

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Propuesta de iluminación led mediante  
el sistema fotovoltaico en las  
conexiones de alumbrado público del  
Parque Grau de la provincia de Yauli – La  
Oroya, 2024**

Cristian Enrique Baldeon Yauri  
Luis Angel Ramos Alanya

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional"

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Edgar Junnyor Ponce Medrano  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 15 de Agosto de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

PROPUESTA DE ILUMINACION LED MEDIANTE EL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LAS CONEXIONES DE ALUMBRADO PUBLICO DEL PARQUE GRAU DE LA PROVINCIA DE YAULI – LA OROYA, 2024

**Autores:**

1. LUIS ANGEL RAMOS ALANYA – EAP. Ingeniería Eléctrica
2. CRISTIAN ENRIQUE BALDEON YAURI – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- |   |  |  |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía   | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/>            |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores<br>Nº de palabras excluidas ( <b>en caso de elegir "SI"</b> ): 15 | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/>            |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante   | SI <input type="checkbox"/>            | NO <input checked="" type="checkbox"/> |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del ascesor obra en el archivo original**  
(no se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por guiarnos durante este periodo académico y por permitirnos culminar nuestras metas trazadas con éxito.

A los docentes, por sus palabras sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación, perseverancia y tolerancia.

A nuestro asesor, ya que sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia, este trabajo no hubiese llegado a buen puerto. Sus consejos fueron siempre considerados. Sus sugerencias y valiosos aportes nos permitieron la culminación del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, por acompañarnos en cada paso que damos para poder ser mejores como personas y profesionales.

A nuestros hermanos, por brindarnos su apoyo y orientación en los momentos difíciles en los que sentíamos rendirnos y dejar nuestras metas.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO .....	2
DEDICATORIA .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN .....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
CAPÍTULO I .....	16
1. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2. OBJETIVOS .....	18
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	19
1.4. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	21
CAPÍTULO II .....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	24
2.2. BASES TEÓRICAS .....	28
2.3. DEFINICIÓN TEÓRICA .....	29
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	33
CAPÍTULO III.....	35
3.1. MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
3.1.1. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN .....	35

3.1.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA .....	45
3.1.3. PRUEBAS DE SOLUCIÓN.....	60
3.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN .....	70
3.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....	70
3.4. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	71
3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	71
3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	71
 CAPÍTULO IV. ....	 77
 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	 77
4.1 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN GENERAL .....	77
4.2. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA EL REEMPLAZO DE LUMINARIAS DE VAPOR DE SODIO POR LED. ....	91
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	95
4.3.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL .....	95
4.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 .....	96
4.3.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 .....	97
4.4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS .....	98
 CONCLUSIONES .....	 100
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 102
 ANEXOS .....	 113

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	23
Tabla 2. Datos Ambientales de La Oroya .....	40
Tabla 3. Radiación promedio mensual incidente en una superficie inclinada apuntada al Ecuador (kWh/m <sup>2</sup> /día).....	41
Tabla 4. Características de Funcionamiento Luminaria BRP 110 .....	50
Tabla 5. Iluminación recomendada para parques y jardines .....	61
Tabla 6. Niveles de iluminancia, luminancia e índice de deslumbramiento .....	62
Tabla 7. Análisis de las soluciones .....	68
Tabla 8. Consumo de energía mensual con luminarias de vapor de sodio de 150 W .....	77
Tabla 9. Datos estadísticos de lectura anterior, lectura actual y consumo .....	78
Tabla 10. Datos estadísticos de lectura anterior, lectura actual y consumo por meses .....	78
Tabla 11. Percentil de lectura anterior y lectura actual por meses .....	79
Tabla 12. Correlación de Pearson .....	82
Tabla 13. Consumo de energía mensual con luminarias de vapor de sodio de 50 W .....	82
Tabla 14. Datos estadísticos de lectura anterior, lectura actual y consumo .....	83
Tabla 15. Datos estadísticos de lectura anterior, lectura actual por meses .....	83
Tabla 16. Percentil de lectura anterior y lectura actual .....	83
Tabla 17. Correlación de Pearson .....	86
Tabla 18. Comparación del consumo de energía eléctrica con luminaria de vapor de sodio vs. luminarias LED .....	87
Tabla 19. Estadístico del consumo de energía eléctrica con luminaria de vapor de sodio y luminarias LED.....	88
Tabla 20. Estadístico del consumo de energía eléctrica.....	88
Tabla 21. Percentil del consumo de energía eléctrica .....	88
Tabla 22. Correlación de Pearson .....	90
Tabla 23. Valor referencial de los equipos .....	91
Tabla 24. Costos indirectos.....	91

Tabla 25. Inversión del Proyecto .....	92
Tabla 26. Cálculo de la depreciación anual de los equipos.....	92
Tabla 27. Flujo de Caja.....	94
Tabla 28. Valores cálculos prueba de hipótesis general .....	95
Tabla 29. Valores cálculos prueba de hipótesis específica 1 .....	96
Tabla 30. Valores cálculos prueba de hipótesis específica 2 .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de tecnologías de alumbrado. Tomada de “Avances Tecnológicos en el Alumbrado Público”, por Osinergmin. 2013. ....	28
Figura 2. Ubicación Geográfica del Parque Miguel Grau La Oroya. Tomado de “Google Maps”, Google Maps. 2025. ....	37
Figura 3. Ubicación Geográfica del Parque Miguel Grau La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025. ....	37
Figura 4. Diagrama de Temperatura de La Oroya. Tomada de “Climate-Data”, por Climate-Data. 2025. ....	38
Figura 5. Precipitaciones La Oroya. Tomada de “Climate-Data”, por Climate-Data. 2025. ....	38
Figura 6. Hora Solar La Oroya. Tomada de “Climate-Data”, por Climate-Data. 2025. ....	39
Figura 7. Horas de luz Natural y Crepúsculo La Oroya. Tomada de “Weathersparks” por Weathersparks. 2025. ....	39
Figura 8. Disponibilidad de Energía de Yauli-La Oroya. Tomada de “Weathersparks”, por Weathersparks. 2025. ....	40
Figura 9. Datos de la zona obtenidos por Solar APP La Oroya. Tomada de “Insolación promedio, temperatura máxima, mínima y promedio de Yauli-La Oroya”, por CCEA. 2025. ....	41
Figura 10. Radiación solar promedio La Oroya. Tomada de “Insolación promedio, temperatura máxima, mínima y promedio de Yauli-La Oroya”, por CCEA. 2025. ....	42
Figura 11. Parque Miguel Grau, La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025. ....	43
Figura 12. Parque Miguel Grau, La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025. ....	43
Figura 13. Luminaria Vial Vapor de Sodio. Miguel Grau, La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025. ....	44

Figura 14. Distribución de luminarias Vial Vapor de Sodio. Miguel Grau, La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025. ....	45
Figura 15. Sistemas de Iluminación basados en tecnología solar. Tomada de “folleto comercial no publicado de Lumitek, Catálogo de productos LED”, por Luminaria All-in- one. 2023, p.8.....	46
Figura 16. Luminarias All-in-one vs Luminarias no Integradas. Tomada de “BRP110 LED50/757 G2 – Alumbrado público solar All-In-One SmartBright”, por Philips Lighting, 2025. ....	46
Figura 17. Luminarias con influencias de Arbustos en Parque Miguel Grau. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025. ....	48
Figura 18. Luminarias Modelo BRP110. Tomada de “BRP110 LED50/757 G2 – Alumbrado público solar All-In-One SmartBright”, por Philips Lighting, 2025. ....	50
Figura 19. Luminarias Modelo BRP110. Tomada de “BRP110 LED50/757 G2 – Alumbrado público solar All-In-One SmartBright”, por Philips Lighting, 2025. ....	52
Figura 20. Baterías estacionarias Modelo Ultracell UZS600. Tomada de “Batería estacionaria 600Ah 12V Ultracell UZS600”, por AutoSolar. 2025.....	56
Figura 21. Inversor On Grid Modelo UL 3.8-1 208-240. Tomada de “Modelo UL 3.8-1 208-240”, por AutoSolar. 2025.....	57
Figura 22. Panel Monocristalino Perc EcoGreen. Tomada de “Panel solar 550W 24V monocristalino PERC EcoGreen”, por AutoSolar. 2025. ....	58
Figura 23. Gráfico de la Corriente Vs voltaje para panel Monocristalino Perc EcoGreen. Tomada de “Panel solar 550W 24V monocristalino PERC EcoGreen”, por AutoSolar. 2025. ....	59
Figura 24. Plano eléctrico del diseño Solar Conectado a la Red. Tomada de “Control de flujo de energía en una micro-red eléctrica basada en energías renovables. Jóvenes en la Ciencia”, por Núñez y Lozano. 2016.....	60
Figura 25. Simulación de iluminación del Parque Miguel Grau.....	60
Figura 26. Longitudes del Parque Miguel Grau.....	61

Figura 27. Luminarias al 100% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau .....	63
Figura 28. Cálculo al 100% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau.....	63
Figura 29. Luminarias al 60% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau .....	64
Figura 30. Cálculo al 60% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau.....	64
Figura 31. Luminarias al 30% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau .....	65
Figura 32. Cálculo al 30% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau.....	65
Figura 33. Luminarias arealight de Ledvance. Tomada de “Ficha técnica: Luminaria LED Arealight 50W/NW 5000Lm IP66 EQ. [Datasheet]”, por Promelsa. 2025. ....	66
Figura 344. Simulación de iluminación para luminaria Arealight de Ledvance.....	66
Figura 355. Cálculo iluminación para luminaria Arealight de Ledvance. ....	67
Figura 36. Gráfico de estructura de la lectura anterior.....	79
Figura 37. Gráfico de estructura de la lectura actual .....	80
Figura 38. Gráfico de estructura de consumo .....	80
Figura 39. Histograma de lectura anterior .....	80
Figura 40. Histograma de lectura actual .....	81
Figura 41. Histograma de consumo .....	81
Figura 42. Gráfico de estructura de la lectura anterior.....	84
Figura 43. Gráfico de estructura de la lectura actual .....	85
Figura 44. Gráfico de estructura de consumo .....	85
Figura 45. Histograma de lectura anterior .....	86
Figura 46. Histograma de lectura actual .....	86
Figura 47. Histograma de lectura actual .....	86
Figura 48. Gráfico de estructura de consumo Vapor de Sodio .....	89
Figura 49. Gráfico de estructura de consumo LED .....	89
Figura 50. Histograma de consumo Vapor de Sodio .....	90
Figura 51. Histograma de consumo LED.....	90
Figura 52. Pliego tarifario de electricidad. Tomada de “Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad”, por OSINERGMIN. 2025.....	93

Figura 53. Periodo de recuperación .....	95
Figura 54. Periodo de recuperación. Tomado de “La tabla 27” .....	95
Figura 55. Decisión de la prueba de hipótesis general. Tomada de “Unidad 2 – Estadística II: Medidas de posición”, por Universidad Militar Nueva Granada, 2025. ....	96
Figura 56. Decisión de la prueba de hipótesis específica 1. Tomada de “Unidad 2 – Estadística II: Medidas de posición”, por Universidad Militar Nueva Granada, 2025. ....	97

## RESUMEN

La presente investigación tiene como principal objetivo plantear una alternativa de solución, enfocada en la sostenibilidad y eficiencia, para el reemplazo de las luminarias que conforman un sistema de Alumbrado Público del Parque Miguel Grau, ubicado en el distrito de Yauli-La Oroya en la Provincia de Yauli, departamento de Junín, el cual está conformado por 19 luminarias de Vapor de Sodio de 150W.

Como alternativa de solución, se plantea analizar el reemplazo de todas las luminarias con compuesto de sodio, por luminarias tipo led con tecnología solar, para ello se analizarán las tecnologías disponibles en función de la tensión en la unidad de análisis. El diseño de investigación planteado fue descriptivo- comparativo. En la muestra investigada de 19 equipos de alumbrado público, se realizaron las mediciones a través del medidor de alumbrado público instalado en la subestación de distribución, registrando el consumo eléctrico, se extrajeron datos mediante registros fotográficos y se organizaron en cuadros.

Se llegó a la conclusión de que al implementar el sistema de iluminación LED se reducirá el consumo de energía eléctrica en al menos un 50% de la energía consumida con la comparación de las luminarias de vapor de sodio, detonando una rentabilidad en la facturación mensual.

**Palabras clave:** iluminación led, sistema fotovoltaico, conexiones de alumbrado público, iluminación LED, vapor de sodio, potencia de consumo eléctrico, corriente y tensión

## **ABSTRACT**

The main objective of this research is to propose a sustainable and efficient alternative solution for the replacement of the public lighting system at Miguel Grau Park, located in the district of Yauli-La Oroya, in the province of Yauli, department of Junín. The current system consists of 19 sodium vapor lamps of 150W each.

As an alternative solution, the study proposes replacing all sodium-based luminaires with LED lights using solar technology. To this end, available technologies will be analyzed based on the voltage characteristics of the study area. The research design adopted was descriptive and comparative. In the sample of 19 public lighting fixtures, measurements were taken using the public lighting meter installed at the distribution substation, recording the electrical consumption. Additional data were obtained through photographic records and organized into tables for analysis.

The study concludes that the implementation of a solar-powered LED lighting system will reduce electricity consumption by at least 50% compared to the current sodium vapor lamps, resulting in increased profitability due to lower monthly electricity billing.

**Keywords:** LED lighting, photovoltaic system, public lighting connections, current, voltage

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada “Propuesta de iluminación LED mediante el sistema fotovoltaico en las conexiones de Alumbrado Público en el Parque Grau de la Provincia de Yauli - La Oroya, 2024” surgió de la problemática que motiva esta investigación, la cual radica en la insuficiente eficiencia energética y los altos costos de mantenimiento asociados con el sistema de alumbrado público tradicional en el Parque Grau de la provincia de Yauli, La Oroya. Actualmente, el sistema de iluminación pública depende de fuentes de energía convencionales que no solo demandan un consumo elevado, sino que también contribuyen a la contaminación ambiental y a la emisión de gases de efecto invernadero. Además, las fallas frecuentes en el sistema generan un entorno poco seguro para la comunidad, afectando la calidad de vida de los habitantes y el atractivo del parque como espacio público.

Esta situación plantea la necesidad de explorar soluciones alternativas y sostenibles que permitan reducir el consumo de energía, los costos operativos y el impacto ambiental. En este contexto, la implementación de un sistema de iluminación LED alimentado por energía solar fotovoltaica surge como una solución prometedora para abordar estas problemáticas, ya que no solo ofrece una opción más eficiente y duradera, sino que también fomenta el uso de energías renovables en beneficio de la comunidad local.

El objetivo es desarrollar una propuesta innovadora de iluminación pública sostenible en el Parque Grau, un espacio significativo en la provincia de Yauli. En respuesta a las crecientes demandas de energía, este estudio se centra en la implementación de un sistema de iluminación LED alimentado por energía solar fotovoltaica, con el fin de reducir el consumo eléctrico y minimizar el impacto ambiental. La investigación analizará tanto los aspectos técnicos como económicos de esta propuesta, evaluando su viabilidad y beneficios a largo plazo para la comunidad local.

Capítulo I. Se observa el planteamiento del problema identificado, la formulación del problema, objetivo general y específicos, hipótesis, justificación y los alcances de la investigación.

Capítulo II. Contiene la recolección de los antecedentes nacionales e internacionales considerando los más importantes que enriquecen esta investigación, el marco teórico en base a las variables y las definiciones de términos básicos.

Capítulo III. Se explica la metodología de investigación que se emplea para este proyecto considerando el tipo, nivel y método de investigación, se delimita la población y muestra. En el caso de este proyecto, una muestra intencionada, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV. Se detallan los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto mediante tablas y figuras que compilan la información relevante con las que se comprueba si las hipótesis planteadas inicialmente son aceptadas o rechazadas.

Finalmente, se presentan las conclusiones detallando los resultados obtenidos al término del desarrollo del proyecto de proponer un sistema de eficiencia y sostenibilidad con luminarias LED.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

La revolución energética ha permitido, luego de vestir el mundo con irradiación a partir del sistema eléctrico, que todo espacio físico se encuentre a la vanguardia de la sociedad. La revolución eléctrica trajo diversidad de instalaciones de circuitos para suministrar energía eléctrica a edificios, lugares públicos, instalaciones, infraestructuras y/o cualquier tipo de equipos necesarios con el fin de garantizar un eficaz funcionamiento con el vínculo de aparatos eléctricos dependiendo de la necesidad de la sociedad (Winskel y Kattirtzi, 2020).

La energía es un recurso inagotable que se transforma en distintas formas, por ejemplo, de energía solar a energía eléctrica, esto mediante el uso de sistemas fotovoltaicos. Dichos sistemas funcionan mediante el uso de paneles fotovoltaicos, que son dispositivos electrónicos semiconductores capaces de convertir la energía solar en electricidad. Este tipo de energía se define como una energía limpia. En la actualidad, existen muchas aplicaciones basadas en esta tecnología tales como la energización de viviendas, sistemas de calefacción, iluminación de vías públicas (Ochoa y Ortega, 2021).

A nivel mundial, países como Alemania, tienen un nivel de consumo por habitante de 43 kW en promedio (Eerma et al., 2022), Francia una ratio de 91 kW, ambos datos obtenidos previos a la pandemia (Şahin, 2021). Es importante destacar que recientes estudios señalan que en la actualidad existe una reducción de la contaminación generada por la energía. Según expertos, uno de los factores que determinan el nivel de contaminación de una luminaria está relacionado con su temperatura de color, para lo cual los tonos cálidos y fríos se consideran los que producen mayor índice de contaminación lumínica (Eerma et al., 2022).

Según la AFE (Asociación Francesa de Iluminación), Europa cuenta con 90 millones de luminarias urbanas instaladas, un 75 % de las cuales tienen más de 25 años generando altos costes de mantenimiento y un gran consumo de energía, por lo que la renovación a mediano plazo es inevitable. Por otra parte, los 28 países europeos se han marcado objetivos ambientales y el alumbrado público es un factor clave para alcanzarlos. La iluminación solar autónoma se considera la solución actual enfocada en reducir los niveles de consumo de energía, así como también las emisiones contaminantes y, por consiguiente, el calentamiento del planeta (Fonroche, 2020).

En la tercera Cumbre Empresarial de las Américas con sede en Perú, específicamente en la ciudad de Lima, Robberechts (2020) destacó que cerca del 50% de la capacidad eléctrica mundial podría provenir de la energía fotovoltaica para 2025. Varios países de América Latina y el Caribe serían los más favorecidos por esta tendencia, debido tanto a su ubicación geográfica como al aumento en proyectos de energía solar en los últimos años.

En la actualidad, este tipo de proyectos son de categoría factible, y obtienen financiamiento tanto público como privado para su ejecución, generando un crecimiento acelerado de los proyectos de energía solar, aumentando los costos de la implementación con la energía solar, la variedad de sectores sigue forzando a la industria y la irresolución macroeconómica, poniendo a prueba la estabilidad económica (Muñoz, 2021). Mientras tanto, algunos fabricantes y desarrolladores de energía solar van consolidándose, van ganando un mayor índice de participación en el mercado (Espinoza, 2021).

Para Chile, en 2019 se tiene un 18% de la capacidad instalada total, que asciende a 24,8 GW es solar y eólica (Pérez, 2020). Para el caso de México, la reforma energética de 2013 fue tener un sector energético moderno, se creó un marco normativo e institucional para el aprovechamiento de las energías renovables (Bonilla, 2020), los entes generadores de energía solar se enfrentan en una batalla de competitividad de mercado, lo cual deriva en unos costos accesibles, con financiamiento a largo plazo en dos décadas.

Para el caso de Brasil, la denominada Agencia Brasileña de Regulación de la Electricidad (ANEEL, por sus siglas en portugués) promueve de manera exitosa el desarrollo de proyectos de generación de energía eólica, en comparación con los paneles solares, por factores de situación política, económica y normas regulatorias han frenado su crecimiento (Robberechts, 2020).

En el Perú, la matriz energética está fuertemente concentrada en recursos hidráulicos, ya que las centrales hidroeléctricas representan la principal fuente de energía renovable del país. Aunque esta dependencia ha permitido un abastecimiento relativamente sostenible, existen limitaciones que pueden afectar la capacidad de atender la creciente demanda energética. La infraestructura hidroeléctrica está sometida a riesgos asociados a fenómenos naturales, como sequías o cambios climáticos, que pueden comprometer la disponibilidad de energía a largo plazo (Ministerio de Energía y Minas [MIMEN], 2020). Esto ha generado interés en diversificar la matriz energética a través de la incorporación de fuentes renovables adicionales, como la solar y eólica, para mejorar la resiliencia del sistema energético peruano.

Dentro de este contexto, en espacios públicos como el Parque Grau, en la provincia de Yauli, La Oroya, persisten problemas de eficiencia y sostenibilidad en el sistema de alumbrado público. Las tecnologías tradicionales de iluminación requieren un alto consumo energético y presentan altos costos de mantenimiento, factores que, en conjunto, aumentan la dependencia de la infraestructura convencional y el uso de recursos no renovables, con el consecuente impacto ambiental (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2020).

En cuanto a la selección de equipos, los paneles de energía fotovoltaica, generalmente monocristalinos, presentan disposición simétrica del material, con un índice de eficiencia entre 15% y 18%, sin producir emisiones contaminantes o inflamables, lo cual contribuye favorablemente al cuidado del medio ambiente. Todos los cambios energéticos han permitido al mundo visualizar tipos de sistemas eléctricos que generen un funcionamiento adecuado para el medio ambiente. El distrito de La Oroya, en la provincia de Yauli, ubicada en el departamento de Junín en la sierra central del Perú, actualmente presenta dificultades en el alumbrado público. Según los reportes de la empresa ELECTROCENTRO, existen deficiencias tanto en el consumo de energía y la eficiencia de las luminarias instaladas.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cómo se puede mejorar la iluminación del Parque Grau de la provincia de Yauli - La Oroya mediante el uso de iluminación LED en el año 2024?

### **1.1.2. Problemas específicos**

- a) ¿En qué medida el reemplazo de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED reducirá el consumo de energía eléctrica en el alumbrado público en el Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya?
- b) ¿Qué tan viable es económicamente la implementación de un sistema de iluminación LED en el Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar cómo se puede mejorar la iluminación del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya, 2024 mediante el uso de iluminación LED con sistema fotovoltaico en el año 2024.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar en qué medida el reemplazo de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED puede reducir el consumo de energía eléctrica en el alumbrado público del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya
- b) Evaluar qué tan viable es económicamente la implementación de un sistema de iluminación LED solar autónoma en el Parque Grau en la provincia de Yauli - La Oroya

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación social**

La implementación de un sistema de iluminación con paneles fotovoltaicos tiene una justificación social significativa, al mejorar el alumbrado público mediante tecnología sostenible, se promueve un espacio más seguro y accesible para los habitantes, lo cual es fundamental para reducir accidentes y actos delictivos, especialmente en horas nocturnas. Además, el uso de un sistema de iluminación solar autónomo fomenta la conciencia ambiental dentro de la comunidad al demostrar los beneficios de las energías renovables y reducir la dependencia de fuentes convencionales de electricidad. Esto impulsa un cambio hacia prácticas sostenibles e inspira a los residentes a participar activamente en el cuidado del entorno natural y la adopción de tecnologías limpias.

### **1.3.2. Justificación teórica**

En el presente trabajo, se fundamenta teóricamente en estudios relacionados en el elevado consumo energético de las luminarias de vapor de sodio en el alumbrado público. En ese contexto, se propone el uso de luminarias LED, lo que contribuye a la reducción del consumo eléctrico sin dejar de garantizar el cumplimiento de los niveles mínimos de iluminación.

### **1.3.3. Justificación económica**

La implementación de un sistema de alumbrado público con luminarias LED en la provincia de Yauli - La Oroya representa una inversión estratégica con amplios beneficios económicos tanto para la municipalidad como para los residentes. Las luminarias LED son conocidas por su alta eficiencia energética, ya que consumen hasta un 50% menos de electricidad en comparación con las tecnologías de iluminación tradicional, como las lámparas de vapor de sodio o de mercurio y teniendo menor emisión de CO<sub>2</sub> (Medina, 2022). Esto genera una

reducción significativa en los costos de energía para la municipalidad, permitiendo redirigir esos recursos hacia otros servicios y proyectos de interés público. Además de reducir el consumo de energía, las luminarias LED tienen una vida útil considerablemente más larga, con una duración promedio de hasta 50,000 horas, lo cual minimiza la frecuencia de reemplazos y el gasto en mantenimiento (JISO Iluminación, 2023). Esto se traduce en ahorros adicionales, ya que la inversión en reemplazo y mantenimiento de luminarias será menos recurrente y se reducirán los costos operativos del sistema de alumbrado público a largo plazo.

#### **1.3.4. Justificación metodológica**

Todo trabajo de investigación genera la forma y ejecución del proceso a requerir; por tanto, la propuesta responde a la necesidad de evaluar cuantitativamente el impacto del reemplazo de las luminarias de vapor de sodio por tecnología LED con un sistema fotovoltaico. Se empleará un enfoque científico que mida la reducción en el consumo energético y analice la viabilidad económica de la implementación. El diseño metodológico considerando el tipo, nivel y alcance de la investigación, así como la selección de técnicas de recolección y procesamiento de datos que aporten evidencia empírica que el estudio sea riguroso, replicable en el ámbito del alumbrado público sostenible.

#### **1.3.5. Justificación técnica**

Desde el punto técnico, la investigación justifica la factibilidad de implementar un sistema de iluminación LED solar en el Parque Grau. Se considera la eficiencia de las luminarias LED, su compatibilidad con sistemas fotovoltaicos, y la facilidad de instalación en espacios públicos, esto es una solución que responde al objetivo de reducir el consumo eléctrico y evaluar la viabilidad económica del sistema, considerando aspectos generales de la inversión, su vida útil, el mantenimiento de sus componentes.

#### **1.3.6. Importancia**

La sociedad, según las normativas vigentes, requiere una iluminación adecuada en los espacios públicos, lo cual es esencial para las actividades diarias de los ciudadanos. El diseño adecuado del alumbrado público depende de las características de cada zona, así como de la eficiencia, estructura y disposición de la energía utilizada. Con el crecimiento de la población, las demandas de energía de la sociedad hacia los gobiernos y empresas energéticas son cada vez más exigentes. No solo se espera que ofrezcan un servicio eficiente y satisfactorio, sino también que reduzcan el impacto ambiental, ya que, según

investigaciones, la energía eléctrica convencional es una de las principales fuentes de contaminación debido a su alto consumo y baja eficiencia. Esto impulsa la búsqueda de tecnologías lumínicas más sostenibles, como las luces LED, que no contienen mercurio, un elemento altamente contaminante, y que además permiten un consumo reducido de energía. Asimismo, el uso de sistemas fotovoltaicos en espacios públicos contribuye a reducir el consumo de energía eléctrica, aprovechando la energía solar como alternativa más amigable con el medio ambiente.

## **1.4. Hipótesis y variables**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Si se implementa un sistema de iluminación LED alimentado por energía fotovoltaica en el Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya, entonces se mejorará la eficiencia energética en aproximadamente un 50%.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Si se reemplazan las luminarias de vapor de sodio por luminarias LED solares en el Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya, entonces el consumo de energía eléctrica se reducirá en al menos un 35%, mejorando la eficiencia energética del sistema de alumbrado público.
  
- b) Si se implementa un sistema de iluminación LED solar en el Parque Grau, entonces será económicamente viable, permitiendo una recuperación de la inversión en menos de 4 años mediante ahorro en consumo de energía eléctrica y costo de mantenimiento.

### **1.4.3. Variables**

#### **1.4.3.1. Variable dependiente (y):**

##### **El sistema fotovoltaico:**

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación de la energía solar en energía eléctrica mediante el uso de células fotovoltaicas, que aprovechan la radiación solar para generar corriente continua. Estas células, que están hechas principalmente de materiales semiconductores como el silicio, funcionan mediante el efecto fotovoltaico, donde la luz incidente libera electrones, generando una corriente eléctrica. La energía producida puede

ser utilizada directamente o almacenada en baterías para su posterior uso, constituyendo una de las fuentes de energía renovable más limpias y sostenibles (Gómez, Camacho, Becerra, Arias y Zhao, 2024).

#### **1.4.3.2. Variable independiente (x):**

##### **Sistema de Iluminación:**

Un sistema de iluminación es un conjunto de elementos diseñados para proporcionar luz en un espacio determinado, con el fin de permitir la visualización y la realización de actividades en condiciones óptimas. Estos sistemas incluyen fuentes de luz, como bombillas o lámparas, así como dispositivos de control, cables, interruptores y, en algunos casos, sistemas de regulación de la intensidad lumínica. Además, un sistema de iluminación puede estar diseñado para cumplir con criterios de eficiencia energética, estética y confort visual, adaptándose a las necesidades específicas del entorno (Castro y Posligua, 2015).

### 1.4.3.3 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Tipo de Variable</b>
<b>V1</b> Sistema de Fotovoltaico	La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación de la energía solar en energía eléctrica mediante el uso de células fotovoltaicas, que aprovechan la radiación solar para generar corriente continua (CC).	Sistema que se basa en la transformación de la energía solar en energía eléctrica	Parámetros luminotécnicos	Flujo luminoso	Lm	Numérico
				Intensidad Luminosa	Cd	Numérico
<b>V2</b> Iluminación LED	Un sistema de iluminación es un conjunto de elementos diseñados para proporcionar luz en un espacio determinado, con el fin de permitir la visualización y la realización de actividades en condiciones óptimas. Estos sistemas incluyen fuentes de luz, como bombillas o lámparas, así como dispositivos de control, cables, interruptores y, en algunos casos, sistemas de regulación de la intensidad lumínica.	Es la interconexión de luminarias en un determinado lugar con el fin de brindar confort visual, cumplimiento de la norma, ya sea en vías públicas, parques y demás espacios libres de circulación.	Consumo Eléctrico	Potencia	W	Numérico
				Corriente	A	Numérico

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ayzacayo (2022), presentó su tesis doctoral, bajo el título “*Alumbrado público alimentado con energía fotovoltaica en el Municipio de Eucaliptus*”, el proyecto de grado consiste en el diseño de un sistema de iluminación pública de las avenidas y calles, alimentado por medio de un sistema fotovoltaico aplicado a luminarias con tecnología LED para el municipio de Eucaliptus del Departamento de Oruro. Para el dimensionamiento de los niveles de iluminación y otros aspectos se utilizó el software DiaLux, el cual nos proporcionó la siguiente información: la luminaria con el nivel del lux adecuado, la distancia interpostal, altura de instalación de la luminaria y el estudio luminotécnico. Posteriormente, se dimensionó la capacidad del sistema fotovoltaico, así como la elección de sus componentes. Con la finalidad de demostrar la viabilidad de ejecución del presente proyecto, se realizó un estudio económico comparativo del sistema actualmente instalado con la propuesta presentada en este proyecto.

Ochoa y Ortega (2021), en su estudio titulado “*Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico modular aplicado a la iluminación ornamental en la ciudad de Cuenca*”, abordaron el diseño, simulación y aplicación de un sistema fotovoltaico para iluminación. Este estudio se basó en un enfoque aplicado, destacando la importancia de la radiación solar, que generalmente es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$ . En el sistema diseñado, los módulos fotovoltaicos se conectan en serie y en paralelo, resultando en una tensión de salida de 113,7 V, una corriente de salida de 27,81 A y una potencia total de 2,43 kW. Para el cálculo del regulador, se determina la corriente máxima que atraviesa el sistema fotovoltaico, tomando en cuenta tanto la corriente de los paneles fotovoltaicos como la corriente máxima consumida por la carga, siendo esta última la que debe soportar el regulador. Además, la cantidad de paneles fotovoltaicos se calcula en función de la radiación solar disponible, la demanda energética y la potencia de cada panel. Un criterio clave en el diseño es la utilización de la tensión en vacío y la corriente de cortocircuito para evitar el subdimensionamiento y prevenir posibles fallos en el sistema.

Espinoza (2021), en su estudio titulado *“Estudio de alternativas para alumbrado con luminarias LED y sistemas de alimentación eléctrica fotovoltaica en áreas exteriores”*, analizó diversas alternativas para generar luz eléctrica en espacios públicos mediante luminarias LED y sistemas fotovoltaicos. Los resultados mostraron una reducción del 60% en el consumo de energía en comparación con las luminarias tradicionales, representando un ahorro de 9.8 kWh/año en jardines internos y 10.950 kWh/año en el área de estacionamiento de profesores. En Venezuela, donde los costos de producción de energía son bajos, el cambio a tecnología LED no implica un aumento de costos, sino una mejora en el rendimiento de las unidades de producción de energía. En conclusión, este cambio reduciría el consumo en un 71,95%, lo que equivaldría a un ahorro de 183.843,20 kWh/año, lo que, a su vez, disminuiría la cantidad de componentes necesarios en la planta fotovoltaica, reduciendo los costos de inversión. especialmente en baterías, que representan aproximadamente la mitad del costo total.

(Guerrero y Catagua, 2021) en su investigación titulada *“Sistema de alumbrado público aplicado mediante energía renovable para la Comuna Masa 2, Golfo de Guayaquil”*, incluyeron un análisis detallado de las características y dimensiones del terreno, lo que permitió realizar simulaciones para evaluar la eficacia de la iluminación y la viabilidad de la instalación del sistema. Como resultado, se determinó que la implementación de este sistema requeriría una inversión inicial de 8,348.40 dólares. Las simulaciones confirmaron la viabilidad del proyecto, destacando el potencial de la energía renovable para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del alumbrado público en la zona.

Rodríguez y Limas (2020), en su tesis titulada *“Implementación de alumbrado público alimentado con energía fotovoltaica en la entrada del municipio de Santa Ana Magdalena primer kilómetro (1 km) de la vía Santa Ana – Pueblito”* implementaron un sistema de alumbrado público que se alimentó con la potencia solar requerida en los procesos fotovoltaicos; señaló que los habitantes de la zona trataban de compensar la escasez de energía mediante el uso de luminarias de tecnología LED, además de la energía fotovoltaica, con el fin de ampliar el círculo de beneficiarios y ofrecer unos costes de implantación inferiores a los de las luminarias de tecnología tradicional para el alumbrado público, ya que la mayoría de estas luminarias han sido importadas y están a punto de desaparecer. El resultado fue un sistema eficiente basado en luminarias LED, que fue la mejor alternativa en términos de operatividad y bajo consumo de energía debido a su facilidad de uso y vida útil, lo que se traduce en un ahorro en el consumo de equipos de alumbrado público.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Bazán, (2023) en su investigación titulada "*Replanteo del sistema de alumbrado público con tecnologías LED convencional y fotovoltaica de la calle Uno de Almenares – Cañete*", analizó los niveles mínimos de iluminación establecidos por la normativa peruana de alumbrado público. Para ello, utilizó el software Dialux para calcular la distribución de la iluminación. A partir de este análisis, propuso una optimización del sistema de alumbrado, sugiriendo el reemplazo de las luminarias tradicionales por modelos LED, lo que permitiría mantener una iluminación constante de aproximadamente 2 cd/m<sup>2</sup> a distancias de 25 metros, utilizando los mismos postes. En términos de consumo energético, se estimó que las luminarias tradicionales de vapor de sodio generarían una factura mensual de S/ 10,954.69 soles. Al reemplazarlas por luminarias LED convencionales, el consumo mensual se reduciría a S/ 6,937.97 soles, lo que implicaría un ahorro significativo en la facturación del servicio de alumbrado público. En conclusión, la investigación evidencia que la tecnología LED convencional es una opción más eficiente en comparación con las luminarias tradicionales, ya que no solo cumple con los niveles de iluminación requeridos por la Norma técnica DGE (10-20 lux), sino que también ofrece una mayor eficiencia energética (148 lm/W), una vida útil más prolongada y un considerable ahorro de energía eléctrica debido a su menor consumo de potencia.

Muñoz (2021), llevó a cabo la investigación titulada "*Propuesta de iluminación tipo LED y diseño de sistema fotovoltaico para el edificio IME de la UDEP*", su objetivo fue desarrollar un sistema de iluminación basado en tecnología LED, realizando cálculos de niveles de luminarias para los ambientes del edificio en Piura, Perú. Se encontró que los niveles de iluminación establecidos en las técnicas EM.010 eran mínimos, por lo que se replanteó el diseño utilizando el método de lúmenes y un nuevo diseño LED que permitió determinar el número adecuado de luminarias a utilizar, garantizando alta eficiencia y una mayor vida útil. La instalación fotovoltaica propuesta en Piura fue considerada viable debido al potencial solar de la región, lo que permitiría satisfacer el 100% de la energía consumida actualmente en el edificio IME. Desde un punto de vista técnico, la construcción de un sistema fotovoltaico autónomo fue viable, pero no económicamente rentable, debido al alto consumo de energía del edificio y al alto costo de las baterías de gel estacionarias del sistema de almacenamiento, las cuales tienen una vida útil de cinco años. En conclusión, se propone diseñar un sistema de almacenamiento de energía más rentable, potente y duradero.

Valdiviezo (2021), en su tesis titulada "*Diseño de sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad de Piura*" presentó un sistema de iluminación con tecnología LED, apoyado en la energía solar para iluminación de diversos ambientes en

la Universidad de Piura. Los resultados demostraron que, aunque las luminarias LED ofrecen ahorros en energía y dinero a corto plazo, la implementación de un sistema fotovoltaico no es financieramente atractiva, ya que la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) siempre resultan negativos debido a la alta inversión inicial en el sistema fotovoltaico. Sin embargo, se observará un notable ahorro energético: por ejemplo, en la oficina V6 del edificio "A", donde la instalación de tres luminarias LED de 40 W sustituyó a cuatro lámparas fluorescentes de 36 W cada una, alcanzando los 500 lux requeridos por la normativa y logrando un ahorro del 55% en el consumo eléctrico. Además, en el aparcamiento N° 1, que ocupa el 20% de la superficie, se generó aproximadamente el 40% de la energía eléctrica total para el edificio "A" y el 20% para la iluminación exterior. A pesar de los costos elevados, la propuesta de instalar paneles solares en la azotea del edificio, que ocuparían parte de las plazas de estacionamiento, mejoraría en un 23% la eficiencia en el calentamiento de los vehículos.

Pichiule (2021), presentó su tesis titulada “*Propuesta de iluminación fotovoltaica para eliminar las inadecuadas conexiones del circuito de alumbrado público de la Subestación E417109 de Pichanaki*” que comprendió el desarrollo de un proyecto factible para la iluminación fotovoltaica para poder suprimir las conexiones incorrectas del circuito en el alumbrado público en la Subestación Eléctrica E417109 de Pichanaki. Planteó que la tecnología LED permite contar con sistemas inteligentes que permiten monitorear todo el sistema de iluminación, de igual manera permite el control del flujo luminoso de manera remota, para lo cual los costos de operación y mantenimiento a largo plazo suelen ser rentables. Concluyen que la tecnología basada en Led resulta ser favorable. De igual manera, concluyen que los sistemas de iluminación fotovoltaica son una opción atractiva para mejorar los perfiles de consumo relacionados con el sistema de energía.

Paucar y Huamani (2021), publicó una investigación denominada “*Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba - Huancavelica - 2021*”, 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. 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.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1. Alumbrado Público

Se define como la tarea de iluminar calles, plazas, parques y zonas públicas para garantizar la seguridad del tráfico peatonal y el confort visual cuando el ojo humano interactúa con la zona iluminada. Según el artículo 94 de la Ley de Concesiones Eléctricas, los concesionarios de distribución de energía son responsables de suministrar energía al alumbrado público.

### 2.2.2. Evolución de las tecnologías de Alumbrado Público

La evolución de la iluminación data desde la creación de la bombilla incandescente, pasando por los tubos fluorescentes y, con la generación de las luminarias de mercurio, se dio origen a las lámparas de descarga las cuales brindaban flujos luminoso altos, para los cuales su implementación se vio principalmente destinada a los sistemas de alumbrado público. Con la llegada del led, la migración de tecnología a las entonces luminarias existentes en la época se hizo de manera exponencial. Hoy día, las luminarias led representan la mejor alternativa en cuando a eficiencia, generación de la luz, concentración de haz luminoso, reproducción cromática del color.

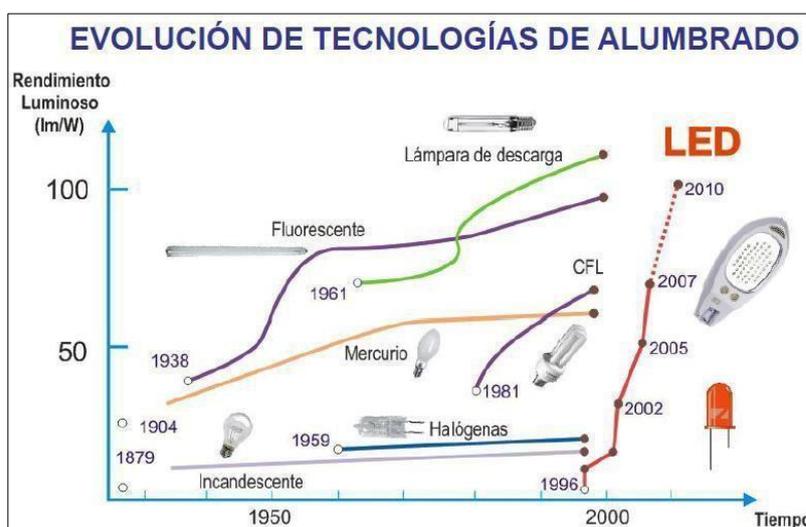


Figura 1. Evolución de tecnologías de alumbrado. Tomada de “Avances Tecnológicos en el Alumbrado Público”, por Osinergmin. 2013.

### 2.2.3. Tecnología LED

Constituye la conversión directa de energía eléctrica en luz sin el uso de elementos adicionales como la emisión de gases (fotoluminiscencia) o el calentamiento de materiales

(recocido). Los elementos básicos de la tecnología LED son unas ópticas que permiten un ángulo de apertura de 10° hacia arriba, el uso de drivers que permiten atenuarlas o no, conectarlas a sistemas más complejos y realizar mediciones en función de los parámetros ambientales, y unas tecnologías de disipación del calor que garantizan que las luminarias funcionen correctamente y duren el número de horas para el que están diseñadas. Además, una luminaria tiene fotometría, que se define como la forma en que la luz se abre en el interior de la luminaria (Kumar, Takeshima, Thapa, Adhikari, Saroj, Karkee y Joshi, 2020).

## **2.3 Definición Teórica**

### **2.3.1. Alumbrado público**

El alumbrado público es un servicio que facilita iluminar las vías públicas, parques, camino y demás espacios libres de circulación, para proporcionar confort visual adecuada en el normal desenvolvimiento de las labores (Allwyn, Al-hinai, Al-abri y Malik, 2022).

### **2.3.2. Clases de fuentes luminosas**

Actualmente, las luminarias se clasifican dentro de la tecnología en la que están diseñadas las fuentes artificiales de luz: a) tradicional, basada en tecnología incandescente y filamentos; b) tecnología de luminiscencia, con altos niveles de eficiencia, baja potencia (Caisan y Guncay, 2023).

### **2.3.3. Lámpara de incandescencia**

De acuerdo con Ochoa y Ortega (2021), son elementos de energía eléctrica que, mediante el calentamiento de un elemento de tipo filamento metálico, atraviesan corriente eléctrica. Se clasifican en:

- a) Luminarias incandescentes estándar: contienen un filamento de tungsteno, a través del cual circula la corriente generando luz.
- b) Lámparas halógenas: utilizan el gas halógeno como medio de ignición, generando altas tasas de calor en el elemento.

### **2.3.4. Lámpara de luminiscencia**

De acuerdo con Ochoa y Ortega (2021), son lámparas de descarga de tipo fotoluminiscencia y electroluminiscencia. Existen las lámparas de descarga de baja presión; fluorescente lineal, sodio de baja de presión, fluorescente compacta y las lámparas de descarga de alta presión son las de sodio alta presión, mixta, halogenuros y mercurio de alta presión.

### 2.3.5. Normas aplicables

Para la fecha, las normativas vigentes son las siguientes:

- ✓ “Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento” (D.L N° 25844 y D.S. N° 009-93-EM)
- ✓ “Norma Técnica DGE Alumbrado de Vías Públicas” (R.M. N° 013-2003-EM/DM)
- ✓ “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos” (D.S. N° 020-97-EM)
- ✓ “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Rurales” (D.S. N° 020-97-EM)
- ✓ Procedimiento: “Supervisión de la Operatividad del servicio de alumbrado Público” (OSINERG N°078-2007-OS/CD) y su modificatoria.

### 2.3.6. Consideraciones para el diseño de alumbrado público:

#### 2.3.6.1. La potencia nominal de una luminaria de alumbrado público:

Pichiule (2021) se refiere a la potencia nominal de la lámpara y la potencia nominal del accesorio de la lámpara en su conjunto. Distribución de todos los puntos de luz, priorizando plazas públicas o centros comunitarios, vías públicas cercanas a carreteras y otros puntos de la comunidad. Cabe señalar que el flujo luminoso de las lámparas en estos lugares no debe ser inferior al flujo luminoso de cada bloque de alumbrado público de 3400 lúmenes.

#### 2.3.6.2. Iluminación en los sectores típicos de distribución

Si, al igual que otros investigadores, se parte de la base de que el volumen de iluminación se va a distribuir en plazas, parques y plazuelas, se calcula según la siguiente relación:

$$N^{\circ}Lum = A \times FP \times PPL$$

Donde:

**A:** Área interna del parque (m<sup>2</sup>)

**PPL:** Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público (W)

**FP:** Factor de potencia mínimo en parques (W/m<sup>2</sup>)

Fórmula 1. Número de luminarias considerando las condiciones específicas del Parque Grau. Tomada de la Norma Técnica DGE- 2002.

### 2.3.7. Estándares de calidad del alumbrado

### **2.3.7.1. Requerimientos mínimos para las instalaciones de alumbrado público**

De acuerdo con las propuestas utilizadas en diferentes proyectos, en este caso Muñoz (2021) certifica que para cualquier tipo de instalación es necesario determinar el valor del flujo luminoso, la iluminancia que genera dicho flujo, permitiendo luego entender los posibles efectos visuales en la distribución de luz seleccionada que pueda ejercer sobre el ojo humano, conocido como deslumbramiento.

### **2.3.8. Tecnología de alumbrado público**

#### **2.3.8.1. Consideraciones sociales**

Como ya se mencionó en el párrafo anterior, la iluminación acompaña el trabajo y el desarrollo diario del ser humano, brindando los siguientes beneficios: Limitaciones ambientales y de recursos energéticos.

#### **2.3.8.2. Sistema aislado de la red**

Se entiende como los sistemas que son independientes a la red eléctrica convencional, tales como los sistemas fotovoltaicos y eólicos. Están compuestos por un elemento generador de energía, un elemento almacenador de energía, un controlador, un regulador y las luminarias (Kumar et al., 2020).

#### **2.3.8.3. Luminarias LED**

Se considera como un conjunto de elementos que generan un flujo luminoso. Está conformado por una carcasa, un elemento emisor de luz, conocido como diodo led, un acrílico o difusor que permite darle una óptica y un driver, que regula los niveles de tensión en CA a niveles utilizables por el diodo en CC (Kumar et al., 2020).

#### **2.3.8.4. Energía solar fotovoltaica**

Es una fuente de energía que convierte directamente la energía solar en electricidad utilizable a través de celdas solares que aprovechan el efecto fotoeléctrico para generar electricidad cuando los rayos de luz inciden sobre ella. A pesar de ser una de las primeras formas de energía renovable, la energía solar se ha trasladado de las zonas rurales y remotas a las zonas urbanas (Ndwali, Kusakana, Numbi, Liu, Sun y Cai, 2022).

### **2.3.9. Corriente**

#### **2.3.9.1. Definición**

La corriente eléctrica es el flujo de cargas eléctricas, como electrones o iones, que se mueven por un material conductor. Es un fenómeno físico que se mide en amperios (A).

### **2.3.9.2. Características**

- La corriente eléctrica puede ser continua o alterna.
- La corriente continua fluye en un solo sentido y se obtiene de baterías o generadores de CC.
- La corriente trifásica es un conjunto de tres corrientes alternas que se utilizan para transportar y distribuir energía eléctrica.
- La corriente eléctrica es esencial para el funcionamiento de muchos dispositivos eléctricos y electrónicos.

### **2.3.9.3. Aplicaciones**

- La corriente eléctrica puede inducir cambios químicos en las sustancias y reacciones químicas.
- Este fenómeno se conoce como electrólisis, y puede emplearse para proteger una superficie metálica de la corrosión.

## **2.3.10. Potencia**

### **2.3.10.1. Definición**

Se define como la cantidad de energía eléctrica que se consume o se produce por unidad de tiempo. La unidad de medida utilizada para cuantificar la potencia eléctrica es el Watt (W), que es una medida de la tasa a la que se consume o se produce energía eléctrica.

### **2.3.10.2. Características**

- Se relaciona con la corriente o flujo de carga eléctrica
- Se relaciona con la tensión o potencial de carga
- Indica la cantidad de aparatos eléctricos que se pueden conectar a la red simultáneamente
- En un circuito de CA, existen tres tipos de potencia: activa (P), reactiva (Q) y aparente (S)
- La potencia activa es la única que se puede transformar en trabajo mecánico, lumínico, calorífico, químico, etc.

### **2.3.10.3. Aplicaciones**

- En los hogares, la potencia eléctrica determina la cantidad de aparatos eléctricos que se pueden conectar a la red simultáneamente.

- En los sistemas eléctricos, la potencia reactiva juega un papel crucial en su funcionamiento.
- La capacidad de medir con precisión la potencia fue una de las habilidades claves que permitió a los primeros ingenieros desarrollar los motores a vapor.

### 2.3.10. Tensión

#### 2.3.10.1. Definición

Se define como la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito. La unidad de medida utilizada para cuantificar la potencia eléctrica es el Voltio (V).

#### 2.3.10.2. Características

- Se representa comúnmente con la letra V o U.
- Existe de dos tipos, continua (DC) y alterna (AC).
- En sistemas eléctricos de distribución, existe en media, baja y alta tensión.
- El incremento de tensión permite transportar la misma potencia eléctrica con una menor corriente, lo cual reduce las pérdidas en distribución el efecto Joule.

#### 2.3.10.3. Aplicaciones

- En los hogares, la tensión es de 220 V, lo cual permite el funcionamiento de todos los electrodomésticos en el Perú.

## 2.4. Definición de términos

- **Luminaria:** Una luminaria es el aparato que sirve para distribuir, filtrar o transformar la luz por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios necesarios para fijarlas, protegerlas y conectarlas. Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas.
- **Alumbrado público:** Alumbrado público se refiere a un servicio que consiste en proveer la iluminación mínima necesaria en los espacios públicos y vialidades, de forma que se garantice la seguridad de peatones y vehículos.
- **Energía eléctrica:** La energía eléctrica es un tipo de energía que consiste en el movimiento de los electrones entre dos puntos cuando existe una diferencia de potencial entre ellos, lo cual permite generar la llamada corriente eléctrica.

- **Energía solar:** La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico.
- **Consumo eléctrico:** El consumo de energía eléctrica es la cantidad de energía utilizada.
- **Armónicos:** Los armónicos eléctricos son perturbaciones en la frecuencia real de la señal eléctrica que se originan dentro de las propias instalaciones.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Materiales y Métodos

Se trata de las herramientas que permitirán obtener y analizar datos de una investigación determinada. La elección del método a utilizar está enfocada por el problema a resolver y por los tipos de datos que se pueden obtener, dando origen a un método de investigación cualitativo, cuantitativo o mixto (Oberti y Bacci, 2021).

Para analizar la problemática en estudio, se utilizará el método cuantitativo, basado en la obtención de datos cualitativos, a través del análisis de investigaciones, estudios e informes técnicos previos, detallando los elementos de la conexión del sistema fotovoltaico, y poder dar respuestas concretas a los posibles procedimientos del objeto de estudio (Hernández y Mendoza, 2018).

De igual manera, la investigación se guiará bajo el método deductivo, que permite ir obteniendo registros generales sobre el cambio de iluminaria LED y sistemas energéticos solares adaptados en diferentes partes geográficas, para valorar el desarrollado de la pesquisa el objeto específico a tratar “Parque Gran”, la cual nos dará elementos más delimitados a analizar y plantear en el sistema de iluminaria de generación energética LED (Fernández y Hernández, 2018).

La investigación adaptará una modalidad de proyecto factible, a través de la cual se analizará y elaborará una propuesta que dará posible solución a la problemática planteada por medio de investigación de campo, observando y procesando los datos obtenidos (Hernández y Mendoza, 2018).

##### 3.1.1. Materiales y equipos

###### 3.1.1.1. Materiales

- ✓ Equipo de Cómputo (CPU, Monitor, teclado y mouse)
- ✓ Memorias de almacenamiento

###### 3.1.1.2. Equipos

- ✓ Impresora
- ✓ Scanner
- ✓ Cámara fotográfica

### 3.1.2. Propuesta de la solución

#### 3.1.1.1. Identificación de la necesidad o problema e identificación de requerimientos

##### A. Identificación de la necesidad o Problema

El parque Miguel Grau se encuentra ubicado en el departamento de Junín, específicamente en la carretera Central 135 de la población de la Oroya, Perú. Ubicado a 3750 msnm, específicamente en la vertiente oriental de la cordillera andina, a 176 km de distancia de Lima. Por su ubicación y altitud, posee un clima frío y lluvioso

Según datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI, la población de La Oroya cuenta con un total aproximado de 18.000 habitantes para la zona rural y 30.000 personas para el espacio urbano rural, conocido como La Oroya Nueva. (INEI, 2018)



Figura 2. Ubicación Geográfica del Parque Miguel Grau La Oroya. Tomado de “Google Maps”, Google Maps. 2025.

Colinda con los distritos de Paccha, la Unión, Santa Rosa de Sacco y Chacapalpa. Ocupa una superficie de 38 000 hectáreas de terreno, con una altitud sur  $11^{\circ} 30' 59''$  ( $-11.5164$ ) y una longitud oeste  $75^{\circ} 54' 0''$  ( $-75.9$ ), con coordenadas geográficas latitud al sur y longitud al este. (La Oroya, 2024)

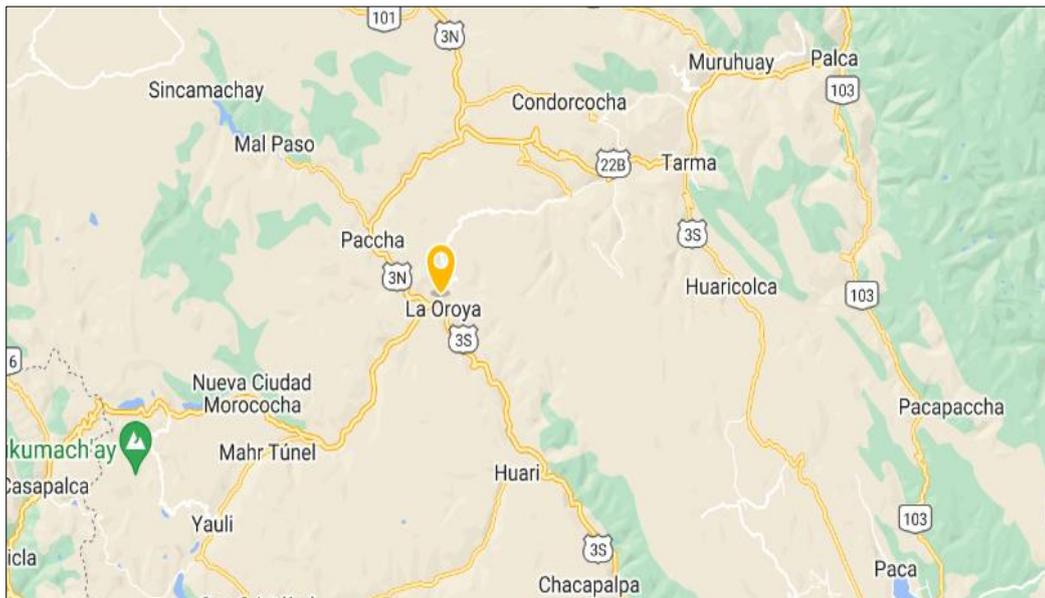


Figura 3. Ubicación Geográfica del Parque Miguel Grau La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025.

Desde el punto de vista ambiental, posee un clima del tipo frígido boreal y seco durante casi todo el año con temperatura promedio de  $8^{\circ}\text{C}$  para las zonas bajas o zonas de región Suni. Para las zonas altas o región Jalca, posee un clima frígido de tundra con temperatura promedio debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$ .

La figura 4 muestra el gráfico de temperatura de la zona, en donde se observa una temperatura media de  $5.5^{\circ}\text{C}$ . El mes de noviembre se presenta como el más caluroso del año a una temperatura de  $3.0^{\circ}\text{C}$  en promedio. Julio es el mes más frío del año.

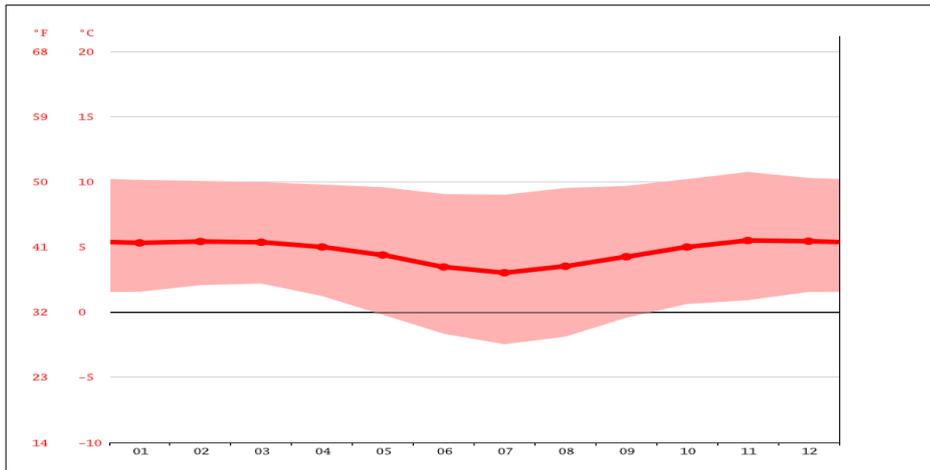


Figura 4. Diagrama de Temperatura de La Oroya. Tomada de “Climate-Data”, por Climate-Data. 2025.

La zona presenta un nivel de precipitaciones pluviales en el orden de los 700 mm al año con mayor índice durante los meses que van desde diciembre hasta marzo.

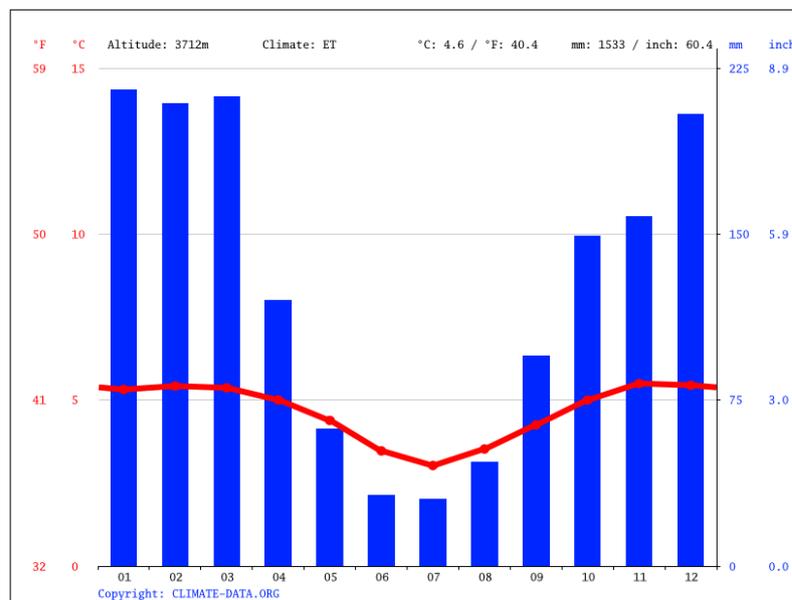


Figura 5. Precipitaciones La Oroya. Tomada de “Climate-Data”, por Climate-Data. 2025.

La figura 5 muestra un gráfico de las precipitaciones anuales en el distrito de La Oroya, para el cual se pueden observar que los meses de junio y julio son los que presentan menores precipitaciones, con un promedio de 30 mm. Ya para los meses de diciembre a marzo, alcanza su pico máximo de 215 mm (para el mes de enero).

Con respecto a la disponibilidad del sol, el mes con más horas solares (HS) diarias es el mes de agosto, con una media de 6.99 HS; en contraparte, el mes de enero representa la temporada con menos HS al año con un total de 5.36 horas. De manera general, la zona cuenta con un total de 2088.25 horas de sol durante todo el año, lo que se traduce en 68.57 HS al mes.

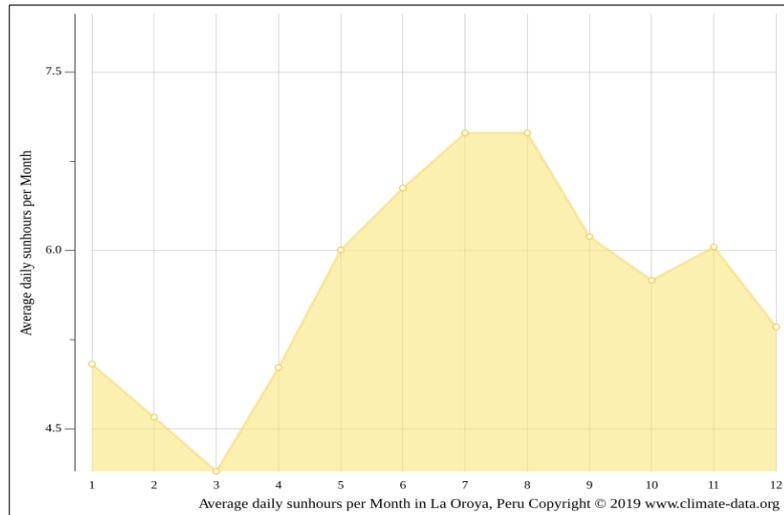


Figura 6. Hora Solar La Oroya. Tomada de “Climate-Data”, por Climate-Data. 2025.

En promedio, para el distrito de Junín, la disponibilidad del sol no varía notoriamente durante todo el año, lo cual se traduce en 46 minutos de las 12 horas totales del año. Para el año 2022, el día más corto se presentó en el mes de junio con 11h28´ de disponibilidad de luz solar. El día más largo se presentará el 21 de diciembre con 12h47´.

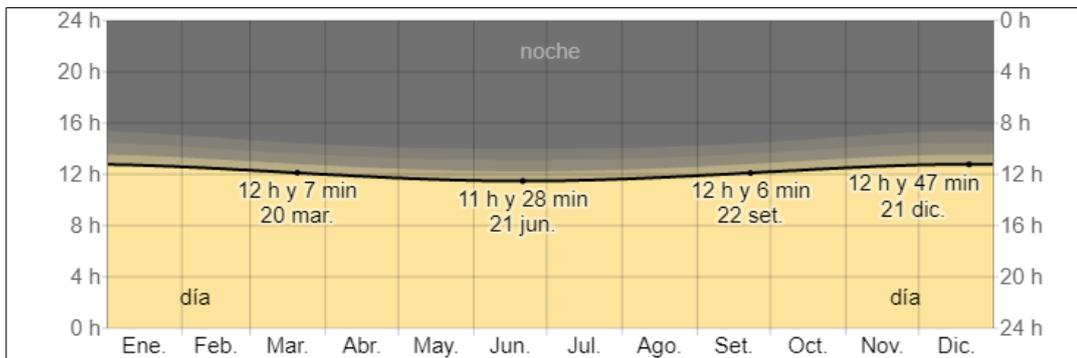


Figura 7. Horas de luz Natural y Crepúsculo La Oroya. Tomada de “Weathersparks” por Weathersparks. 2025.

Si se analiza un poco respecto a la disponibilidad solar desde el punto de vista energético, la figura 7 muestra un gráfico de la energía solar de onda corta diaria promedio disponible en la zona por metro cuadrado.

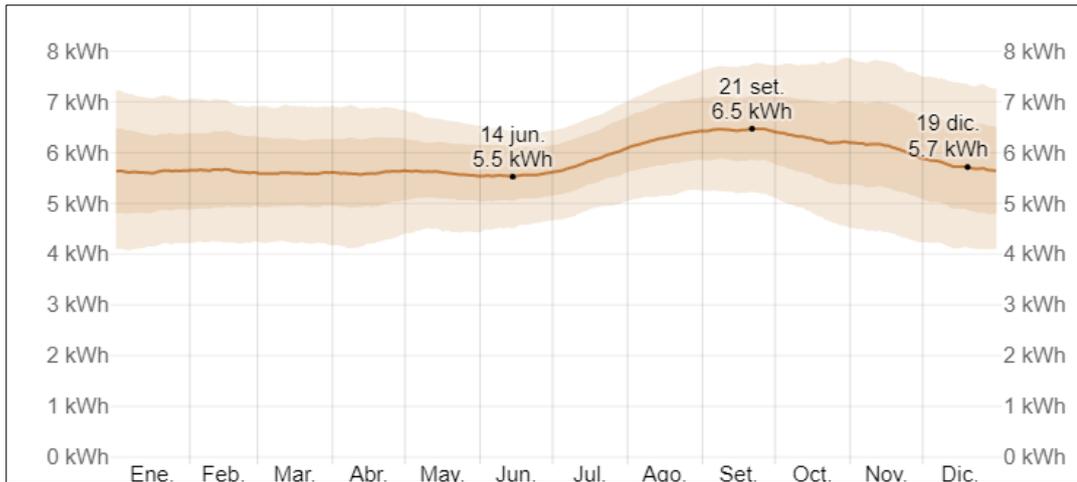


Figura 8. Disponibilidad de Energía de Yauli-La Oroya. Tomada de “Weathersparks”, por Weathersparks. 2025.

La energía solar del tipo onda corta que incide en un día a la superficie de la zona en estudio toma en cuenta las variaciones estacionales, la elevación del sol sobre el horizonte, nivel de nubosidad y otros elementos climatológicos que pudieran afectar en la misma. Se puede observar que no presenta variación importante de energía, siendo el mes de junio el de menor data de generación con 5.5 kWh.

Todo lo anterior descrito se resume en la tabla 2.

Tabla 2. Datos Ambientales de La Oroya

Datos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Temperatura media (°C)	5.3	5.4	5.4	5	4.4	3.5	3	3.5	4.3	5	5.5	5.4
Temperatura min. (°C)	1.6	2.1	2.2	1.2	-0.2	-1.7	-2.5	-1.9	-0.4	0.6	0.9	1.6
Temperatura máx. (°C)	10.1	10.1	10	9.8	9.6	9.1	9	9.5	9.7	10.2	10.8	10.3
Precipitación (mm)	215	209	212	120	62	32	30	47	95	149	158	204
Humedad (%)	81%	83%	84%	82%	77%	74%	69%	70%	75%	77%	76%	80%
Días lluviosos (días)	20	19	21	18	13	7	7	10	16	19	18	19
Horas de sol (horas)	5	4.6	4.1	5	6	6.5	7	7	6.1	5.8	6	5.4
Energía Solar kWh	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.9	6.3	6.4	6.3	6.1	5.7

Nota: Tomada de Weathersparks. 2025.

Con respecto a la radiación solar, se emplea la plataforma solar APP, la cual pertenece al sitio web del Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas CCEA, para el cual se introduce las coordenadas de la población en estudio, tal y como se muestra en la figura 9.

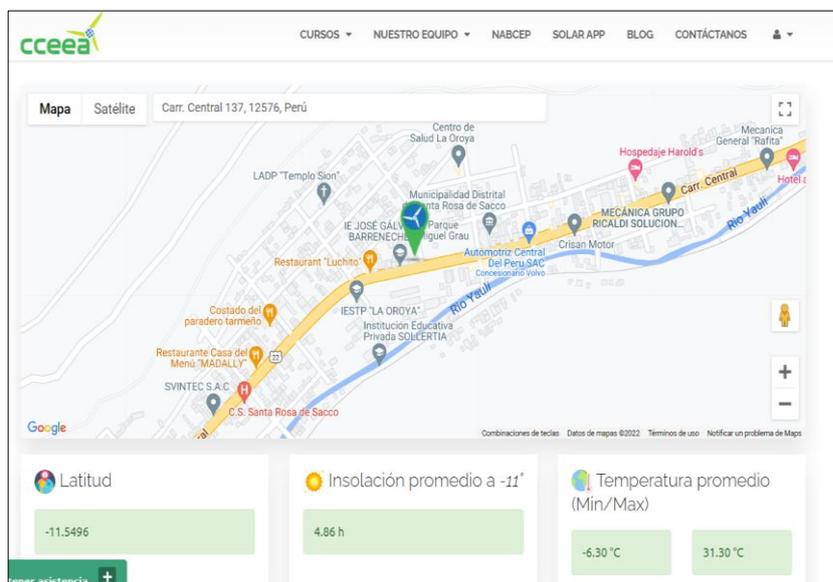


Figura 9. Datos de la zona obtenidos por Solar APP La Oroya. Tomada de “Insolación promedio, temperatura máxima, mínima y promedio de Yauli-La Oroya”, por CCEA. 2025.

En resumen, se tiene la tabla 3 de los meses de enero a diciembre, la cual se obtuvo mediante la plataforma solar APP.

Tabla 3. Radiación promedio mensual incidente en una superficie inclinada apuntada al Ecuador (kWh/m<sup>2</sup>/día).

<b>-11.5496, -75.9413</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma y</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
Ángulo LATITUD	4.48	4.24	4.31	4.77	5.19	5.37	5.43	5.41	4.81	4.9	4.99	4.43
Ángulo HORIZONT AL	4.63	4.31	4.32	4.65	4.86	4.88	4.97	5.12	4.74	4.96	5.15	4.59
Ángulo LATITUD - 15°	4.6	4.3	4.33	4.7	4.98	5.04	5.13	5.23	4.78	4.95	5.12	4.55

Ángulo												
LATITUD	4.12	3.99	4.15	4.73	5.39	5.75	5.78	5.54	4.71	4.63	4.58	4.07
+15°												
Ángulo	176	173	195	252	341	402	389	315	217	176	178	178
VERTICAL	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ángulo												
óptimo			5	16.5	30	37.5	35.5	26	12	0.5		
Radiación												
óptima	4.63	4.31	4.33	4.78	5.4	5.83	5.84	5.54	4.81	4.96	5.15	4.59

Nota: Tomada de CCEA. 2025

Bajo estas características, el valor de interés para el desarrollo de la investigación está relacionado con la disponibilidad en horas de la radiación promedio mensual incidente en la coordenada de la latitud del Parque Miguel Grau de La Oroya, para el cual se tiene el siguiente gráfico:

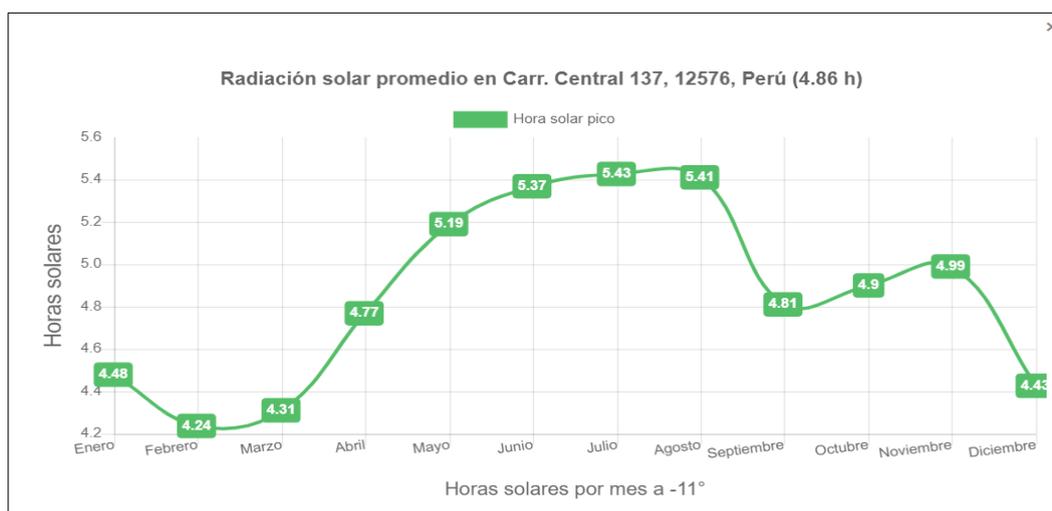


Figura 10. Radiación solar promedio La Oroya. Tomada de “Insolación promedio, temperatura máxima, mínima y promedio de Yauli-La Oroya”, por CCEA. 2025.

Bajo estas características, se tiene un valor mínimo en la radiación solar en el mes de febrero de 4.24 h; 5.43h como valor máximo para el mes de julio y un valor promedio de 4.86h.

Una vez descritas las características de la zona, desde el punto de vista ambiental y geográfico, se procede a realizar un análisis de la problemática actual existente. Como se dijo anteriormente, el parque Miguel Grau se encuentra ubicado en la carretera Central 135 de La Oroya, del departamento de Junín, Perú, cual se describe como un recinto utilizado por los pobladores de la zona como zona de distracción, relajación y diversión.



Figura 11. Parque Miguel Grau, La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025.

Se encuentra ubicado frente a la Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Sacco. Está conformado por una serie de árboles de gran tamaño, una zona central con una fuente y un área de usos múltiples, destinada a realizar pequeños eventos culturales y sociales. Cuenta con un área total aproximada de 300 mts<sup>2</sup>



Figura 12. Parque Miguel Grau, La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025.

Se encuentra iluminado por luminarias del tipo vial con tecnología de Vapor de Sodio de 150 W, distribuidas en postes de doble pastoral interdistanciadas 5 metros entre sí, reposadas en postes de 8 m de altura.



Figura 13. Luminaria Vial Vapor de Sodio. Miguel Grau, La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025.

Los postes se encuentran distribuidos de manera simétrica, 6 por cada lado y 3 por lado lateral, con un total de 19 unidades en total, tal como se observa en la figura 14. Es importante destacar que existen algunos postes en los que se les ha añadido un punto de iluminación adicional, esto derivado de los bajos niveles de iluminación en el parque.

Desde el punto de vista funcional, los circuitos eléctricos vienen alimentados desde un transformador ubicado en la entrada del parque de capacidad 10 kVA, que alimenta los circuitos de iluminación y servicios generales de la plaza.

A rasgos generales, de las luminarias instaladas solo el 50% de las mismas se encontraban funcionando, el resto de las luminarias no contaban con el foco, 4 de ellas se encontraban con el difusor en mal estado y 6 de ellas no funcionan, lo que deja un total de 19 luminarias aptas para iluminar el parque.

Es por ello que en la actualidad se han colocado luminarias adicionales para tratar de mejorar el nivel de penumbra en parque, lo cual ha generado una molestia visual, y un rechazo de los pobladores de la zona a pernoctar en el mismo.



Figura 14. Distribución de luminarias Vial Vapor de Sodio. Miguel Grau, La Oroya. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025.

El sistema de iluminación actual tiene un tiempo de implementación de hace más de 10 años, momento en el cual iluminar con tecnología de vapor de sodio aún era viable, sobre todo en temas de iluminación vial. Hoy en día, este tipo de luminarias vienen siendo desincorporadas del sistema de alumbrado público, debido a su baja eficiencia y alto consumo, en comparación con las nuevas generaciones de luminarias basadas en tecnología LED.

En base a esto, se hace necesario plantear un sistema de iluminación que cumpla con los niveles indicados para iluminación de parques, basado en una tecnología de punta y con un tiempo de vida útil adecuado.

De manera adicional, y en pro del desarrollo de proyectos verdes en donde el ahorro energético es la prioridad para todos, se desea planear un sistema autosustentado, que a través de la energía solar pueda generar iluminación y de ser posible trabajar de manera híbrida con la red actual de energía eléctrica instalada disponible para el parque.

### **3.1.2. Propuesta de solución del problema**

Una vez planteada la necesidad e identificada la problemática, se hace necesario realizar una propuesta en base a lo anteriormente descrito, para lo cual se plantea el diseño de un sistema de iluminación basado en energía fotovoltaica, pero para este punto se plantean dos posibles soluciones, la primera enfocada en un sistema aislado u Off Grid o un sistema conectado a la red, híbrido u On Grid.

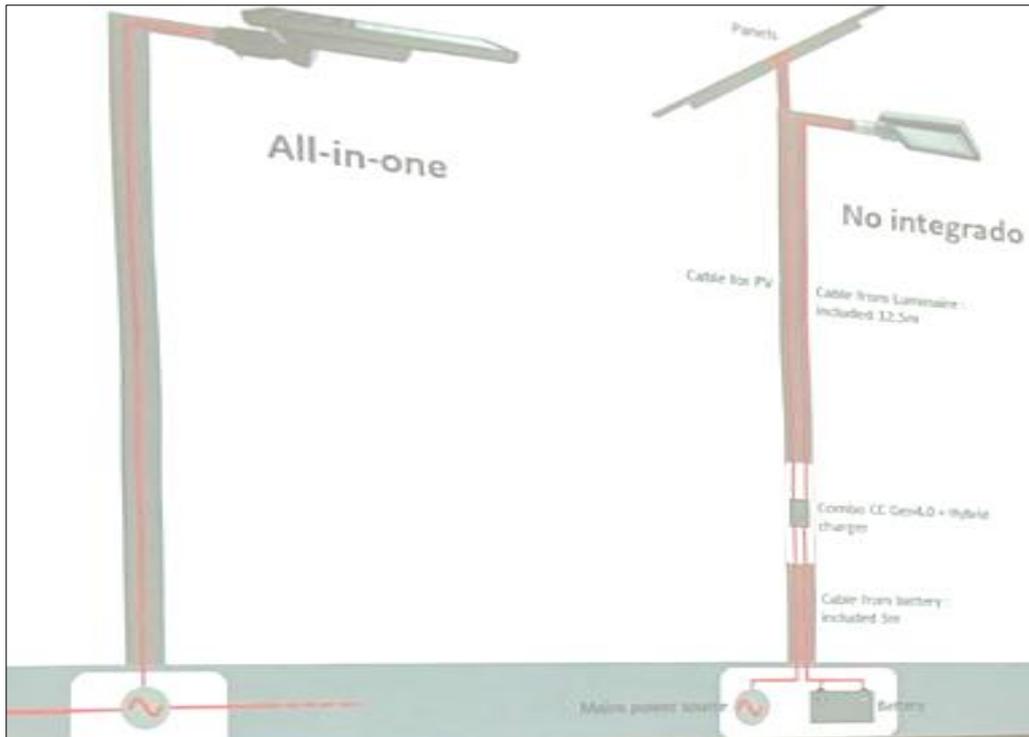


Figura 15. Sistemas de Iluminación basados en tecnología solar. Tomada de “folleto comercial no publicado de Lumitek, Catálogo de productos LED”, por Luminaria All-in-one. 2023, p.8.

En la actualidad, existen dos tipos de sistemas a ser estudiados, los sistemas All-in-one, para el cual la luminaria debe ser del tipo aislado, en donde la luminaria posee el panel fotovoltaico, la batería y el cuerpo emisor de luz dentro de su propia luminaria, y los sistemas no integrados, los cuales tienen todos sus elementos por separado, y pueden estar conectados a la red o aislados de ella, mediante la adición de un inversor.



Figura 16. Luminarias All-in-one vs Luminarias no Integradas. Tomada de “BRP110 LED50/757 G2 – Aluminado público solar All-In-One SmartBright”, por Philips Lighting, 2025.

### 3.1.2.1. Diseño de Sistema Solar Fotovoltaico Aislado

Como punto inicial de diseño, se consideran sistema All-in-one, en donde la selección de los

equipos debe estar basada en términos del flujo requerido, horas de funcionamiento y/o autonomía de la luminaria, altura de montaje y condiciones climáticas.

Esta selección debe considerar aspectos tales como localización, existencia de sombras, clase de iluminación, objetivos de la iluminación con el fin de recoger la información y plantear una alternativa de diseño.

### **3.1.2.2. Localización**

Al hablar de localización o ubicación del proyecto, se toma en cuenta los factores medioambientales previamente descritos, los cuales hacen o no viables la implementación de un proyecto de iluminación solar.

La disponibilidad del sol para completar un ciclo de carga de la luminaria, aunado a la cantidad de partículas en suspensión del aire, presencia de lluvias y otros factores hacen que la implementación de un proyecto solar sea viable o no.

La comunidad de La Oroya se encuentra ubicada en una zona con un recurso solar que se considera constante durante todo el año, con valores mínimos de radiación solar de 4.2 h, con una presencia importante de lluvias, las cuales hacen que el panel solar se limpie de cualquier tipo de partículas de polvo y suciedad que impiden la captación adecuada del sol. Desde el punto de disponibilidad de energía solar, se tiene una capacidad de 5.5 kWh por metro cuadrado como valor mínimo, lo cual hace que el proyecto **sea viable e implementable**.

### **3.1.2.3. Sombras**

Todo proyecto solar tiene influencias de sombras provenientes de edificios y árboles principalmente, lo cual puede derivar en que el panel fotovoltaico no reciba la cantidad de radiación solar para cargar la batería y soportar las horas de funcionamiento para el cual debe ser diseñado.

En el parque Miguel Grau, existe una gran influencia de árboles, los cuales interactuarán con las luminarias, lo cual podría generar sombras que imposibiliten la carga de cualquiera de las luminarias. Es importante destacar que la altura de los postes es similar y/o superior a la altura de los árboles.



Figura 17. Luminarias con influencias de Arbustos en Parque Miguel Grau. Tomado de “Google Maps”, por Google Maps, 2025.

Para estos casos, se debe considerar la poda y modificación de la altura de estos arbustos, con el fin de evitar que las luminarias puedan ser tapadas y/o generar sombras que dificulten su funcionamiento.

#### **3.1.2.4. Clases de Iluminación**

Esta tarea suele ser uno de los pasos más importantes al diseñar sistemas de iluminación All-in-one, ya que se basa en la selección de la luminaria sin tener en cuenta la potencia de la misma; sin embargo, se analizan temas de autonomía e intención de iluminación del proyecto en estudio.

Al hablar de autonomía o tiempo de iluminación requerido en el proyecto, se habla de la cantidad de horas requeridas por el elemento emisor de luz para que suministre un flujo adecuado a la necesidad del proyecto, para lo cual se debe analizar los siguientes

parámetros:

- a. Necesidad de iluminación: Hace referencia a la cantidad de luz necesaria durante un periodo de tiempo. Como caso práctico, se tiene un parque que solamente está abierto desde las 5 pm hasta las 11pm, tiempo en donde el flujo de personas será máximo y los niveles de iluminación deben ser tales que no generen penumbras visuales. Después de la hora del cierre del parque, la iluminación que se puede tener en el recinto es mínima.
- b. Ahorro energético: Hace referencia al aprovechamiento de la luz solamente cuando sea necesario. Como caso práctico, se considera un parque en donde exista una caminería, la cual es transitada cada cierto tiempo; para este caso, se podría plantear un ahorro energético en los momentos en donde no hay personas circulando.

Estos dos aspectos para analizar están enfocados en prolongar la vida útil de la luminaria, con el fin de entender la verdadera necesidad de iluminación. Para el caso del parque Miguel Grau, el uso y disfrute de las áreas del parque estaría disponible las 24 horas del día, ya que el mismo no cuenta con puertas, rejas o vallas que limiten el acceso al mismo. No por este hecho se debe garantizar un flujo de iluminación al 100% de la capacidad de las luminarias, ya que lo mismo se traduce en desperdicio de energía.

Como propuesta, se plantea que las luminarias a instalar deben contar con un sistema de detección de presencia que permita, para altas horas de la noche, encender a un flujo determinado para brindar el flujo requerido para la zona, en ausencia de personas, las luminarias iluminen a flujo mínimo con el fin de ahorrar energía.

### **3.1.2.5. Objetivo de la Iluminación**

Suele ser uno de los temas a tener más cuidado al momento de implementar el diseño, ya que se tiene que ser claro en cuál es el objetivo del proyecto de iluminación, ya sea para que esté enfocado en términos económicos, o de ahorro energético, temas de innovación en el planteamiento de este tipo de soluciones, por temas medioambientales o reemplazo tecnológico.

Sea cual sea el objetivo, la planificación de un proyecto de iluminación solar debe ser similar a la planificación de cualquier otro tipo de proyecto exterior y antes de iniciar el proceso se debe tener una idea clara de las condiciones del sitio y los objetivos del proyecto.

Para el caso del parque Grau, se está en presencia de un reemplazo de tecnología, en donde se migrará de luminarias de Vapor de Sodio a luminarias en tecnología LED, con un sistema de alimentación del tipo solar.

### 3.1.2.6. Selección de Equipos y diseño del Sistema

Según lo planteado anteriormente, el sistema a proponer debe ser tal que brinde un nivel de iluminación y confort visual adecuado para la actividad a desempeñar. Los parámetros estudiados anteriormente hacen viable la implementación de luminarias All-in-one, siempre y cuando cumplan con las características de funcionamiento deseadas.

Como resumen de lo anteriormente planteado, los requerimientos mínimos para la luminaria a seleccionar son los siguientes:

- a. Tipo de Luminaria: Luminaria All-in-one, del tipo Solar
- b. Autonomía: 12 horas de funcionamiento (de 6 pm a 6 am)
- c. Regulación: Capacidad de regular flujo
- d. Control: Sistema de Detección de presencia

Bajo estas características, se tiene la luminaria All-in-one, de la Marca Philips, la cual posee las siguientes características:

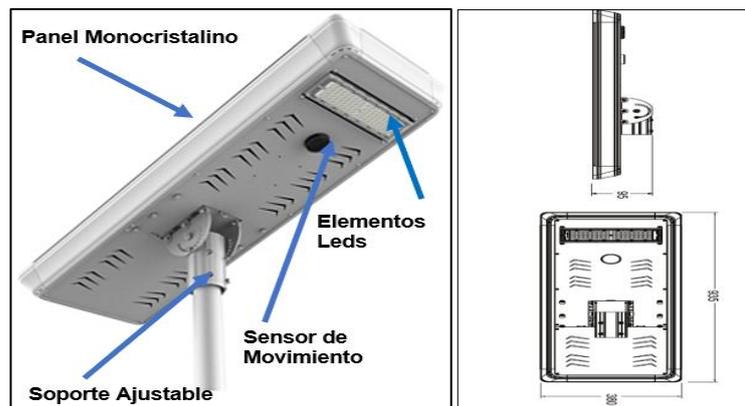


Figura 18. Luminarias Modelo BRP110. Tomada de “BRP110 LED50/757 G2 – Alumbrado público solar All-In-One SmartBright”, por Philips Lighting, 2025.

Tabla 4. Características de Funcionamiento Luminaria BRP 110

Característica	Dato
Tipo de batería	Litio Ferrofosfato
Potencia	50 W
Amperes por hora de la batería	60 Ah

Voltaje de la batería	3.2 V
Ciclos de carga y descarga de la batería	2000
Lux	5,000 lm
Tipo de panel	Monocrystalino
Voltaje del panel	12 V
Potencia en vatios máxima del panel	35 W
Tipo de controlador de carga	MPPT
Potencia en vatios del controlador de carga	35 W

---

Nota: Tomada de Philips Lighting, 2025.

Para este modelo, se tiene la siguiente capacidad en Wh:

$$Pot = 60 Ah \times 3.2 V$$

$$Pot = 192 Wh$$

Esta potencia es el requerimiento necesario para que la luminaria almacene el 100% de su carga. Se sabe que la zona tiene una disponibilidad de generación de energía solar 5.5 kWh en su peor mes, lo cual hace que la luminaria no presente problemas para completar su ciclo de carga durante un día.

Respecto a su autonomía, el funcionamiento a plena carga de la luminaria viene dada por la relación entre la potencia máxima de carga y la potencia en vatios que permite el controlador de carga del panel, lo cual queda de la siguiente manera:

$$Autonomía = \frac{192 Wh}{35 W}$$

$$Autonomía = 5.5 h$$

Esta autonomía de 5.5 h corresponde al funcionamiento de la luminaria a plena carga, es decir al 100% de su flujo. Como parte del funcionamiento, Philips garantiza un rendimiento de 24 h de autonomía, siguiendo las siguientes recomendaciones:

- i. La elección del producto debe ser de acuerdo con la intensidad de la luz y las horas de trabajo de la ubicación de instalación. Al instalar la farola solar, el panel solar debe mirar hacia el norte

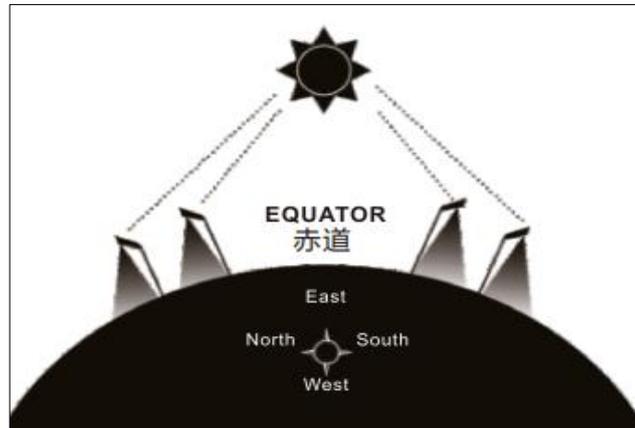


Figura 19. Luminarias Modelo BRP110. Tomada de “BRP110 LED50/757 G2 – Alumbrado público solar All-In-One SmartBright”, por Philips Lighting, 2025.

- ii. Para completar un ciclo completo de carga y descarga, la temperatura de carga debe estar entre 0 y  $-45^{\circ}\text{C}$ , la temperatura de descarga de  $-10$  y  $-60^{\circ}\text{C}$ .
- iii. Este producto puede soportar un tifón de clase 12, y las tormentas por encima de la clase 12 pueden dañar el producto.
- iv. El panel solar se considera un producto frágil, es por ello que se debe garantizar que el mismo no se raye, golpee, así como también se recomienda limpiar el mismo para evitar que la suciedad limite su capacidad de carga
- v. El producto tiene la particularidad de funcionar bajo dos modos de funcionamiento, el primero es que funcione al 50% de su flujo mientras detecte movimiento, en ausencia de él funciona al 30% de su flujo. Para este modo de funcionamiento se garantiza una autonomía mayor a 24 h.
- vi. El segundo modo es el de funcionamiento Smart, el perfil de regulación solar es el siguiente:
  - a. Primeras 2 horas: 100% flujo en movimiento, 30 % sin movimiento
  - b. Sigüentes 3 horas: 60% flujo en movimiento, 60% sin movimiento
  - c. Sigüentes 6 horas: 30% flujo en movimiento, 10% sin movimiento
  - d. Resto de la noche: 50% flujo en movimiento, 30% sin movimiento

Para este esquema de funcionamiento, se cubriría las horas principales de la noche a un buen flujo de funcionamiento, teniendo en cuenta que las horas principales de tránsito de personas es de 7 pm a 11 pm, para lo cual se tiene:

- a. De 06:00 pm a 07:59 pm flujo al 100%.
- b. De 08:00 pm a 10:59 pm 60% flujo.
- c. De 12:00 am a 04:59 am 30% flujo.
- d. De 05:00 am a 06:00 am 50% flujo.

Bajo estas características, se procede al reemplazo punto a punto de las luminarias, se verifica la iluminación y se validan los resultados.

### 3.1.2.7. Diseño De sistema de Iluminación Conectado a la Red

Para el diseño de un sistema conectado a la red, se considerará la implementación de una pequeña planta de generación de energía solar, la cual alimente luminarias viales de tipo led, conectadas a su sistema de generación.

El primer paso para el diseño es analizar la carga total conectada al sistema, para ello tomaremos como referencia la potencia instalada de 50 W, para la cual se tendría lo siguiente:

$$CTC = CTL + CTT + R$$

Donde:

CTC: Carga Total Conectada

CTL: Carga Total Luminarias Led

CTT: Carga Tipo Luminarias Tradicionales

R: Reserva del 20% para futuros aumentos de carga

En la actualidad, no se tiene otro tipo de carga conectada que no sea lámparas de vapor de sodio, es por ello que la carga de alumbrado público de luminarias LED es 0 W, con respecto al cálculo se realizará con una potencia de 52 W, lo cual supera los 0.13 W/m<sup>2</sup> (Ministerio de Energía y Minas [MIMEN], 2020):

$$CTT = 19 \times 52 \text{ W}$$

$$CTT = 988 \text{ W}$$

Bajo lo siguiente, se tiene la siguiente Carga Total Conectada al sistema:

$$CTC = 988 \text{ W} + 0.2 \times (988 \text{ W})$$

$$CTC = 1,185.6 \text{ W}$$

### 3.1.2.8. Días de Autonomía del sistema

Se debe tener especial cuidado en este punto, ya que es la base para determinar los días en que el sistema funcionará de manera autónoma sin ser recargadas las baterías del sistema, principalmente hablando de los días de alta nubosidad en donde el sistema debe garantizar el funcionamiento. Para ello, se considera una autonomía 12 horas o 0.5 días, periodo suficiente para que el sistema híbrido fotovoltaico cargue sus baterías en condiciones extremas de nubosidad o bajo nivel de viento, a fin de garantizar el suministro eléctrico de manera continua.

$$n = 0.5 \text{ días}$$

### 3.1.2.9. Tensión Nominal de la Instalación

Debido a los niveles de energía del proyecto, se selecciona un sistema con niveles de tensión de 24 VDC.

$$V_{nom} = 24 V_{DC}$$

### 3.1.2.10. Radiación Solar

Según la información planteada en el estudio ambiental del problema, se considera utilizar el valor mínimo de la hora de pico solar (HPS) para asegurar que, bajo las condiciones más críticas, el diseño propuesto cumplirá con sus niveles de generación planteados:

$$HPS = 4.24 h \approx 4 h$$

### 3.1.2.11. Dimensionamiento del sistema

$$E_{ap} = PL \times h \times FE \times L$$

Donde:

Eap: Energía teórica de la luminaria

PL: Potencia de la luminaria

h: Horas de uso

FE: Factor de expansión de pérdidas

L: Cantidad de luminarias

$$E_{ap} = 52 W \times 12 h \times 1.0768 \times 19$$

$$E_{ap} = 12,766.54 Wh$$

Energía teórica de la luminaria : 12.77 kWh

Carga Total Instalada : 3,420 W

Voltaje Nominal del Sistema : 24 V  
 Degradación del Sistema : 10%  
 Reserva : 20%

$$CAP = \frac{E_{ap}}{V_{nom}}$$

$$CAP = \frac{12.77 kWh}{24 V}$$

$$CAP = 531.94 Ah$$

Capacidad efectiva

$$CAP_{efec} = \frac{CAP}{(1 - D)}$$

$$CAP_{efec} = \frac{531.94 Ah}{(1 - 10\%)}$$

$$CAP_{efec} = 591.04 Ah$$

Capacidad Total

$$I_{total} = \frac{CAP_{efec}}{(1 - R_{fut})}$$

$$I_{total} = \frac{591.04 Ah}{(1 - 20\%)}$$

$$I_{total} = 738.8 Ah$$

Banco de Baterías

$$I_{bat} = \frac{I_{total} \times N}{PPD}$$

$$I_{bat} = \frac{738.8 h \times 2}{0,6}$$

$$I_{bat} = 615.67 Ah$$

La profundidad de descarga de la batería (PPD) se considera de un 60%, según recomendaciones de los fabricantes de batería. Cabe destacar que no conviene llevar baterías a un nivel de descarga bajo, caso contrario, se reduce el tiempo de vida de dichos equipos. Como alternativa, se plantea la batería estacionaria de la marca Ultracell con una capacidad

de 600 Ah y 24V modelo UZS600. El modelo presenta un rendimiento elevado, son perfectas para sistemas fotovoltaicos de mediano tamaño.



Figura 20. Baterías estacionarias Modelo Ultracell UZS600. Tomada de “Batería estacionaria 600Ah 12V Ultracell UZS600”, por AutoSolar. 2025.

El número total de Baterías,  $N_{tb}$  se expresa como:

$$N_{tb} = NB_s \times NB_p$$

Donde:

$NB_s$ : Cantidad de baterías en serie

$NB_p$ : Cantidad de baterías en paralelo

$N_{tb}$ : Total de baterías

$$NB_p = \frac{V_{nom}}{\text{Voltaje Bateria}} = \frac{24 V}{24 V} = 1 \text{ unid}$$

$$NB_s = \frac{I_{bat}}{\text{Capacidad Bateria}} = \frac{615.67 Ah}{600 Ah} = 1.02 \approx 2 \text{ unidades}$$

### 3.1.2.12. Inversor de Red, Inversor On Grid

En este punto, existen luminarias de alumbrado público solar, de 24 V, para las cuales no se haría necesaria la colocación de un inversor, si se estuviese en presencia de un sistema aislado, que sería la otra alternativa de diseño.

Para los sistemas On Grid, el inversor además de transformar la corriente continua a alterna permite establecer y priorizar el uso de la energía eléctrica fotovoltaica dependiendo de su capacidad de carga durante los períodos en donde el sistema solar no pudo almacenar la energía necesaria.

El mercado actual posee una gran gama de inversores, específicamente para los sistemas solares conectados a la red.

$$P_{inv} = \frac{Pot \times 100\%}{eficiencia \text{ inversor}}$$

$$P_{inv} = \frac{3.42 \text{ kW} \times 100\%}{96\%} = 3.56 \text{ kW}$$

El modelo On Grid Fronius Primo UL 3.8-1 208-240 aplica para sistemas de elevada calidad para cualquier tipo de sistema Grid-Tie de corriente monofásica. Posee un formato compacto sin transformador con potencias que van desde los 3.8 kW hasta los 15 kW.

El modelo Primo 10.0-1 maneja una potencia de salida de 9.95 kW, a un voltaje de 240 V a una frecuencia de 60 Hz con una eficiencia del 96%.



Figura 21. Inversor On Grid Modelo UL 3.8-1 208-240. Tomada de “Modelo UL 3.8-1 208-240”, por AutoSolar. 2025.

$$N_{inv} = \frac{P_{sis}}{P_{inv}} = \frac{3.42 \text{ kW}}{3.56 \text{ kW}} = 0.96 \approx 1 \text{ unidad}$$

### 3.1.2.13. Cálculo de la cantidad de Paneles

Para calcular la cantidad de Paneles, es necesario determinar la capacidad del sistema fotovoltaico, para lo cual se tiene que relacionar la energía total requerida por el sistema con la hora solar pico.

$$P_s = \frac{P_{sfv}}{HSP} = \frac{12.77 \text{ kWh}}{4 \text{ h}} = 3.19 \text{ kW}$$

En la actualidad, existe una gran gama de paneles solares, los cuales pueden ser aplicados al proyecto. En pro de mantener el diseño con características de uso robusto, se tiene el panel solar monocristalino de capacidad 550 W, 24V, modelo PERC EcoGreen

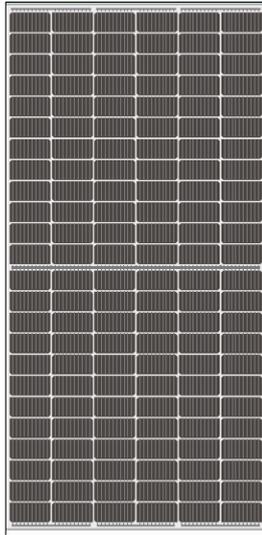


Figura 22. Panel Monocristalino Perc EcoGreen. Tomada de “Panel solar 550W 24V monocristalino PERC EcoGreen”, por AutoSolar. 2025.

Para el cálculo de la energía generada por un campo fotovoltaico, se emplea el dato obtenido referente a la radiación solar disponible en la zona, la cual se expresa en horas solares, la cual ha quedado establecida para el proyecto en estudio con el valor de 4 h, se selecciona un rendimiento del 90% del panel, encontrando lo siguiente:

$$Cap_{fv} = 0,9 \times I_{max} \times HPS$$

La corriente máxima del panel es determinada a través del siguiente gráfico del fabricante:

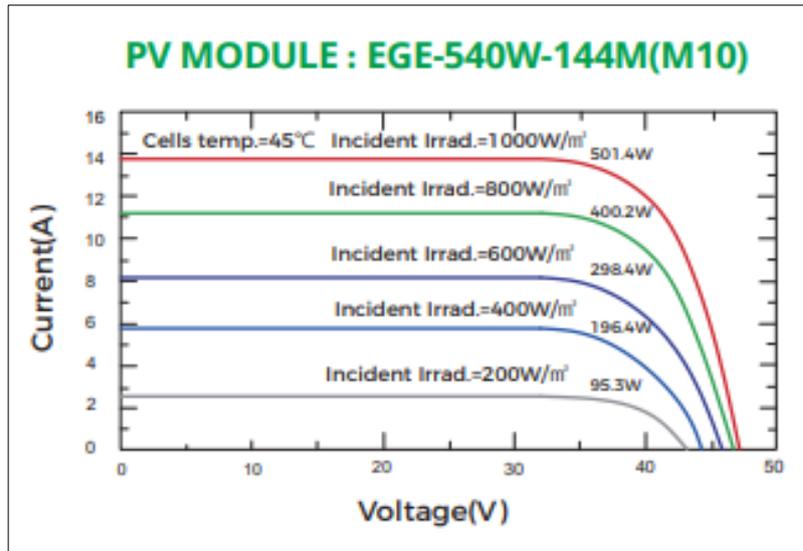


Figura 23. Gráfico de la Corriente Vs voltaje para panel Monocristalino Perc EcoGreen. Tomada de “Panel solar 550W 24V monocristalino PERC EcoGreen”, por AutoSolar. 2025.

Para un voltaje de 24V, y una irradiación incidente de 1000 W/m<sup>2</sup>, se tiene un valor aproximado de 13.9 A

$$Capfv = 0,9 \times 13.9 \text{ A} \times 4 \text{ h}$$

$$Capfv = 50.04 \text{ Ah}$$

Conocido el valor de corriente que suministra el módulo fotovoltaico (Capfv), así como los valores de consumo máximo (Inom), se calcula el número de paneles utilizando la ecuación siguiente:

Para determinar el número de paneles a utilizar, se tiene la siguiente:

$$N_p = NP_s \times NP_p$$

Donde:

$NP_s$ : Cantidad de paneles en serie

$NP_p$ : Cantidad de paneles en paralelo

$N_p$ : Total de paneles

$$NP_p = \frac{V_{nom}}{\text{voltaje Bateria}} = \frac{24 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 1 \text{ unidad}$$

$$NP_s = \frac{I_{fv}}{Capfv} = \frac{615.67 \text{ Ah}}{50.04 \text{ Ah}} = 12.30 \approx 13 \text{ unidades}$$

$$NP = 1 \times 12.30 \approx 13 \text{ unidades}$$

### 3.1.3. Pruebas de solución

#### 3.1.3.1. Diseño Eléctrico de la Propuesta

En pro de resumir la información obtenida en la fase de diseño, se procede a realizar el esquema electro de conexionado del sistema Solar Conectado a la Red, el cual se resume de la siguiente manera:

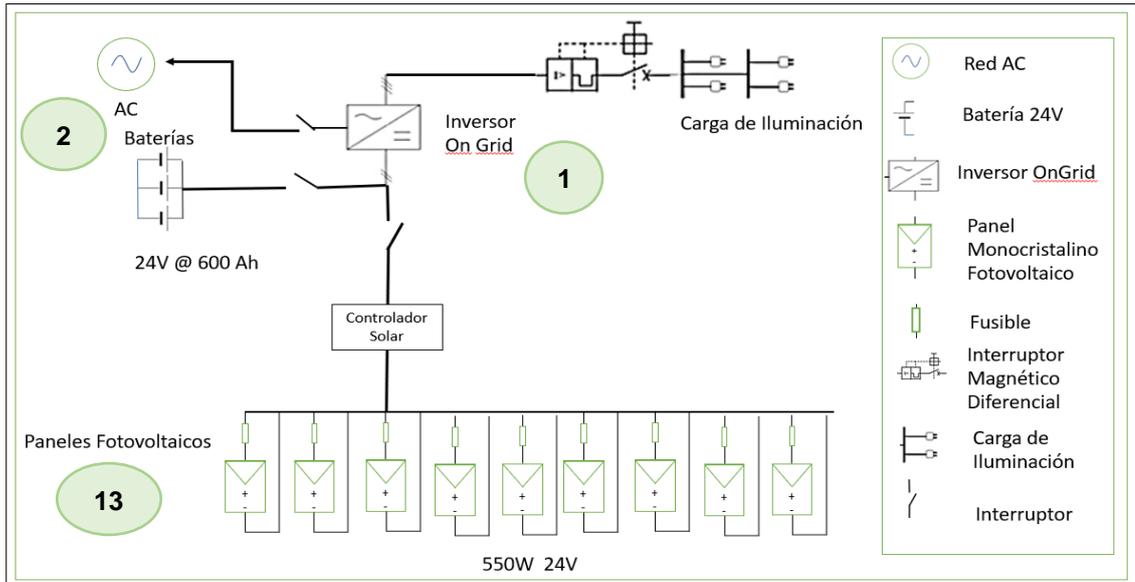


Figura 24. Plano eléctrico del diseño Solar Conectado a la Red. Tomada de “Control de flujo de energía en una micro-red eléctrica basada en energías renovables. Jóvenes en la Ciencia”, por Núñez y Lozano. 2016.

#### 3.1.3.2. Simulación de la Propuesta

Se procede a bosquejar un aproximado de lo que sería la iluminación en el parque, ya que en la actualidad no se cuentan con planos eléctricos de la zona.



Figura 25. Simulación de iluminación del Parque Miguel Grau.

En base al levantamiento hecho a la zona, se simula la ubicación de los postes de iluminación y los elementos que conforman la plaza Miguel Grau, tratando de simular la relación entre

los postes y los árboles de gran camino. No se consideran elementos como bancos y jardineras a detalle, a fin de realizar un análisis más general de la situación.

En general, el alumbrado público está normado por la ley de concesiones eléctricas D.L. N.º 25884 y su reglamento, el código nacional de electricidad, la norma DGE (Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución), la norma DGE «Alumbrado de vías públicas en áreas rurales».

Según lo establecido por la norma, la mínima potencia a utilizar debe guardar la relación de  $0.13 \text{ W/m}^2$ , para lo cual se tiene:

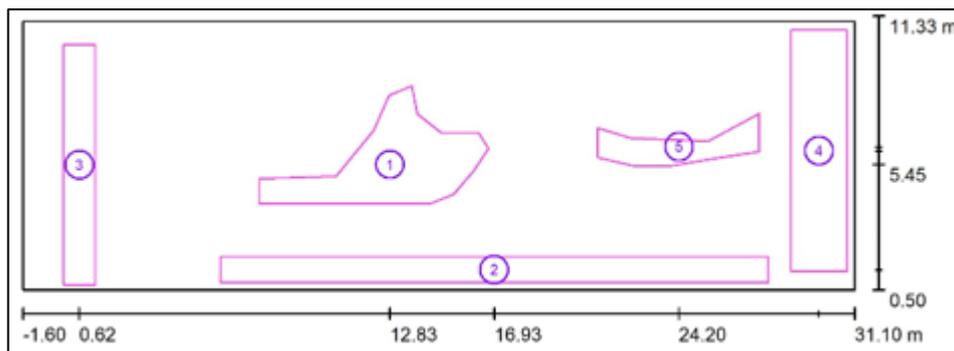


Figura 26. Longitudes del Parque Miguel Grau

$$0.13 \text{ w/m}^2 < \frac{52 \text{ W}}{(31.10 + 1.60) \times 11.33}$$

$$0.13 \text{ w/m}^2 < 0.14 \text{ w/m}^2$$

Mediante un checklist donde se tiene valores a cumplir, se tiene un valor de  $0.14 \text{ W/m}^2$  mayor a la norma DGE «Alumbrado de vías públicas en áreas rurales» con lo cual se tiene una mejora en la eficiencia energética.

De igual manera, expresa que el flujo luminoso de cada una de las lámparas no debe ser menor a 3400 lm por cada uno de los elementos de iluminación.

Tabla 5. Iluminación recomendada para parques y jardines

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

Nota: Tomada de la Dirección General de Electricidad DGE. 2002.

De igual manera, según lo planteado en la norma de alumbrado de interiores y campos deportivos, plantea los niveles de iluminación para parques y jardines, para lo cual se observa

que el alumbrado general debe estar en el rango de 5 lux; a su vez la norma expresa lo siguiente:

*“Las vías públicas que conforman el perímetro de una plaza, parque y plazuela deben tener el nivel de iluminación equivalente al de la calle de mayor iluminación. En casos especiales, el Concesionario podrá sustentar ante la Autoridad los niveles de iluminación de cada vía que circunda la plaza, parque y plazuela, que considere conveniente”.*

En base a ello, se tiene que el parque está ubicado en una vía del tipo colectora 1, con un tipo de alumbrado II, y tipo de calzada clara donde la tabla 6 expresa sus niveles de iluminación.

Tabla 6. Niveles de Iluminancia, luminancia e índice de deslumbramiento

Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco ( cd/m2)	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbramiento ( G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 – 2,0	15 – 20	30 – 40	≥ 6
II	1,0 – 2,0	10 – 20	20 – 40	5 - 6
III	0,5 – 1,0	5 – 10	10 – 20	5 - 6
IV		2 – 5	5 – 10	4 - 5
V		1 – 3	2 – 6	4 - 5

Nota: Tomada de la Dirección General de Electricidad DGE. 2002.

Con todo lo anterior, se puede considerar un nivel de iluminación con valor mínimo de 10 lux, por ser lo que contempla la iluminación de alumbrado tipo II.

Para el caso del sistema de Iluminación solar fotovoltaico Aislado, se selecciona una luminaria con flujo luminoso de 5000 lm, esto con el fin de cumplir con los niveles de iluminación a un flujo reducido, producto de su programa de regulación de intensidad, bajo estos parámetros, se obtienen los siguientes niveles de iluminación:

- i. Para luminarias al 100% del flujo, la figura 27 muestra los valores de flujo de cada una de las luminarias**

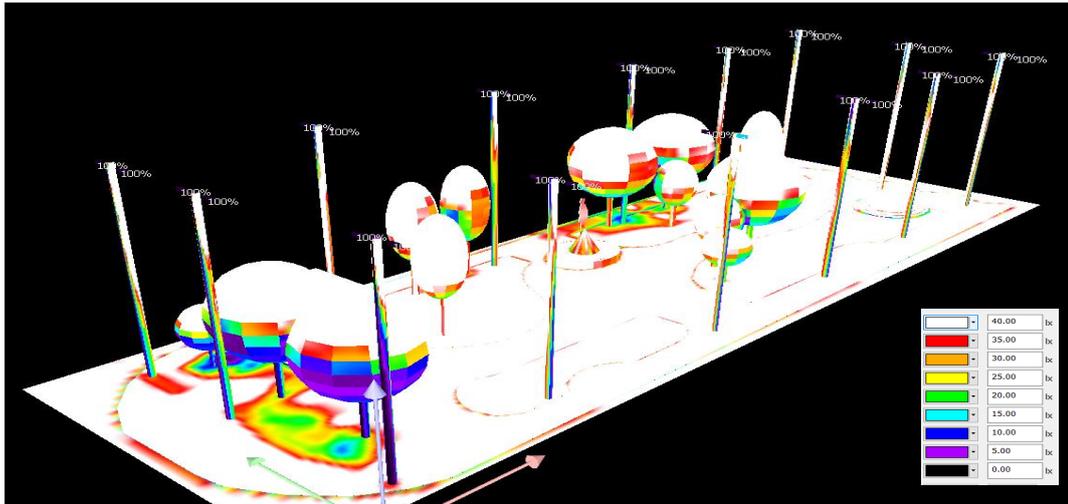


Figura 27. Luminarias al 100% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau

Bajo estas características, se obtienen los siguientes valores luminotécnicos

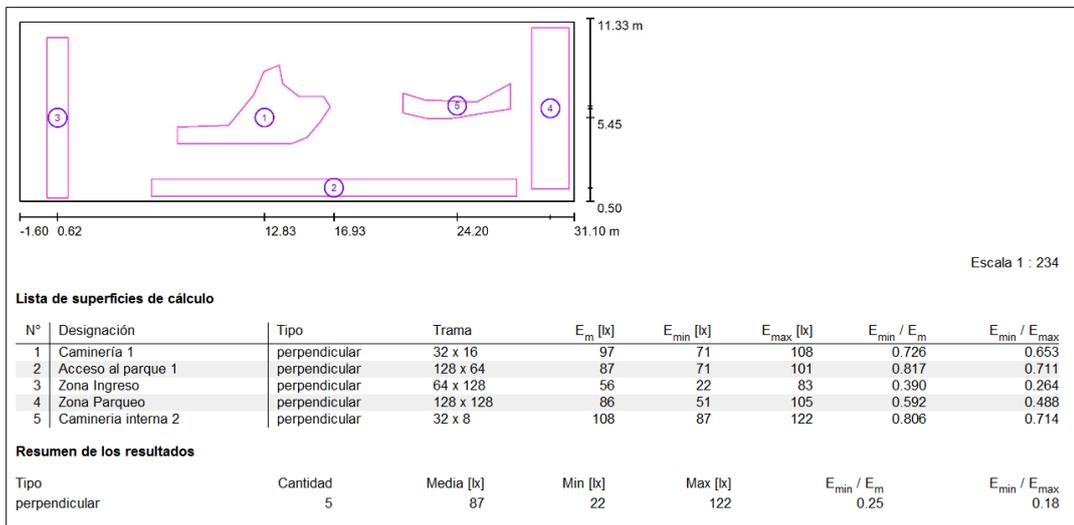


Figura 28. Cálculo al 100% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau.

Se han considerado una serie de superficies de cálculo, ubicadas en las diferentes zonas de la plaza Miguel Grau de La Oroya, con el fin de comprobar los niveles de iluminación obtenidos. Para todos los casos, se tienen valores entre los 56 lx para la zona de ingreso al parque, y valores de 108 lx en la parte interna del parque. Estos niveles se encuentran por encima de los valores determinados por la norma, pero es importante destacar que solamente estarán por un rango de tiempo de 2 h.

- ii. **Para las luminarias al 60% de flujo, los resultados luminotécnicos son los siguientes:**

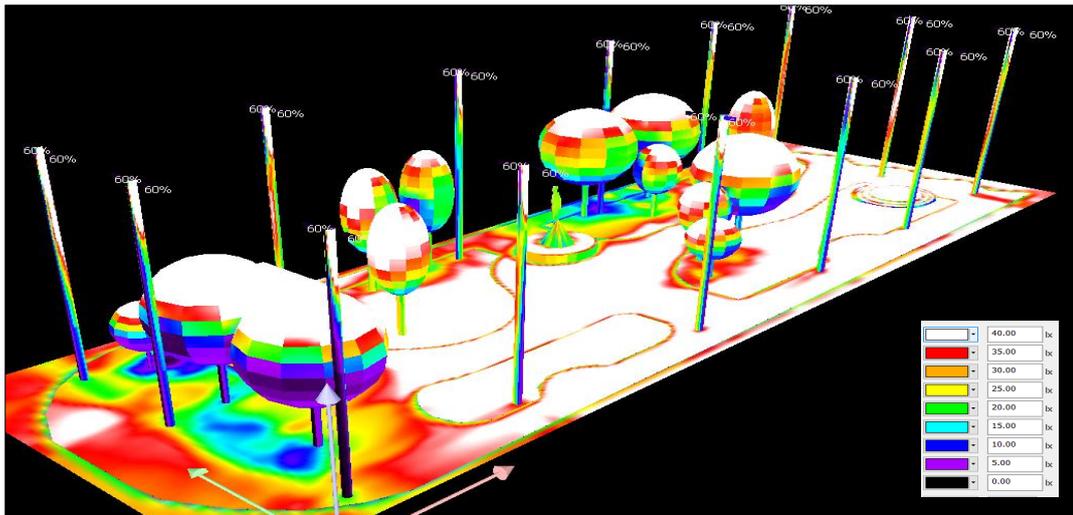


Figura 29. Luminarias al 60% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau

Bajo estas características, se obtienen los siguientes valores luminotécnicos

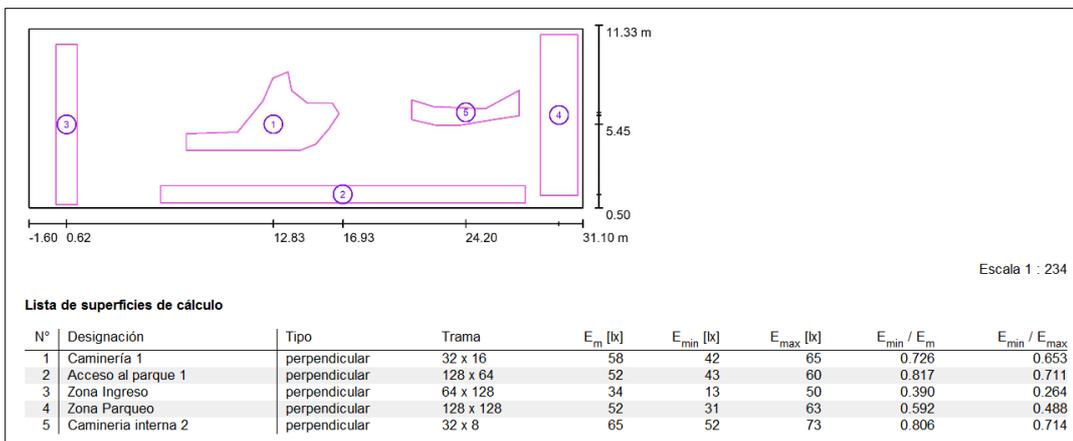


Figura 30. Cálculo al 60% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau

Para este caso, se observa que los valores de iluminación se ajustan un poco más a los valores de diseño normados por la DGE. Es importante destacar que la zona denominada Zona ingreso es la más afectada por los efectos de los árboles y la sombra que podrían generar a las luminarias para distribuir la luz de manera uniforme. Si revisamos la uniformidad de la luz, de hecho, su valor es de 0.264, en comparación con las otras áreas que poseen valores de uniformidad mayores o cercanos a 0.5.

iii. Para las luminarias al 30% del flujo, se tiene lo siguiente:

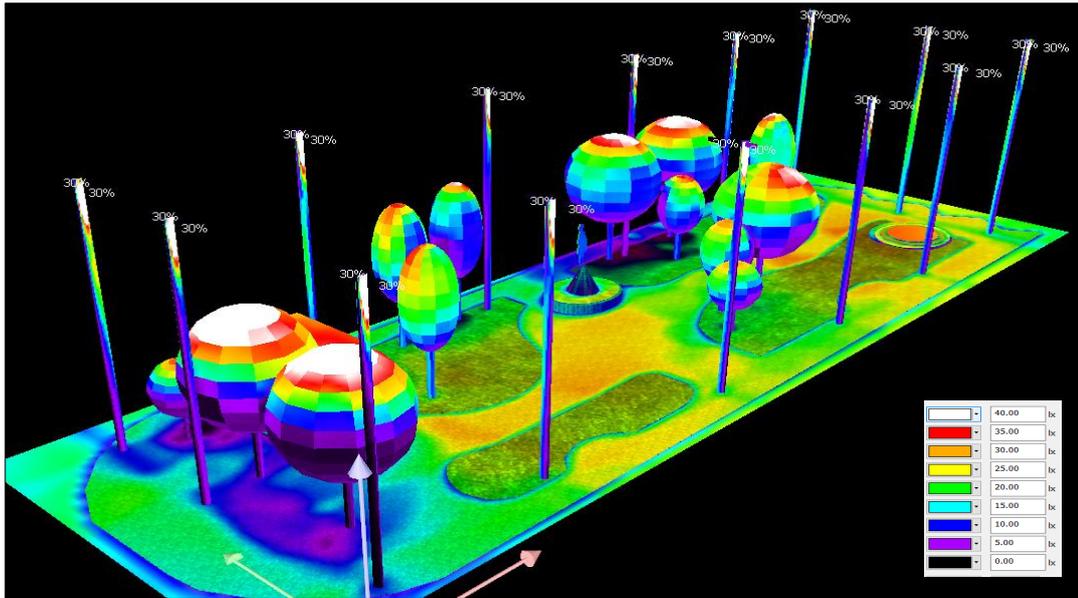


Figura 31. Luminarias al 30% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau

Bajo estas características, se obtienen los siguientes valores luminotécnicos

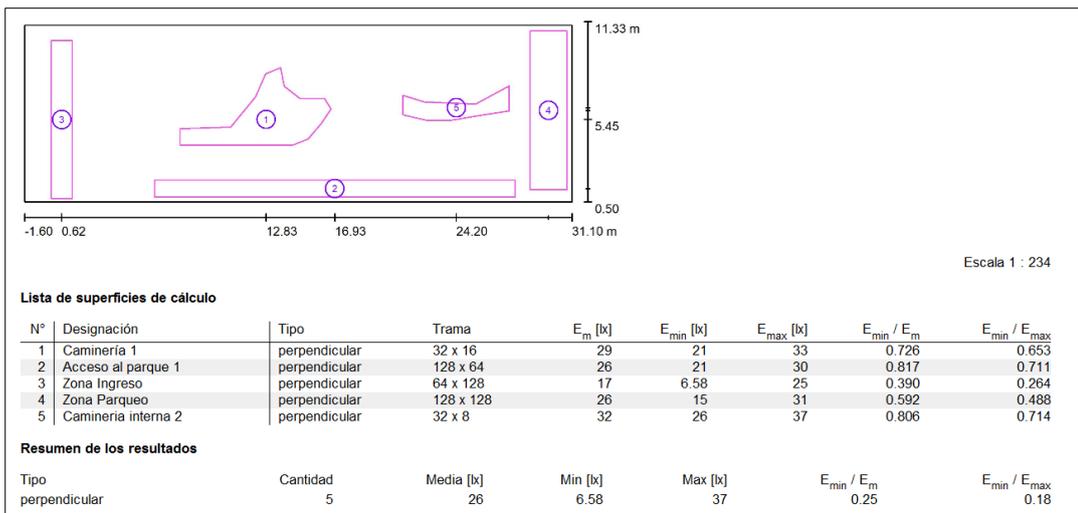


Figura 32. Cálculo al 30% del flujo luminoso del Parque Miguel Grau

Los valores obtenidos bajo estas circunstancias arrojan una iluminación media de toda la zona de 26 lx, lo cual sigue siendo un valor aceptado para iluminación en parques, de igual manera hay que recordar que estos niveles de iluminación estarán presentes en horas de madrugada, en donde el flujo peatonal se considera casi nulo o inexistente.

Con respecto al sistema On Grid, o sistema solar conectado a la red, se considera el uso de luminarias 220V, las cuales serán alimentadas ya sea por el sistema solar planteado o por la red eléctrica, dependiendo de las características solares de la zona.

Para ello, se selecciona la luminaria de la marca Ledvance Arealight, modelo 7015870 con flujo luminoso de 3500 lm y temperatura de color 4000k, con una vida útil de 50000 h, Ip66 e Ik08, voltaje de alimentación 220V.



Figura 33. Luminarias arealight de Ledvance. Tomada de “Ficha técnica: Luminaria LED Arealight 50W/NW 5000Lm IP66 EQ. [Datasheet]”, por Promelsa. 2025.

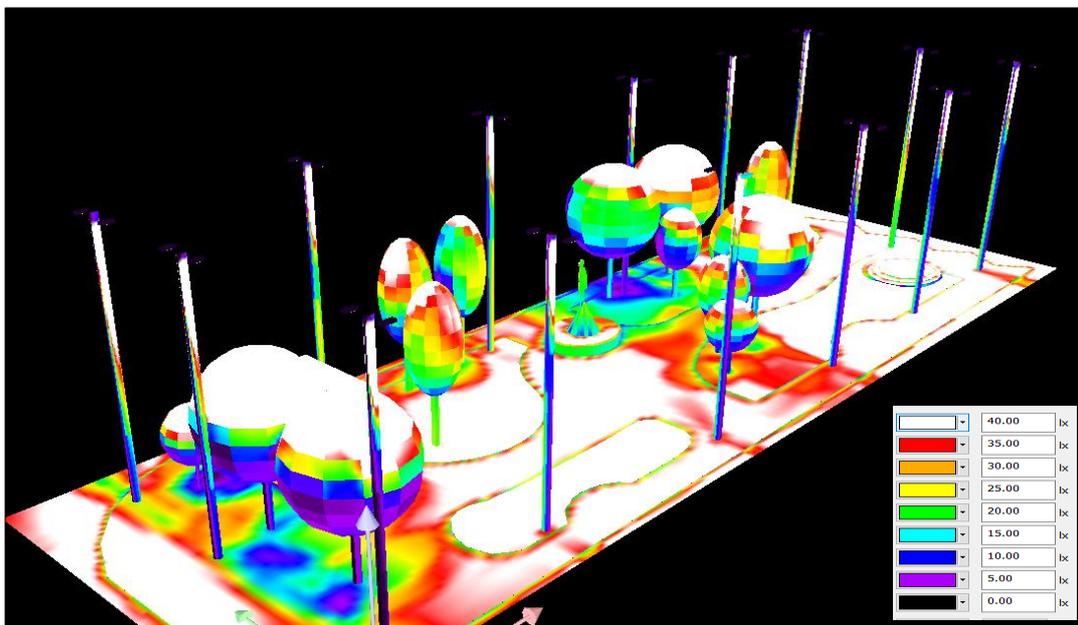


Figura 344. Simulación de iluminación para luminaria Arealight de Ledvance

Para este caso, se obtienen los siguientes resultados luminotécnicos:

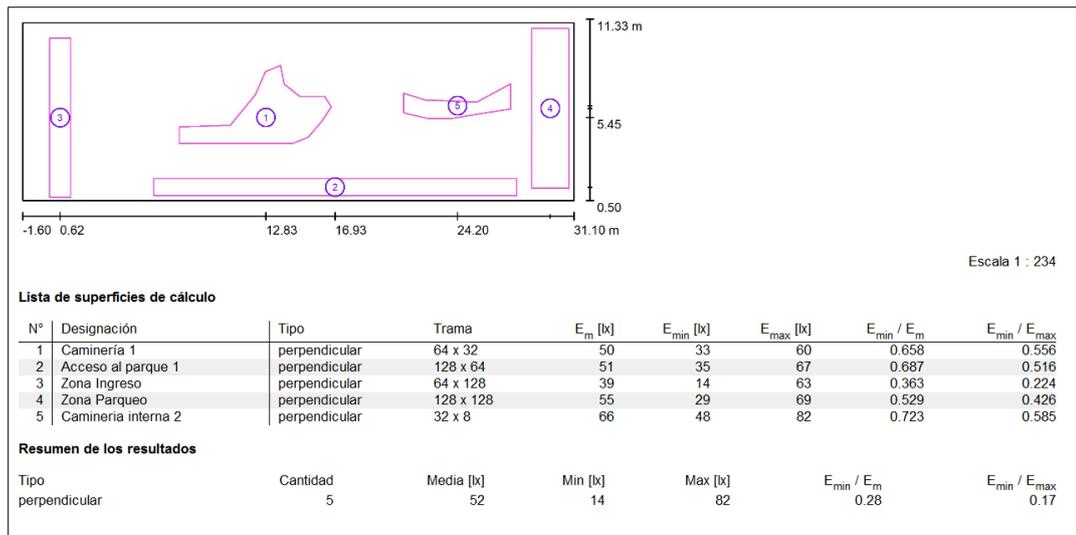


Figura 355. Cálculo iluminación para luminaria Arealight de Ledvance.

Se observa que, bajo estas condiciones de funcionamiento, se cumple con los niveles de iluminación requeridos para todas las áreas. Este sistema funcionará de manera continua durante toda la noche, es decir, a flujo constante sin discriminar si existe personas o no en el área.

### 3.1.3.3. Elección de la mejor solución

Para cada una de las alternativas planteadas, existen una serie de beneficios y debilidades, pero, a rasgos generales, ambas alternativas de solución son aplicables. En base a ello, se procederá a realizar un cuadro comparativo a fin de seleccionar la alternativa de solución que mejor se aplique al diseño en cuestión:

Tabla 7. Análisis de las soluciones

<b>Parámetro por Considerar</b>	<b>Sistema Aislado</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Sistema On Grid</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Observación</b>
Simplicidad de Diseño	Diseño simple, Cambio punto a punto	5	Intervienen una serie de elementos que componen el sistema	3	Por el tipo de Diseño, la construcción de sistemas aislados a la red suele ser más sencillos en términos de Diseño.
Autonomía	Depende de la Calidad de la luminaria y su capacidad de almacenamiento de carga	3	Se asegura el suministro de iluminación en todo momento	5	Los sistemas On Grid cuentan con la particularidad de respaldar el sistema Fotovoltaico frente a condiciones de carga desfavorables.
Económico	Suelen ser Mucho más baratos que implementar sistemas On Grid	5	Suelen involucrar diversos equipos que incrementan sus costos	2	Los sistemas On Grid, por ser más complejos, involucran muchos más equipos, lo cual lo hace una alternativa más costosa.
Flujo Luminoso	En el mercado existen diversos flujos luminosos para este tipo de luminarias, pero a mayor flujo, mayor tamaño	4	Suelen venir en diferentes flujos luminosos dependiendo del modelo y la tecnología	5	Las luminarias All in One, al tener todos sus elementos compactos, suelen ser de gran tamaño para flujos mayores a 5000 lm.
Regulación	Presentan Alternativas de regulación, sensores de presencia y otros métodos de ahorro de energía para prolongar su autonomía	5	Existen modelos de diversos tipos con o sin sensores incluidos, pero su regulación no es tan	4	Los sistemas aislados de la red suelen presentar alternativas de regulación con el fin de prolongar la autonomía de su batería, para garantizar el funcionamiento adecuado.

			flexible como las All in One		
Ahorro Energético	Representa un real ahorro energético al estar aislado de la red eléctrica	5	Se le asocian consumos al estar conectado a la red eléctrica	3	A pesar de que el sistema conectado a la red eléctrica se considere un respaldo, genera ciertos niveles de consumo
Totales		27		20	

Bajo estas condiciones, los sistemas aislados representan una alternativa de solución económica, práctica y aplicable al proyecto en cuestión. Se garantiza un flujo de iluminación adecuado durante toda la noche y bajo estas características su autonomía se prolonga hasta por más de 24 h, lo cual la hace adecuada para soportar días continuos en donde el sistema no se cargue al 100%, a pesar de que la zona garantiza una disponibilidad de energía de 5 kWh aproximadamente.

## **3.2. Tipos de investigación**

### **3.2.1. Investigación Básica**

Se identificarán de las características de las iluminarias LED y sistemas fotovoltaicos y sus propiedades para la propuesta presentada en esta investigación, determinando los factores causales que inducen en el cambio ambiental y sostenible en los componentes energéticos, identificando los principios y leyes que regulan el proceso de degradación de las unidades químicas en los sistemas de iluminarias (Fernández y Hernández, 2018).

Esto significa realizar un análisis detallado del problema en estudio para explicar, describir y comprender la naturaleza y los componentes del problema, explicar la causa y el efecto del problema o predecir la ocurrencia del problema y utilizar un método único. Cualquier paradigma o método de investigación conocido o emergente (Bernal, 2016).

La técnica de registro de los datos obtenidos será tomada en el lugar geográfico del problema planteado más los datos de interés se recopila directamente de la realidad verificada. En este sentido, es un estudio basado en datos originales o primarios (Oberti y Bacci, 2021).

### **3.2.2. Investigación Documental**

El estudio del problema pretende ampliar y profundizar en su carácter principal en el trabajo previo y el conocimiento de la información y datos que pueden ser revelados a través del medio impreso (Toscano, 2018).

La técnica de información de datos será registrada por documentos de diferente tipo, memorias, datos e información estadística y cualquier documento de instituciones y empresas que registran datos del funcionamiento de las iluminarias tradicionales del Parque Grau, Provincia de Yauli-La Oroya, utilizando instrumento de tipo fichas de trabajo.

## **3.3. Nivel de la Investigación**

Será del tipo descriptivo, analizar los elementos, propiedades y caracteres del sistema de las iluminarias en el alumbrado público, de nivel exploratorio para identificar los tipos de

recargas en la facturación de consumo, la subestación de los medidores o contadores de registro sobre los consumos de energía eléctrica en el alumbrado público y la manera en que esta investigación pueda explicar los factores causales que puedan contribuir a mejorar las necesidades de dicho caserío Provincia de Yauli - La Oroya (Toscano, 2018).

### **3.4. Método de la investigación**

Para realizar la propuesta de iluminación LED mediante el sistema fotovoltaico en las conexiones de alumbrado público del Parque Grau de la Provincia de Yauli - La Oroya, se requiere el seguimiento de un conjunto de pasos, con el objeto de conseguir la mayor tendencia de información en el panorama energético para la aplicación de los nuevos materiales conociendo sus características y propiedades para poder llevar a cabo un diagnóstico de las condiciones actuales y, con base a la información obtenida, plantear una solución al problema en estudio (Oberti y Bacci, 2021).

### **3.5. Diseño de la investigación**

Consiste en organizar de manera esquematizada con el fin de relacionar y poder controlar las variables de investigación, con el fin de poder asignar restricciones controladas relacionadas a las observaciones de los fenómenos observados. Sirve como instrumento de dirección para el investigador, con el fin de concretar los pasos o acciones a seguir para determinar las posibles soluciones a los problemas (Toledo, 2019).

Se utilizará un diseño descriptivo simple para recoger información actualizada sobre el objeto de investigación (sistema de iluminación) para los estudios del diagnóstico encontrado en la red de alumbrado en el Parque Grau de nivel descriptivo.

### **3.6. Población y Muestra**

#### **3.6.1. Población**

Es considerada como todo conjunto o grupo de elementos que se consideran comunes o que presentan una característica similar de un colectivo o universo de objetos el cual se pretende analizar. En este caso de estudio, en donde se plantea la iluminación LED, la población está representada por el sistema de Alumbrado Público del Parque Grau de la población Yauli - La Oroya (Fernández y Hernández, 2018).

#### **3.6.2. Muestra**

Se considera como la porción o parte extraída del objeto al cual se le está realizando un estudio, representado por un muestreo estratificado (no probabilístico) por el tipo de luminarias que componen el sistema de alumbrado público seleccionados para la

investigación del tema. (Alumbrado Público del Parque Grau de la población Yauli - La Oroya) (Fernández y Hernández, 2018).

Según lo explicado, para determinar el tamaño de la muestra conociendo la población se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

n: Es el tamaño de la muestra

N: Es el tamaño de la población

p: Es la proporción de la población que tiene la característica de interés, si no es calculable se asume 0.50

q: Proporción de la población que no tiene la característica (q=1-p)

E: Es el máximo error permisible; lo determina el investigador

Z: Es el valor de la distribución normal estandarizada correspondiente al nivel de confianza escogido.

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.7.1. Técnicas**

Son las diversas formas de obtener la información, dependiendo del tipo de investigación que se desee implementar, con el fin de generar las formas de organizar, elaborar, efectuar y guiar la recolección de todos los datos obtenidos (Hernández y Mendoza, 2018).

En tal sentido, para la naturaleza del proyecto, se determinará por medio de la técnica documental, basada en la búsqueda de cualquier tipo de información, ya sea en libros, artículos científicos, informes, etc., que puedan ayudar a determinar los requerimientos eléctricos de la Provincia de Yauli - La Oroya, así como corroborar las condiciones topológicas y ambientales para la implementación de una propuesta.

De igual manera, se utilizará la técnica de la observación directa, con el fin de corroborar la naturaleza del problema en estudio, poder analizar la condición actual y entender su funcionamiento, para así, en conjunto con la investigación documental, poder concluir sobre dicho problema en estudio (Hernández y Mendoza, 2018).

#### **3.7.1. Recolección de datos**

En cuanto a la recolección de datos, la técnica a emplear debe considerar el orden de las etapas en el desarrollo de la investigación, para ello, es necesario elaborar formatos que

permitan organizar la información de manera organizada, con el fin de tomar aquella que sea necesaria y desechar la que no aplique o no sea relevante; es decir, para efectuar el control de los registros de los datos y el análisis obtenido mediante la investigación de todos los temas relacionados con el sistema de iluminaria del Parque Grau, Provincia de Yauli - La Oroya (Rojas, 2021).

En cuanto a la técnica de la pesquisa de campo, se utilizará la observación directa, para recolectar la máxima cantidad de información necesaria para el estudio. En el caso particular de la Provincia de Yauli - La Oroya, será necesario determinar las condiciones eléctricas actuales de la comunidad, verificación del espacio físico en donde están ubicadas las luminarias, la cantidad de unidades instaladas y su condición actual de funcionamiento.

### **3.7.2. Instrumentos**

En primer lugar, se suscita la ficha de trabajo, a través de la observación que apunten en lo relacionado con lo observado directamente en el entorno y en la descripción del lugar de la explicación para ser más específico posible. En este caso, el investigador debe anotar los datos obtenidos en dicho instrumento de manera precisa y clasificarlos según su grado de aplicación, ya sean datos teóricos, datos técnicos o datos complementarios (Baena, 2017).

Luego se tiene el checklist, que son formatos generados a fin de llevar a cabo acciones constantes, verificar el cumplimiento de listas de requisitos o recolectar datos de manera organizada y sistemática. Se emplean para corroborar sistemáticamente operaciones o productos, asegurando que los trabajadores o inspectores no olviden nada relevante (Cohen y Gómez, 2018).

Al hacer uso de este instrumento, el investigador, al momento de realizar las visitas de campo e implementar la observación directa, asegura que los datos obtenidos para su estudio cubra toda la información necesaria; en el caso particular de la iluminación LED mediante el sistema fotovoltaico de generación de energía, este documento debe ser capaz de verificar características eléctricas y físicas de la Provincia de Yauli - La Oroya, para lo cual se debe tener en cuenta:

- Realizar inspecciones donde se deja constancia de cuáles han sido los puntos inspeccionados
- Examinar o analizar la localización de los defectos, verificando las causas de los mismos
- Verificar y analizar las operaciones
- Recopilar datos para su futuro análisis

### **3.8. Procedimiento de recolección de datos**

Una vez recopilada la información, es necesario seleccionarla, procesarla y depurarla, a fin de presentar y publicar los datos obtenidos. Es por ello que se plantean las técnicas para el procesamiento de datos para descifrar la información que revelan los datos recolectados (Toledo, 2019).

Para comprender la naturaleza del sistema fotovoltaico a proponer, se debe estudiar las tecnologías actuales de iluminación del tipo Alumbrado Público existentes en el mercado, establecer un comparativo entre las tecnologías existentes y destacar las ventajas y desventajas de cada sistema, enfocado desde el punto de vista de iluminación tradicional vs iluminación fotovoltaica.

Una vez establecidas las ventajas del sistema fotovoltaico, se debe proceder a la selección de las luminarias que se adapten mejor a la necesidad de la zona, teniendo en cuenta alturas de montaje, flujo luminoso deseado e intención de la iluminación a proponer.

Una vez definidos los parámetros, se hace uso del Software de cálculo lumínico para comprobar los niveles de iluminación obtenidos, los cuales serán comparados con las diferentes normativas existentes relacionados con los niveles de iluminación del alumbrado público.

Como punto final, realizar un análisis energético enfocado en la implementación del sistema de iluminación Fotovoltaico versus un sistema de alumbrado público conectado a la red, así como también se debe determinar el nivel de impacto ambiental y su interacción con la Provincia de Yauli - La Oroya.

Luego, para recoger la información, esta se dividirá en tres grupos, los cuales aportarán información dependiendo de su naturaleza, a saber:

- Datos relacionados con las luminarias de alumbrado público actual.
- Verificar luminarias instaladas en la Provincia de Yauli - La Oroya, haciendo uso de un block de notas para verificar y controlar la información obtenida.
- Datos relacionados con las tecnologías actuales de las luminarias de alumbrado público, haciendo uso de la información recopilada en fuentes bibliográficas, artículos, libros o estudios previos que servirán de apoyo a la investigación.
- Datos relacionados con las condiciones técnicas ambientales del sector, haciendo uso del checklist, para verificar y controlar la información obtenida.
- Datos relacionados con la compatibilidad entre los sistemas de generación interconectados a la red versus los sistemas basados en tecnología fotovoltaica.

### **3.9. Procesamiento de datos**

Una vez recolectada toda la información, se hace necesario plantear la manera en que la

misma será analizada, en pro de brindar una alternativa de solución y concluir sobre la misma.

Para realizar una mejora al sistema de Alumbrado Público de la zona, se plantea una metodología de análisis y procesamiento de la información que se basa en detallar la carga actual conectada, así como describir la tecnología de las luminarias, su estado funcional y cualquier otro parámetro de interés que pueda ser de utilidad en el desarrollo de la solución. Luego, se debe realizar un estudio comparativo de las tecnologías actuales con el fin de diseñar un sistema de iluminación apropiado, basado en elementos eficientes que generen un impacto económico, ambiental y social. Como paso final, se debe comprobar que el planteamiento de la alternativa de solución esté a la par de las normativas de iluminación.

### **3.9.1. Análisis de la carga y tecnología actual Instalada**

Según el SNIP, en su artículo titulado Electrificación rural, se deben seguir un conjunto de pasos a fin de poder diagnosticar el servicio eléctrico, centrando la problemática partiendo de la situación actual del servicio. En lo cual se expresa lo siguiente:

En caso exista servicio eléctrico, se debe determinar la calidad del servicio, número de luminarias conectadas, niveles de consumo expresando en kW.

Si no hay servicio de energía eléctrica, es necesario describir las opciones de suministro de energía en la región, indicando el tipo de suministro (batería, entre otros), número de luminarias conectadas a cada tecnología de abastecimiento y el tipo de carga eléctrica conectada, ya sea luminarias tradicionales o luminarias del tipo led.

Una vez identificada la condición de carga, se debe proceder a determinar la carga total conectada de luminarias, donde la podemos expresar como:

$$CTC = CTL - CTT - R$$

Donde:

CTL: Carga Total Luminarias LED

CTT: Carga tipo luminarias tradicionales

R: Reserva del 20% para futuros aumentos de carga

Esta CTC será la que nos indique los niveles de potencia derivados al sistema de iluminación de alumbrado público de la zona.

Una vez identificada la carga total conectada, se hace necesario realizar un estudio del tipo de luminaria que actualmente conforma el sistema de alumbrado público de la zona, con el fin de comprender el nivel de eficiencia de este y toma como punto inicial para un estudio comparativo de las posibles alternativas de solución, enfocados en las últimas tecnologías

desarrolladas para dicho elemento.

### **3.9.2. Diseño de Sistema de Iluminación Fotovoltaico**

Una vez determinada la potencia de generación, se procede a definir la topología de la instalación solar fotovoltaica, la cual incluye las luminarias con paneles integrados o externos, regulador, controlador de carga, baterías, inversor DC/AC (si aplicase), para lo cual se debe saber:

- Paneles solares: se deben dimensionar de manera que tenga la capacidad necesaria para producir la energía consumida por la instalación durante 1 día.
- Regulador, el cual es el encargado de proteger al sistema de acumulación o sobre esfuerzo de las baterías, debe ser mayor a la corriente nominal del sistema
- Inversor, el cual se encarga de convertir la energía continúa generada por el sistema en corriente alterna adecuada para el uso de los equipos eléctricos a conectar, su capacidad debe ser 1,2 veces mayor a la Capacidad instalada.
- Baterías, las cuales deben ser capaces de almacenar toda la energía eléctrica para su uso posterior
- Tableros eléctricos, para seccionar y distribuir la energía eléctrica generada por el sistema
- Acometidas eléctricas, para realizar las interconexiones entre la fuente de generación y la carga final

### **3.9.3. Comprobación de Niveles de Iluminación**

Una vez determinada las características de iluminación de la zona, el cual debe permitir ubicar especialmente las luminarias, y simular su contribución a la iluminación de la zona. De igual manera se debe plantear la manera en la que el sistema de iluminación debe funcionar para garantizar el uso adecuado, así como el performance del sistema enfocado en durabilidad y confiabilidad.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del tratamiento y análisis de información general

Consumo de energía eléctrica en la conexión de Alumbrado Público con vapor de sodio en el Parque Grau, de acuerdo a las fichas de trabajo realizadas en campo.

Tabla 8. Consumo de energía mensual con luminarias de vapor de sodio de 150 W

MES	LECTURA ANTERIOR (kWh)	LECTURA ACTUAL (kWh)	CONSUMO (kWh)
Ago-22	11,566.0	11,908.3	342.3
Set-22	11,908.3	12,201.0	292.7
Oct-22	12,201.0	12,485.0	284.0
Nov-22	12,485.0	12,730.9	245.9
Dic-22	12,730.9	13,002.0	271.1
Ene-23	13,002.0	13,273.0	271.0
Feb-23	13,273.0	13,544.0	271.0
Mar-23	13,544.0	13,814.1	270.1
Abr-23	13,814.1	14,099.0	284.9
May-23	14,099.0	14,605.4	506.4
Jun-23	14,605.4	14,854.8	249.4

En la tabla 8, se visualiza los consumos de energía eléctrica mensual desde agosto del año 2022 hasta el mes de junio 2023, siendo el mayor consumo registrado en mayo del 2023 con 506.4 kWh con luminarias de vapor de sodio de 150 W.

#### **RESULTADOS: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS CONSUMO ENERGÍA ALUMBRADO PÚBLICO CON LUMINARIAS VAPOR DE SODIO DE 150 W**

##### **a) Cuadros estadísticos lectura anterior, lectura actual y consumo:**

Tabla 9. Datos estadísticos lectura anterior, lectura actual y consumo

	Lectura Anterior (kWh)	Lectura Actual (kWh)	Consumo (kWh)
Media	13,020.3364	13,319.7727	299.4364
Error estándar de la media	286.8154	290.7931	22.1102
Mediana	13,002.0000	13,273.0000	271.1000
Moda	11,566.0000	11,908.30	271.0000
Desviación Estándar	951.2590	964.4517	73.3311
Varianza Muestral	904,893.6430	930,167.0140	5,377.4450
Rango	3,039.4000	2,946.5000	260.5000
Mínimo	11,566.0000	11,908.3000	245.9000
Máximo	14,605.4000	14,854.8000	506.4000
Suma	143,223.7000	146,517.5000	3,293.8000

**b) Cuadro estadístico lectura anterior y lectura actual (kWh) por meses**

Tabla 10. Datos estadísticos lectura anterior, lectura actual y consumo por meses

	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. Estándar	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Muestral
Ago-22	342.3	11,566.0	11,908.3	23,474.3	11,737.150	171.1500	242.0427	58,584.645
Set-22	297.7	11,903.3	12,201.0	24,104.3	12,052.150	148.8500	210.5057	44,312.645
Oct-22	284.0	12,201.0	12,485.0	24,686.0	12,343.000	142.0000	200.8183	40,328.000
Nov-22	245.9	12,485.0	12,730.9	25,215.9	12,607.950	122.9500	173.8776	30,233.405
Dic-22	271.1	12,730.9	13,002.0	25,732.9	12,866.450	135.5500	191.6966	36,747.605
Ene-23	271.0	13,002.0	13,273.0	26,275.0	13,137.500	135.5000	191.6259	36,720.500
Feb-23	271.0	13,273.0	13,544.0	26,817.0	13,408.500	135.5000	191.6259	36,720.500
Mar-23	270.1	13,544.0	13,814.1	27,358.1	13,679.050	135.0500	190.9895	36,477.005
Abr-23	284.9	13,814.1	14,099.0	27,913.1	13,956.550	142.4500	201.4547	40,584.005
May-23	506.4	14,099.0	14,605.4	28,704.4	14,352.200	253.2000	358.0789	128,220.480
Jun-23	249.4	14,605.4	14,854.8	29,460.2	14,730.100	124.7000	176.3524	31,100.180

**c) Percentil lectura anterior y lectura actual (kWh) por meses:**

Tabla 11. Percentil lectura anterior y lectura actual por meses

	Ago-22	Set-22	Oct-22	Nov-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23	
Percentiles	10	11,566.0	11,903.3	12,201.0	12,485.0	12,730.9	13,002.0	13,273.0	13,544.0	13,814.1	14,099.0	14,605.4
	20	11,566.0	11,903.3	12,201.0	12,485.0	12,730.9	13,002.0	13,273.0	13,544.0	13,814.0	14,099.0	14,605.4
	25	11,566.0	11,903.3	12,201.0	12,485.0	12,730.9	13,002.0	13,273.0	13,544.0	13,814.0	14,099.0	14,605.4
	30	11,566.0	11,903.3	12,201.0	12,485.0	12,730.9	13,002.0	13,273.0	13,544.0	13,814.1	14,099.0	14,605.4
	40	11,634.4	11,962.8	12,257.8	12,534.1	12,785.1	13,056.2	13,327.2	13,598.0	13,871.0	14,200.2	14,655.2
	50	11,737.1	12,052.1	12,343.0	12,607.9	12,866.4	13,137.0	13,408.5	13,679.0	13,956.5	14,352.2	14,730.1
	60	11,839.8	12,141.4	12,428.2	12,681.0	12,947.7	13,218.0	13,489.8	13,760.0	14,042.0	14,504.1	14,804.9

d) Gráficos lectura anterior, lectura actual y consumo (kWh):

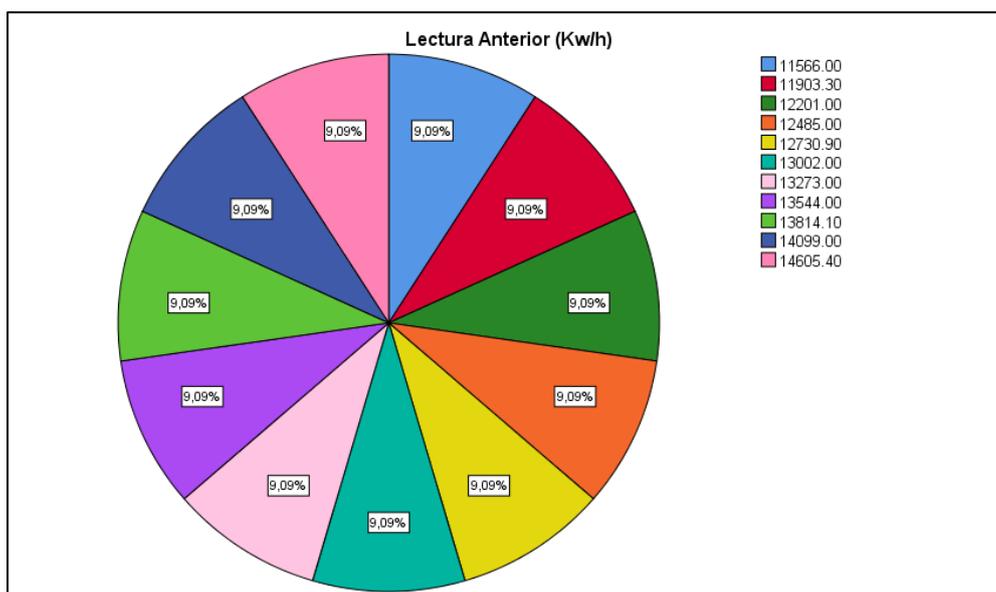


Figura 36. Gráfico de estructura de la lectura anterior

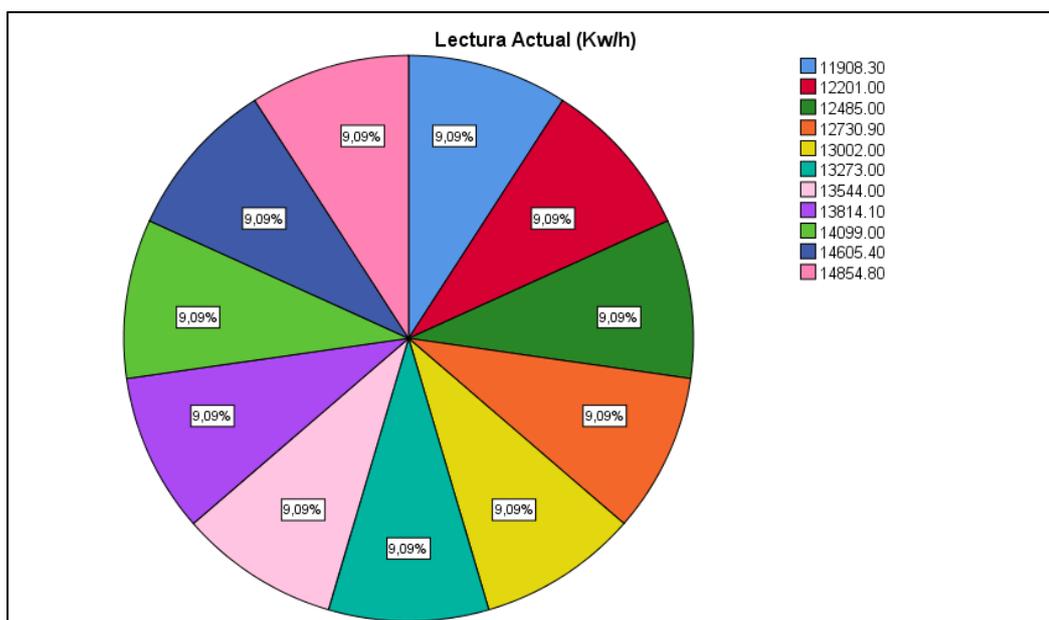


Figura 37. Gráfico de estructura de la lectura actual

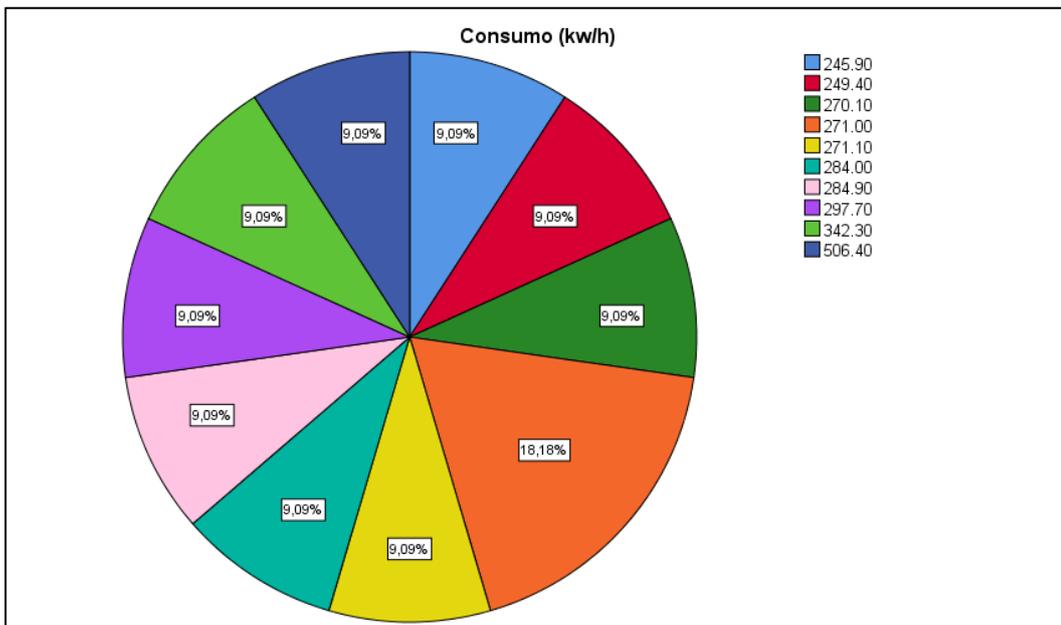


Figura 38. Gráfico de estructura de consumo

**e) Histograma lectura anterior, lectura actual y consumo (kWh)**

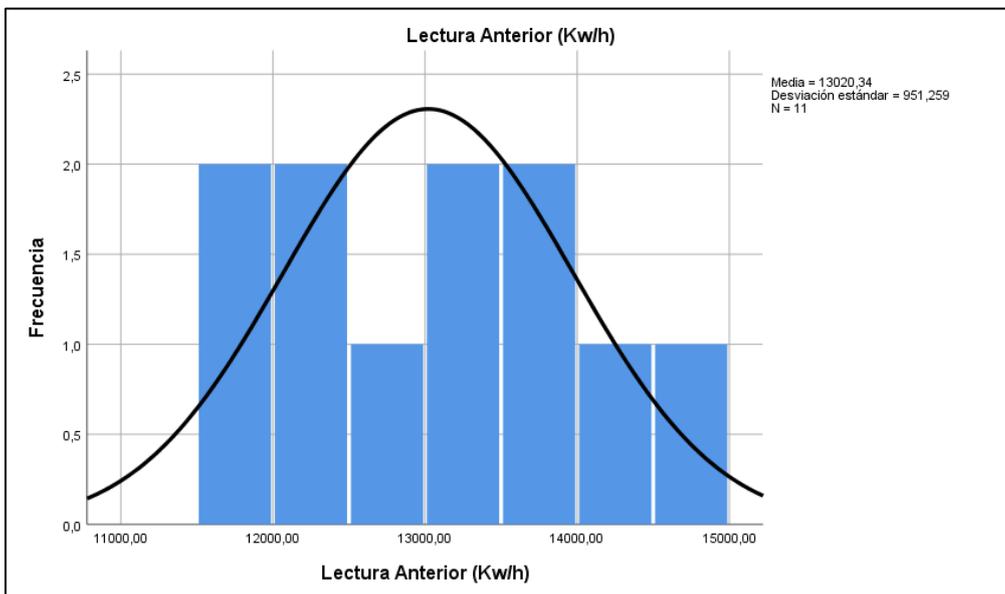


Figura 39. Histograma de lectura anterior

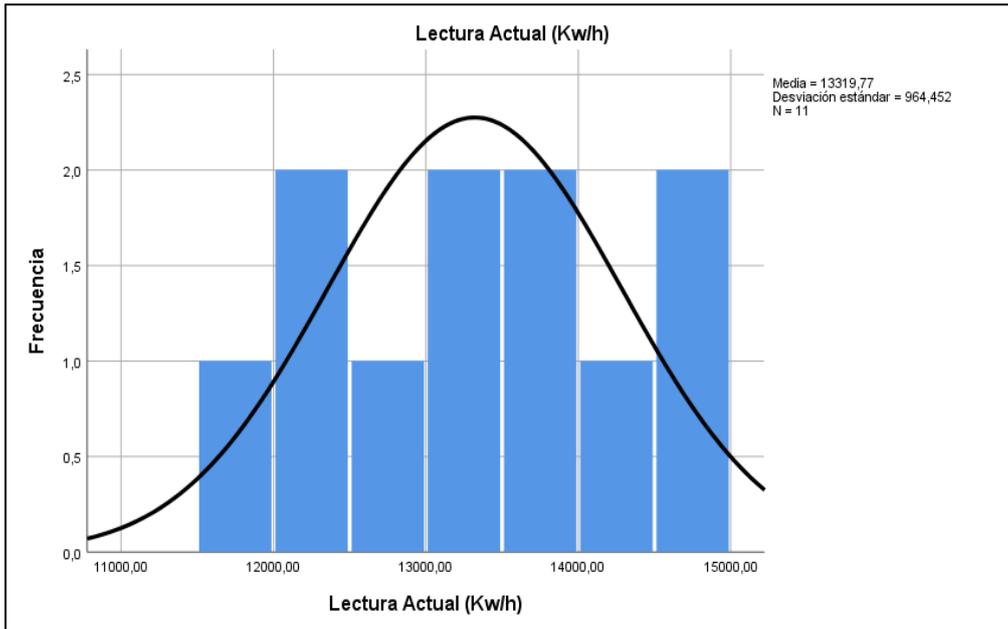


Figura 40. Histograma de lectura actual

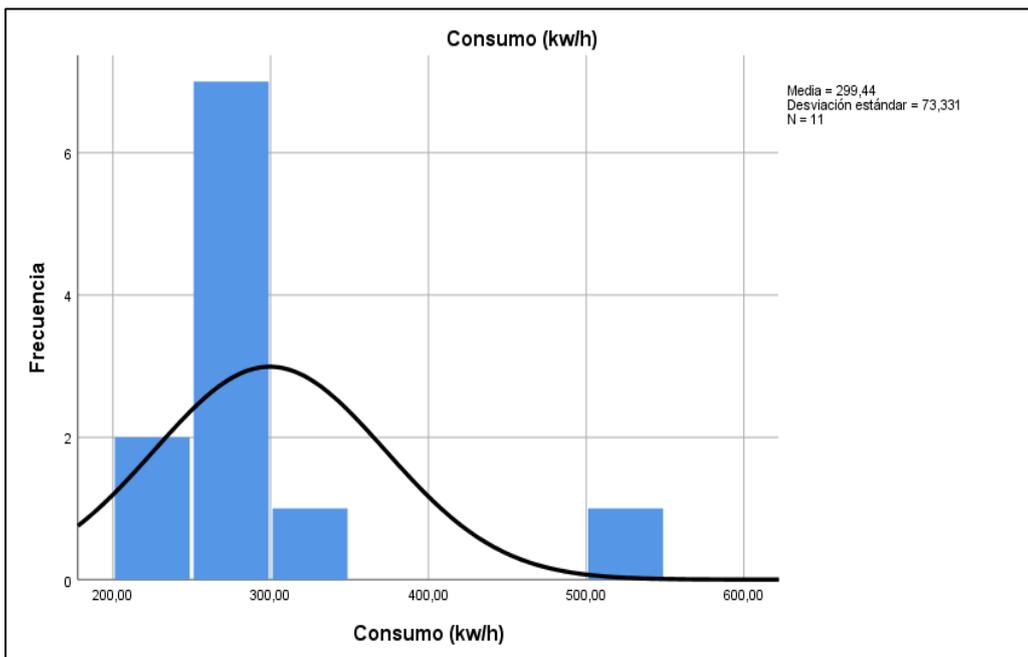


Figura 41. Histograma de consumo

**f) Correlación PEARSON**

Tabla 12. Correlación de Pearson

		<b>Correlaciones</b>		
		Lectura Anterior (kWh)	Lectura Actual (kWh)	Consumo (kWh)
Lectura Anterior (kWh)	Correlación de Pearson	1	.997**	.143
	Sig. (bilateral)		.000	.676
	N	11	11	11
Lectura Actual (kWh)	Correlación de Pearson	.997**	1	.217
	Sig. (bilateral)	.000		.522
	N	11	11	11
Consumo (kWh)	Correlación de Pearson	.143	.217	1
	Sig. (bilateral)	.676	.522	
	N	11	11	11

Nota: \*\*. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 13. Consumo de energía mensual con luminarias de vapor de sodio de 50 W

MES	LECTURA ANTERIOR (kWh)	LECTURA ACTUAL (kWh)	CONSUMO (kWh)
Jul-23	6,806.3	7,008.4	202.1
Ago-23	7,008.4	7,212.0	203.6
Set-23	7,212.0	7,412.0	200.0
Oct-23	7,412.0	7,635.2	223.2
Nov-23	7,635.2	7,842.4	207.2
Dic-23	7,842.4	8,060.0	217.6
Ene-24	8,050.2	8,252.0	201.8
Feb-24	8,252.0	8,470.1	218.1
Mar-24	8,470.1	8,680.5	210.4
Abr-24	8,680.5	8,900.1	219.6
May-24	8,900.1	9,115.5	215.4

En la tabla 13, se visualizan los consumos de energía eléctrica mensual desde el año 2023 hasta el mes de mayo del año 2024, siendo el mayor consumo registrado en octubre del 2023 con 223.2 con luminarias de vapor de sodio de 50 W.

**RESULTADOS: ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS CONSUMO ENERGÍA ALUMBRADO PÚBLICO CON LUMINARIAS LED DE 50 W**

**a) Cuadros estadísticos lectura anterior, lectura actual y consumo**

Tabla 14. Datos estadísticos lectura anterior, lectura actual y consumo

	Lectura Anterior (kWh)	Lectura Actual (kWh)	Consumo (kWh)
Media	7,842.6550	8,053.4730	210.8180
Error estándar de la media	209.3440	210.6725	2.5049
Mediana	7,842.4000	8,060.0000	210.4000
Moda	6,806.3000	7,008.4000	200.0000
Desviación Estándar	694.3155	698.7218	8.3077
Varianza Muestral	482,073.9850	488,212.1220	69.0180
Rango	2,093.8000	2,107.1000	23.2000
Mínimo	6,806.3000	7,008.4000	200.0000
Máximo	8,900.1000	9,115.5000	223.2000
Suma	86,269.2000	88,588.2000	2,319.0000

**b) Cuadro estadístico lectura anterior y lectura actual (kWh) por meses**

Tabla 15. Datos estadísticos lectura anterior, lectura actual por meses

	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media		Desv. Estándar	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Desv. Error	Estadístico	Muestral
Julio - 23	202.1	6,806.3	7,008.4	13,814.7	6,907.350	101.0500	142.9063	20,422.205
Agosto - 23	203.6	7,008.4	7,212.0	14,220.4	7,110.200	101.8000	143.9669	20,726.480
Setiembre - 23	200.0	7,212.0	7,412.0	14,624.0	7,312.000	100.0000	141.4214	20,000.000
Octubre - 23	223.2	7,412.0	7,635.2	15,047.2	7,523.600	111.6000	157.8262	24,909.120
Noviembre - 23	207.2	7,635.2	7,842.4	15,477.6	7,738.800	103.6000	146.5125	21,465.920
Diciembre - 23	217.6	7,842.4	8,060.0	15,902.4	7,951.200	108.8000	153.8664	23,674.880
Enero - 24	201.8	8,050.2	8,252.0	16,302.2	8,151.100	100.9000	142.6941	20,361.620
Febrero - 24	218.1	8,252.0	8,470.1	16,722.1	8,361.050	109.0500	154.2200	23,783.805
Marzo - 24	210.4	8,470.1	8,680.5	17,150.6	8,575.300	105.2000	148.7753	22,134.080
Abril - 24	219.6	8,680.5	8,900.1	17,580.6	8,790.300	109.8000	155.2806	24,112.080
Mayo - 24	215.4	8,900.1	9,115.5	18,015.6	9,007.800	107.7000	152.3108	23,198.580

**c) Percentil lectura anterior y lectura actual (kWh) por meses**

Tabla 16. Percentil de lectura anterior y lectura actual

		Jul- 23	Ago - 23	Set - 23	Oct - 23	Nov- 23	Dic - 23	Ene - 24	Feb - 24	Mar - 24	Abr - 24	May- 24
Percentiles	10	6,806.3	7,008.4	7,212.0	7,412.0	7,635.2	7,842.4	8,050.2	8,252.0	8,470.1	8,680.500	8,900.100
	20	6,806.3	7,008.4	7,212.0	7,412.0	7,635.0	7,842.4	8,050.2	8,252.0	8,470.1	8,680.500	8,900.100

25	6,806.3	7,008.4	7,212.0	7,412.0	7,635.0	7,842.0	8,050.2	8,252.0	8,470.1	8,680.500	8,900.100
30	6,806.3	7,008.4	7,212.0	7,412.0	7,635.0	7,842.4	8,050.2	8,252.0	8,470.1	8,680.500	8,900.100
40	6,846.7	7,049.1	7,252.0	7,456.6	7,676.0	7,885.9	8,090.5	8,295.6	8,512.1	8,724.420	8,943.180
50	6,907.3	7,110.2	7,312.0	7,523.6	7,738.8	7,951.0	8,151.1	8,361.0	8,575.3	8,790.300	9,007.800
60	6,967.9	7,171.2	7,372.0	7,590.5	7,800.9	8,016.0	8,211.6	8,426.4	8,638.4	8,856.180	9,072.420

**d) Gráficos lectura anterior, lectura actual y consumo (kWh)**

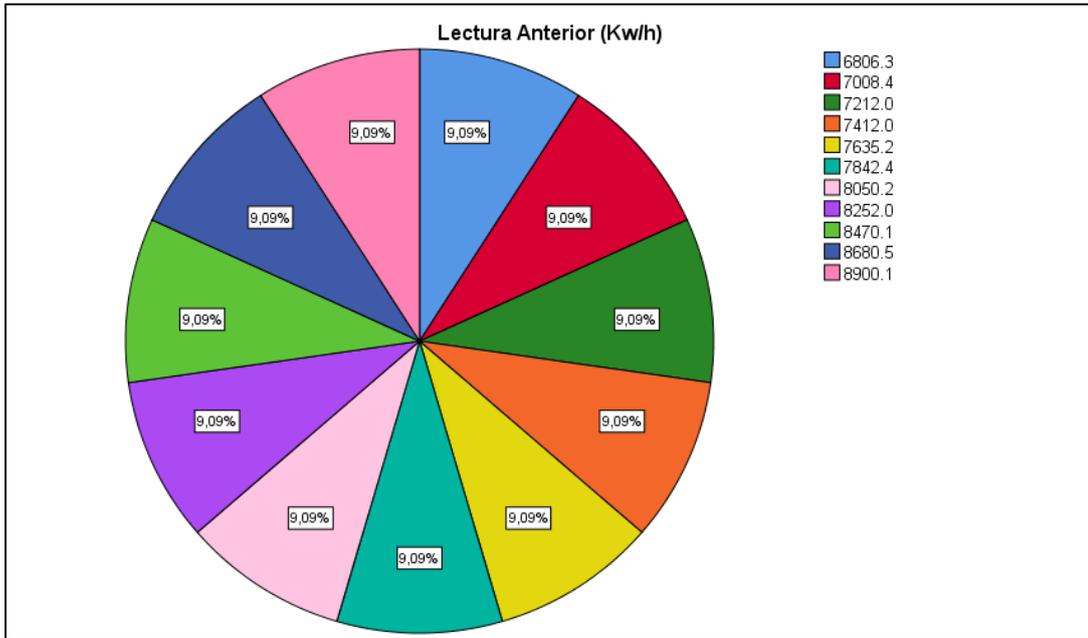


Figura 42. Gráfico de estructura de la lectura anterior

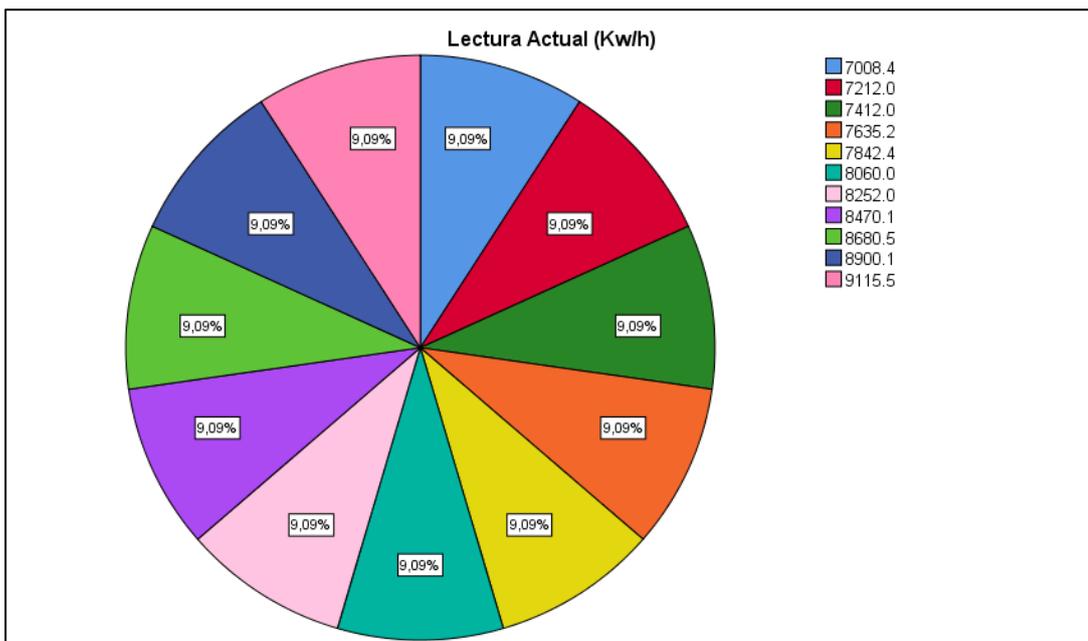


Figura 43. Gráfico de estructura de la lectura actual

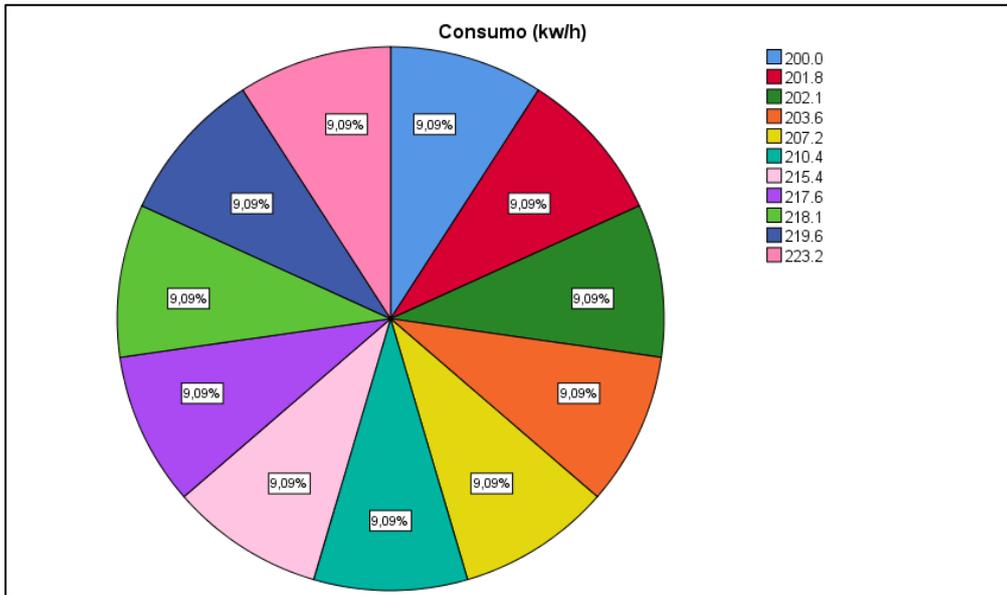


Figura 44. Gráfico de estructura de consumo

**e) Histograma lectura anterior, lectura actual y consumo (kWh)**

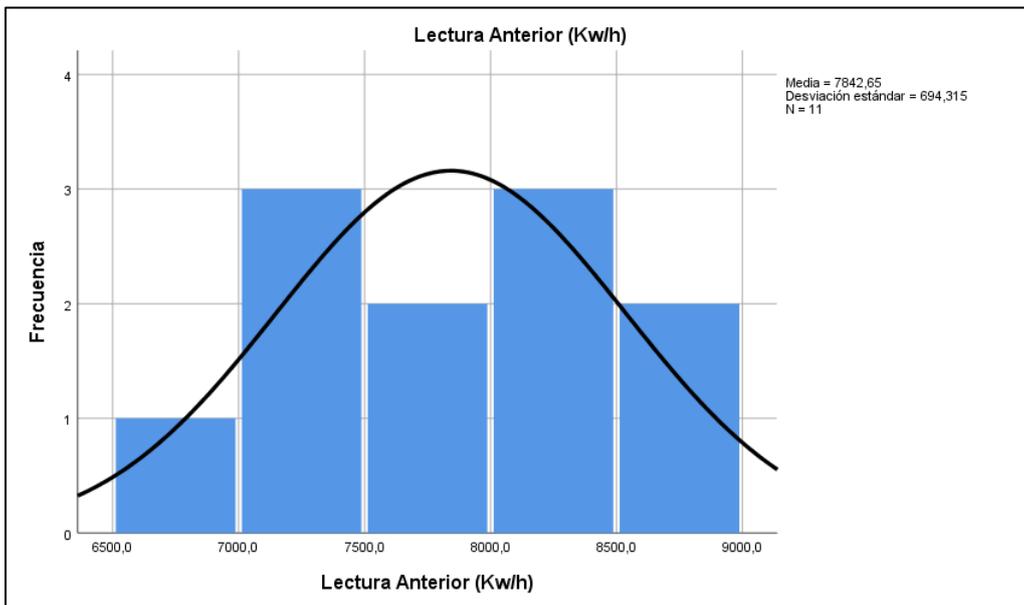


Figura 45. Histograma de lectura anterior

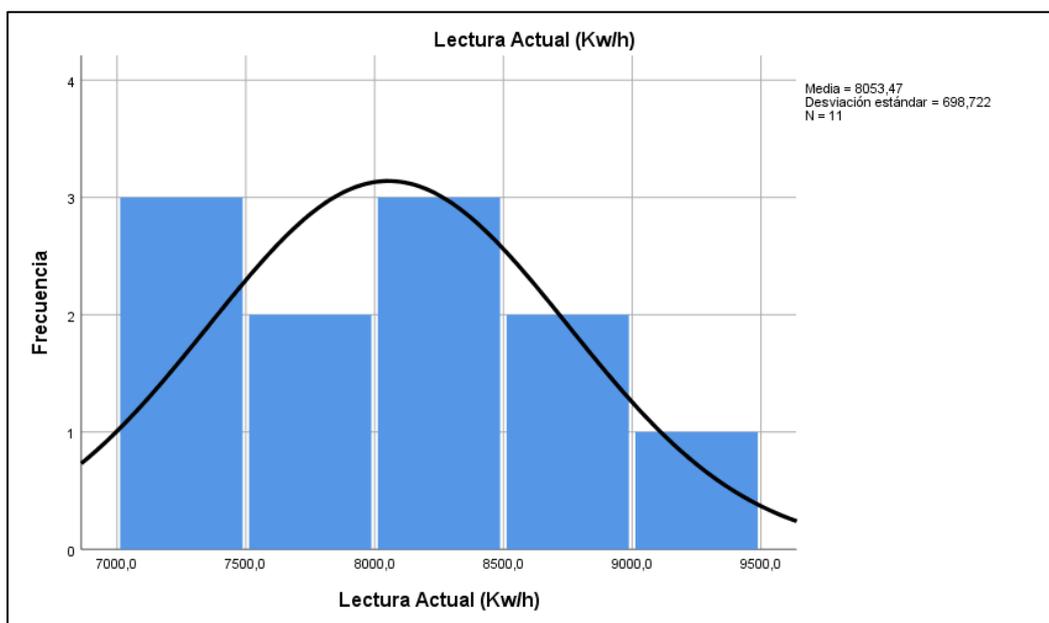


Figura 46. Histograma de lectura actual

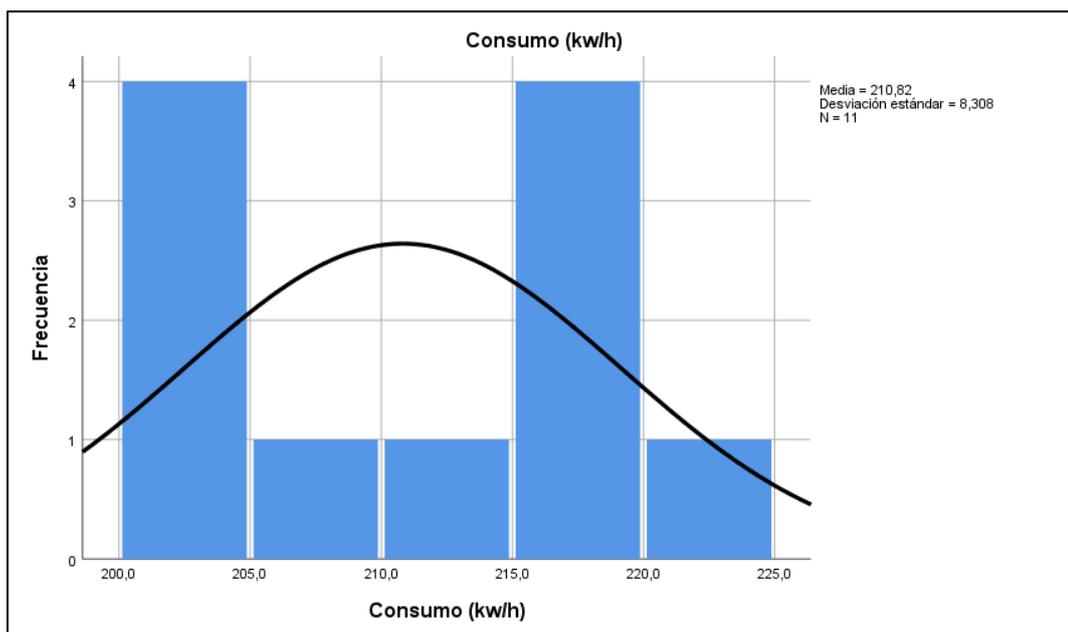


Figura 47. Histograma de lectura actual

### f) CORRELACIÓN PEARSON

Tabla 17. Correlación de Pearson

Correlaciones				
		Lectura Anterior (kWh)	Lectura Actual (kWh)	Consumo (kWh)
Lectura Anterior (kWh)	Correlación de Pearson	1	1.000**	.526

	Sig. (bilateral)		.000	.096
	N	11	11	11
Lectura Actual (kWh)	Correlación de Pearson	1.000**	1	.535
	Sig. (bilateral)	.000		.090
	N	11	11	11
Consumo (kWh)	Correlación de Pearson	.526	.535	1
	Sig. (bilateral)	.096	.090	
	N	11	11	11

Nota: \*\*. La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

Tabla 18. Comparación del consumo de energía eléctrica con luminaria de vapor de sodio vs. luminarias LED

PERIODO	CONSUMO VAPOR DE SODIO kWh	CONSUMO LED kWh
01	342.3	202.1
02	292.7	203.6
03	284.0	200.0
04	245.9	223.2
05	271.1	207.2
06	271.0	217.6
07	271.0	201.8
08	270.1	218.1
09	284.9	210.4
10	506.4	219.6
11	249.4	215.4

En la tabla 18, se visualiza los consumos de energía eléctrica mensual desde el año 2022 hasta el mes de mayo, siendo el mayor consumo registrado en abril del 2024 con 506.4 kWh con luminarias de vapor de sodio de 150 W mientras con luminarias LED el consumo es 219.6 kWh.

## **RESULTADOS: COMPARACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO VS. LUMINARIAS LED**

### **a) Cuadro estadístico consumo vapor de sodio y consumo LED**

Tabla 19. Estadístico del consumo de energía eléctrica con luminaria de vapor de sodio y luminarias LED

	Consumo Vapor de Sodio (kWh)	Consumo LED (kWh)
Media Aritmética	298.9820	210.8180
Error estándar de la media	22.1184	2.5049
Mediana	271.1000	210.4000
Moda	271.0000	200.0000
Desviación Estándar	73.3584	8.3077
Varianza Muestral	5,381.4540	69.0180
Rango	260.5000	23.2000
Mínimo	245.9000	200.0000
Máximo	506.4000	223.2000
Suma	3,288.8000	2,319.0000

**b) Cuadro estadístico consumo vapor de sodio y consumo LED**

Tabla 20. Estadístico del consumo de energía eléctrica

	Rango Estadístico	Mínimo Estadístico	Máximo Estadístico	Suma Estadístico	Media Estadístico	Desv. Error	Desv. Estándar Estadístico	Varianza Estadístico
Periodo 01	140.2	202.1	342.3	544.4	272.200	70.1000	99.1364	9,828.020
Periodo 02	89.1	203.6	292.7	496.3	248.150	44.5500	63.0032	3,969.405
Periodo 03	84.0	200.0	284.0	484.0	242.000	42.0000	59.3970	3,528.000
Periodo 04	22.7	223.2	245.9	469.1	234.550	11.3500	16.0513	257.645
Periodo 05	63.9	207.2	271.1	478.3	239.150	31.9500	45.1841	2,041.605
Periodo 06	53.4	217.6	271.0	488.6	244.300	26.7000	37.7595	1,425.780
Periodo 07	69.2	201.8	271.0	472.8	236.400	34.6000	48.9318	2,394.320
Periodo 08	52.0	218.1	270.1	488.2	244.100	26.0000	36.7696	1,352.000
Periodo 09	74.5	210.4	284.9	495.3	247.650	37.2500	52.6795	2,775.125
Periodo 10	286.8	219.6	506.4	726.0	363.000	143.4000	202.7982	41,127.120
Periodo 11	34.0	215.4	249.4	464.8	232.400	17.0000	24.0416	578.000

**c) Percentiles consumo vapor de sodio y consumo LED**

Tabla 21. Percentil del consumo de energía eléctrica

		Estadísticos										
		Julio - 23	Agosto - 23	Setiembre - 23	Octubre - 23	Noviembre - 23	Diciembre - 23	Enero - 24	Febrero - 24	Marzo - 24	Abril - 24	Mayo - 24
Percentiles	10	202.100	203.600	200.000	223.200	207.200	217.600	201.800	218.100	210.400	219.600	215.400
	20	202.100	203.600	200.000	223.200	207.200	217.600	201.800	218.100	210.400	219.600	215.400
	25	202.100	203.600	200.000	223.200	207.200	217.600	201.800	218.100	210.400	219.600	215.400
	30	202.100	203.600	200.000	223.200	207.200	217.600	201.800	218.100	210.400	219.600	215.400

40	230.140	221.420	216.800	227.740	219.980	228.280	215.640	228.500	225.300	276.960	222.200
50	272.200	248.150	242.000	234.550	239.150	244.300	236.400	244.100	247.650	363.000	232.400
60	314.260	274.880	267.200	241.360	258.320	260.320	257.160	259.700	270.000	449.040	242.600

**d) Gráficos consumo vapor de sodio y consumo LED**

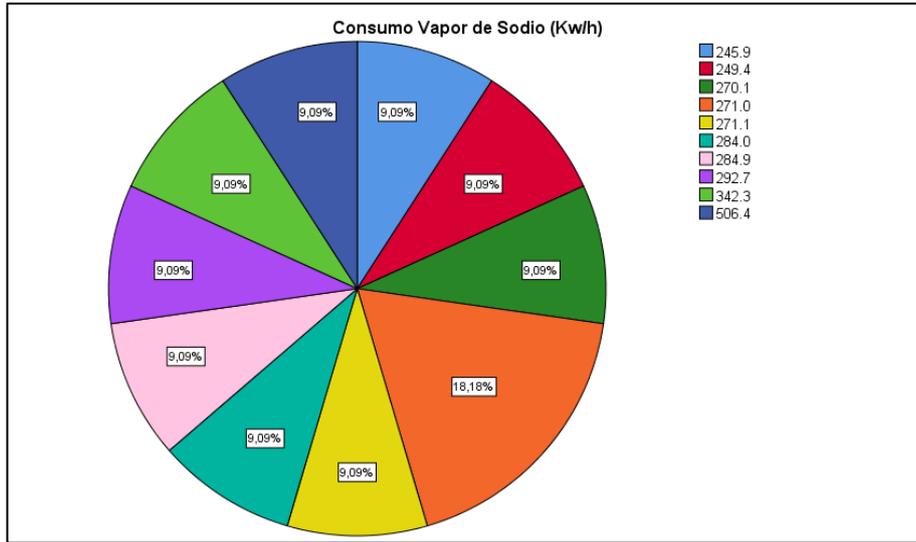


Figura 48. Gráfico de estructura de consumo Vapor de Sodio

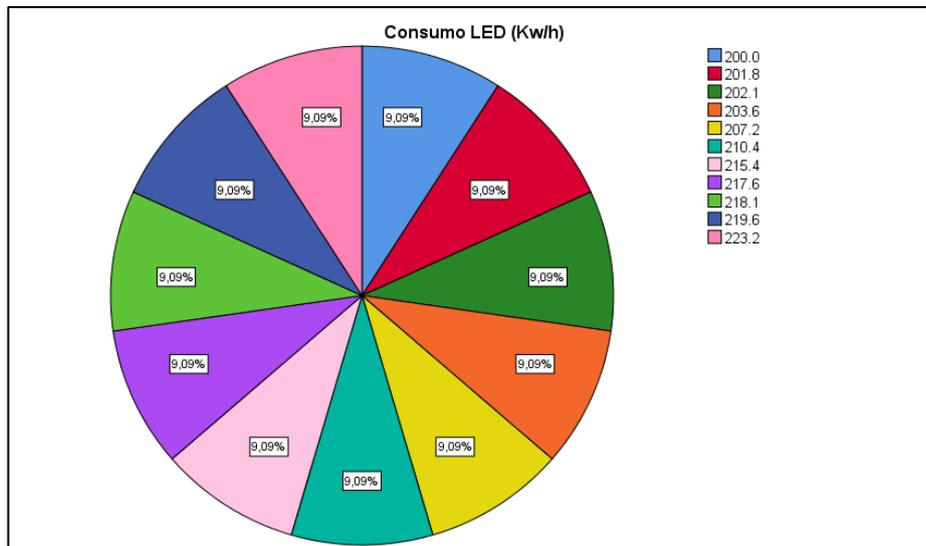


Figura 49. Gráfico de estructura de consumo LED

**e) HISTOGRAMA CONSUMO VAPOR DE SODIO Y CONSUMO LED**

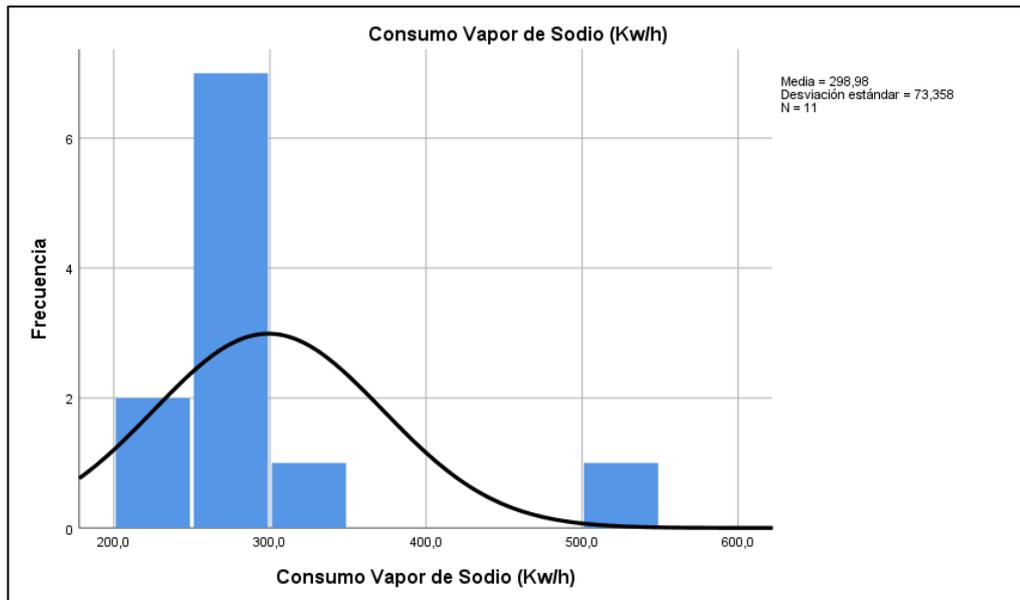


Figura 50. Histograma de consumo Vapor de Sodio

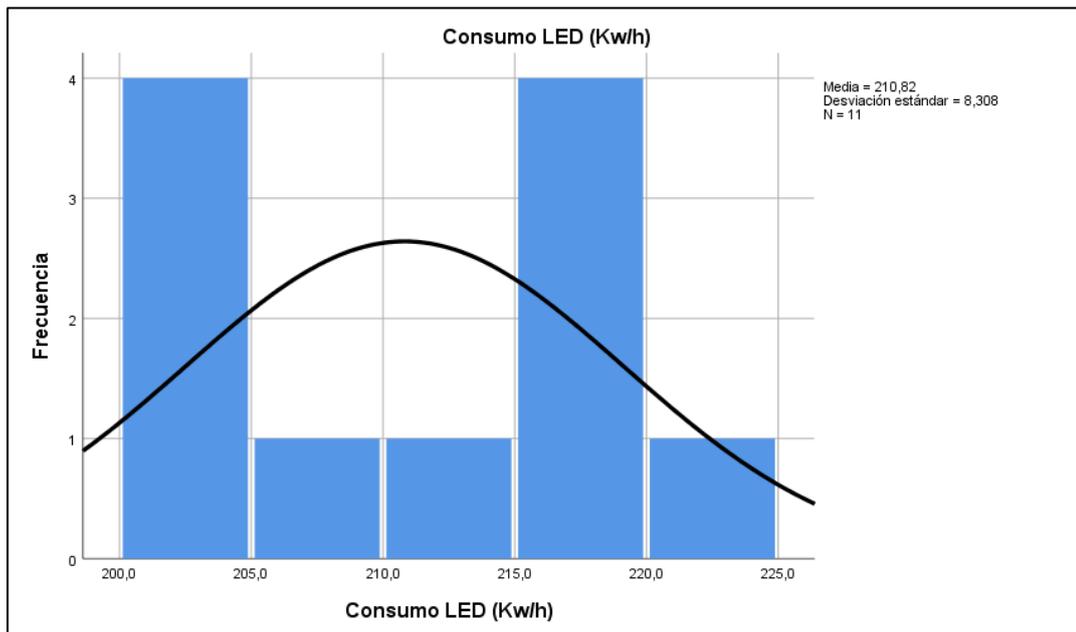


Figura 51. Histograma de consumo LED

### f) Correlación consumo vapor de sodio y consumo led

Tabla 22. Correlación de Pearson

		Correlaciones	
		Consumo Vapor de Sodio (kWh)	Consumo LED (kWh)
Consumo Vapor de Sodio (kWh)	Correlación de Pearson	1	.119
	Sig. (bilateral)		.727
	N	11	11

Consumo LED (kWh)	Correlación de Pearson	.119	1
	Sig. (bilateral)	.727	
	N	11	11

#### 4.2. Análisis costo-beneficio para el reemplazo de luminarias de vapor de sodio por LED

Debemos iniciar con los costos de los equipos a usar, el mantenimiento que se tiene que dar, asimismo, la depreciación anual.

Tabla 23. Valor referencial de los equipos

Descripción	Modelo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Inversor On Grid	UL 3.8-1 208-240	01	S/ 4,256.74	S/ 4,256.74
Batería	Modelo Ultracell UZS600.	02	S/ 7,665.19	S/ 15,330.38
Panel fotovoltaico	Monocristalino Perc EcoGreen	13	S/ 705.85	S/ 9,176.05
Luminaria LED	BRP110	19	S/ 116.60	S/ 2,215.40
TOTAL				S/ 30,978.57

Los costos indirectos para el transporte, materiales menudos y otros que se tendría al reemplazar las luminarias de vapor de sodio por luminarias LED se tiene en la tabla 24.

Tabla 24. Costos indirectos

Descripción	Costo Total
Suministro de Materiales	S/ 500.00
Transporte de Materiales	S/ 350.00
Otros	S/ 200.00
TOTAL	S/ 1,050.00

Teniendo un presupuesto para el reemplazo de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED sería como se detalla en la tabla 25.

Tabla 25. Inversión del Proyecto

Descripción	Costo Total
Costo de Equipos	S/ 30,978.57
Costos Directos	S/ 1,050.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 32,028.57</b>

Para tener una reposición de los equipos una vez terminada su vida útil, se calcula en la siguiente tabla la depreciación anual.

Tabla 26. Cálculo de la depreciación anual de los equipos

Descripción	Vida Útil (años)	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Depre/año
Inversor On Grid	20	01	S/ 4,256.74	S/ 4,256.74	S/ 212.84
Batería	12	02	S/ 7,665.19	S/ 15,330.38	S/ 1,277.53
Panel fotovoltaico	15	13	S/ 705.85	S/ 9,176.05	S/ 611.74
Luminaria LED	15	19	S/ 116.60	S/ 2,215.40	S/ 147.69
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 2,249.80</b>

El ingreso será calculado del ahorro de energía proyectado en los 20 años siguientes. Se toma como referencia la tabla 18, donde se tienen los consumos antes y después del cambio de luminarias.

Valorizando estos importes con los pliegos vigentes para el sistema eléctrico, se tendría un ahorro de 11,311.75 nuevos soles al año como se muestra en la figura 52.

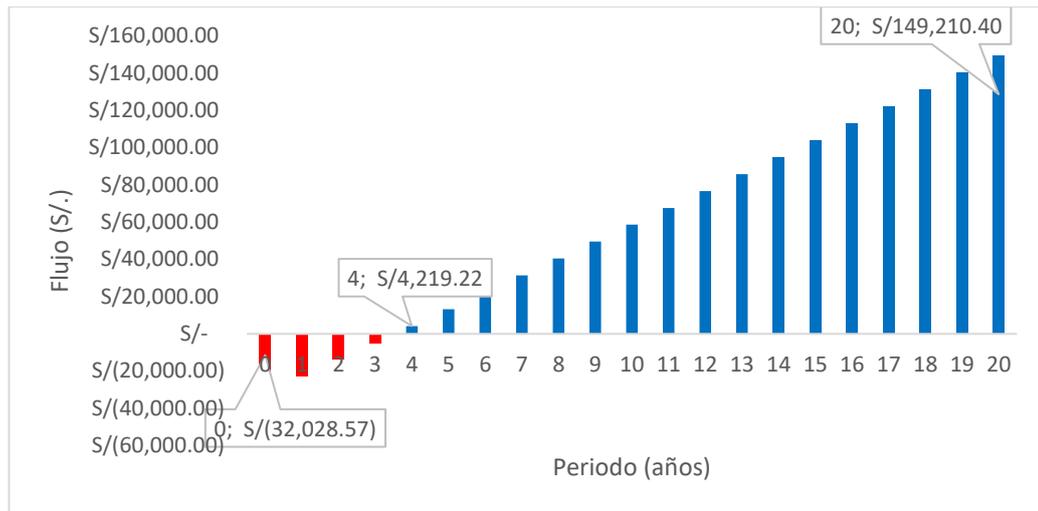
Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad			
<b>Empresa: Electrocentro</b>			
Pliego	Vigencia	Sector	Interconexion
TARMA	4/May/2025	2	SEIN
MEDIAS TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
<b>TARIFA BTSC TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público</b>			
Cargo Fijo Mensual		S//mes	4.39
Cargo por Energía Activa		ctm. S//kW.h	89.10

Figura 52. Pliego tarifario de electricidad. Tomada de “Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad”, por OSINERGMIN. 2025.

Para analizar el costo-beneficio, se debe calcular el Valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR), el periodo de recuperación (Payback) y la evaluación costo-beneficio, para lo cual, en el periodo de 20 años, se realizará la proyección de flujo de caja.

Tabla 27. Flujo de Caja

Periodo	Inversión	Depreciación	Total de Egresos	Ingresos	Total de Ingresos	Flujo Económico
0	S/ 32,028.57	S/ -	-S/ 32,028.57	S/ -	S/ -	-S/ 32,028.57
1	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	-S/ 22,966.62
2	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	-S/ 13,904.67
3	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	-S/ 4,842.72
4	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 4,219.22
5	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 13,281.17
6	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 22,343.12
7	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 31,405.07
8	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 40,467.02
9	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 49,528.97
10	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 58,590.92
11	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 67,652.86
12	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 76,714.81
13	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 85,776.76
14	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 94,838.71
15	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 103,900.66
16	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 112,962.61
17	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 122,024.56
18	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 131,086.50
19	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 140,148.45
20	S/ -	S/ 2,249.80	S/ 2,249.80	S/ 11,311.75	S/ 11,311.75	S/ 149,210.40



**Figura 53. Periodo de recuperación**

Figura 54. Periodo de recuperación. Tomado de “La tabla 27”.

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### 4.3.1. Prueba de hipótesis general

H0: La implementación de un sistema de iluminación LED mediante energía fotovoltaica no mejorará la eficiencia energética en un 50% del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya.

H1: La implementación de un sistema de iluminación LED mediante energía fotovoltaica mejorará la eficiencia energética en un 50% del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya.

Tabla 28. Valores cálculos prueba de hipótesis general

	Vapor de Sodio	LED
Media	0.404868134	0.084212572
Varianza	0	0.001707275
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	0.000853637	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	15.52090519	
P(T<=t) una cola	2.26317E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1.943180281	
P(T<=t) dos colas	4.52633E-06	

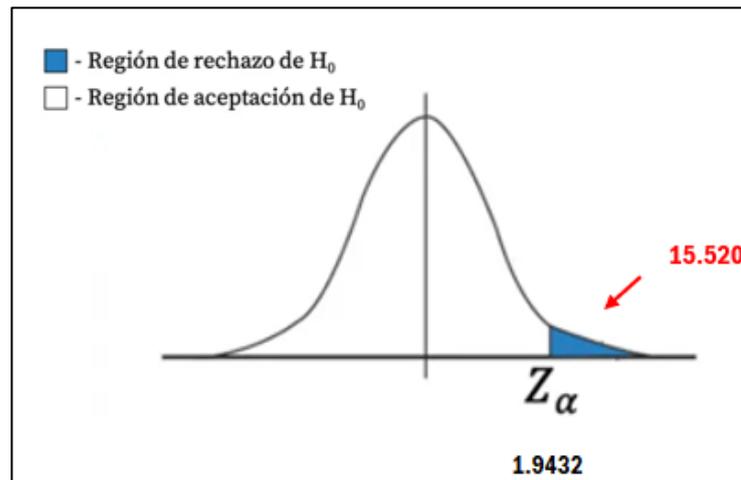


Figura 55. Decisión de la prueba de hipótesis general. Tomada de “Unidad 2 – Estadística II: Medidas de posición”, por Universidad Militar Nueva Granada, 2025.

**Conclusión:**

Se rechaza la hipótesis nula, ya que el valor calculado se encuentra en la zona de rechazo como se muestra en la figura 54 y se confirma la hipótesis alterna que significa que la implementación de un sistema de iluminación LED mediante energía fotovoltaica mejorará la eficiencia energética en un 50% del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya.

**4.3.2. Hipótesis específica 1**

H0: El cambio de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED solares no reducirán el consumo de energía eléctrica en al menos un 35%, lo cual mejorará la eficiencia energética del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya.

H1: El cambio de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED solares reducirán el consumo de energía eléctrica en al menos un 35%, lo cual mejorará la eficiencia energética del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya.

Tabla 29. Valores cálculos prueba de hipótesis especifica 1

	Vapor de Sodio	LED
Media	298.9818182	210.8181818
Varianza	5381.453636	69.01763636
Observaciones	11	11
Coefficiente de correlación de Pearson	0.119106966	

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	10
Estadístico t	4.014496531
P(T<=t) una cola	0.001230081
Valor crítico de t (una cola)	1.812461123
P(T<=t) dos colas	0.002460163
Valor crítico de t (dos colas)	2.228138852

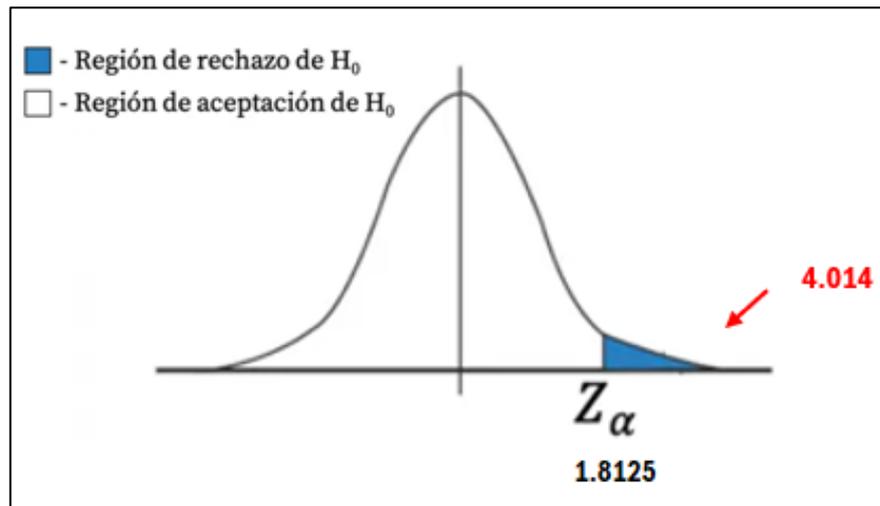


Figura 56. Decisión de la prueba de hipótesis específica 1. Tomada de “Unidad 2 – Estadística II: Medidas de posición”, por Universidad Militar Nueva Granada, 2025.

**Conclusión:**

Se rechaza la hipótesis nula, ya que el valor calculado se encuentra en la zona de rechazo como se muestra en la figura 55 y concluyendo con un 95% de confiabilidad que el cambio de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED solares reducirán el consumo de energía eléctrica en al menos un 35%, lo cual mejorará la eficiencia energética del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya.

**4.3.3. Hipótesis específica 2**

H0: La implementación del sistema de iluminación LED solar en el Parque Grau no es económicamente viable, lo cual no genera ahorros a largo plazo en costos energéticos y mantenimiento, esto no permite una recuperación de la inversión en menos de 4 años.

H1: La implementación del sistema de iluminación LED solar en el Parque Grau es económicamente viable, generando ahorros a largo plazo en costos energéticos y mantenimiento, lo cual permite una recuperación de la inversión en menos de 4 años.

Tabla 30. Valores cálculos prueba de hipótesis específica 2

<b>RESULTADOS FINALES</b>	
Inversión	S/ 32,028.57
Tasa de Descuento	12.0%
VAN ingresos	S/ 74,392.68
VAN egresos	S/ 43,392.93
VAN	S/ 182,069.06
TIR	27%
PAYBACK	3.43
B/C	1.71

**Conclusión:**

Se rechaza la hipótesis nula, ya que se tienen un B/C mayor a 1, donde se tiene un periodo de recuperación de 3.43 años menor a los 4 años de la hipótesis nula, por lo cual se rechaza la hipótesis nula concluyendo que la implementación del sistema de iluminación LED solar en el Parque Grau es económicamente viable, generando ahorros a largo plazo en costos energéticos y mantenimiento, lo cual permite una recuperación de la inversión en menos de 4 años, asimismo, del análisis del costo-beneficio es mayor a 1 lo cual los beneficios superan a los costos del proyecto.

**4.4. Discusión y resultados**

En la tesis de Valdiviezo “Diseño de iluminación LED basado en energía solar para iluminar ambientes en la Universidad de Piura” se concluyó que la tecnología LED es un ahorro de energía y dinero a corto plazo. Por ejemplo, en la oficina V6 del edificio "A", que consta de cuatro lámparas fluorescentes de 36 W cada una con un nivel de iluminación medio de 370 lux en la zona de trabajo durante el funcionamiento diario se necesitan al menos 6 luminarias para alcanzar los 500 lux de una oficina según la normativa. Con sólo tres luminarias LED de 40 W, se puede superar el nivel de iluminación mínimo requerido, lo que supone un ahorro mensual del 55% con la instalación del sistema fotovoltaico.

De igual manera, Pichiule en su tesis titulada “Propuesta de iluminación fotovoltaica para eliminar las inadecuadas conexiones del circuito de alumbrado público de la Subestación E417109 de Pichanaki” que comprendió el desarrollo de un proyecto factible para la iluminación fotovoltaica para poder suprimir las conexiones incorrectas del circuito en el alumbrado público en la Subestación Eléctrica E417109 de Pichanaki. Planteó que la tecnología LED permite contar con sistemas inteligentes que permiten monitorear todo el sistema de iluminación. De igual manera permite el control del flujo

luminoso de manera remota, para lo cual los costos de operación y mantenimiento a largo plazo suelen ser rentables. Concluyen que la tecnología basada en Led resulta ser favorable. De igual manera concluyen que los sistemas de iluminación fotovoltaica son una opción atractiva para mejorar los perfiles de consumo relacionados con el sistema de energía.

En su estudio “Estudio de alternativas para alumbrado con luminarias LED y sistemas de alimentación eléctrica fotovoltaica en áreas exteriores”, Espinoza buscó presentar las alternativas existentes para los procedimientos de las formas de generar luz eléctrica en los espacios públicos con luminarias LED y sistemas de alimentación eléctrica fotovoltaicas. Indicó que se realizó un estudio comparativo que derivó en la selección de las alternativas LED por encima de las solares, ya que los costos relacionados con el consumo mensual de la energía se concluyó que las alternativas seleccionadas ofrecen una reducción en el consumo de 60 % del consumo de las iluminarias tradicionales, lo que representó 9.8kWh/año para las áreas de los jardines internos, así como el 62.5% que representan 10.950kWh/año para el área de estacionamiento de profesores en términos de consumo.

En la presente investigación, se demostró que la situación actual del sistema de iluminación del Parque Grau es ineficiente y requiere mejoras debido a que el rendimiento luminoso actual de las luminarias es menor que una luminaria LED.

## CONCLUSIONES

- ✓ La evaluación de los requerimientos energéticos del sistema de alumbrado público del Parque Grau permitió identificar con precisión las necesidades de energía para garantizar un suministro confiable. Este análisis demostró que el sistema actual no solo era ineficiente, sino que carecía de sostenibilidad a largo plazo. Como resultado, se diseñó un sistema ajustado a las condiciones reales de uso considerando variables como las horas de operación, las condiciones climáticas locales y las demandas de iluminación del parque.
- ✓ El proceso de dimensionamiento y selección de luminarias LED solares autónomas fue clave para optimizar el sistema. Se priorizaron luminarias con alta eficiencia lumínica, durabilidad y bajo consumo energético, lo que permitió garantizar un alumbrado público eficiente, continuo y adecuado a las características del Parque Grau. La implementación de estas luminarias también reduce significativamente la dependencia de fuentes de energía convencional y asegura un menor impacto ambiental.
- ✓ El diseño técnico realizado consideró los estándares mínimos de niveles de iluminación recomendados para espacios públicos. Esto resultó en una distribución uniforme de la luz en el parque mejorando tanto la seguridad de los usuarios y transeúntes como la funcionalidad del espacio. Además, el diseño técnico incorporó criterios de sostenibilidad y estética, asegurando que las luminarias cumplan tanto con requisitos funcionales como con aspectos visuales.
- ✓ El análisis de viabilidad económica confirmó que la implementación de un sistema de iluminación LED solar autónoma es financieramente factible. Si bien el costo inicial de instalación es mayor que el de sistemas tradicionales, los ahorros a largo plazo en términos de consumo energético, costos de mantenimiento y reposición justifican la inversión. Este sistema también proporciona una solución económica para comunidades que enfrentan costos elevados de energía o accesibilidad limitada a la red eléctrica.
- ✓ La implementación del sistema de iluminación solar LED autónoma no solo responde a necesidades energéticas, sino que también contribuye a la sostenibilidad financiera y ambiental. Al reducir la dependencia de fuentes de energía no renovable y minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero este proyecto es un modelo replicable para otras regiones que buscan alternativas de energía limpia y eficiente.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar evaluaciones periódicas del desempeño energético de las luminarias LED solares instaladas en el Parque Grau. Esto permitirá identificar posibles disminuciones en la eficiencia, garantizará la continuidad del suministro y evitará posibles interrupciones que puedan afectar a los usuarios y transeúntes.
- ✓ Es esencial establecer un plan de mantenimiento regular para las luminarias y los sistemas fotovoltaicos asociados. Esto incluye la limpieza de paneles solares para evitar pérdidas de eficiencia debido a la acumulación de polvo, revisiones periódicas de las baterías y la pronta reparación de fallas detectadas en los equipos.
- ✓ Dado el éxito y las ventajas del sistema propuesto para el Parque Grau, se recomienda ampliar esta iniciativa a otros espacios públicos de la provincia de Yauli y regiones cercanas. Esto no solo beneficiará a más comunidades, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible de la región sin tener una menor iluminación más que sino mejorando la eficiencia energética.
- ✓ Es fundamental comenzar la migración de luminarias de vapor de sodio a tecnología LED, ya que esto representa un ahorro económico en los 4 primeros años desde la implementación de esta tecnología LED.
- ✓ Se sugiere buscar financiamiento adicional y apoyo técnico de instituciones públicas, privadas y organismos internacionales interesados en promover proyectos sostenibles. Estas alianzas pueden facilitar la implementación de sistemas de iluminación solar en otros sectores, lo cual mejorará la infraestructura energética local y fortalecerá el compromiso con la sostenibilidad ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLWYN. R.G. AL-HINAI. A. AL-ABRI. R. Y MALIK. A. (2022). “Optimization and techno-economic analysis of pave/battery system for street lighting using genetic algorithm – a case study in oman. cleaner engineering and technology”. vol. 8. pp. 100475. issn 26667908. doi 10.1016/j.clet.2022.100475.
2. AUTOSOLAR. Baterías estacionarias Modelo Ultracell UZS600. Batería estacionaria 600Ah 12V Ultracell UZS600 [Ficha técnica de producto] [en línea]. Febrero, 2025 [fecha de consulta: 04 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://autosolar.pe/acumuladores-estacionarios/bateria-estacionaria-600ah-12v-ultracell-uzs600>.
3. AUTOSOLAR. Inversor On Grid Modelo UL 3.8-1 208-240 [en línea]. Febrero, 2025 [fecha de consulta: 04 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://autosolar.co/inversores-on-grid-bifasicos/inversor-on-grid-fronius-primo-ul-38kw>
4. AUTOSOLAR. Panel Monocristalino Perc EcoGreen. Panel solar 550W 24V monocristalino PERC EcoGreen [Ficha técnica de producto] [en línea]. Febrero, 2025 [fecha de consulta: 04 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://autosolar.pe/paneles-solares-24v/panel-solar-550w-24v-monocristalino-perc-ecogreen>
5. AUTOSOLAR. Gráfico de la Corriente Vs voltaje para panel Monocristalino Perc EcoGreen. Panel solar 550W 24V monocristalino PERC EcoGreen [Ficha técnica de producto] [en línea]. Febrero, 2025 [fecha de consulta: 04 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://autosolar.pe/paneles-solares-24v/panel-solar-550w-24v-monocristalino-perc-ecogreen>
6. AYZACAYO. L. (2022). “Alumbrado público alimentado con energía fotovoltaica en el Municipio de Eucaliptus”. Tesis (Título de electricidad industrial). La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. 2022. 200 pp. [fecha de consulta: 14 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/32660>.
7. BAENA PAZ, G. (2017). Metodología de la investigación. Obtenido de <https://www.calameo.com/books/0060714041cef948e6094>

8. BAZÁN MENDOZA, F. L. (2023). Replanteo del sistema de alumbrado público con tecnologías LED convencional y fotovoltaica de la calle Uno de Almenares –Cañete [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica del Perú]. Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7915?show=full>
9. BERNAL, C. (2016). “Metodología de la investigación”. Colombia: s.n.
10. BONILLA CARREÓN, C. S. (2020). La regulación de las energías renovables en México. La regulación de las energías renovables en México. México: Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/rilcoDS/06/energias-renovables-mexico.html>
11. CAISAN VELÁSQUEZ, J. L., Y GUNCAY CRIOLLO, J. R. (2023). Análisis de armónicos, eficiencia y niveles de iluminación generados por luminarias de baja potencia para interiores, de tipo: Led, Halogenuros, Incandescentes y Fluorescentes [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28060>
12. CASTRO GUAMAN, M. P., & POSLIGUA MURILLO, N. C. (2015). Diseño de iluminación con luminarias tipo Led basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10253>
13. CCEA. Insolación promedio, temperatura máxima, mínima y promedio de Yauli-La Oroya [en línea]. Enero-2025 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: [https://cceaonline.com/solar\\_app](https://cceaonline.com/solar_app)
14. CCEA. Radiación solar promedio La Oroya [en línea]. Enero-2025 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: [https://cceaonline.com/solar\\_app](https://cceaonline.com/solar_app)
15. CCEA. Radiación promedio mensual incidente en una superficie inclinada apuntada al Ecuador, Insolación promedio, temperatura máxima, mínima y promedio de Yauli-La Oroya [en línea]. Enero-2025 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: [https://cceaonline.com/solar\\_app](https://cceaonline.com/solar_app)

16. Dirección General de Electricidad DGE. Iluminación Recomendada para parques y jardines. Norma técnica: Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución. OSINERG [en línea]. Enero, 2022 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2018]. ISSN: 2075-9479. Disponible en: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>
17. Dirección General de Electricidad DGE. Niveles de Iluminancia, luminancia e índice de deslumbramiento. Norma técnica: Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución. OSINERG [en línea]. Enero, 2022 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2018]. ISSN: 2075-9479. Disponible en: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>
18. CLIMATE-DATA. Diagrama de Temperatura de La Oroya [en línea]. Enero-2025 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: <https://pt.climate-data.org/>
19. CLIMATE-DATA. Precipitaciones La Oroya [en línea]. Enero-2025 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: <https://pt.climate-data.org/>
20. CLIMATE-DATA. Hora Solar La Oroya [en línea]. Enero-2025 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: <https://pt.climate-data.org/>
21. COHEN. N. y GÓMEZ. G. (2018). “Metodología de la investigación. ¿para qué?”. [en línea]. Buenos Aires. Argentina. s.n. disponible en: <https://www.editorialteseo.com/archivos/16335/metodologia-de-la-investigacion-para-que/>.
22. EERMA. M.H. MANNING. D. ØKLAND. G.L. RODRIGUEZ DEL ANGEL. C. HRS. SEIFERT. P.E. WINKLER. J. ZAMORA BLAUMANN. A. ZOZMANN. E. HOSSEINIOUN. S.S. GÖKE. L. KENDZIORSKI. M. y VON HIRSCHHAUSEN. C. (2022). The potential of behavioral changes to achieve a fully renewable energy system - A case study for Germany. Renewable and Sustainable Energy Transition”. [en línea]. Agosto 2022. 2. [fecha de consulta: 13 de noviembre de 2024]. ISSN: 2667095. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rset.2022.100028>.
23. ESPINOZA. A. (2021). “Estudio de alternativas para alumbrado con luminarias led y sistemas de alimentación eléctrica fotovoltaica en áreas exteriores”. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Caracas: Universidad Católica

- Andrés Bello. 2021. [fecha de consulta: 13 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12032/121385>.
24. FERNANDEZ. C. y HERNANDEZ. R. (2018). “Metodología de la investigación”. [en línea]. s.l.: s.n. disponible en: <https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/21401/1/11699.pdf>.
25. FONROCHE. Lighting. (2020). “Europa se abre a la iluminación solar”. [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.fonroche-lighting.com/es/ams/revista/alumbrado-publico/europa-se-abre-la-iluminacion-solar>.
26. GÓMEZ TÉLLEZA, C., CAMACHO CÁCERES, J., BECERRA PANIAGUA, D. K., ARIAS RAMOS, C. F., & ZHAO HU, H. (2024). Revolución de la energía solar fotovoltaica: del silicio a la perovskita. 11(pp. 53). Revista de Energías Renovables. doi: <https://doi.org/10.59730/rer.v11n53a4>
27. GOOGLE MAPS. Ubicación Geográfica del Parque Miguel Grau La Oroya [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://maps.app.goo.gl/BT1ygmbZEKHEwsHi6>
28. GOOGLE MAPS. Mapa Geográfico La Oroya [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://maps.app.goo.gl/BT1ygmbZEKHEwsHi6>
29. GOOGLE MAPS. Parque Miguel Grau, La Oroya [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://maps.app.goo.gl/BT1ygmbZEKHEwsHi6>
30. GOOGLE MAPS. Luminaria Vial Vapor de Sodio. Miguel Grau, La Oroya [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://maps.app.goo.gl/BT1ygmbZEKHEwsHi6>
31. GOOGLE MAPS. Distribución de luminarias Vial Vapor de Sodio. Miguel Grau, La Oroya [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://maps.app.goo.gl/BT1ygmbZEKHEwsHi6>
32. GOOGLE MAPS. Luminarias con influencias de Arbustos en Parque Miguel Grau [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://maps.app.goo.gl/BT1ygmbZEKHEwsHi6>

33. GUERRERO SANTANA, G. L., & CATAGUA MERA, K. D. (2021). Sistema de alumbrado público aplicado mediante energía renovable para la Comuna Masa 2, Golfo de Guayaquil [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19744>
34. HUAMANI. Carol. (2021). “Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba - Huancavelica – 2021”. Tesis (Ingeniero Ambiental). Huancavelica. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11476/1/iv\\_fin\\_107\\_te\\_huamani\\_paucar\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11476/1/iv_fin_107_te_huamani_paucar_2021.pdf)
35. HERNÁNDEZ. R. y MENDOZA. C. (2018). “Metodología de la investigación: las rutas cuantitativas, cualitativa y mixta”. México: s.n.
36. JEELANI. S.H. PUVIARASI. R. M. C. SHINDE. S. S. SURAKASI. R. SHARMA. V. MADHAVARAO. S. SUDHAKAR. M. y MOHANAVEL. V. (2022). “An approach to the utilization of grid integration to analyze the performance and quality of solar photovoltaic model. energy reports”. vol. 8. pp. 1029-1044. issn 23524847. doi 10.1016/j.egy.2022.10.282.
37. JISO ILUMINACIÓN. (20 de noviembre de 2023). Vida útil de las luminarias LED y sus fuentes luminosas. Obtenido de <https://www.jisoiluminacion.com/vida-util-de-las-luminarias-led-y-sus-fuentes-luminosas/>
38. KUMAR. A. TAKESHIMA. H. THAPA. G. ADHIKARI. N. SAROJ. S. KARKEE. M. y JOSHI. P.K. (2020). “Adoption and diffusion of improved technologies and production practices in agriculture: insights from a donor-led intervention in nepal. land use policy”. vol. 95. pp. 104621. issn 02648377. doi 10.1016/j.landusepol.2020.104621.
39. MEDINA FALCONÍ, C. I. (2022). Análisis de eficiencia energética mediante la implementación de tecnología Led en el servicio de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/items/953b4862-9bc0-4134-90ed-d4e7795428e2>

40. MINISTERIO DE AMBIENTE. (2019). “Estrategia nacional frente al cambio climático”. Lima- Perú.
41. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2020). “Informe de situación de la matriz energética en el Perú”. Lima- Perú.
42. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2002). Norma Técnica DGE: Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución. Obtenido de <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>
43. MUÑOZ. F. (2021). “Propuesta de iluminación tipo LED y diseño de sistema fotovoltaico para el edificio IME de la UDEP”. Tesis. (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Piura: Universidad de Piura. 2021. 171 pp. [fecha de consulta: 14 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/4861>.
44. NORMA TÉCNICA DGE. Fórmula utilizada para estimar el número de luminarias considerando las condiciones específicas del Parque Grau y los criterios establecidos por la Norma Técnica DGE [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/8.Normatecnicaalumbrado.pdf>
45. NÚÑEZ Y LOZANO (2016). Control de flujo de energía en una micro-red eléctrica basada en energías renovables. Jóvenes en la Ciencia [en línea]. Febrero, 2025 [fecha de consulta: 04 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1225>
46. NDWALI. P.K. KUSAKANA. K. NUMBI. P.B. LIU. S. SUN. W. y CAI. J. (2022). “A review of multistage solar driven photovoltaic–thermal components with cascade energy storage system for tri-generation”. Energy reports. vol. 8. pp. 14-20. issn 23524847. doi 10.1016/j.egy.2022.09.096.
47. LUMINARIA ALL-IN-ONE. Catálogo de productos. Folleto comercial no publicado de Lumitek. 2023.
48. OBERTI. A. y BACCI. C. (2021). “Metodología de la investigación”. [en línea]. Universidad Nacional de la Plata. Argentina: s.n. disponible en: <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/programas/pp.11944/pp.11944.pdf>.

49. OCHOA, C. y ORTEGA, I. (2021). “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico modular aplicado a la iluminación ornamental en la ciudad de Cuenca”. Tesis (Título de Ingeniero Electricista). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. 2021. 96 pp. [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21222>.
50. OSINERGMIN. Evolución tecnológica del alumbrado público con LEDs. Avances tecnológicos en el alumbrado público, presentación en el Foro Regional Eficiencia y Nuevas Tecnologías en los Sistemas Eléctricos para la Región Ica, [en línea]. Julio, 2013 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/OficinaComunicaciones/EventosRealizados/ForoIca/1/2%20Avances%20Tecnologicos%20LEDs%20AP%20-%20J.Manuico.pdf>
51. OSINERGMIN. Pliego tarifario de electricidad, [en línea]. Mayo, 2025 [fecha de consulta: 29 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario?Id=120000>
52. PAUCAR HUAMAN, Y., & HUAMANI RIOS, C. (2021). Plan de gestión del sistema eléctrico de alumbrado público con energía solar fotovoltaica en la comunidad campesina de San José de Astobamba - Huancavelica - 2021 [Tesis de Grado, Universidad Continental]. Universidad Continental. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11476>
53. PÉREZ ERRÁZURIZ, C. (2020). Normas y políticas públicas destinadas al crecimiento de las energías renovables en Chile. Normas y políticas públicas destinadas al crecimiento de las energías renovables en Chile (14). Chile: Revista De Derecho Ambiental. doi: <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2020.54038>
54. PHILIPS LIGHTING. Luminarias All-in-one Vs Luminarias no Integradas. BRP110 LED50/757 G2 – Alumbrado público solar All-In-One SmartBright [Ficha técnica de producto] [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.lighting.philips.com.pe/prof/luminarias-de->

exterior/solar/luminarias/alumbrado-publico-solar-all-in-one-smartbright/911401833902\_EU/product.

55. PHILIPS LIGHTING. Luminarias Modelo. BRP110 LED50/757 G2 – Alumbrado público solar All-In-One SmartBright [Ficha técnica de producto] [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: [https://www.lighting.philips.com.pe/prof/luminarias-de-exterior/solar/luminarias/alumbrado-publico-solar-all-in-one-smartbright/911401833902\\_EU/product](https://www.lighting.philips.com.pe/prof/luminarias-de-exterior/solar/luminarias/alumbrado-publico-solar-all-in-one-smartbright/911401833902_EU/product).
56. PHILIPS LIGHTING. Características de Funcionamiento Luminaria BRP110 LED50/757 G2 – Alumbrado público solar All-In-One SmartBright [en línea]. Enero, 2025 [fecha de consulta: 30 de enero de 2025]. Disponible en: [https://www.lighting.philips.com.pe/prof/luminarias-de-exterior/solar/luminarias/alumbrado-publico-solar-all-in-one-smartbright/911401833902\\_EU/product](https://www.lighting.philips.com.pe/prof/luminarias-de-exterior/solar/luminarias/alumbrado-publico-solar-all-in-one-smartbright/911401833902_EU/product).
57. PICHIULE. C. (2021). “Propuesta de iluminación fotovoltaica para eliminar las inadecuadas conexiones del circuito de alumbrado público de la Subestación E417109 de Pichanaki”. Tesis. (Título de Ingeniero Electricista). Huancayo: Universidad del Centro del Perú. 2021. [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6486>
58. PROMELSA (2025). Ficha técnica: Luminaria LED Arealight 50W/NW 5000Lm IP66 EQ. [Datasheet] [en línea]. Febrero, 2025 [fecha de consulta: 04 de febrero]. Disponible en: <https://www.promelsa.com.pe/media/PDF/1039961-01.pdf>
59. PURNA PRAKASH. K. PAVAN KUMAR. Y. V. REDDY. C. P. PRADEEP. D.J. FLAH. A. ALZAED. A.N. AL AHAMDI. A.A. y GHONEIM. S.S.M. (2022). “A comprehensive analytical exploration and customer behaviour analysis of smart home energy consumption data with a practical case study”. Energy reports. vol. 8. pp. 9081-9093. issn 23524847. doi 10.1016/j.egyr.2022.07.043.
60. ROBBERECHTS. E. (2020). “Cuatro países que lideran en energía solar en América Latina y el Caribe”. [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.idbinvest.org/es/blog/energia/cuatro-paises-que-lideran-en-energia-solar-en-america-latina-y-el-caribe>.

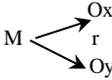
61. RODRÍGUEZ. J. y LIMAS. D. (2020). “Implementación de alumbrado público alimentado con energía fotovoltaica en la entrada del municipio de Santa Ana Magdalena primer kilómetro (1 km) de la vía Santa Ana – pueblito”. Tesis (Título de Ingeniero Electrónico). Santa Marta: Universidad Cooperativa de Colombia. 2020. [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/33155>.
62. ROJAS. V. (2021). “Metodología de la investigación: diseño, ejecución e informe”. [en línea]. Bogotá- Colombia: s.n. disponible en: [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=wcwaeaaqbaj&oi=fnd&pg=pa11&dq=metodología+de+la+investigación+&ots=pfylfg39yj&sig=4c3uuiav5rmnvcfrs5hurxcliu&redir\\_esc=y#v=onepage&q=metodología de la investigación&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=wcwaeaaqbaj&oi=fnd&pg=pa11&dq=metodología+de+la+investigación+&ots=pfylfg39yj&sig=4c3uuiav5rmnvcfrs5hurxcliu&redir_esc=y#v=onepage&q=metodología+de+la+investigación&f=false).
63. ŞAHIN. U. (2021). “Future of renewable energy consumption in France. Germany. Italy. Spain. Turkey and UK by 2030 using optimized fractional nonlinear grey Bernoulli model. Sustainable Production and Consumption”. [en línea]. Enero 2021. 25. pp. 1-14. [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024]. ISSN: 23525509. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.009>.
64. SÁNCHEZ, M. J., FERNÁNDEZ, M., & DIAZ, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo., 8(pp. 107-121). Revista Científica UISRAE. doi: <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
65. TOVAR. Cristhian. (2021). “Propuesta de iluminación fotovoltaica para eliminar las inadecuadas conexiones del circuito de alumbrado público de la subestación e417109 de Pichanaki”. Tesis (Ingeniero Electricista). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bit>
66. TOLEDO. C. (2019). “Metodología de la investigación: origen y construcción de una tesis doctoral”. [en línea]. universidad. pp. 76-87. disponible en: <https://revista.ucesa-ct.edu.py/ojs/index.php/ucesa/article/view/2>.

67. TOSCANO. F. (2018). “Metodología de la investigación”. [en línea]. Bogotá- Colombia: s.n. disponible en: [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=2rfadwaaqbj&oi=fnd&pg=pa13&dq=metodología+de+la+investigación+&ots=ltgedrcvwt&sig=efb\\_ffpsc9okfsypz3i8vbehyui&redir\\_esc=y#v=onepage&q=metodología de la investigación&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=2rfadwaaqbj&oi=fnd&pg=pa13&dq=metodología+de+la+investigación+&ots=ltgedrcvwt&sig=efb_ffpsc9okfsypz3i8vbehyui&redir_esc=y#v=onepage&q=metodología+de+la+investigación&f=false).
68. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA (2025). Decisión de la prueba de hipótesis general. Unidad 2 – Estadística II: Medidas de posición [Recurso educativo en línea] [en línea]. Mayo, 2025 [fecha de consulta: 29 de mayo de 2025]. Disponible en: [http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria\\_industrial/estadistica\\_ii/unidad\\_2/medios/documentacion/p5h1.php](http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria_industrial/estadistica_ii/unidad_2/medios/documentacion/p5h1.php)
69. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA (2025). Decisión de la prueba de hipótesis específica 1. Unidad 2 – Estadística II: Medidas de posición [Recurso educativo en línea] [en línea]. Mayo, 2025 [fecha de consulta: 29 de mayo de 2025]. Disponible en: [http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria\\_industrial/estadistica\\_ii/unidad\\_2/medios/documentacion/p5h1.php](http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria_industrial/estadistica_ii/unidad_2/medios/documentacion/p5h1.php)
70. VALDIVIEZO. K. (2021). "Diseño de sistema LED. basado en energía solar. para iluminar ambientes en la Universidad de Piura". Tesis. (Título de Ingeniero Mecánico Electricista). Piura: Universidad de Piura. 2021. 239 pp. [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11042/4968>.
71. WEATHERSPARKS. Horas de luz Natural y Crepúsculo La Oroya [en línea]. Enero-2025 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: <https://weatherspark.com/>
72. WEATHERSPARKS. Disponibilidad de Energía de Yauli-La Oroya [en línea]. Enero-2025 [fecha de consulta: 25 de enero de 2025]. Disponible en: <https://weatherspark.com/>
73. WINSKEL. M. y KATTIRTZI. M. (2020). “Transitions. disruptions and revolutions: Expert views on prospects for a smart and local energy revolution in the UK. Energy Policy”. [en línea]. Diciembre. 2020. 147 [fecha de consulta: 12 de noviembre de 2024]. ISSN: 03014215. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111815>.

74. XU. S. (2021). “The paradox of the energy revolution in china: a socio-technical transition perspective. renewable and sustainable energy reviews”. vol. 137. pp. 110469. issn 13640321. doi 10.1016/j.rser.2020.110469.

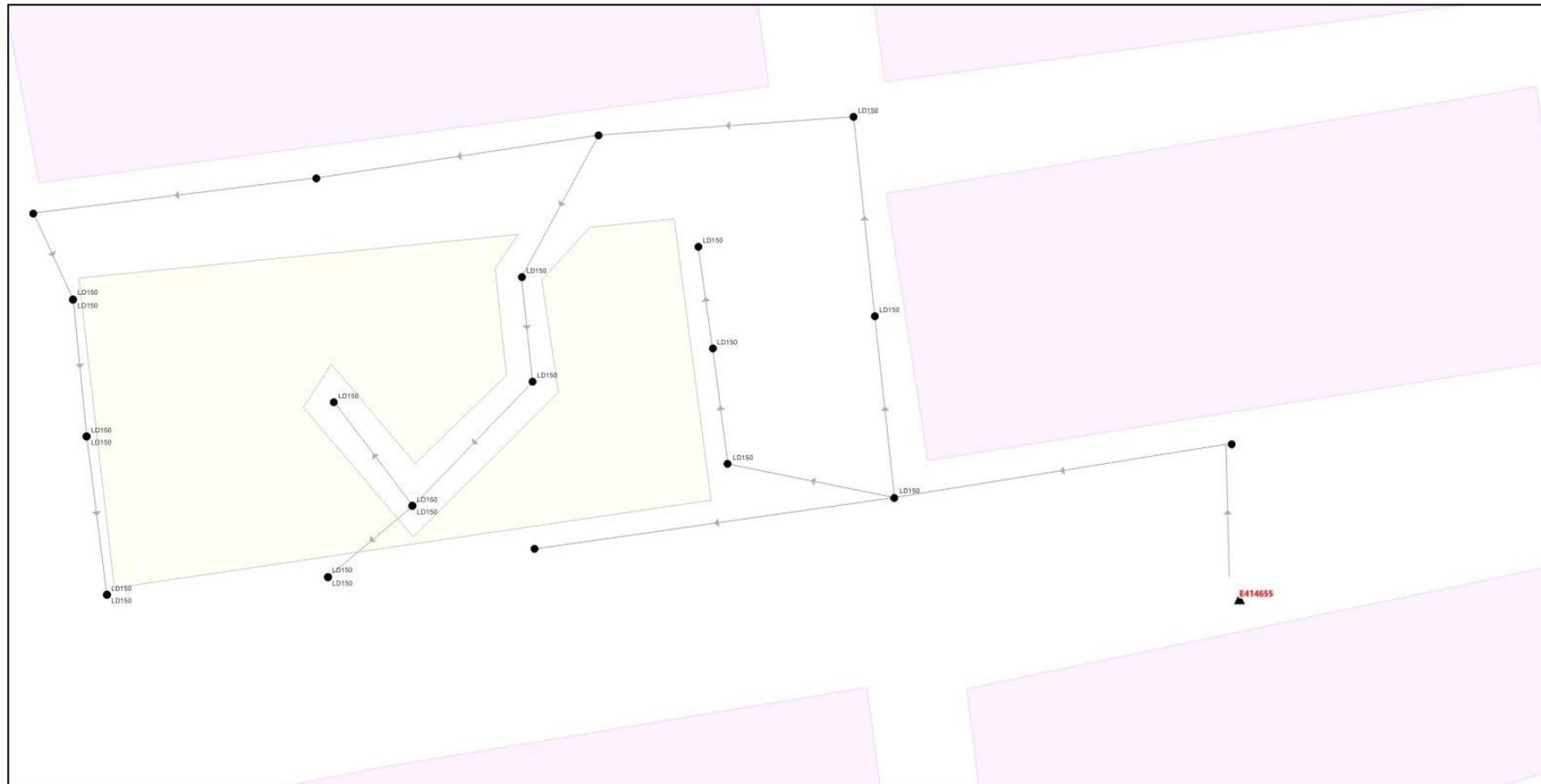
## **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables y Dimensiones	Población y Muestra	Diseño Metodológico
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera se puede mejorar la iluminación del Parque Grau de la provincia de Yauli - La Oroya mediante el uso de iluminación LED en el año 2024?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> a. ¿En qué medida el reemplazo de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED reducirá el consumo de energía eléctrica en el alumbrado público en el Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya? b. ¿Es económicamente viable implementar un sistema de iluminación LED en el Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Proponer un sistema de iluminación LED mediante el sistema fotovoltaico en las conexiones de alumbrado público del parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya, 2024.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> a. Evaluar la reducción en el consumo de energía eléctrica mediante el reemplazo de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED en el alumbrado público del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya. b. Analizar la viabilidad económica de la implementación del sistema de iluminación LED solar autónoma en el Parque Grau en la provincia de Yauli - La Oroya.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> La implementación de un sistema de iluminación LED mediante energía fotovoltaica mejorará la eficiencia energética en un 50% del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> a. El cambio de luminarias de vapor de sodio por luminarias LED solares reducirán el consumo de energía eléctrica en al menos un 35%, lo cual mejorará la eficiencia energética del Parque Grau de la provincia de Yauli – La Oroya. b. La implementación del sistema de iluminación LED solar en el Parque Grau es económicamente viable, generando ahorros a largo plazo en costos energéticos y mantenimiento, lo cual permite una recuperación de la inversión en menos de 4 años.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>El sistema fotovoltaico energía eléctrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia de consumo</li> <li>• Tensión</li> <li>• Corriente</li> </ul> <p><b>Variable Independiente</b></p> <p><b>Sistema de iluminación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensidad</li> <li>• Iluminancia</li> <li>• Eficiencia energética de Alumbrado Público</li> </ul>	<p><b>Población:</b> Sistema de alumbrado público del Parque Grau.</p> <p><b>Muestra:</b> Conexiones de alumbrado público en el Parque Grau</p>	<p style="text-align: center;"><b>Método de la investigación</b></p> <p><i>Método General:</i> Científico. <i>Métodos Específicos:</i> *Descriptivo.</p> <p><b>Tipo de Investigación:</b> Tecnológica <b>Nivel de investigación:</b> Correlacional <b>Diseño de investigación:</b> Descriptivo comparativo</p> <p>Esquema:</p>  <pre> graph LR     M --&gt; Ox     M --&gt; Oy     r --- Ox     r --- Oy     </pre> <p>Donde: O<sub>x</sub> = Observación variable recaudación tributaria. O<sub>y</sub> = Observación variable emisión de comprobantes de pago electrónicos</p> <p><b>Técnicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación directa</li> </ul> <p><b>Instrumentos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de registro</li> <li>• Mediciones de parámetros eléctricos</li> </ul> <p><b>Procesamiento de datos:</b> Procesamiento de datos mediante cuadros de datos recopilados</p> <p><b>Análisis e Interpretación de datos -Contrastación de la Hipótesis</b> Prueba de “t” de student para comparación de dos medias con un valor referencial</p>

## Anexo 2.

### Plano circuito eléctrico del sistema de alumbrado público del Parque Grau



**Anexo 3.**

**Parque Miguel Grau La Oroya.**



#### Anexo 4.

Toma de lectura del servicio particular y alumbrado público



## Anexo 5.

### Datasheet luminaria LED 01 de 02



# SmartBright All-in-one Solar Street Light

## BRP110 LED50/757 G2

Integrated solar street light with Lithium Ferro Phosphate battery, solar panel and charger built into the luminaire. Independently tilt-able LED source and pole mounting bracket allows light beam to focus on road, and solar panel towards the sun. Microwave based motion sensor for optimizing battery autonomy.

### Product data

<b>General Information</b>		<b>Grid connection type</b>	Off grid
<b>Driver included</b>	Yes	<b>Controls and Dimming</b>	
<b>Light Technical</b>		<b>Dimmable</b>	Yes
<b>Luminous Flux</b>	5,000 lm	<b>Configurability</b>	Configurable
<b>Correlated Color Temperature (Nom)</b>	5700 K	<b>Control Interface</b>	IR remote
<b>Luminous Efficacy (rated) (Nom)</b>	185 lm/W	<b>Autonomy</b>	24 hour(s)
<b>Color rendering Index (CRI)</b>	>70	<b>Solar dimming profile</b>	First 2 Hrs - On motion : 100%, without motion :30% ; Next 3 Hrs - On motion : 60%, without motion :20% ; Next 6 Hrs On motion : 30%, without motion :0% ; Rest of the Night: On motion : 50%, without motion :0%
<b>Operating and Electrical</b>		<b>Mechanical and Housing</b>	
<b>Battery type</b>	LiFePO4	<b>Housing Color</b>	RAL7040
<b>Battery ampere hour</b>	60 Ah	<b>Overall length</b>	562 mm
<b>Battery voltage</b>	3.2 V	<b>Overall width</b>	363 mm
<b>Battery charging &amp; discharging cycles</b>	2000	<b>Overall height</b>	85 mm
<b>Panel type</b>	Mono crystalline	<b>Dimensions (Height x Width x Depth)</b>	85 x 363 x 562 mm
<b>Panel voltage</b>	12 V	<b>Material</b>	Aluminum
<b>Panel peak wattage</b>	35 W	<b>Battery location</b>	Inbuilt
<b>Charge controller type</b>	MPPT		
<b>Cable</b>	-		

Datasheet, 2025, May 7

data subject to change

## Anexo 6.

### Datasheet luminaria LED 02 de 02

#### SmartBright All-in-one Solar Street Light

Ingress protection code	IP65 (Dust penetration-protected, jet-proof)
Mech. impact protection code	IK08 (G, J)
Optical cover type	Polycarbonate
Net Weight (Piece)	8.700 kg

#### Approval and Application

EU RoHS compliant	Yes
Ambient temperature range	0 to +50 °C

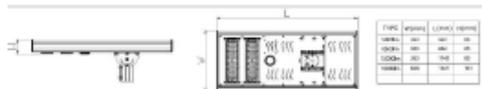
#### Over Time Performance (IEC Compliant)

Median useful life L70B50	50,000 hour(s)
---------------------------	----------------

#### Product Data

Order product name	BH8110 LED50/757 G2
Full product name	BH8110 LED50/757 G2
Full product code	692382865727700
Order code	9T1401833902
Material Nr. (12NC)	9T1401833902
Numerator - Quantity Per Pack	1
EAN/UPC - Product/Case	6923828657277
Numerator - Packs per outer box	1
EAN/UPC - Case	6923828657277

#### Dimensional drawing



© 2025 Signify Holding All rights reserved. Signify does not give any representation or warranty as to the accuracy or completeness of the information included herein and shall not be liable for any action in reliance thereon. The information presented in this document is not intended as any commercial offer and does not form part of any quotation or contract, unless otherwise agreed by Signify. Philips and the Philips Shield Emblem are registered trademarks of Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com  
2025, May 7 - data subject to change

## Anexo 7.

### Datasheet luminaria vapor de sodio 01 de 02



## Ceramalux ALTO

### SON 150W E39 ED75 CL SL/12

Estas lámparas cumplen con la prueba TCLP de EPA de materiales no peligrosos. Ideal para aplicaciones industriales, depósitos, aplicaciones en punta de postes y estacionamientos.

#### Datos del producto

<b>Funcionamiento de emergencia</b>		<b>Voltaje (nom.)</b>	
Base de casquillo	E39 [Single Contact Mogul Screw]	55 V	
Aplicación principal	Iluminación vital y general	<b>Datos técnicos de la luz</b>	
Código ANSI para HID	S55	Acabado de la lámpara	
Características	ALTO* (ALTO)	Clara	
<b>Rendimiento inicial (conforme con IEC)</b>		<b>Aprobación y aplicación</b>	
Flujo lumínico (nominal) (mín.)	14400 lm	Contenido de mercurio (Hg) (máx.)	
Flujo lumínico (nominal) (nom.)	16000 lm	17 mg	
Medio de lúmenes de diseño	14220 lm	<b>Requisitos de diseño de luminaria</b>	
Coordenada X de cromaticidad (nom.)	514	Temperatura de lámpara (máx.)	
Coordenada Y de cromaticidad (nom.)	424	400 °C	
Temperatura del color con correlación (nom.)	2100 K	Temperatura de base de casquillo (máx.)	
Eficacia lumínica (nominal) (mín.)	96 lm/W	210 °C	
Eficacia lumínica (nominal) (nom.)	107 lm/W	<b>Datos de producto</b>	
Índice de reproducción cromática -IRC (nom.)	17	Nombre de producto del pedido	
<b>Mecánicos y de carcasa</b>		SON 150W E39 ED75 CL SL/12	
Corriente de lámpara (nom.)	3.2 A	EAN/UPC - Producto	
Voltaje de suministro de encendido (máx.)	110 V	046677467234	
Tiempo de reencendido (mín.) (máx.)	2 min	Código de pedido	
Tiempo de encendido (máx.)	5 s	928601139790	
Voltaje (máx.)	62 V	Local Code	
Voltaje (mín.)	48 V	467233	
		Cantidad por paquete	
		1	
		Numerador - Paquetes por caja exterior	
		12	
		N.º de material (T2NC)	
		928601139790	
		Peso neto (piezas)	
		124.000 g	

## Anexo 8.

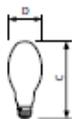
### Datasheet luminaria vapor de sodio 02 de 02

#### Ceramalux ALTO

#### Plano de dimensiones

##### Product

SON 150W E39 ED75 CL SL/12



HPS 150W E39 ED23 1/2 U ALTO



© 2019 Signify Holding. Todos los derechos reservados. Signify no hace ninguna representación ni garantía respecto de la precisión o integridad de la información incluida en el presente y no será responsable de ninguna acción que se tome sobre la base de esta. La información presente en este documento no está pensada como una oferta comercial y no forma parte de ningún presupuesto o contrato, a menos que Signify acuerde lo contrario. Philips y Philips Shield Emblem son marcas registradas de Koninklijke Philips N.V.

[www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com)

2019, Octubre 3 - Datos sujetos a cambios

## Anexo 9.

### Datashet inversor 01 de 02

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



# FRONIUS PRIMO

/ El Futuro de la energía solar residencial está aquí



/ Sistema de instalación Snap-Inverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SunSpec



/ Dynamic Peak Manager



/ Smart Grid y Certificación NEC 2014



/ Comunicación de datos abierta



/ Detección de Arco Integrada



Con rangos de potencia desde 3.8 kW a 15 kW, el Fronius Primo es el inversor compacto monofásico sin transformador ideal para aplicaciones residenciales y comerciales de pequeña escala. Su diseño está basado en el sistema de instalación SnapInverter, el cual permite instalaciones y reparaciones sencillas y seguras.

El Fronius Primo tiene características únicas como dos seguidores de máxima potencia, alto voltaje de sistema, un amplio rango de voltaje de entrada y puede instalarse en interior y exterior. Como funciones estándar incluye interfaces Wi-Fi®\* y SunSpec Modbus para monitoreo y registro de datos, interrupción de circuito por falla de arco (AFCI) probada en campo, certificación NEC 2014 y la plataforma en línea para monitoreo móvil Solarweb. Está diseñado para adaptarse a requerimientos futuros, por lo cual ofrece una solución completa a los cambios de normativas e innovaciones técnicas del mañana.

### DATOS TÉCNICOS

DATOS GENERALES	FRONIUS PRIMO 3.8 - 8.2	FRONIUS PRIMO 10.0 - 15.0
Dimensiones (ancho x alto x largo)	42.9 x 62.7 x 20.6 centímetros	51.1 x 72.4 x 20.60 centímetros
Peso (kg)	21.3	37.4
Embalaje		NEMA 4X
Consumo durante la noche		< 1 W
Tecnología de inversor		Sin transformador
Entrada(s)		Ventilador de velocidad variable
Instalación		Interior y exterior
Temperatura ambiente admisible	-40 a 55°C	-40 a 60°C
Humedad relativa admisible		0 - 100 % (sin condensación)
Terminales de conexión DC	2x CD + 1, 2x CD + 2 y 8x CD: terminales de terminal para cable de cobre (pelado / torcido) / torcido fijo) o aluminio (pelado / torcido)	4x CD + 1, 2x CD + 2 y 6x CD: terminales de terminal para cable de cobre (pelado / torcido) / torcido fijo) o aluminio (pelado / torcido)
Terminales de conexión de CA		Terminal de terminal 12-6 AWG
Certificación y cumplimiento de estándares	UL 1741-2013, UL1998 (para funciones: AFCI, RCMD) accesorio de aislamiento, IEEE 1547-2003, IEEE 1547.1-2003, ANSI/IEEE C62.41, FCC Parte 15 A y B, NEC 2014 Artículo 690, C.22, 2 No. 107.1.01 (septiembre 2001), UL16998 Issue 2 - 2013, CSA ETL M-07 Issue 1 - 2013	

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	ESTÁNDAR PARA TODOS LOS MODELOS PRIMO	INTERFACES	DISPONIBILIDAD	ESTÁNDAR PARA TODOS LOS MODELOS PRIMO
AFCI	SI	Wi-Fi® / Ethernet / Serie / Datalogger y servidor web	Opcional	Estándar inalámbrico N2.11 b/g/n / Fronius Solarweb, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU
Dirección de DC	SI	6 E/S digitales reconfigurables + 4 entradas digitales + 1 contacto de solo	Opcional	Control externo por telé
Polaridad inversa de DC	SI	USB (Socket tipo A)	Estándar	Registro de datos y actualización de firmware vía USB
Protección contra fallas de tierra con interruptor de manija de aislamiento	SI	2x RS422 (RJ45 socket)	Estándar	Fronius Solar Net, protocolo de interface

\*El símbolo Wi-Fi es una marca registrada de la empresa IEEE.

## Anexo 10. Datasheet inversor 02 de 02

DATOS TÉCNICOS					
DATOS DE ENTRADA					
Potencia FV recomendada (kWp)	PRIMO 3.8-1	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 7.6-1	PRIMO 8.2-1
	3.0-6.0	4.0-7.8	4.8-9.3	6.1 - 11.7	12.0 - 23.2
Máxima Corriente de entrada nominal (MPPT 1 / MPPT 2)	18 A / 18 A				
Máxima CD total	36 A				
Máxima corriente de corto circuito del arreglo FV	2 x 22.5 A				
Rango de voltaje operación	80 - 600 VCD				
Máximo Voltaje de entrada	600 VCD				
Voltaje de entrada nominal	410 VCD	420 VCD			
Tamaño de conductor admisible de CD	AWG 14 - AWG 6				
Rango de voltaje MPPT	200-480 VCD	240-480 VCD	250-480 VCD	270-480 VCD	
Número de MPPT	2				
DATOS DE SALIDA					
Máxima Potencia de salida	240	3800 W	5000 W	6000 W	7600 W
	220	3800 W	5000 W	6000 W	7600 W
	208	3800 W	5000 W	6000 W	7900 W
Máxima corriente de salida continua con Vmax	240	15.8 A	28.8 A	28.8 A	31.7 A
	220	17.3 A	22.7 A	27.3 A	34.2 A
	208	18.1 A	24.0 A	25.0 A	36.5 A
OCPD / Breaker CA recomendado	240	20 A	30 A	35 A	40 A
	220	25 A	30 A	40 A	50 A
	208	25 A	30 A	40 A	50 A
Max. Eficiencia	96.7 %				
Eficiencia CEC	95.0 %				
Tamaño de conductor de CA admisible	AWG 14 - AWG 6				
Tensión de red	208 / 220 / 240 VCA				
Frecuencia nominal	60 Hz				
Distorsión armónica total	< 5 %				
Factor de potencia (cos φ)	1 (ajustable de 0.85 - 1 ind/cap.)				
DATOS DE ENTRADA					
Potencia FV recomendada (kWp)	PRIMO 10.0-1	PRIMO 11.4-1	PRIMO 12.5-1	PRIMO 15.0-1	
	8.0 - 15.5	9.1 - 17.6	10.0 - 19.3	12.0 - 23.2	
Máxima Corriente de entrada nominal (MPPT 1 / MPPT 2)	33.0A / 18.0 A				
Máxima CD total	51 A				
Máxima corriente de corto circuito del arreglo FV	49.5 A / 27.0 A				
Rango de voltaje operación	80 - 1000 VCD				
Máximo Voltaje de entrada	1000 V				
Voltaje de entrada nominal	655 VCD	660 VCD	665 V	680 V	
Tamaño de conductor admisible de CD	AWG 14 - AWG 6 cable directo, AWG 6 Aluminado directo, AWG 4 - AWG 2 cable o aluminado con bus de conexiones				
Rango de voltaje MPPT	220 - 800 VCD	240 - 800 VCD	260 - 800 VCD	320 - 800 VCD	
Número de MPPT	2				
DATOS DE SALIDA					
Máxima Potencia de salida	240	9995 W	11400 W	12500 W	15000 W
	220	10005 W	11400 W	12500 W	14500 W
	208	9995 W	11400 W	12500 W	13750 W
Máxima corriente de salida continua con Vmax	240	41.6 A	47.5 A	52.1 A	62.5A
	220	45.5 A	51.8 A	56.8 A	65.9 A
	208	48.1 A	54.8 A	60.1 A	66.1 A
OCPD / Breaker CA recomendado	240	60 A	60 A	70 A	80 A
	220	48 A	70 A	80 A	90 A
	208	60 A	70 A	80 A	90 A
Max. Eficiencia	97.9 %				
Eficiencia CEC	96.0 %				
Tamaño de conductor de CA admisible	AWG 10 - AWG 2 cable sólido / trenzado / fisurado / fisurado trenzado AWG 10 cable o AWG 8 aluminado para dispositivos de protección hasta 60 A, de 61 a 100 A debe ser usado mínimo AWG 8 para cable o AWG 6 aluminado. AWG 4 - AWG 2 cable (sólido / trenzado). Multicables con AWG 12.				
Tensión de red	208 / 220 / 240 VCA				
Frecuencia nominal	60 Hz				
Distorsión armónica total	< 2.5 %				
Factor de potencia (cos φ)	1 (ajustable de 0.85 - 1 ind/cap.)				

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

**SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.**

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3,000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1,000 patentes concebidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo, visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

**Fronius México S.A. de C.V.**  
**Fronius Monterrey**  
 Carretera Monterrey Saltillo 3279E  
 66367 Santa Catarina, N.L.  
 México  
 Teléfono +52 81 8882 8200  
 pv-sales-mexico@fronius.com  
 www.fronius.mx

Todos los imágenes según el estándar de los fabricantes de componentes de la impresión. Se reserva todos los derechos. No se permite la reproducción o el uso no autorizado sin el consentimiento escrito de Fronius. Todos los derechos reservados.

## Anexo 11.

### Datasheet batería 01 de 02

# UZS600-6

6V 600AH

Quality in Every Language®

---

#### UZS600-6

#### Physical Specification

Part Number	UZS600-6
Length	295 ± 2 mm
Width	178 ± 2 mm
Container Height	405 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
Without Electrolyte	34.5 kg
With Electrolyte	52.0 kg

---

#### Specifications

	Nominal Voltage	6V	
	Nominal Capacity (120HR)	600AH	
Terminal Type	Standard Terminal	F22	
Container Material	Standard Option	ABS	
Rated Capacity	120hr, 1.80V/cell, 25°C	600.0 AH/ 5.00A	
	100hr, 1.80V/cell, 25°C	550.0 AH/ 5.50A	
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	360.0 AH/ 36.0A	
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	324.0 AH/ 64.8A	
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	202.0 AH/ 202A	
Max Discharge Current	1300A (5s)		
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ		
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C-50°C(5°F-122°F) Charge: -10°C-50°C(14°F-122°F) Storage: -20°C-50°C(-4°F-122°F)	
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C	
	Float Charging Voltage (25°C)	6.60 ~ 6.72V at 25°C Temp. Coefficient -18mV/°C	
	Cycle Charging Voltage (25°C)	7.05 ~ 7.20V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C	
	Capacity affect by Temperature (10HR)	40°C	102%
		25°C	100%
		0°C	85%
-15°C		65%	
Design Floating Life at 20°C	20 Years		
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.		

---

#### Dimensions

■ F22 Terminal

Positive Terminal

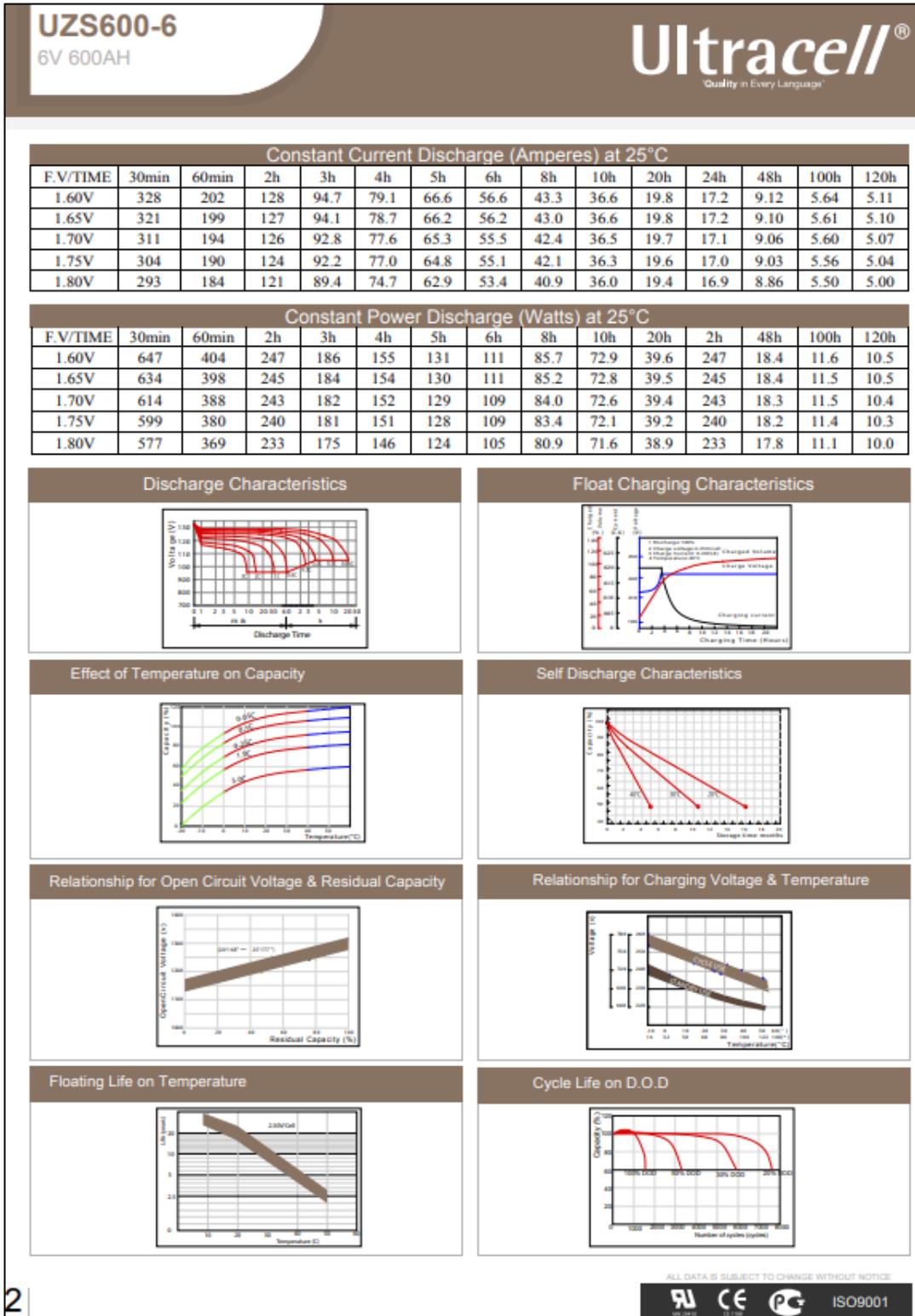
Negative Terminal

---

ALL DATA IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

## Anexo 12.

### Datasheet batería 02 de 02



## Anexo 13.

### Datasheet panel fotovoltaico 01 de 02



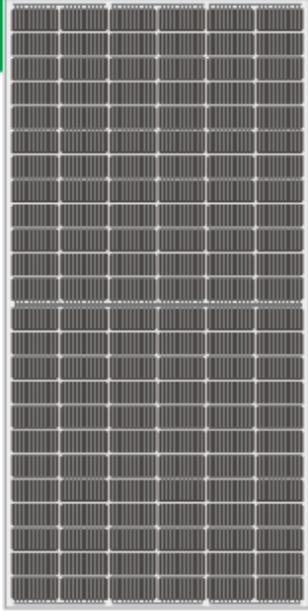
**ECO GREEN ENERGY**  
Building a Greener World

# ATLAS

by Eco Green Energy

## 530-550W

M10 / 182 mm Cell - 144 Half-cell



Founded in 2008, Eco Green Energy is a french brand solar PV manufacturer and distributing now its PV module in more than 60 countries over the world. Atlas series solar modules are made only with grade A cells for highest power generation, lowest LCOE, and ensured more than 25 years lifespan.

#### KEY FEATURES

-  Gallium-doped Technology
-  Lower LCOE and BOS
-  Anti PID/ Low LID protection
-  Less Hot Spot Shading effects
-  Lower temperature coefficient

**144-Cell**  
MONOCRYSTALLINE MODULE

**21.28%**  
MAXIMUM EFFICIENCY

**0~+5W**  
POSITIVE POWER TOLERANCE

**GRADE A**  
CELLS GUARANTEED

 French Quality Module



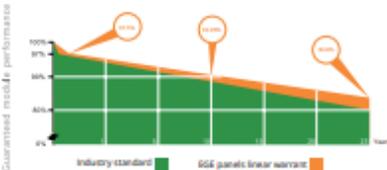
**25**  
YEARS  
OUTPUT POWER WARRANTY



**12**  
YEARS  
PRODUCT WARRANTY

#### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty · 25-Year Linear Power Warranty



The graph shows 'Guaranteed module performance' on the y-axis (ranging from 85% to 100%) and 'Year' on the x-axis (ranging from 0 to 25). A green line represents the 'Industry standard' which starts at 100% and decreases to approximately 85% at 25 years. An orange line represents the 'EGE panels linear warranty' which starts at 100% and decreases to approximately 95% at 25 years. Callouts indicate performance at 10, 15, and 20 years.

#### COMPREHENSIVE CERTIFICATES

IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 61701 / IEC 62716  
ISO 9001 : Quality Management Systems






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

Facebook: [www.facebook.com/EGE.Nantong](https://www.facebook.com/EGE.Nantong)  
LinkedIn: [www.linkedin.com/company/eco-green-energy/](https://www.linkedin.com/company/eco-green-energy/)  
Website: [www.eco-greenenergy.com](http://www.eco-greenenergy.com)



## Anexo 14.

### Datasheet panel fotovoltaico 02 de 02

