm/W	141 lm/W	0,282	28% mayor eficiencia de los focos
Rendimiento medio ambiental	Ahorro de emisión de CO2	1,05 t	13,7 t	12,048	1205% mayor ahorro de gases de efecto invernadero*

Nota: () Comparado con un sistema de alumbrado tradicional*

De esta manera, se evidencia que mediante el plan de gestión se logra un incremento de los indicadores mencionados, con un aumento en el número de luminarias del sistema, que obedece al tamaño de la población beneficiaria, una alta eficiencia energética, por medio de la selección de componentes adecuados con tecnología de punta, y un ahorro de emisión de gases de efecto invernadero, dada la alta eficiencia de consumo de las lámparas LED frente a los sistemas tradicionales. De esta forma, se acepta la hipótesis planteada.

4.3 Discusión de resultados

A través de los pasos descritos en el plan de gestión, se ha logrado una propuesta que apunta a mejorar la problemática encontrada en la comunidad de San José de Astobamba debido a las deficiencias que presenta actualmente el sistema de alumbrado público, en cuanto al dimensionamiento del sistema y el aprovechamiento de la energía solar como recurso energético limpio y renovable.

En relación a la eficiencia energética, se proporcionó la selección de componentes que integran el sistema de alumbrado público con energía solar fotovoltaica, con el uso de luminarias LED, las cuales demostraron disponer de un consumo menor de energía, permitiendo un gran ahorro en comparación al gasto generado por luminarias de tecnologías convencionales, al tiempo que

estas proveen una relación de iluminancia mayor, medida en la cantidad de lúmenes que entregan por unidad de potencia consumida, coincidiendo con las investigaciones que anteceden la presente, como las de (13) y (14).

Por su parte, en cuanto al ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero, se tiene que la tecnología LED es mucho más competente por cuanto su consumo de energía es menor, de lo cual su generación depende de actividades humanas de las que se desprende una generación aproximada de 0,52144 toneladas de CO₂ por kilovatio consumido. Así que, a menor consumo, menor el impacto ambiental negativo. Aunado a lo anterior, dicho desempeño se maximiza al seleccionar una propuesta con uso de generación de energía fotovoltaica, donde la generación de estos gases se reduce por completo, en consonancia a lo encontrado por (18) y (14).

Así mismo, por medio de la encuesta realizada, se encontró semejanza entre lo manifestado por la población y los cálculos técnicos, los cuales inciden en las deficiencias del sistema actual; a pesar del consenso general de que la implementación del sistema inicial ha traído beneficios a la comunidad, por cuanto el sistema de alumbrado público es vital para el desarrollo de sus actividades. En este sentido, se evidencia la necesidad de tomar medidas correctivas partiendo de la selección de componentes realizada y el análisis de viabilidad económica, con lo cual se demuestra su factibilidad de ejecución, de manera similar a lo realizado por (15), cuyo plan de implementación de un sistema de alumbrado público con paneles solares también, obtuvo valores de VAN y TIR positivos haciendo factible su proyecto.

De igual manera, en los hallazgos de (16) y (17), los sistemas propuestos para la solución de problemáticas relativas al alumbrado público en el ámbito nacional, apoyan mutuamente a los resultados obtenidos en la presente investigación, puesto que emplean análisis económicos en igualdad de condiciones locales, y cuyos periodos de recuperación de la inversión también se demuestra son similares, siendo estos entre los 3 y los 4 años.

CONCLUSIONES

Tras la realización del presente trabajo de investigación, se encontró que el uso de nuevas tecnologías brinda enormes beneficios a la sociedad, desde los entornos sociales, económicos y ambientales. Entre ellos, el uso de elementos de bajo consumo y el aprovechamiento de energías limpias apuntan a ser cada vez más utilizados en el desarrollo de proyectos tecnológicos, gracias a su alta eficiencia energética.

En el Perú, donde un porcentaje relevante de poblaciones rurales sufren de la falta de servicios básicos elementales, incluyendo sistemas de alumbrado, estos elementos abren la puerta al desarrollo de oportunidades de mejora ampliamente aclamados. La comunidad de San José de Astobamba presenta deficiencias en el servicio actual, con lo cual su población se ve limitada para el correcto desenvolvimiento de actividades, de manera segura en los horarios nocturnos, lo cual atenta contra su calidad de vida.

En este mismo orden de ideas, se encontró que el mayor beneficio del proyecto presentado proviene de la comparación de los costos de operación entre los sistemas LED y los sistemas de alumbrado tradicional, radicado en el consumo eléctrico de las luminarias, la diferencia entre costos funcionales es cuantiosa, por lo que el sistema de generación eléctrica a partir de la energía solar logra sobreponer los montos de inversión que se hacen necesarios para la adquisición de los componentes. Es así que, según la estimación realizada, el ahorro económico por consumo eléctrico asciende a más de 90 mil soles anuales.

El desarrollo de nuevas tecnologías con miras a la eficiencia abre las puertas a ciclos de mejora continua, por lo que la gestión del sistema de alumbrado público debe ejercerse de manera igualmente continua, con el propósito de ofrecer un servicio de calidad acorde con las necesidades de la comunidad y las soluciones ofrecidas por el mercado. Es en este sentido, el proyecto presentado se vale del aumento del dimensionado del sistema de alumbrado público, lo cual equivale al paso de los 1 977,48 kW/año actualmente, a 7 499,52 kW/año con el sistema de alumbrado propuesto, representando un aumento del 279%.

El análisis de factibilidad económica reveló que el monto de valor actual neto es superior a cero, lo que significa que el proyecto es económicamente viable por cuanto el uso de recursos es

positivo con VAN de S/. 1 010 524,87. De igual manera, el cálculo del periodo de retorno de la inversión es de aproximadamente 3 años para un TIR de 43 %. Respecto a este último punto, la investigación encontró que la localidad de San José de Astobamba cuenta con un potencial de irradiación solar efectivo, donde solo en los meses de diciembre y enero disminuye, y, sin embargo, logra entregar la potencia necesaria para el funcionamiento del sistema. De esta manera, se entrega un proyecto con alta eficiencia energética, que reduce la emisión de los agentes contaminantes al ambiente, con potencial de elevar la calidad de vida de los residentes de la comunidad, y que es económicamente viable.

RECOMENDACIONES

Se encontró que el dimensionado de la red de alumbrado público se realiza en función del consumo energético promedio propuesto por la norma técnica competente, y el número de usuarios a servir por dicho sistema. Sin embargo, queda a criterio de la implementación la correcta ubicación de las luminarias tras la realización de un análisis luminotécnico detallado.

En cuanto a la mantención del sistema, debe respetarse los criterios utilizados en el presente proyecto, los cuales están orientados al máximo aprovechamiento de los recursos. En tal sentido, para las labores de mantenimiento por reposición de componentes, no debe desmejorarse la calidad de los mismos, cuya alteración puede repercutir en los costos finales.

En función del ahorro económico producto de la reducción del consumo energético, la implementación de tecnología LED para alumbrado público debe ser abordada en gran medida de forma masiva, dado que el mayor efecto se observará en localidades urbanas donde la cantidad de luminarias es mayor que en las comunidades rurales. Del mismo modo, la incorporación de esta tecnología no debe restringirse a sistemas de alumbrado público, sino en su uso general, cuyo tema puede ser abordado a futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ONU. Objetivo de Desarrollo Sostenible para la energía y tecnología. [online]. 2021. Available from: <https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-de-desarrollo-sostenible-para-la-energia-y-la-tecnologia-de-la-informacion-y-las>
2. YADAV, Prabhakar, DAVIES, Peter J. y PALIT, Debajit. Distributed solar photovoltaics landscape in Uttar Pradesh, India: Lessons for transition to decentralised rural electrification. *Energy Strategy Reviews*. 26: 100392, noviembre 2019 DOI 10.1016/j.esr.2019.100392.
3. CHAKRABARTI, Snigdha y CHAKRABARTI, Subhendu. Rural electrification programme with solar energy in remote region- A case study in an island. *Energy Policy*. 30(1): 33-42. 2002. DOI 10.1016/S0301-4215(01)00057-X.
4. COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS. *Energía Solar Fotovoltaica*. España. 2007. 6 pp. ISBN 9788493504960.
5. HACHIM, Brahim, DAHLIOUI, Dounia y BARHDADI, Abdelfettah. Electrification of rural and arid areas by solar energy applications case study: Boumhaout village in south of Morocco. *Proceedings of 2018 6th International Renewable and Sustainable Energy Conference, IRSEC 2018*. 2018. No. April 2020, p. 1-4. DOI 10.1109/IRSEC.2018.8702978.
6. GESTIÓN. Otorgan concesión para distribuir energía eléctrica en 106 poblados del país. [online]. 2018. Available from: <https://gestion.pe/economia/otorgan-concesion-distribuir-energia-electrica-106-poblados-pais-nndc-248906-noticia/>
7. ORGANISMO Supervisor de la Inversión en Energía y Minería . Decreto Legislativo N° 1002 - Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. 2008. Available from: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/893170/DL-1002.pdf>
8. CALVO, José y SANCHEZ, Rosa. *Diseño de un sistema fotovoltaico con iluminación Led para alumbrado rural público en la localidad de Conache, distrito de Laredo, departamento de La Libertad (tesis de pregrado)*. Trujillo: Universidad Católica de Trujillo, 2019.
9. INEI. Mapa de pobreza monetaria. [online]. 2020. Available from: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1718/Libro.pdf
10. MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ANA. *II Memoria descriptiva, Proyecto* [online]. 2019. Available from: <https://es.scribd.com/document/427776870/fotovoltaicos>

11. SPECIFICATION of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard. *Sustainable Energy Technologies and Assessments por Kanneganti Harish [et al.]*. [online]. 2017. Vol. 23, p. 121-135. DOI 10.1016/j.seta.2017.09.003. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2017.09.003>
12. ZOMERS, Adriaan. The challenge of rural electrification. *Energy for Sustainable Development* [online]. 2003. 7(1): 69-76. DOI 10.1016/S0973-0826(08)60349-X. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60349-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60349-X)
13. THE BENEFITS of the transition from fossil fuel to solar energy in Libya: A street lighting system case study. *Applied Solar Energy* by KHALIL, Ashraf [et al.] [online]. 2017. 53(2): 138-151. DOI 10.3103/S0003701X17020086. Available from: <https://doi.org/10.3103/S0003701X17020086>
14. DESIGN and Feasibility Analysis of a Solar PV System for Street Lighting in a University Campus. *International Journal of Science and Engineering Applications by HASAN, Muhammad M. [et al.]*. 2019. 8(9): 432-437. DOI 10.7753/ijsea0809.1006.
15. ECHAVARRIA, B. ROJAS, H. *Implementación De Un Sistema De Alumbrado Público Con Paneles Solares En El Municipio De El Peñol* [online]. 2019. Available from: http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14472/1/EchavarríaBladimir_2019_AlumbradoPanelesSolares.pdf
16. MONTERO, Marcos. *Propuesta de alumbrado público con tecnología led en la Avenida José Gálvez, Chimbote 2016 (tesis de pregrado)*. Chimbote: Universidad San Pedro, 2019.
17. JINCHUÑA, José. *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: Universidad nacional del altiplano de Puno, 2020.
18. TÉVAR, Diego. *Instalación de Alumbrado Público mediante Energía Solar Fotovoltaica (tesis de Pregrado)*. Valencia: Universitat Politècnica de València, 2020.
19. OSINERGMIN. Avances Tecnológicos en el Alumbrado Público. [online]. 2013. Available from: <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/Eventos Realizados/Forolca/1/2 Avances Tecnologicos LEDs AP - J.Manuico.pdf>
20. TIRIRA, Hector. *Diseño del sistema de gestión ambiental y aplicación de la primera etapa bajo la norma ISO 14001 en el centro de operaciones El Dorado de la Empresa Eléctrica Quito (tesis de pregrado)*. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Matriz,

- 2016.
21. CASTRILLÓN, Rosaura del Pilar, GOZÁLEZ, Adriana Janeth, QUISPE, Enrique Ciro y FANDIÑO, Diego. *Metogología para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía: Fundamentos y casos prácticos*. Bogotá: Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente, 2014.
 22. ZSEBIK, Albin y NOVÁK, Dániel. ISO 50001—Energy Planning and Monitoring Tools and Examples. *Energy Engineering* [online]. 115(6): 46-61. Agosto 2018. DOI 10.1080/01998595.2018.12027901. Available from: <https://doi.org/10.1080/01998595.2018.12027901>
 23. R.D. N°017-2003-EM. Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de subestaciones para Electrificación Rural. MINEM. Lima 2003.
 24. MINAM. El Perú y el cambio climático. [online]. 2016. Available from: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicación.pdf>
 25. MINAM. *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional SEIN*. Lima 2019.
 26. THE POWER of light: socio-economic and environmental implications of a rural electrification program in Brazil by DA SILVEIRA [et al.]. *Environmental Research Letters* [online]. 12 (9): 095004. Septiembre 2017. DOI 10.1088/1748-9326/aa7bdd. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa7bdd>
 27. MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS. Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Electrificación Rural, a Nivel de Perfil. [online]. 2011. Available from: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/energia/Diseno_ELECTRIFICACION_RURAL_corregido.pdf
 28. SÁNCHEZ, Rami David Orejón y CALDERÓN, Alfonso Gago. Alumbrado público urbano fotovoltaico: análisis de viabilidad técnica, económica y social. In: *Actas del IX International Greencities Congress: 9º Foro de Inteligencia y Sostenibilidad Urbana*. 2018. p. 150-165.
 29. CAF. Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética. [online]. 2018. Available from: [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1303/GUIA - Iluminacion de Alta Eficiencia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1303/GUIA_-_Iluminacion_de_Alta_Eficiencia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
 30. DEAMBI, Sally. *From sunlight to electricity: A practical handbook on solar photovoltaic applications*. India: The Energy and Resources Institute, 2015.

31. PALIT, Debajit. Solar energy programs for rural electrification: Experiences and lessons from South Asia. *Energy for Sustainable Development*. 17(3): 270-279. Junio 2013. DOI 10.1016/j.esd.2013.01.002.
32. SOLAR Street Lighting: A Key Technology en Route to Sustainability. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment* by PAGLIARO, Mario [et al.]. 6. Junio 2016. DOI 10.1002/wene.218.
33. AEPC. Technical Standard for Solar Street Light System. [online]. 2018. Available from: https://aepc.gov.np/uploads/docs/2018-06-19_Technical Standard for Solar Street Light System, 2072.pdf
34. Módulo fotovoltaico. Qué es, estructura, tipos. [online]. 2019. Available from: <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/modulo-fotovoltaico/>
35. Paneles de energía solar fotovoltaica. [online]. 2020. Available from: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico>
36. BACA, Urbina. *Formulación de Proyectos*. Bogota: Norma, 2003.
37. CARRASCO, José. *Metodología de la investigación científica*. Lima : San Marcos., 2017. 86 pp. ISBN: 9972-34-242-5.
38. *Guía de buenas practicas proyectos fotovoltaicos*. Managua: CABAL S.A. Enero de 2014.
39. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., Y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. 2014 México: MCGRAW-HILL, 2014. 200 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
40. MEJÍA, E. *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica (tesis de pregrado)*. Lima: Universidad Politécnica Amazónica. 2018.
41. PEREZ, Jesus. *Diseño de un sistema de iluminación fotovoltaico mediante tecnología LED para el parque central de la provincia de Jaén - Cajamarca (tesis de pregrado)*. Jaen: Universidad Nacional de Jaén, 2019.
42. SARZO, M. *Proyectos de electrificación*. Lima: Megabyte, 2007. 13 pp.
43. ELECTROCENTRO. *Pliego tarifario Mayo 2021* [online]. 2021. Available from: <https://www.distriluz.com.pe/transp/ftp/elcto/transp3/pliegos/PliegoTVigente.pdf>.
44. GONZALES, V., CORREA H. *Diseño de un sistema fotovoltaico autonomo para la generacion de energia eelctrica en la Institucion Educativa n° 287 de la comunidad nativa Cilla Gonzalo, Distrito Rio Santiago, Provincia Condorcanqui, Departamento de Amazonas (tesis de pregrado)*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2018.
45. FLORES, G. *Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias LED y*

alimentación solar fotovoltaica (tesis de pregrado). Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana, 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Sub -indicador				
Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público	Revisión de la situación de actual	Beneficios ambientales	socio- Eficiencia energética Ahorro en emisiones de CO ² Beneficios socioeconómicos				
				Dimensionamiento actual	Consumo mensual de energía alumbrado público Puntos de iluminación		
						Salidas	Objetivos Metas Planes de acción
	Factibilidad	Económica Social Ambiental					
			Cantidad de objetivos alcanzadas Cantidad de metas cumplidas Plan de dimensionamiento óptimo Plan de seguimiento y monitoreo Plan de gestión del riesgo				
				TIR, VAN, B/C, PRI Aceptación Impacto visual Posibilidad de sufrir vandalismo Ahorro en emisiones de CO ² Eficiencia energética			
	Energía solar fotovoltaica.	Sistemas de alumbrado público con energía solar			Componentes del sistema	Lámpara Batería Módulo fotovoltaico (paneles solares). Acondicionador de energía (regulador de voltaje o controlador). Sensores	
			Operaciones de mantenimiento				Limpieza de módulos Seguimiento del inversor Control de conexiones

Anexo 2. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones/Indicadores	Plan del proyecto
<p>Problema General Cuál es el diseño del plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba, año 2021</p> <p>Problemas Específicos 1) ¿Cuál es el nivel de eficiencia energética, el ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero y los beneficios socioeconómicos actuales del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica? 2) ¿Cuáles son las deficiencias en el dimensionamiento del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en función de la demanda proyectada en la comunidad? 3) ¿Cuáles medidas pueden proponerse para la optimización del desempeño energético y el rendimiento medioambiental del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica?</p>	<p>Objetivo General Diseñar un plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba, año 2021.</p> <p>Objetivos Específicos Evaluar la eficiencia energética, el ahorro en emisiones de gases de efecto invernadero y los beneficios socioeconómicos actuales del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica. Identificar las deficiencias en el dimensionamiento del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en función de la demanda proyectada en la comunidad. Proponer medidas que permitan la optimización del desempeño energético y el rendimiento medioambiental del sistema eléctrico de</p>	<p>H1: El plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba contribuirá a la mejora del desempeño energético y rendimiento medioambiental.</p>	<p>Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público</p> <p>Generación de energía solar fotovoltaica.</p>	<p>Revisión de la situación actual</p> <p>a) Beneficios socio-ambientales b) Dimensionamiento actual</p> <p>Salidas</p> <p>a) Objetivos b) Metas c) Planes de acción</p> <p>Factibilidad</p> <p>a) Económica b) Social c) Ambiental</p> <p>Sistemas de alumbrado público con energía solar</p> <p>a) Componentes del sistema</p> <p>Operaciones de mantenimiento</p> <p>a) Limpieza de módulos</p>	<p>a) Recolección de datos documentales.</p> <p>b) Cálculo de la eficiencia energética, ahorro en emisiones de CO2 y los beneficios socioeconómicos del proyecto actual.</p> <p>c) Muestreo de 36 habitantes</p> <p>d) Estimación de las deficiencias en el dimensionamiento del sistema eléctrico de alumbrado actual</p> <p>e) Escogencia de los componentes del sistema de alumbrado público solar.</p> <p>f) Formulación de los objetivos, metas del plan de gestión y los planes</p>

<p>4) ¿Cuál es las factibilidad económica, social y ambiental de las medidas adoptadas?</p>	<p>alumbrado público con energía solar fotovoltaica. Evaluar la factibilidad económica, social y ambiental de las medidas adoptadas.</p>			<p>b) Seguimiento del inversor c) Control de conexiones</p>	<p>g) Determinación de la factibilidad económica, social y ambiental.</p>
---	--	--	--	---	---

Anexo 3. Instrumentos

CUESTIONARIO PARA HABITANTES DE LA COMUNIDAD

Por favor, sigue las siguientes instrucciones:

1. Lea cuidadosamente y de forma clara los enunciados de las preguntas.
2. No deje preguntas sin contestar.
3. Responde seleccionando solamente una alternativa de respuesta de la siguiente escala

Totalmente en desacuerdo	De acuerdo	No opina/No sabe	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

N o	ÍTEMS	Escala de Medición				
		1	2	3	4	5
1	El alumbrado público solar ha mejorado la seguridad de la comunidad					
2	El alumbrado público solar es aceptado por la comunidad					
3	El alumbrado público solar presta un servicio de calidad					
4	El alumbrado público solar presta un servicio confiable					
5	El alumbrado público solar recibe mantenimiento					
6	El alumbrado público solar facilita las actividades culturales de la comunidad					
7	El alumbrado público solar es suficiente para cubrir las necesidades de la comunidad					
8	El alumbrado público solar y sus equipos son cuidados en la comunidad					
9	El alumbrado público solar genera un impacto visual positivo en la comunidad					

Anexo 4. Ficha de recolección de datos

Parámetro	Sistema actual	Sistema con plan de gestión
P = Potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W).	60 W	56 W
S = Superficie iluminada (m^2).	3 m ²	
E_m = Iluminación media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento, (lux).	SIN MANTENIMIENTO	3 Lux
E : Energía generada anual del sistema de alumbrado eléctrico	1,977.48 kW/año	7,499.52 kW/año
T : Total de usuarios estimados de la localidad	36 familias 108 usuarios	
KALP: Factor de alumbrado público en kW.h/usuario-mes	5.044 Kw.h/usuario-mes	6.3 Kw.h/usuario-mes
CMAP: Consumo mensual de energía de alumbrado público en kW.h	544.75 kWh	680.40 kWh
NHMAP: Total de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes)	De 360h/m	
PPL: Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público en W	1000 W	60 W
Radiación en un día de calor	3.66 kWh*m ² /día	
Consumo diario de energía por lámpara	5493 W/día	672 W/día
Panel solar: policristalino	12v/35W Dimensiones: 650*17 mm	17.8V/ 130W Dimensiones: 1270*670 mm
Batería:	Ion-litio 3.2V/20000mA	Baterías de ciclo profundo de plomo ácido AGM VRLA 12 V 150 A
Lámpara led de 60pcs	110 Lm/W	141 lm/W

Anexo 5. Presupuesto

Presupuesto			
Descripción	Unidad	P. U. (S/.)	Total (S/.)
1.- Bienes			
Libros	6	S/ 15,00	S/ 90,00
Millar de hojas	1	S/ 25,00	S/ 25,00
Memoria USB 16 GB	1	S/ 40,00	S/ 40,00
Tinta para impresora	4	S/ 40,00	S/ 160,00
Otros útiles de escritorio		S/ 20,00	S/ 20,00
Sub- total			S/ 335,00
2.- Servicios			
Internet		S/ 390,00	S/ 390,00
Luz		S/ 370,00	S/ 370,00
Celular		S/ 900,00	S/ 900,00
Transporte		S/ 200,00	S/ 200,00
Sub- total			S/ 1.860,00
Total General			S/ 2.195,00

Anexo 7. Resultados de las encuestas.

Pregunta	Puntuación				
	1	2	3	4	5
El alumbrado público solar ha mejorado la seguridad de la comunidad	0	0	0	21	15
El alumbrado público solar es aceptado por la comunidad	0	0	0	13	23
El alumbrado público solar presta un servicio de calidad	0	4	0	27	5
El alumbrado público solar presta un servicio confiable	0	10	0	25	1
El alumbrado público solar recibe mantenimiento	28	8	0	0	0
El alumbrado público solar facilita las actividades culturales de la comunidad	1	29	1	5	0
El alumbrado público solar es suficiente para cubrir las necesidades de la comunidad	3	30	1	2	0
El alumbrado público solar y sus equipos son cuidados por la comunidad	8	12	1	13	1
El alumbrado público solar genera un impacto visual positivo en la comunidad	0	3	1	29	2

Anexo 8. Estadístico alfa de Cronbach.

Respuestas	Preguntas									TOTAL
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
R1	4	5	4	4	1	2	2	2	4	28
R2	4	4	2	2	1	2	2	1	4	22
R3	4	4	4	4	1	2	2	2	2	25
R4	4	4	4	2	1	2	1	2	3	23
R5	5	5	4	2	1	2	1	1	4	25
R6	4	4	2	2	1	2	2	2	4	23
R7	5	5	4	4	1	2	2	2	4	29
R8	4	4	2	2	2	2	2	2	2	22
R9	5	5	4	4	1	4	2	4	5	34
R10	5	5	4	4	2	2	3	5	5	35
R11	4	4	4	2	2	2	2	2	4	26
R12	4	4	4	4	1	2	2	2	4	27
R13	4	5	2	2	1	2	2	2	4	24
R14	5	5	5	2	1	2	2	1	4	27
R15	4	5	4	4	1	2	4	2	4	30
R16	5	5	4	4	1	2	2	4	4	31
R17	4	5	4	4	1	2	2	4	4	30
R18	4	5	4	4	1	2	2	4	4	30
R19	4	5	5	4	2	2	2	4	4	32
R20	5	5	5	4	1	2	2	4	4	32
R21	5	4	5	5	1	4	2	2	4	32
R22	4	4	4	2	1	2	2	1	4	24
R23	5	5	4	4	1	4	2	4	4	33
R24	4	4	4	4	1	2	2	4	4	29
R25	5	4	4	4	2	2	2	4	4	31
R26	5	5	4	4	2	2	2	4	4	32
R27	4	5	4	4	2	3	2	4	4	32
R28	5	5	4	4	1	2	2	4	4	31
R29	4	5	4	4	1	4	1	4	4	31
R30	5	5	5	4	2	4	4	3	4	36
R31	5	5	4	4	1	2	2	2	4	29
R32	4	5	4	2	1	2	2	1	4	25
R33	4	4	4	4	1	2	2	1	2	24
R34	5	5	4	4	1	2	2			23
R35	4	5	4	4	1	1	2	1	4	26
R36	4	4	4	4	1	2	2	1	4	26
VARIANZA	0.2431	0.2307	0.5764	0.8603	0.1728	0.5340	0.3302	1.6049	0.4082	14.9344

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

K = 9.00

Vi = 4.96

Vt = 14.93

α = 0.75

α > 0.70
Confiability Válida (36)

Anexo 9. Irradiación solar en la región de estudio.

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/ 0.5 x 0.5 Degree Climatologies
22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005), 30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 1984 - December 2013)
Location: Latitude -12.9578 Longitude -75.0971
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 4073.02 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
T2H_MIN MERRA2 1/2x1/2 Minimum Temperature at 2 Meters (C)
SI_EF_MIN_TRACKER SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance Irradiance Tracking the Sun (N/S Orientation)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_OPTIMAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance Optimal (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_VERTICAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Vertical Surface (kw-hr/m^2/day)
T2H_MAX MERRA2 1/2x1/2 Maximum Temperature at 2 Meters (C)
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LATITUDE SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (kw-hr/m^2/day)
SI_EF_MIN_OPTIMAL_ANGLE SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)
EQVINT_NO_SUN_BLACKDAYS_MONTH SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Equivalent Number Of NO-SUN Or BLACK Days Over A Consecutive Month Period (days)
SI_EF_MIN_OPTIMAL_ANGLE PARAMETER SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Minimum Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
PARAMETER JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
-END HEADER-
EQVINT_NO_SUN_BLACKDAYS_MONTH 5.30 4.34 4.41 3.14 2.01 5.58 3.04 2.00 1.66 4.66 4.11 4.93 -999
T2H_MAX 14.22 14.13 14.14 14.39 14.62 13.98 13.89 14.52 14.95 15.09 15.28 14.75 14.50
T2H_MIN 2.80 2.77 2.77 2.52 1.71 0.65 -0.02 0.62 1.80 2.39 2.55 2.78 1.95
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL 4.55 4.66 4.70 4.99 5.15 4.17 4.83 5.44 5.88 5.45 5.67 5.12 5.05
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 4.57 4.66 4.69 4.93 5.05 4.08 4.72 5.36 5.84 5.44 5.69 5.14 5.01
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_VERTICAL 4.36 4.55 4.72 5.23 5.71 4.65 5.40 5.87 6.03 5.35 5.40 4.84 5.18
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 3.66 4.23 4.53 5.26 6.05 4.98 5.79 6.06 5.91 5.00 4.86 4.32 5.08
SI_EF_MIN_TILTED_SURFACE_VERTICAL 1.62 1.66 1.97 2.82 4.03 3.58 4.07 3.60 2.60 1.70 1.61 1.63 2.57
SI_EF_MIN_OPTIMAL 4.60 4.66 4.73 5.28 6.10 5.05 5.87 6.06 6.03 5.45 5.73 5.21 5.40
SI_EF_MIN_OPTIMAL_ANGLE -10.50 -3.00 7.50 22.00 36.00 39.00 38.50 29.50 14.50 0.00 -10.00 -13.50 12.50
SI_EF_MIN_OPTIMAL_ANGLE 5 5 N N N N N N 5 5 N
SI_EF_MIN_TRACKER 5.04 5.17 5.40 6.33 7.50 5.98 7.14 7.51 7.46 6.36 6.61 5.84 6.36
    
```

Anexo 10. Catálogos de componentes del sistema.



Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	150Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 44.5 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Internal Resistance	Approx. 4.2 mΩ
Terminal	F12(M8) / F5(M8)
Max. Discharge Current	1500A (5 sec)
Design Life	12 years (floating charge)
Maximum Charging Current	45 A
Reference Capacity	C3 111.6AH C5 125.5AH C10 143.0AH C20 150.0AH
Float Charging Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V~14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charged batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



DC (Deep Cycle) series batteries provide superior high integrity and reliability. It is specially designed for frequent cyclic charge and discharge. By using strong grids, thick plate and specially active material are designed for repeated deep-discharge applications. The DC series batteries offer 30% more cyclic life than the standby series. It is suitable for solar and wind renewable energy storage, mobility and medical equipment, V, telecom, broadband and cable TV, UPS systems etc.

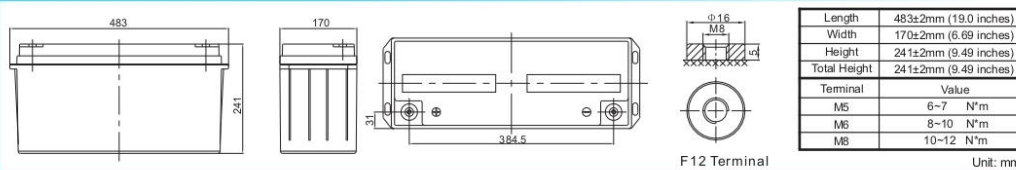


ISO 9001 ISO 14001 OHSAS 18001



MH 28539 G4M20206-0910-E-16

Dimensions



Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	317.8	244.9	143.5	86.2	52.7	39.7	31.4	26.5	18.1	15.3	7.79
1.65V	307.2	237.6	140.5	84.6	51.8	39.1	31.0	26.1	17.9	15.1	7.72
1.70V	293.4	228.0	136.5	82.5	50.6	38.3	30.4	25.7	17.6	14.9	7.63
1.75V	274.9	215.0	131.1	79.5	49.0	37.2	29.6	25.1	17.2	14.7	7.50
1.80V	250.2	197.6	123.7	75.5	46.7	35.6	28.5	24.2	16.7	14.3	7.32
1.85V	216.4	173.6	113.1	69.7	43.5	33.4	26.9	23.0	15.9	13.7	7.05

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

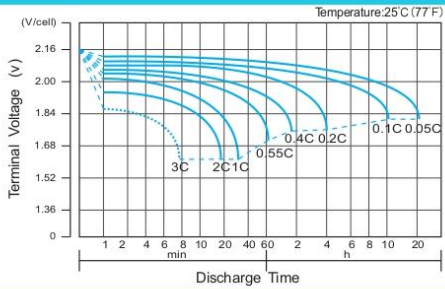
F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	569	451	274	170	105	79.8	63.4	53.7	37.1	31.6	16.2
1.65V	564	446	273	168	104	79.0	62.9	53.3	36.8	31.4	16.0
1.70V	545	432	266	165	102	77.6	61.9	52.5	36.3	31.0	15.9
1.75V	520	413	258	160	99.2	75.7	60.5	51.4	35.6	30.4	15.6
1.80V	481	385	246	152	95.1	72.8	58.4	49.9	34.6	29.6	15.2
1.85V	424	343	228	141	89.1	68.6	55.4	47.5	33.1	28.5	14.7

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.

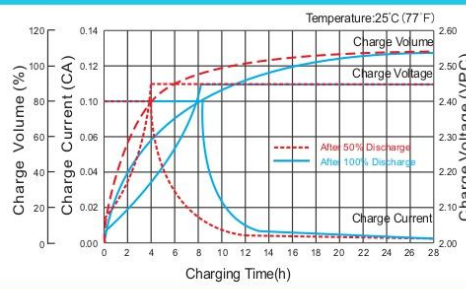
DC12-150(12V150Ah)



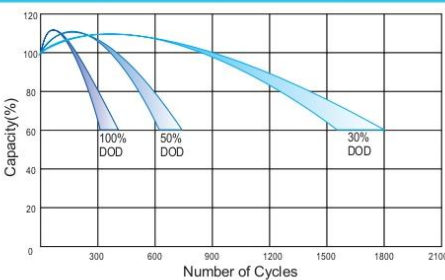
Discharge Characteristics Curve



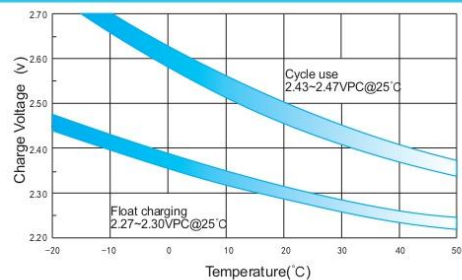
Charge Characteristic Curve for Cycle Use(IU)



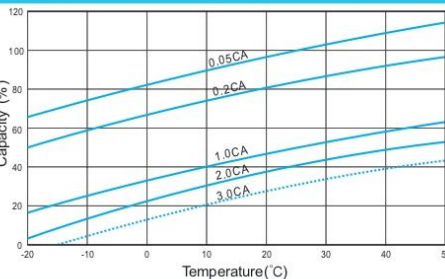
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



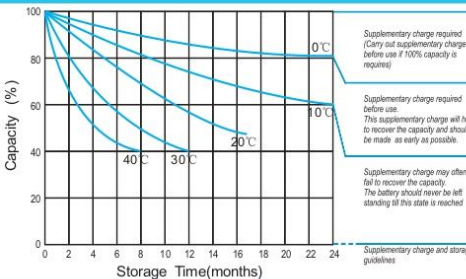
Relationship Between Charging Voltage and Temperature



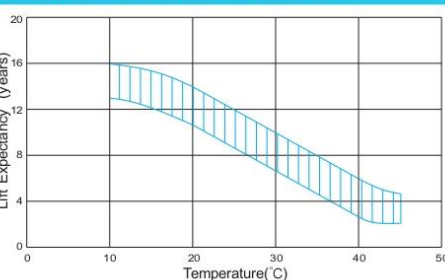
Temperature Effects on Capacity



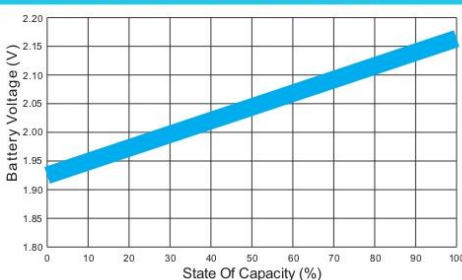
Storage Characteristics



Effect of Temperature on Long Term Life



Relationship of OCV And State of Charge(20°C)



(Note) All above information shall be changed without prior notice, Ritar reserves the right to explain and update the latest information.

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

Add: 10th Floor, Tower C, 1st Building, Software Industry Base, No.81, Xuefu Road, Nanshan District, Shenzhen, Guangdong, China 518057
 Tel: +86-755-33981668/83475380 Fax: +86-755-83475180 E-mail: sales@ritarpower.com Version 17B-0

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

www.victronenergy.com



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 75/15



Detección de Bluetooth
Smart Battery Sense



Detección de Bluetooth
BMV-712 Smart Battery Monitor



Bluetooth Smart integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, 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.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

Sensor opcional de la tensión y de la temperatura externas de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense o un monitor de baterías BMV-712 Smart para comunicar la tensión y la temperatura de la batería a uno o más controladores de carga SmartSolar.

Función de recuperación de baterías completamente descargadas

Empezará a cargar incluso si la batería está descargada hasta cero voltios.

Se reconectará a una batería de ion litio completamente descargada con función de desconexión interna.

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección automática)	12 / 24V		12 / 24 / 48V	
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V	
Eficiencia máxima	98%			
Autoconsumo - on de la carga	12V: 19 mA	24V: 16 mA	26 / 20 / 19 mA	
Autoconsumo - off de la carga	12V: 10 mA	24V: 8 mA	10 / 8 / 7 mA	
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)		14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)	
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)		13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)	
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.			
Corriente de carga continua	15A		20A / 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	Cortocircuito de salida/Sobrecalentamiento			
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VEDirect (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.



UniStreet gen2

BGP282 LED90-4S/740 I DM11 D948/60S

UNISTREET GEN2 MINI - LED module 9000 lm - 740 blanco neutro - Seguridad clase I - Distribución media 11 - Acceso lateral para diámetro de 48-60 mm

UniStreet gen2, diseñada para proyectos de migración a LED a gran escala, es la luminaria de sustitución 1:1 ideal para los ayuntamientos. Gracias a su alta eficiencia y al bajo coste inicial, la luminaria UniStreet gen2 se amortiza rápidamente y ofrece ahorros sustanciales de consumo energético en un corto periodo de tiempo. La facilidad de instalación y mantenimiento que aportan la etiqueta Philips Service y la toma Philips SR (System Ready) la preparan para el futuro y permiten emparejar esta luminaria con controles de iluminación y aplicaciones de software como Interact City. Disponible con diversas ópticas y paquetes luminicos diferentes que pueden ajustarse con precisión a la medida de los requisitos de cada proyecto, UniStreet gen2 es una solución real de sustitución punto a punto para fuentes de luz convencionales. La luminaria es compacta, utiliza materiales de alta calidad y, además, es fácil de desmontar y reciclar al final de su vida útil.

Datos del producto

Información general	
Código de familia de lámparas	LED90 [LED module 9000 lm]
Color de la fuente de luz	740 blanco neutro
Fuente de luz sustituible	Si
Número de unidades de equipo	1
Driver/unidad de potencia/transformador	PSD [Unidad de fuente de alimentación con interfaz DALI]
Driver incluido	Si
Tipo lente/cubierta óptica	FG [Cristal plano]
Apertura de haz de luz de la luminaria	160° - 42° x 54°

Interfaz de control	DALI
Conexión	2 conectores push-in de 5 polos
Cable	No
Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Marca de inflamabilidad	F [F]
Marca CE	Marcado CE
Certificado ENEC	ENEC plus mark
Periodo de garantía	5 años
Tipo de óptica al aire libre	Distribución media 11

UniStreet gen2

Comentarios	* A temperaturas ambiente extremas, es posible que la luminaria se atenúe automáticamente para proteger los componentes
Flujo luminoso constante	No
Número de productos en MCB de 16 A tipo B	10
Conforme con EU RoHS	Sí
Tipo de LED engine	LED
Clase de mantenimiento	Clase A, la luminaria está equipada con piezas que requieren mantenimiento (cuando sea pertinente): placa LED, controlador, unidades de control, dispositivo de protección contra sobretensiones, óptica, cubierta frontal y piezas mecánicas
Código de gama de producto	BGP282 [UNISTREET GEN2 MINI]

Datos técnicos de la luz

Ratio de flujo luminoso ascendente	0
Post-top en ángulo de inclinación estándar	0°
Entrada lateral en ángulo de inclinación estándar	0°

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Corriente de arranque	47 A
Tiempo de irrupción	0,25 ms
Factor de potencia (mín.)	0.99

Controles y regulación

Regulable	Sí
------------------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio fundido
Material del reflector	Polycarbonato
Material óptico	Polymethyl methacrylate
Material cubierta óptica/lente	Vidrio
Material de fijación	Aluminio
Dispositivo de montaje	48/60S [Acceso lateral para diámetro de 48-60 mm]
Forma cubierta óptica/lente	FT
Acabado cubierta óptica/lente	Clara
Longitud global	620 mm
Anchura global	234 mm
Altura global	95 mm
Área de proyección efectiva	0,0251 m ²

Color	GR
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	95 x 234 x 620 mm (3.7 x 9.2 x 24.4 in)

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP66 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK08 [IK08]
Protección contra sobretensiones (común/diferencial)	Nivel de protección contra sobretensiones de la luminaria hasta 6 kV en modo diferencial y 8 kV en modo común

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial (flujo del sistema)	7920 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%
Eficacia de la luminaria LED inicial	141 lm/W
Corr. inic. de temperatura de color	4000 K
Índice de reproducción cromática	70
Cromacidad inicial	(0.381, 0.379) SDCM <-5
Potencia de entrada inicial	56 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-11%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Índice de fallos del equipo de control con una vida útil mediana de 100.000 h	10 %
Mantenimiento lumínico con una vida útil mediana* de 100.000 h	L96

Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	-40 °C a +50 °C
Temperatura ambiente para rendimiento Tq	25 °C
Nivel máximo de regulación	0%

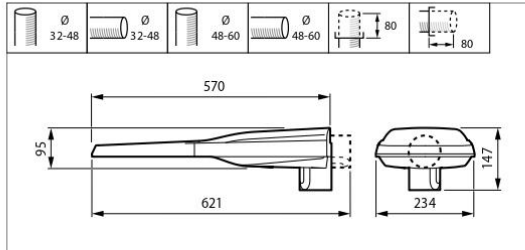
Datos de producto

Código de producto completo	871951407959500
Nombre de producto del pedido	BGP282 LED90-4S/740 I DM11 D9.48/60S
EAN/UPC - Producto	8719514079595
Código de pedido	07959500
Cantidad por paquete	1
Numerador SAP - Paquetes por caja exterior	1
Material SAP	910925866693
Peso neto (pieza) SAP	5,100 kg



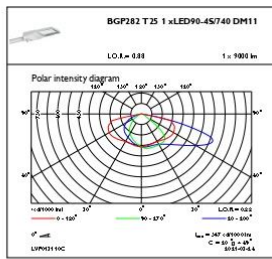
UniStreet gen2

Plano de dimensiones

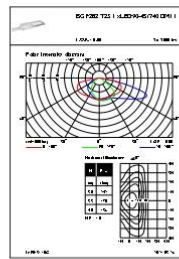


UniStreet BGP/BGS202/203/204

Datos fotométricos



OFPC1_BGP282T251xLED90-45740DM11



OFPL1_BGP282T251xLED90-45740DM11



© 2021 Signify Holding Todos los derechos reservados. Signify no otorga representación o garantía con respecto a la exactitud o integridad de la información incluida aquí y no será responsable de ninguna acción que dependa de la misma. La información presentada en este documento no está destinada a su uso con fines comerciales ni forma parte de ningún presupuesto ni contrato, a menos que Signify acuerde otros términos. Philips y el emblema de escudo de Philips son marcas comerciales registradas de Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com

2021, Junio 19 - Datos sujetos a cambios



Poly-crystalline Solar Module

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

Warranty

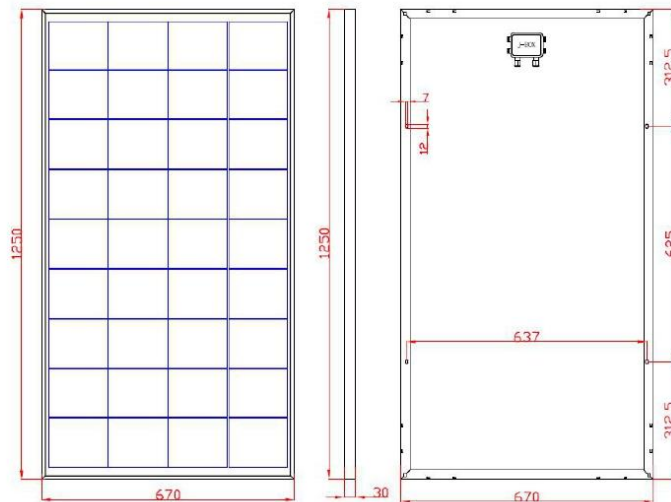
10-year repair and workmanship warranty
 12-year warranty at 90% power output
 25-year warranty at 80% power output



Typical Electrical Characteristics

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

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

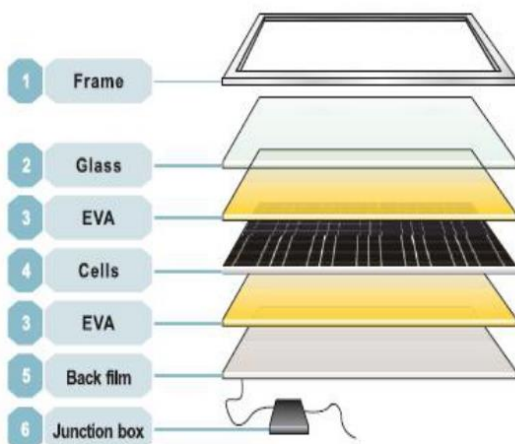


ECO DELTA POWER CO.,LTD.
www.ecodeltapower.com

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

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

Certification



The Structure of Solar Modules

Cells

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

Glass

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

EVA

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

Back film

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

Aluminum Frame

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



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

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