



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



Recibo de pago N° 797102

Visto el Informe N° 033-2025-PIEO-UI-FIMEE-UNSLG, emitido la operaria del sistema de antiplagio se emite la siguiente constancia:

**N° 030-2025**

## **CONSTANCIA**

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la **Tesis** cuyo título es:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN EL ALUMBRADO DE LA PLAZA PRINCIPAL DEL DISTRITO DE OCUCAJE-ICA”**

Presentado por:

**MASCCO CASTRO, JAIME CRISTO**

**BACHILLER** de la Facultad INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA – Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA. El resultado obtenido es un porcentaje de CUATRO POR CIENTO (4%), por el cual se le otorga el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 06 de Febrero del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
  
Dr. José Luis Donayre Pasache  
DIRECTOR DE UNIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



Implementación de un sistema fotovoltaico para reducir el consumo  
energético en el alumbrado de la plaza principal del distrito de  
Ocucaje-Ica-2023

Línea de investigación:

Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

TESIS

PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTOR:

BACH: MASCCO CASTRO JAIME CRISTO

Ica, Perú

2025

## **DEDICATORIA**

A Dios por sobre todas las cosas.

A mis padres, Jainor Mascco Chahua y Dora Isabel Castro Basilio, por sus enseñanzas, incondicional amor y afecto.

A mi hijo Kylian Moisés Mascco Pariona, mi mayor tesoro y motivo de alegría, quien me inspira a seguir adelante incluso en los días más difíciles.

A mi esposa Zaharo Yem Pariona Quispe.

A mis hermanos Jainor, Thalía, Daddys, Rosemary y Mónica, por su apoyo constante.

A los docentes del Colegio Secundario Menores Mixto de Relave, quienes me guiaron y motivaron a perseguir mis sueños a través del esfuerzo y la preparación continua.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por la vida y por iluminar mi camino.

A mis queridos padres, Jainor Mascco Chahua y Dora Isabel Castro Basilio, por su incondicional apoyo y amor.

A mis hermanos Jainor, Thalía, Daddys, Rosemary y Mónica, por ser mi fortaleza.

A mis familiares y amigos, por su constante aliento y confianza.

Al Dr. Fernando Eugenio Guerrero Salazar, por aceptar y apoyarme como asesor de tesis, y por sus valiosas orientaciones durante esta investigación.

A la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, a su Decano y a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, por inculcarme el valor de la vocación profesional y el servicio al pueblo peruano.

## INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE TABLAS .....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1 Antecedentes de la Investigación .....	11
1.1.1 Antecedentes Internacionales.....	11
1.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional:.....	13
1.2 Planteamiento del Problema.....	14
1.2.1 Problema General .....	14
1.2.2 Problemas Específicos .....	14
1.3 Hipótesis y variables de la Investigación .....	14
1.3.1 Hipótesis.....	14
1.3.2 Variables.....	14
1.4 Justificación e Importancia .....	15
1.4.1 Justificación.....	15
1.4.2 Importancia.....	15
1.5 Bases Teóricas .....	16
1.5.1 Marco teórico.....	16
1.5.2 Sistema fotovoltaico .....	16
1.6 Objetivos.....	21
1.6.1 Objetivo General.....	21
1.6.2 Objetivos específicos .....	21
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	22
2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación.....	22

2.1.1	Tipo de Investigación .....	22
2.1.2	Nivel de Investigación .....	22
2.1.3	Diseño de Investigación.....	22
2.2	Población y muestra materia de investigacion.....	22
2.2.1	Población de estudio:.....	22
2.2.2	Muestra de estudio:.....	22
2.3	Técnicas de recolección de datos .....	23
2.3.1	La observación directa.....	23
2.4	Instrumento de recolección de datos .....	23
2.5	Técnicas para analizar los datos e interpretación .....	24
III.	RESULTADOS.....	25
3.1	Análisis e interpretación de datos.....	25
3.1.1	Diseño de alumbrado con sistema fotovoltaico:.....	25
3.1.2	Viabilidad del Proyecto. ....	31
3.2	Presentación e interpretación de resultados. ....	36
3.2.1	Consumo de energía eléctrica en el alumbrado de la plaza de armas del distrito de Ocucaje-Ica. ....	36
3.3	Análisis de Consumo y Ahorro Energético para la Implementación de Luminarias Solares 37	
3.3.1	Ahorro energético con fuentes fotovoltaicas “reflectores solares”.....	37
3.3.2	Consumo Actual de Energía Eléctrica con Luminarias Tradicionales .....	38
3.3.3	Consumo de Energía con Implementación de Luminarias Solares Autónomas ....	38
3.3.4	Cuadro de Resultados Estadísticos .....	39
3.4	Cuidado y mantenimiento de paneles solares. ....	42
3.4.1	Mantenimiento preventivo.....	42
3.4.2	Mantenimiento correctivo.....	42
IV.	DISCUSIÓN .....	44
V.	CONCLUSIONES .....	46
VI.	RECOMENDACIONES .....	47

VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
VIII.	ANEXOs.....	49

## INDICE DE TABLAS

TABLA I	LUMINARIAS SOLARES AUTÓNOMAS.....	25
TABLA II	POSTES PARA LUMINARIAS CON PROTECCIÓN ANTI VANDALISMO..	28
TABLA III	RADIACIÓN PROMEDIO ANUAL DEL LA PLAZA DEL DISTRITO DE OCUCAJE CON EL ÁNGULO OPTIMO.....	30
TABLA IV	DATOS DE LAS COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LA PLAZA DE OCUCAJE-ICA .....	31
TABLA V	PRECIO COMERCIAL DE 1 UND DE LUMINARIA SOLAR EN EL DISTRITO DE ICA.....	31
TABLA VI	PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DE 120 LUMINARIAS.....	32
TABLA VII	PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN DE POSTE PARA LUMINARIAS .....	32
TABLA VIII	PRESUPUESTO TOTAL DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA LA ILUMINACIÓN DE LA PLAZA DE OCUCAE .....	33
TABLA IX	<u>  </u> PRESUPUESTO PARA LA EJECUCIÓN.....	33
TABLA X	ANÁLISIS DEL GASTO MENSUAL DEL ALUMBRADO DE LA PLAZA CON LUMINARIAS CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA - MES ENERO 2023 .....	36
TABLA XI	GASTO ANUAL DEL ALUMBRADO DE LA PLAZA DE OCUCAJE CON LUMINARIAS CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA AÑO 2023 .....	36
TABLA XII	CONSUMO DE ENERGÍA DEL ALUMBRADO DE LA PLAZA CON LA RED PUBLICA.....	38
TABLA XIII	DESCRIPCIÓN DE LUMINARIAS SOLARES .....	39
TABLA XIV	DETALLE DE AHORRO ENERGÉTICO .....	39
TABLA XV	RESUMEN DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS .....	39
TABLA XVI	PANILLA DE METRADOS.....	50

## INDICE DE FIGURAS

Fig.1	Diseño correlacional .....	22
Fig.2	Macro localización del proyecto - Ocucaje - Ica .....	23
Fig.3	Plaza de armas del distrito de Ocucaje- Ica .....	25
Fig.4	reflectores solares autónomas .....	26
Fig.5	flujo luminoso en la plaza de armas 120 luminarias.....	26
Fig.6	luminaria en cada poste.....	27
Fig.7	Simulación de iluminación 120 luminaria.....	27
Fig.8	Simulación de iluminación 60 luminarias .....	28
Fig.9	Sistema de puesta a tierra de las luminarias en la plaza .....	29
Fig.10	Distribución de postes de alumbrado a nivel de la plaza del Distrito de Ocucaje-Ica-2023 .....	29
Fig.11	Gasto de consumo energético conectado a al red eléctrica año 2023 .....	38
Fig.12	Gráfico de dispersión de pruebas estadísticas .....	40
Fig.13	Distribuciones de la prueba de Montecarlo .....	41
Fig.14	En la siguiente imagen se aprecia algunas de las características del los reflectores solares con distintas potencias.....	51
Fig.15	Micro localización del proyecto - localidad de Ocucaje.....	51
	.....	52
Fig.16	En la siguiente figura se aprecia el recibo facturado 11/2022 del consumo energético de la plaza de Ocucaje-Ica.....	52

## RESUMEN

La propuesta de electrificación, con energía solar, de la plaza pública del distrito de Ocucaje, en Ica, es viable y sostenible, principalmente más que por el aspecto técnico, por razones socio-económicas de medio ambiente y calidad de vida mejorada, para reducir el daño ambiental al utilizar energía eléctrica limpia y renovable, además de asegurar la producción de electricidad necesaria para el desarrollo de la vida cotidiana. El método general que se utilizó es el científico, tipo de investigación Aplicada, diseño no experimental correlacional. El objetivo principal del proyecto consiste en Implementar un sistema fotovoltaico para reducir el consumo energético en el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje, resultando en un ahorro significativo de energía aproximadamente de 2,496 kWh mensuales; para ello se procedió a realizar un análisis de sitio para evaluar la radiación solar a nivel del distrito de Ocucaje y seleccionar reflectores adecuados obteniéndose para dicho proyecto la radiación promedio horizontal anual con el ángulo óptimo de 198.457kWh/m<sup>2</sup>, también se obtuvieron datos del consumo de energía del alumbrado de la plaza mediante los recibos de facturación de la empresa concesionaria Electro Dunas, obteniendo una facturación anual de s/15,510.56 para el año 2023, vemos que el sistema fotovoltaico resulta económicamente factible ya que se estaría ahorrándose la municipalidad e invirtiendo el presupuesto del estado en otro tipo de proyectos en beneficio del distrito, por otro aspecto también como resultado del trabajo de investigación, se obtiene la simulación de las 120 luminarias con un flujo luminoso de 3520 lúmenes donde se aprecia el nivel de iluminación en cada punto, siendo 10 LUX el mínimo nivel de iluminación y 75 LUX el máximo nivel de iluminación. El consumo de energía en el alumbrado se reduce gracias al aprovechamiento de la energía solar y no dependiendo de la conexión a la red pública o red del nivel secundario, además es competitivo económicamente pues al tener una durabilidad de 25 años, el gasto que implica la compra e instalación del sistema se recupera a lo largo de su vida útil, ya que no es necesario el empleo de mano de obra especializada para su instalación y mantenimiento.

**Palabras claves:** Diseño de sistema fotovoltaico, abastecimiento eficiente de energía, consumo energético

## ABSTRACT

The proposal for the electrification of the public square in the Ocucaje district in Ica with solar energy is viable and sustainable, mainly for socio-economic reasons of the environment and improved quality of life, rather than for the technical aspect, in order to reduce environmental damage by using clean and renewable electricity, in addition to ensuring the production of electricity necessary for the development of daily life. The general method used is the scientific method, applied research type, non-experimental correlational design. The main objective of the project is to implement a photovoltaic system to reduce energy consumption in the lighting of the main square in the Ocucaje district, resulting in significant energy savings of approximately 2,496 kWh per month; To do this, a site analysis was carried out to evaluate the solar radiation at the level of the Ocucaje district and select suitable reflectors, obtaining for said project the average annual horizontal radiation with the optimal angle of 19.8457° and 198.457 kWh / m<sup>2</sup>, data on the energy consumption of the square lighting was also obtained through the billing receipts of the concessionaire company Electro Dunas, obtaining an annual billing of S / 15,510.56 for the year 2023, we see that the photovoltaic system is economically feasible since the municipality would be saving and investing the state budget in other types of projects for the benefit of the district, also as a result of the research work, the simulation of the 120 luminaires with a luminous flux of 3520 lumens is obtained where the level of illumination at each point is seen, with 10 LUX being the minimum illumination level and 75 LUX the maximum illumination level. Energy consumption for lighting is reduced by using solar energy and not depending on the connection to the public network or the secondary level network. It is also economically competitive because, having a durability of 25 years, the expense involved in the purchase and installation of the system is recovered throughout its useful life, since it is not necessary to use specialized labor for its installation and maintenance.

**Keywords:** Photovoltaic system design, efficient energy supply, energy consumption

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la contaminación provocada por las centrales eléctricas de generación en el Perú, como las centrales térmicas que utilizan combustibles fósiles para generar energía eléctrica y aportar al SEIN, provocan un daño al medio ambiente, provocando que la capa de ozono cada año se encuentre deteriorado siendo un tema muy polémico en el Perú y en mundo en el cuidado del medioambiente.

El alumbrado de la plaza del distrito Ocucaje con un sistema conectado a la red pública de nivel secundario genera un gasto en factura adicional a la municipalidad del consumo de energía eléctrica, cuando ese recurso económico podría ser invertido en otro tipo de proyectos en beneficio del Distrito.

Mediante el sistema energía fotovoltaica se busca aprovechar la energía solar para el suministro energético de los reflectores para la iluminación general de la Plaza de Armas del Distrito de Ocucaje siendo el objetivo es implementar un sistema fotovoltaico para la reducción del consumo energético en el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje – Ica. Dicho proyecto también adicionalmente busca aprovechar el atractivo turístico de esta importante plaza, no solo del Distrito de Ocucaje si no de la región Ica a través de la implementación del sistema fotovoltaico.

Las consideraciones tomadas, están de acuerdo a la recopilación de información tomadas en campo, de los sectores de influencia para el presente proyecto, así como datos estadísticos tomados del INEI.

La población que será beneficiada con el presente proyecto, será en general los 4,392 habitantes de la localidad del Distrito de Ocucaje. El mantenimiento que se dará al sistema fotovoltaico será el mantenimiento preventivo y correctivo.

### 1.1 Antecedentes de la Investigación

#### 1.1.1 Antecedentes Internacionales

Según Ochoa Ortega [1] en su investigación realizada en 2021 titulada "Diseño e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Modular Aplicado a la Iluminación Ornamental en la Ciudad de Cuenca", se concluye que la implementación de un sistema fotovoltaico modular es una solución efectiva para mejorar la eficiencia energética en la iluminación ornamental. Ochoa Ortega destaca que el sistema incluye un convertidor boost para alimentar una carga de 24 VDC, y que su diseño fue evaluado en términos técnicos, económicos y ambientales.

El estudio evidencia que la tecnología fotovoltaica modular no solo optimiza el uso de la energía solar, sino que también reduce significativamente el impacto ambiental. La viabilidad económica se demuestra mediante un análisis de costos de instalación y mantenimiento, lo que

resalta que, a largo plazo, esta tecnología es rentable, al generar ahorros en consumo energético y en los costos asociados al mantenimiento de las luminarias convencionales.

Asimismo, se resalta que el sistema propuesto tiene una vida útil más prolongada y menor impacto en la red eléctrica. Por ello, el trabajo de Ochoa Ortega sugiere que este tipo de soluciones es ideal para proyectos de iluminación sostenible en áreas urbanas y que contribuye de manera significativa al desarrollo de ciudades más ecológicas.

En su investigación realizada en 2016, Ordoñez [2] en su investigación realizada en 2018 titulada "Diseño de un sistema de iluminación con energía solar fotovoltaica para la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta", se concluye que la implementación de un sistema de iluminación fotovoltaica no solo mejora la prestación de servicios dentro de la institución, sino que también reduce significativamente los costos energéticos. Ordoñez propone un sistema basado en células fotovoltaicas que optimiza la iluminación de la universidad y disminuye el consumo eléctrico.

El proyecto destaca la importancia de realizar un análisis detallado de los componentes necesarios para el sistema, incluyendo inversores, paneles solares y reguladores, con el fin de asegurar su viabilidad técnica. Además, el estudio subraya que este tipo de soluciones es clave para reducir la dependencia de fuentes de energía tradicionales, contribuyendo a la sostenibilidad de la institución a largo plazo.

Sánchez incluyó en su investigación de 2018 [3] en su investigación realizada en 2018 titulada "Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la Universidad Tecnológica de Pereira", se concluye que la implementación de un sistema fotovoltaico para alimentar el Jardín Botánico es una de las principales iniciativas de energías renovables en Colombia. El estudio propone la conexión del sistema a la red trifásica del área de viveros, utilizando energía renovable regional para producir electricidad de manera autónoma y a bajo costo.

Sánchez resalta el aporte tecnológico de la universidad, que ofrece una alternativa eficiente para la producción de energía mediante tecnologías híbridas, destacando su bajo costo y mayor eficiencia. El proyecto no solo permitió la adquisición de conocimientos técnicos durante su fase de formación, sino que también contribuyó al desarrollo de la energía renovable en la región. Además, el estudio promueve la planificación energética, el análisis de la eficiencia de los sistemas y la optimización de la programación de dispositivos, todo ello enfocado en asegurar un suministro de energía con soporte de almacenamiento.

### **1.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional:**

Según Chuquizuta [4] en su investigación realizada en 2020 titulada "Diseño de un sistema de iluminación LED con paneles solares para la plataforma de estacionamiento de aeronaves en Talara", se establecieron dos objetivos principales: diseñar un sistema de iluminación LED y analizar un sistema de energía basado en células fotovoltaicas. El proyecto aborda la clasificación de las lámparas LED según el nivel de brillo, potencia y eficiencia, además de considerar su distribución en el espacio.

Chuquizuta resalta que el diseño del sistema de iluminación y fotovoltaico implicó una evaluación detallada de cada componente desde tres perspectivas: física, eléctrica y lumínica. Se seleccionaron cuidadosamente las lámparas, su ubicación, los soportes y la inclinación de los paneles solares para maximizar su eficiencia. Asimismo, se tuvieron en cuenta los aspectos eléctricos y mecánicos, asegurando que el sistema cumpla con los estándares necesarios para una instalación funcional y eficiente en la plataforma de aeronaves.

Según Valdiviezo [5] en su investigación realizada en 2021 titulada "Diseño de un sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad de Piura", se propuso como objetivo principal la creación de un proyecto para la implementación de un sistema fotovoltaico unilateral en algunos de los ambientes de la universidad, con el fin de promover el uso de energías renovables. Además, se buscó reemplazar luminarias tradicionales por luminarias LED para reducir costos y minimizar la emisión de gases contaminantes.

El estudio evaluó los niveles de iluminación interna y externa en el Edificio A, el Estacionamiento 1 y el área de la vía principal, comparando estos valores con la normativa vigente. Utilizando el software DIALux, se simularon diferentes escenarios con luminarias LED para optimizar la eficiencia del sistema de iluminación. Al decidir el número de paneles solares a instalar, se consideró la ubicación más adecuada, seleccionando el Estacionamiento 1 debido a su capacidad para proporcionar sombra a los vehículos. El sistema fotovoltaico fue diseñado para cubrir 343 m<sup>2</sup> de paneles solares, que abarcan 21 de las 90 plazas de aparcamiento, generando un total de 46,08 kW de energía. A pesar de los beneficios ambientales, el estudio concluyó que, debido a los altos costos de inversión inicial y la falta de retorno económico al final de la vida útil de los paneles solares, el proyecto no resultó ser ni atractivo ni rentable en términos financieros.

Según Reyes [6], en su investigación realizada en 2019 titulada "Propuesta de uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica y mejora de la eficiencia energética en la Universidad ESAN", se concluye que los edificios representan alrededor del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en las ciudades debido al alto consumo de energía en iluminación, aire acondicionado y sistemas de transporte vertical como ascensores y escaleras mecánicas. El

estudio se centró en la aplicación de energías renovables para alimentar tres pisos del Edificio D de la Universidad ESAN, ubicado en Santiago de Surco, Lima.

Reyes destaca que, tras realizar auditorías energéticas y encuestas a los usuarios del edificio, se identificaron los sistemas de iluminación y aire acondicionado como los principales consumidores de electricidad. Como parte de la solución, se instalaron 155 paneles solares, junto con 374 baterías, 2 reguladores y 79 inversores, cubriendo el 18% de la demanda eléctrica de los tres pisos seleccionados. Además, el estudio evaluó las emisiones de CO<sub>2</sub> antes y después de la implementación de las células solares, demostrando mejoras en la eficiencia energética del edificio y una reducción en las emisiones contaminantes.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

¿Cómo se implementa un sistema fotovoltaico para reducir el consumo energético en el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje - Ica?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

**PE1** ¿De qué manera inciden los paneles solares en reducir el consumo energético del alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje-Ica?

**PE2** ¿Como se realiza los procesos de control y seguimiento de la radiación solar mediante los paneles solares para obtener mejores resultados en el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje-Ica?

## **1.3 Hipótesis y variables de la Investigación**

### **1.3.1 Hipótesis**

#### **1.3.1.1 Hipótesis General**

Si se implementa un sistema fotovoltaico entonces se reduce el consumo energético en el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje - Ica

#### **1.3.1.2 Hipótesis específicas**

**HE1** Si se diseña procesos de control y seguimiento de la radiación solar mediante los paneles solares, entonces se mejora el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje-Ica.

**HE2** Los paneles solares inciden en reducir el consumo energético del alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje-Ica.

### **1.3.2 Variables**

#### **1.3.2.1 Variable Independiente**

Sistema fotovoltaico

### **1.3.2.2 Variable dependiente**

Consumo energético en el alumbrado

## **1.4 Justificación e Importancia**

### **1.4.1 Justificación**

#### **a) Desde el punto de vista técnico**

Permitirá conocer calidad de los reflectores solares que utilizaremos en el alumbrado exterior. Se conocerá de qué manera influyen en la reducción del consumo de energía en el alumbrado, la iluminación, la radiación solar en el distrito de Ocucaje, el grado de inclinación de los paneles solares de los reflectores solares.

Se pretende obtener el diseño de iluminación de la plaza de Ocucaje con los reflectores solares.

#### **b) Desde el punto de vista ambiental**

Emplear reflectores solares para el alumbrado de la plaza de Ocucaje es una alternativa sostenible que da un valor agregado a los pasivos medio ambientales, introduce un nuevo sistema para emplear en el sector de electricidad y proyecta la nueva filosofía de alumbrado eco amigable.

#### **c) En la calidad de vida de la población**

Actualmente gran parte de la población del distrito de Ocucaje; se dedica al comercio por ser un lugar turístico que acoge a turistas de diferentes partes del Perú y el mundo construyendo un lugar acogedor; sin embargo por un alumbrado deficiente no transitan muchos peatones en la noche.

Debido a las ventajas de la energía solar, se propone implementar un sistema fotovoltaico para reducir el consumo en el alumbrado de la plaza pública con fuentes fotovoltaicas en el distrito de Ocucaje a vez reducir facturas en energía eléctrica para el desarrollo y mejora de la calidad de vida.

### **1.4.2 Importancia**

Actualmente las plazas, parques a nivel nacional se encuentran iluminadas con las luminarias tradicionales que están conectadas a la red eléctrica de nivel secundario, obteniendo un costo energético mensual considerado y aportando un nivel bajo de iluminación en dichas áreas, por ello, implementar sistemas fotovoltaicos es una alternativa de gran impacto, con la finalidad de ahorro de energía en el alumbrado público y una buena iluminación, de ésta manera dar un valor agregado a la radiación solar y contribuir con el desarrollo de una población eco sostenible logrando un buen sitio acogedor resiliente.

## **1.5 Bases Teóricas**

### **1.5.1 Marco teórico**

Estos dispositivos, también conocidos como luminarias solares, son fuentes de iluminación que se encuentran elevadas al aire libre y funcionan a través del sistema de instalación de paneles solares. El modo de operar del alumbrado público solar es igual al de los paneles solares para casa. Esto quiere decir que los módulos fotovoltaicos captan la radiación del sol para transformarla posteriormente en energía eléctrica para el alumbrado público con paneles solares.

Sin embargo, tenga en cuenta que, a diferencia de los luminarios tradicionales, el alumbrado público solar no tiene dependencia de la red eléctrica. Vale la pena mencionar que este tipo de dispositivos tienen la capacidad de emitir iluminación durante horas nocturnas mediante el uso de las baterías solares, incluso cuando los rayos del sol son mínimos durante el día.

Este tipo de iluminación exterior funciona de la siguiente manera. Durante el día, el módulo fotovoltaico capta la radiación solar para transformarla en energía eléctrica, la misma que queda almacenada en las baterías solares para su posterior uso. Consecuentemente, durante la noche, se emplea la energía que se ha acumulado en las horas diurnas para garantizar la luz en los espacios públicos. En cuanto a las características del alumbrado solar, cada sistema de alumbrado público solar suele manejar un tiempo de duración específico, dependiendo del dispositivo elegido. No todos tienen la misma capacidad, ni potencia de iluminación. De igual forma, este tipo de alumbrado también ha sido diseñado para soportar los efectos del clima, como por ejemplo, las lluvias o similares. Otra de las características de este sistema es la versatilidad en su funcionamiento. Si bien su principal uso reside en la iluminación de áreas no visibles como las calles por donde transitan los peatones durante horas nocturnas, no es el único. También puede ser empleado en parques públicos, áreas comunes, plazas, avenidas o hasta en un boulevard. Finalmente, los paneles que se emplean para la instalación del alumbrado público no son pesados, por lo que tienden a ser fáciles de transportar e instalar.

### **1.5.2 Sistema fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico aprovecha la energía del sol a través de paneles que contienen celdas fotovoltaicas. Estas celdas capturan y convierten la luz solar en corriente continua. Posteriormente, si deseamos corriente alterna un inversor transforma esta corriente en alterna, utilizable en aplicaciones residenciales y comerciales. Los sistemas pueden incluir baterías para almacenar energía, asegurando suministro eléctrico constante incluso durante la noche o en días nublados.

Al integrar paneles solares equipados con celdas semiconductoras, un sistema fotovoltaico convierte la radiación solar en energía eléctrica. El proceso comienza cuando los fotones del

sol golpean las celdas, liberando electrones y generando electricidad. Además, los reguladores de carga del sistema protegen las baterías contra sobrecargas y descargas profundas, maximizando la eficiencia y durabilidad del conjunto.

Caracterizado por su eficiencia en la conversión de energía solar en eléctrica, un sistema fotovoltaico se compone de varios componentes clave. Los paneles solares absorben los fotones solares y los transforman en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. Esta electricidad, inicialmente en corriente continua, es convertida a corriente alterna por un inversor, haciendo posible su uso en la red eléctrica doméstica o de empresas. Este sistema no solo disminuye la dependencia de energías no renovables, sino que también promueve una menor emisión de gases contaminantes.

#### **a) La energía solar fotovoltaica**

Es la energía que se obtiene del aprovechamiento de la radiación solar, tecnología que convierte la luz solar directamente en electricidad mediante el uso de celdas fotovoltaicas. Estas celdas están compuestas generalmente de materiales semiconductores, como el silicio, que poseen la capacidad de generar electricidad cuando la luz solar incide sobre ellos, un fenómeno conocido como el efecto fotovoltaico. Las celdas fotovoltaicas capturan los fotones de la luz y liberan electrones, creando una corriente eléctrica. Este proceso no involucra partes móviles ni produce emisiones contaminantes, lo que la hace una fuente de energía limpia y renovable. La energía solar fotovoltaica se utiliza ampliamente en una variedad de aplicaciones, desde pequeños dispositivos portátiles hasta grandes instalaciones que alimentan redes eléctricas.

#### **b) La eficiencia fotovoltaica**

Se refiere a la capacidad de un panel solar o celda fotovoltaica para convertir la luz solar en electricidad utilizable. Se mide como un porcentaje que indica la proporción de energía solar que se transforma en energía eléctrica bajo condiciones estándar de prueba. Factores como la calidad del material semiconductor utilizado en las celdas, la tecnología de construcción del panel, y las condiciones operativas (como la temperatura y la irradiación solar) pueden afectar significativamente la eficiencia. Una eficiencia más alta significa que menos superficie de panel es necesaria para generar una cantidad determinada de energía, lo que es crucial para maximizar el rendimiento en áreas con espacio limitado o en aplicaciones donde se requiere alta capacidad de generación energética.

#### **c) Panel solar**

También conocido como módulo fotovoltaico, es un conjunto de celdas fotovoltaicas dispuestas en un marco. Estas celdas son capaces de convertir la luz solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Los paneles solares están diseñados para captar la radiación solar y convertirla en corriente eléctrica de forma directa y eficiente. Cada celda dentro del panel contiene materiales semiconductores, generalmente silicio, que generan electricidad al

ser expuestos a la luz. Los paneles solares pueden variar en tamaño y forma, adaptándose a diversas aplicaciones desde pequeñas calculadoras y sistemas residenciales hasta grandes instalaciones solares industriales. Son clave en la implementación de soluciones energéticas sostenibles, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y minimizando el impacto ambiental.

**d) Un sistema de almacenamiento**

En el contexto de energía solar fotovoltaica se refiere a las tecnologías utilizadas para guardar energía generada por paneles solares para su uso en momentos en que no hay producción solar, como durante la noche o días nublados. Las baterías, como las de ion-litio o plomo-ácido, son los dispositivos más comunes para estos fines, permitiendo una independencia energética mejorada y proporcionando un suministro constante de energía. Estos sistemas son fundamentales no solo para garantizar un flujo energético continuo, sino también para estabilizar la red eléctrica al almacenar energía excedente que puede ser utilizada durante picos de demanda o interrupciones del servicio.

**e) La radiación**

La radiación se refiere a la emisión y propagación de energía en forma de ondas o partículas a través del espacio o a través de un medio material. Esta energía puede presentarse en diversas formas como radiación electromagnética, que incluye luz visible, rayos ultravioletas, infrarrojos, y otras formas como rayos X y radioondas. También incluye la radiación de partículas, como los rayos alfa y beta, emitidos por sustancias radiactivas, o los neutrones de una reacción nuclear. La radiación juega un papel crucial en numerosos procesos naturales y tecnológicos, desde la fotosíntesis en plantas hasta aplicaciones médicas y generación de energía.

**f) El ángulo de inclinación**

El ángulo de inclinación de los paneles solares en un proyecto fotovoltaico es determinante para optimizar la captación de radiación solar y, por ende, maximizar la producción de energía. Este ángulo se ajusta según la latitud del sitio donde se instalan los paneles y puede ser modificado para compensar variaciones estacionales en la trayectoria solar. Elegir el ángulo correcto es esencial para garantizar que los paneles solares reciban la máxima cantidad de luz solar directa durante todo el año, lo que aumenta la eficiencia energética del sistema y mejora su rendimiento económico y ambiental en el largo plazo.

**g) La orientación**

La orientación de los paneles solares en un proyecto fotovoltaico se refiere a la dirección cardinal hacia la cual estos están alineados para capturar eficazmente la radiación solar. Idealmente, en el hemisferio norte se orientan hacia el sur, y en el hemisferio sur hacia el norte, para maximizar la exposición al sol durante las horas pico de irradiación. Esta orientación estratégica es crucial para optimizar el rendimiento energético del sistema, asegurando que se

genere la mayor cantidad de energía posible a lo largo del día y del año, lo cual es esencial para la eficiencia y viabilidad económica del proyecto.

#### **h) La reducción de consumo energético**

Se refiere a las estrategias y medidas implementadas para disminuir la cantidad de energía utilizada en un sistema o proceso. Este concepto es fundamental en la gestión eficiente de recursos y la sostenibilidad ambiental, ya que la reducción en el uso de energía conlleva a menores costos operativos y disminución de emisiones contaminantes. Las técnicas pueden incluir la optimización de procesos, la mejora de la eficiencia de los equipos y aparatos, el uso de tecnologías energéticamente eficientes, y la implementación de fuentes de energía renovables como la solar. En el contexto del alumbrado público, esto implica actualizar los sistemas de iluminación a opciones más eficientes, como LED, y la integración de controles inteligentes que ajustan la iluminación según las necesidades reales.

#### **i) Sostenibilidad e impacto ambiental**

La sostenibilidad se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas. En el contexto ambiental, implica gestionar los recursos de manera que se minimicen los impactos negativos sobre el ecosistema y se promueva un equilibrio entre el desarrollo económico, la protección ambiental y el bienestar social. El impacto ambiental, por otro lado, es el efecto que las actividades humanas tienen sobre el medio ambiente, incluyendo cambios en la biodiversidad, contaminación del aire, agua y suelo, y alteración de ecosistemas. La evaluación de estos impactos es crucial para desarrollar políticas y prácticas que fomenten la sostenibilidad y reduzcan los daños al entorno natural.

#### **j) El consumo energético del alumbrado público**

Refleja la cantidad de electricidad utilizada para iluminar calles, parques y otros espacios comunes. Este consumo se mide generalmente en kilovatios-hora y depende de factores como el número de luminarias, tipo de lámparas empleadas y las horas de funcionamiento. Reducir este consumo es clave para disminuir gastos operativos municipales y el impacto ambiental, fomentando el uso de tecnologías más eficientes y sistemas de gestión energética inteligentes. Considerado un indicador clave de la eficiencia energética en infraestructura urbana, el consumo energético del alumbrado público representa la energía total consumida por las instalaciones de iluminación en áreas externas. Este parámetro ayuda a evaluar el desempeño energético de una ciudad y es influenciado por la elección de tecnologías de iluminación, como las LED, que pueden significativamente reducir el consumo y los costos asociados, además de contribuir a la sostenibilidad ambiental.

Calculado en función de la electricidad requerida para mantener iluminadas las áreas públicas durante las horas nocturnas, el consumo energético del alumbrado público varía según el diseño del sistema de alumbrado, el tipo de lámparas utilizadas y su configuración. Optimizar

este consumo mediante la modernización de sistemas de iluminación, la implementación de sensores de movimiento y la regulación del horario de encendido y apagado, reduce los costos operacionales y la huella de carbono de la comunidad.

#### **k) La corriente eléctrica**

Es el flujo de carga eléctrica que se desplaza a través de un conductor, generado por una diferencia de potencial entre dos puntos. Se mide en amperios y se manifiesta cuando los electrones se mueven de un área de menor a mayor potencial eléctrico. Existen dos tipos principales de corriente: la corriente continua, que fluye en una dirección constante y es suministrada por fuentes como baterías, y la corriente alterna, que cambia su dirección de manera periódica y es la forma en que la energía es entregada por las redes eléctricas a los hogares. Esta corriente es esencial para el funcionamiento de numerosos dispositivos y sistemas eléctricos en la vida diaria.

#### **l) La diferencia de potencial**

También conocida como voltaje, es una medida de la energía potencial eléctrica por unidad de carga entre dos puntos en un campo eléctrico. Esta diferencia provoca que las cargas eléctricas se muevan de un punto a otro, generando corriente eléctrica en un conductor. Se mide en voltios y es fundamental en la descripción de cómo la energía eléctrica es transferida por un circuito. En términos prácticos, la diferencia de potencial es lo que impulsa a los electrones a fluir a través de un circuito eléctrico, similar a cómo una diferencia de altura puede hacer que el agua fluya en un sistema hidráulico.

#### **m) Inversor solar**

Es un dispositivo crucial en sistemas fotovoltaicos que convierte la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es el tipo de electricidad utilizada por la mayoría de los electrodomésticos y sistemas eléctricos en hogares y negocios. Este proceso de conversión es esencial porque los paneles solares producen corriente continua, mientras que las redes eléctricas y la mayoría de los equipos funcionan con corriente alterna. Además de convertir la corriente, los inversores también gestionan otros aspectos del sistema solar, como la maximización de la captación de energía, la protección contra sobrecargas y la monitorización del rendimiento del sistema. Existen varios tipos de inversores, incluyendo inversores centrales para grandes instalaciones, microinversores que se colocan en cada panel y optimizadores de potencia que trabajan junto con un inversor central para mejorar la eficiencia del sistema.

#### **n) La corriente continua (CC) y la corriente alterna (CA)**

Son dos tipos de flujo eléctrico que difieren en la manera en que la electricidad viaja a través de un conductor. La corriente continua, como su nombre indica, fluye en una sola dirección constante, lo que la hace ideal para aplicaciones donde se necesita un voltaje estable, como en baterías y algunos tipos de circuitos electrónicos. Por otro lado, la corriente alterna cambia su

dirección a intervalos regulares, típicamente varias veces por segundo, y es la forma de corriente utilizada en la mayoría de los hogares y negocios porque puede ser transportada a largas distancias más eficientemente y con menos pérdida de energía. Los dispositivos como los inversores son usados para convertir CC proveniente de fuentes como paneles solares en CA, que es compatible con la red eléctrica y la mayoría de los electrodomésticos.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo General**

Implementar un sistema fotovoltaico para la reducción del consumo energético en el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje – Ica.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

**OE1.** Diseñar los procesos de control y seguimiento de la radiación solar mediante los paneles solares para obtener mejores resultados en el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje-Ica.

**OE2.** Verificar de qué manera los paneles solares inciden en reducir el consumo energético del alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje-Ica.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación

#### 2.1.1 Tipo de Investigación

La naturaleza de este estudio requiere el uso de un enfoque cuantitativo y una forma de investigación de campo aplicada.

#### 2.1.2 Nivel de Investigación

Dado que se pretende realizar un proyecto para implementar el sistema de iluminación en la plaza principal del distrito de Ocucaje, la profundidad del estudio lo califica como de carácter descriptivo.

#### 2.1.3 Diseño de Investigación

Por la forma de abordar el estudio se utilizará un diseño no experimental de tipo correlacional.

Diagrama:

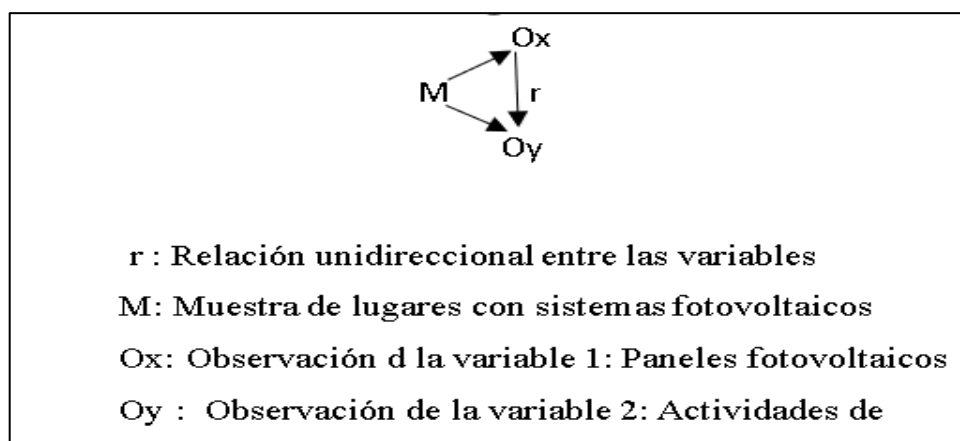


Fig.1 Diseño correlacional

### 2.2 Población y muestra materia de investigacion.

#### 2.2.1 Población de estudio:

La población de la investigación será el sistema de iluminación de la plaza del Distrito de Ocucaje de los cuales se obtendrán las muestras, y serán extraídas de las distintas luminarias ubicadas en la plaza de Ocucaje.

#### 2.2.2 Muestra de estudio:

El muestreo se realizó de formar aleatoria simple, donde se eligió del sistema de iluminación una luminaria del alumbrado de la plaza de Ocucaje, para lo cual se empleó el método de designación directa , en el que se sigue el siguiente procedimiento:

- Se tomó una muestra representativa de una de las luminarias existentes con aproximadamente las mismas características.

Luego de realizado el procedimiento, se obtuvo las siguientes.

- 1 UND de luminaria de alumbrado publico.
- 80 W de potencia de la luminarias.
- 220 V voltaje de operación de la luminaria.
- 1500 Lm flujo luminoso de la lampara

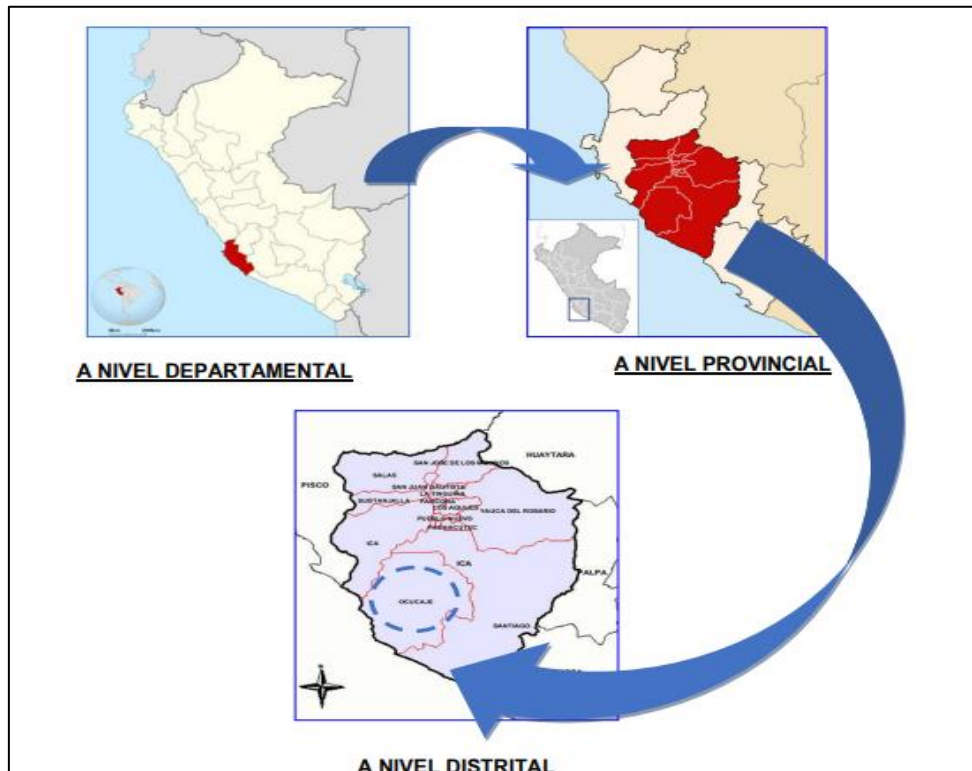


Fig.2 Macro localización del proyecto - Ocucaje - Ica

## 2.3 Técnicas de recolección de datos

### 2.3.1 La observación directa

Previo a la planificación y programación de actividades, los servicios de documentación permiten realizar con precisión un diagnóstico del estado actual de la iluminación de la Plaza de Armas, un análisis de los levantamientos de campo, una evaluación de las áreas a tratar y por ende de los expedientes técnicos vigentes.

### 2.4 Instrumento de recolección de datos

Como algunas de las herramientas utilizadas para recolectar datos de campo para el estudio, se realizarán pruebas eléctricas para determinar el consumo de la energía en la plaza principal del distrito de Ocucaje y equipos de muestreo que permitan el muestreo en cada caso.

- Multímetro digital

- Medidor fotovoltaico
- Pantallas solares
- Diarios de campo.
- Cámara digital.
- Software.

## 2.5 Técnicas para analizar los datos e interpretación

La información recopilada a partir de la revisión documental fue analizada empleando diversas técnicas estadísticas para evaluar la eficiencia y viabilidad del sistema de iluminación fotovoltaica en la plaza de Ocucaje. Primero, se utilizaron métodos de análisis descriptivo para organizar y presentar los datos de las luminarias, lo que permitió visualizar claramente las características técnicas de los componentes, como la potencia, el flujo luminoso y la autonomía de las luminarias solares, proporcionando un entendimiento general de su comportamiento.

Asimismo, se aplicaron pruebas de correlación de Pearson para analizar la relación entre la radiación solar disponible y la capacidad de generación de energía de los paneles solares. Esta prueba estadística permitió identificar la influencia de la radiación solar en la eficiencia de los paneles y, en consecuencia, en la autonomía de las luminarias. La fórmula utilizada para el coeficiente de correlación fue:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[(n\sum x^2 - (\sum x)^2)(n\sum y^2 - (\sum y)^2)]}}$$

donde “r” es el coeficiente de correlación, “n” es el número de observaciones, “x” es la radiación solar y “y” es la energía generada por los paneles solares. Esta ecuación permitió calcular la relación entre ambas variables, ayudando a entender el impacto de la radiación en el rendimiento del sistema.

Para la evaluación de la distribución de luminarias y su impacto en la iluminación general de la plaza, se empleó un análisis de regresión lineal, el cual modeló la relación entre la distancia entre postes, el número de luminarias y el nivel de iluminancia obtenido en distintos puntos de la plaza. La ecuación utilizada en este análisis fue la ecuación general de la regresión lineal:

$y = a + bx$  donde “y” es el nivel de iluminancia, “x” es la distancia entre postes o la cantidad de luminarias, “a” es la intersección con el eje y “b” es la pendiente de la línea de regresión. Este análisis ayudó a determinar el número óptimo de luminarias y su distribución eficiente en la plaza.

Finalmente, se realizaron simulaciones de Monte Carlo para evaluar la incertidumbre en la generación de energía solar y su impacto en la capacidad de las luminarias para mantener un nivel adecuado de iluminación. Estas simulaciones permitieron modelar diversos escenarios, tomando en cuenta variables como la variabilidad en la radiación solar y las posibles pérdidas de eficiencia debido a factores ambientales. La técnica permitió calcular las probabilidades de éxito y garantizar que el sistema fotovoltaico cumpliera con los estándares requeridos de iluminación durante todo el año.

### III. RESULTADOS



Fig.3 Plaza de armas del distrito de Ocucaje- Ica

#### 3.1 Análisis e interpretación de datos.

##### 3.1.1 Diseño de alumbrado con sistema fotovoltaico:

De acuerdo a la evaluación de los parámetros eléctricos de los reflectores solares para el distrito de Ocucaje, departamento de Ica, se muestra en la siguiente tabla.

TABLA I  
LUMINARIAS SOLARES AUTÓNOMAS

Luminarias solares autónomas	
Potencia	300 W
Panel policristalino	17 W
Batería de litio	24 Ah
Autonomía	12 H
Lúmenes	3520 LM
Área	150 m <sup>2</sup>
Grado de protección	IP 65



Fig.4 reflectores solares autónomas

No consideramos otra luminaria de menor potencia a razón de que se reduciría la autonomía de 12 horas, así como el flujo luminoso menor a los establecido por normas técnicas DGE de “Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución” resolución ministerial N° 013-2003- EM/DM (>3400 lumen).



Fig.5 flujo luminoso en la plaza de armas 120 luminarias

- Total de flujo luminoso en la plaza de armas 422,400 Lumen
- Área total de la plaza de armas 5,243.5404 m<sup>2</sup>
- Iluminación promedio de la zona 80 Lux

#### DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS

En el gráfico se puede apreciar cómo sería la iluminación con 01 o 02 luminarias en cada poste:

- En el caso de considerarse 01 luminaria, esta iría orientada a la acera y el área posterior a iluminar no contara con una buena iluminación.
- En sentido consideramos 02 luminarias con la finalidad de poder lograr una buena iluminación completa de la plaza de armas, por ser esta una ubicación central y turística del distrito de Ocucaje [7].

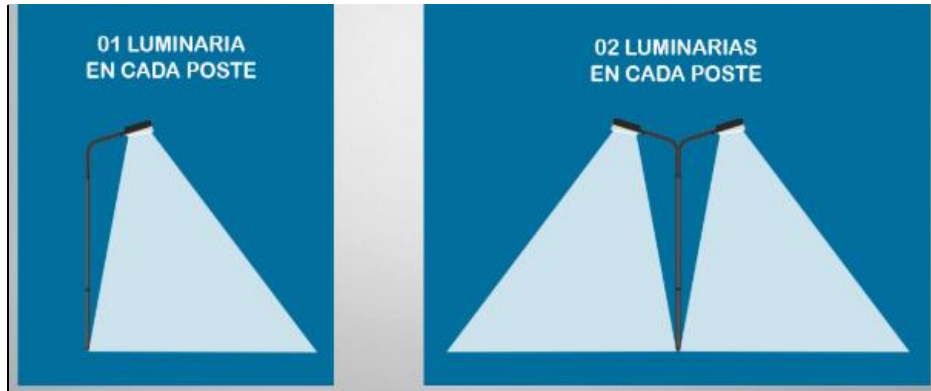


Fig.6 luminaria en cada poste

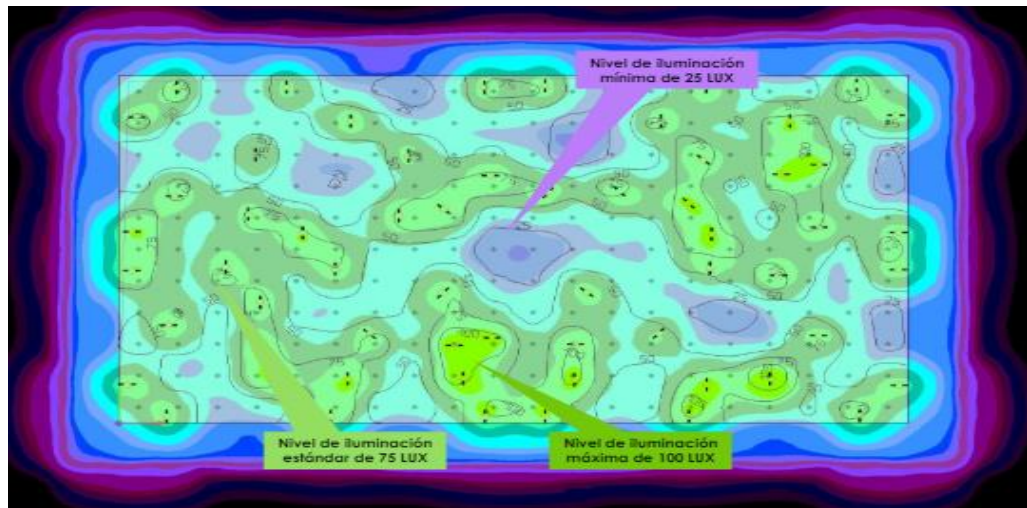


Fig.7 Simulación de iluminación 120 luminaria

Mediante la siguiente simulación de las 120 luminarias con un flujo luminoso de 3520 lúmenes cada una, se aprecia el nivel de iluminación en cada punto, siendo 25 LUX el mínimo nivel de iluminación y 100 LUX el máximo nivel de iluminación. Considerado diversos factores como suciedad, polvo y eficiencia, contaríamos con una iluminación promedio no menor a 56.6 LUX, superior a lo establecido por las normas técnicas DGE de “Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución” resolución ministerial N° 013-2003-EM/DM (>40 LUX) [8]

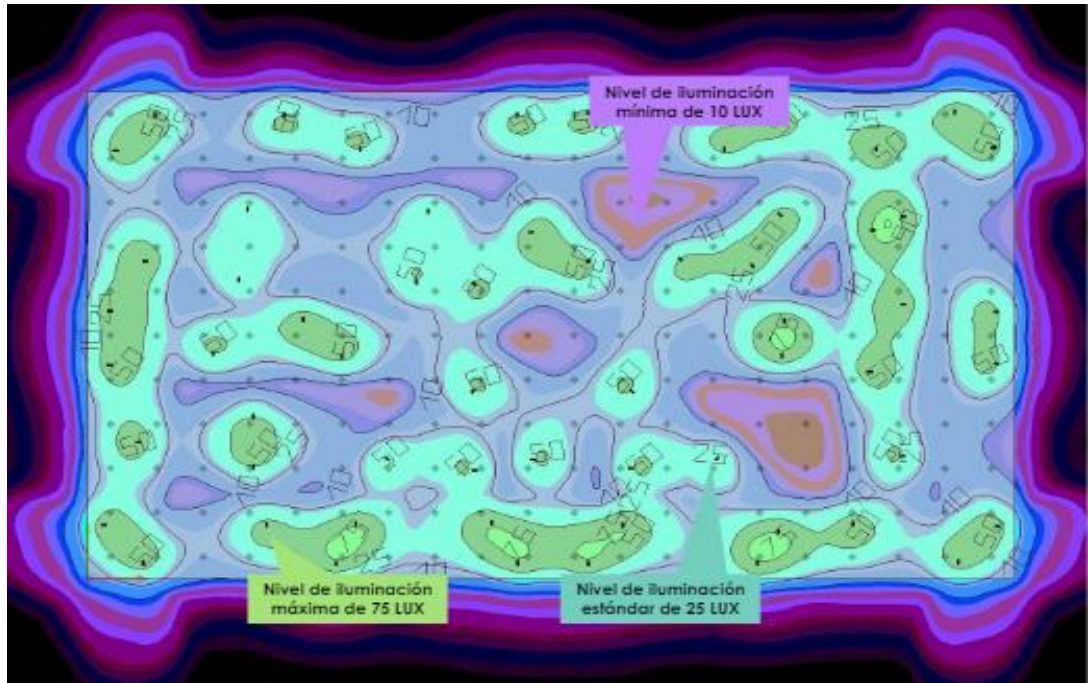


Fig.8 Simulación de iluminación 60 luminarias

Mediante la siguiente simulación de las 60 luminarias con un flujo luminoso de 3520 lúmenes cada una, se aprecia el nivel de iluminación en cada en cada punto, siendo 10 lux el mínimo nivel de iluminación y 75 lux el máximo nivel de iluminación. Considerado diversos factores como suciedad, polvo y eficiencia, contaríamos con una iluminación promedio no menor a 31.6 lux, en el límite por lo establecido por las normas técnicas DGE de “Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución” resolución ministerial N° 013-2003-em/dm (>40 lux).

TABLA II  
POSTES PARA LUMINARIAS CON PROTECCIÓN ANTI VANDALISMO

Luminarias solares autónomas	
Altura de poste	5 mts
Diámetro de poste	3”
Espesor de poste	5 mm
Material	acero
Altura de pódium	1m
Diámetro de pódium	20 cm
Material de pódium	concreto

El código nacional de electricidad, 2012, sección 032.A.1. Establece que para sistemas menores o iguales a 750 Volt la conexión a pozo a tierra deberá ser efectuada solamente en estaciones de suministro eléctrico.

En caso de considerarse pozos a tierra para postes, se requerirían 29 pozos a tierra para los 60 postes, distribución el cuál se puede apreciar en el siguiente plano.

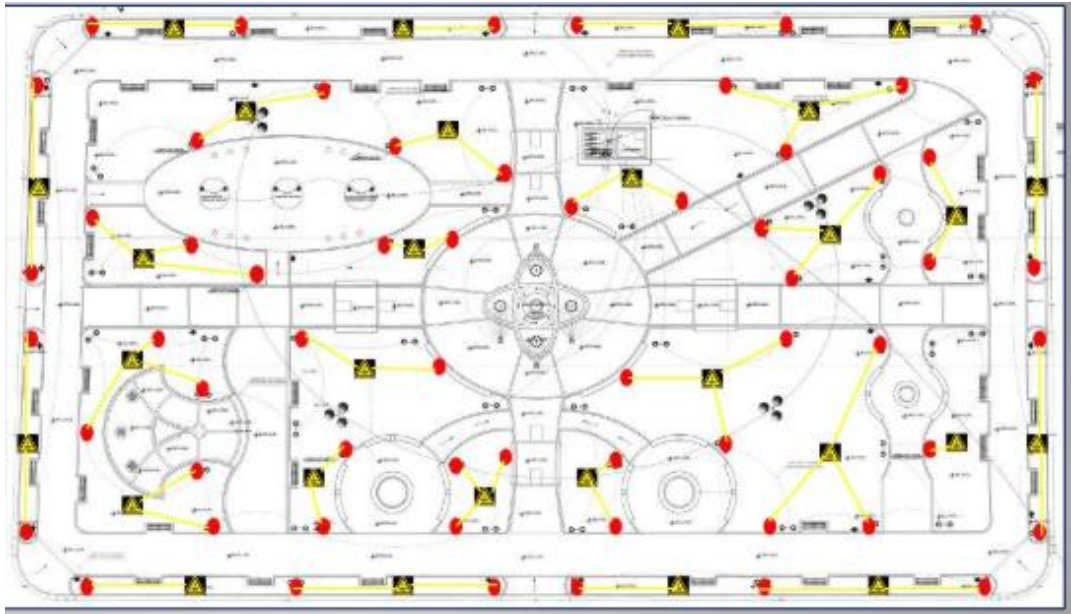


Fig.9 Sistema de puesta a tierra de las luminarias en la plaza

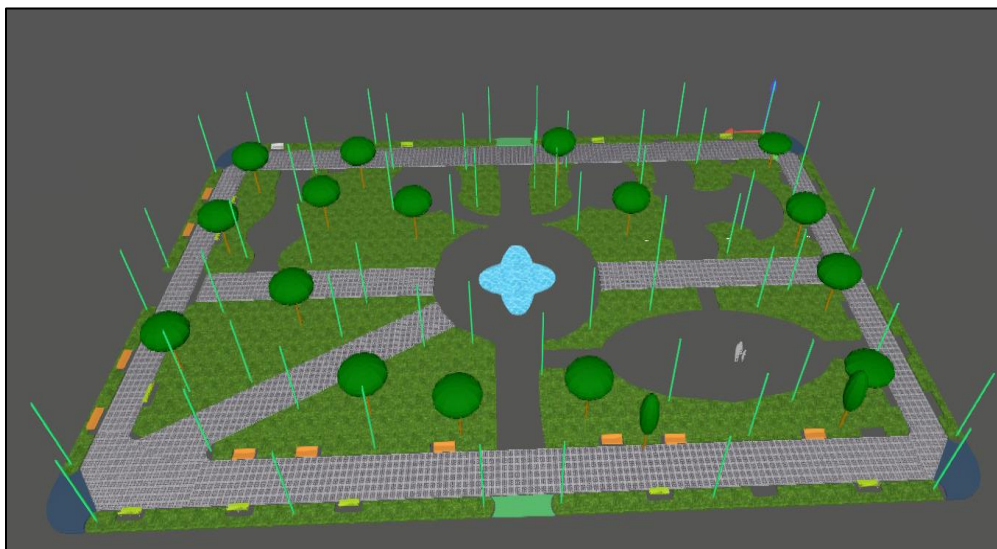


Fig.10 Distribución de postes de alumbrado a nivel de la plaza del Distrito de Ocucaje-Ica-2023

### 3.1.1.1 Cálculo de la carga instalada

Datos de la carga (Luminario tipo LED)

Potencia=300W

Carga instalada (CI) =Potencia de luminaria(W)x poste

CI total = 600 W x 60 postes

CI total=36000W

Dm total = 600 W x 60 postes = 36000 W

Factor de demanda (FD) =  $\frac{Dm}{CI} = \frac{36000\text{ w}}{36000\text{w}} = 1.0$

Distancia entre postes = 4 x 2.5 m = 10 m

$$E = \frac{\phi}{s}$$

E = Iluminancia ( lux)

$\phi$  = Flujo luminoso(lm)

S = distancia( $m^2$ )

Iluminancia para el punto más distante con luminaria de 300 W – 3520 lm

E = 23.47lux

### 3.1.1.2 Cálculo de la potencia generador fotovoltaico

Comprobación de la aptitud del lugar

TABLA III  
RADIACIÓN PROMEDIO ANUAL DEL LA PLAZA DEL DISTRITO DE OCUCAJE CON  
EL ÁNGULO OPTIMO

Latitud (grados decimales):	-14.344	Promedio Al año salida del sol	7:50 AM GMT-6 + DST	
Longitud (grados decimales):	-75.672			
Base de datos de radiación:	PVGIS-NSRDB	Promedio al año. puesta del sol	6:00 PM GMT-6 + DST	
Angulo de pendiente optimo (grados.):	16°			
	Año	Meses	H(h) m	H(i_opt) m
	2023	Enero	229.9	210.13
	2023	Febrero	157.66	152.37
	2023	Marzo	175.54	178.34
	2023	Abril	186.91	204.72
	2023	Mayo	173.58	202.78
	2023	Junio	149.74	180.55
	2023	Julio	161.06	191.3
	2023	Agosto	176.75	198.72
	2023	Septiembre	204.24	214.4
	2023	Octubre	233.19	228.5
	2023	Noviembre	224.95	207.57
	2023	Diciembre	236.7	212.11
Promedio radiación horizontal anual con el ángulo optimo				198.4575

---

H(h)\_m: Irradiación en plano horizontal (kWh/m<sup>2</sup>)  
H(i\_opt)\_m: Irradiación en un plano óptimamente  
inclinado (kWh/m<sup>2</sup>)  
PVGIS (c) Europea Unión, 2001-2024

### 3.1.1.3 Cuantificación de la necesidad diaria de energía

Energía = Potencia x tiempo de uso

Carga instalada = 60 postes x 600 w

Carga instalada =36,000 W

Factor de demanda 1.0

Carga instalada 36,000W

Energía diaria =36 KW x 12 horas

Energía diaria = 432 KW/diarias

### 3.1.1.4 Inclinación de los módulos

Para maximizar la producción de forma anual nuestra inclinación de los módulos debe ser muy similar a la latitud del lugar del proyecto, en nuestro caso será 16° tal como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA IV  
DATOS DE LAS COORDENADAS DE UBICACIÓN DE LA PLAZA DE OCUCAJE-ICA

Latitud (grados decimales):	-14.344
Longitud (grados decimales):	-75.672
Base de datos de radiación:	PVGIS-NSRDB
Angulo de pendiente optimo (grados.):	16°

### 3.1.2 Viabilidad del Proyecto.

#### 3.1.2.1 Análisis de costos de adquisición.

Se ha realizado las constataciones del precio comercial de las luminarias solares en la ciudad de Ica, el cual luego de las indagaciones, se determinó el promedio del precio de las luminarias solares.

COTIZACION LUMINARIAS SOLARES  
LUGAR: DISTRITO-ICA  
FECHA: 29/06/2024

TABLA V  
PRECIO COMERCIAL DE 1 UND DE LUMINARIA SOLAR EN EL DISTRITO DE ICA

Proveedor	Precio	Cotización
Ferretería ferro mar S.R.L	S/340.00	N°-003256
Ferretería solmah S.R.L	S/345.00	N°-001652

Distribuidora lightcenter E.I.R.L	S/350.00	N°-002564
Promedio de precio	S/345.00	

Los costos presentados a continuación ya incluyen el IGV (Impuesto General a la Ventas) correspondiente el 18%.

TABLA VI  
PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACIÓN DE 120 LUMINARIAS

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Sub. Total
luminaria pastoral solar 300 w	<b>120.00</b>	<b>Und</b>	<b>S/ 772.82</b>	<b>S/ 92,738.40</b>
Luminaria solar de 3520 lúmenes por cada luminaria	120	und		
Panel solar policristalino de 17 w	120.00	Und		
Batería de Litio de 24 Ah	120.00	Und		
Soporte metálico de 2" de 50 cm	120.00	Und		
Instalación de cada luminaria	120.00	Und		
Accesorios de implementación	120.00	Und		
Presupuesto Total Incluye igv (18%)				S/ 109,431.31

TABLA VII  
PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTACIÓN DE POSTE PARA LUMINARIAS

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Sub. Total
<b>Poste para luminarias 5 metros</b>	<b>60.00</b>	<b>Und</b>	<b>S/ 1,884.68</b>	<b>S/ 113,080.80</b>
Poste de acero de 6 metros – 3" – 5 mm	60.00	Und		
Pódium de concreto 1 metro altura – 20 cm diámetro	60.00	Und		
Collarín de 1/8 para adaptar 4 pernos	60.00	Und		
Servicio de retirado de postes actuales	60.00	Und		
Servicio de instalación y pintado de postes	60.00	Und		

Presupuesto total incluye igv (18%)				S/ 133,435.34
-------------------------------------	--	--	--	---------------

**TABLA VIII**  
**PRESUPUESTO TOTAL DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA LA ILUMINACIÓN**  
**DE LA PLAZA DE OCUCAJE**

Descripción	Sub. Total
Luminarias, pastorales solares (120 luminarias solares)	S/ 109,431.31
Postes para luminarias (60 postes y bases de concreto)	S/ 133,435.34
Presupuesto total incluye (18% IGV)	S/ 242,866.65

### 3.1.2.2 Análisis de costos de instalación.

En la siguiente tabla se aprecia el presupuesto para la ejecución del proyecto.

**TABLA IX**  
**PRESUPUESTO PARA LA EJECUCIÓN**

**TABLA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (S/)	Costo Total (S/)	Vida Útil (Años)	Beneficios Anuales Estimados (S/)
<b>1</b>	<b>Obras Provisionales</b>				<b>38,570.00</b>	5	2,000.00
1.1	Trazos y Construcciones Provisionales				5,820.00	5	500.00
1.1.1	Cerco Perimetral	m	600	7.20	4,320.00	5	400.00
1.1.2	Trazos y Mediciones	m <sup>2</sup>	60	25.00	1,500.00	1	100.00
1.2	Remociones				21,000.00	1	1,500.00
1.2.1	Demolición y/o Retiro de Postes y Luminarias Existentes	Und	60	300.00	18,000.00	1	1,200.00
1.2.2	Remoción de Tierra para el Plantado de Postes	m <sup>3</sup>	20	150.00	3,000.00	1	300.00

1.3	Transporte				9,000.00	1	800.00
1.3.1	Transporte y Retiro de Desmante	m <sup>3</sup>	20	300.00	6,000.00	1	600.00
1.3.2	Transporte y Movilidad de Equipos y Materiales	gbl	1	3,000.00	3,000.00	1	200.00
1.4	Prevención y Control frente a la Propagación COVID-19				2,750.00	1	250.00
1.4.1	Capacitación de Seguridad y Salud en el Trabajo	gbl	1	300.00	300.00	1	30.00
1.4.2	Implementos de Seguridad	und	7	350.00	2,450.00	1	220.00
<b>2</b>	<b>Arquitectura</b>				<b>74,510.80</b>	10	7,000.00
2.1	Postes de Alumbrado Público				74,510.80	10	7,000.00
2.1.1	Suministro e Instalación de Postes Metálicos	und	60	1,000.00	60,000.00	10	6,000.00
2.1.2	Suministro e Implementación de Bases de Concreto para Poste	m <sup>3</sup>	10	251.08	2,510.80	10	500.00
2.1.3	Lijado, Masillado y Pintado de Postes de Alumbrado	und	60	200.00	12,000.00	5	1,200.00
<b>3</b>	<b>Sistema Fotovoltaico</b>				<b>92,738.40</b>	20	18,000.00
3.1	Suministro e Instalación de Luminarias Solares 300W	und	120	772.82	92,738.40	20	18,000.00
	<b>Subtotal</b>				<b>205,819.20</b>		
	<b>Impuestos (18% IGV)</b>				37,047.46		
	<b>Costo Total del Proyecto</b>				<b>242,866.66</b>		

### **3.1.2.3 Financiamiento del proyecto.**

En virtud de la Ley N° 28611, Ley general del ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente. Las deudas ambientales a cargo del Estado en virtud del artículo 3 de esta Ley serán financiadas por el Fondo Nacional del Ambiente – FONAM. FONAM es responsable de captar fondos internacionales para cooperación financiera, donaciones, canjes de deuda y otros recursos para evitar impactos en el erario nacional.

Por tratarse de un sistema de iluminación aislado al concesionario, el financiamiento es por parte de la Municipalidad Distrital de Ocucaje, el cual no será reembolsado por el concesionario.

### **3.1.2.4 Medidas de Seguridad y Salud Laboral mínimas durante la ejecución.**

En el proyecto se tomará todas las medidas de seguridad que sean necesarias para proteger la vida y salud del personal a su servicio.

El Ejecutor nombrará al personal responsable de la seguridad de todos los trabajos, quién a su vez dispondrá de todos los equipos y elementos necesarios para otorgar la seguridad conveniente.

A continuación, se citan algunas disposiciones que no deben ser consideradas como completas, sino más bien como indicadas:

- a. Para determinados trabajos donde sea necesario, se pondrá a disposición del personal, ropa y calzado apropiado, que éste deberá usar.
- b. En aquellos lugares del acondicionamiento donde exista el peligro de lesiones de cabeza, todas las personas deberán llevar cascos protectores.
- c. Clavos, hierros viejos, encofrados ó partes encofradas y otros materiales no deberán estar esparcidos en el suelo, sino que deberán ser recogidos y depositados ordenadamente.
- d. Las conducciones eléctricas han de estar provistas de un buen aislamiento, debiéndose observar para ellos las prescripciones especiales.
- e. Se dispondrá de personal requerido como mínimo para realizar ciertos trabajos que lo ameriten.
- f. Se tomará además por iniciativa propia, las medidas de seguridad que él juzgue indispensable y considerará al respecto a la seguridad.

### 3.2 Presentación e interpretación de resultados.

#### 3.2.1 Consumo de energía eléctrica en el alumbrado de la plaza de armas del distrito de Ocucaje-Ica.

##### 3.2.1.1 Costo mensual del consumo energético

Viendo la figura N°4 luminarias de la plaza de armas del distrito de Ocucaje, el consumo energético de estas luminarias se refleja en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que cada luminaria tiene una potencia de 80w luminarias tradicionales de vapor de sodio alimentadas con la red de distribución secundaria(B.T). Considerando un rango de 13 horas de funcionamiento que inicia a partir de las 18.00pm a 7.00am.Se tiene el costo unitario Kw.h de 0.3561 obtenido del recibo de del mes facturado 04/2022 y con una cantidad de 80 luminarias distribuidas a nivel de la plaza de armas.

TABLA X  
ANÁLISIS DEL GASTO MENSUAL DEL ALUMBRADO DE LA PLAZA CON LUMINARIAS CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA - MES ENERO 2023

Numero	Descripción de carga	Potencia(kw)	Horas/Dia	Dias/Mes	Precio(Kw.h)	Cantidad	Precio parcial S/
1	Luminarias para alumbrado publico	0.08	13	31	0.3561	80	S/ 918.45
						Igv(18%)/	200.95
						Precio total mensual S/	S/1,317.33

Finalmente, el gasto mensual de en energía de alumbrado de la plaza es de 1,317 soles con luminarias conectadas a la red eléctrica.

TABLA XI  
GASTO ANUAL DEL ALUMBRADO DE LA PLAZA DE OCUCAJE CON LUMINARIAS CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA AÑO 2023

Mes	Días	Gasto mensual original 2023(s/)	Incremento (5% anual)	Gasto mensual 2023(s/)	Igv(18%)	Gasto total 2023 mensual s/
Enero	31	S/ 918.45	S/ 1.21550625	S/ 1,116.39	200.95	S/ 1,317.33
Febrero	28	S/ 829.57	S/ 1.21550625	S/ 1,008.35	181.50	S/ 1,189.85

Marzo	31	S/ 918.45	S/ 1.21550625	S/ 1,116.39	200.95	S/ 1,317.33
Abril	30	S/ 888.83	S/ 1.21550625	S/ 1,080.37	194.47	S/ 1,274.84
Mayo	31	S/ 918.45	S/ 1.21550625	S/ 1,116.39	200.95	S/ 1,317.33
Junio	30	S/ 888.83	S/ 1.21550625	S/ 1,080.37	194.47	S/ 1,274.84
Julio	31	S/ 918.45	S/ 1.21550625	S/ 1,116.39	200.95	S/ 1,317.33
Agosto	31	S/ 918.45	S/ 1.21550625	S/ 1,116.39	200.95	S/ 1,317.33
Setiembre	30	S/ 888.83	S/ 1.21550625	S/ 1,080.37	194.47	S/ 1,274.84
Octubre	31	S/ 918.45	S/ 1.21550625	S/ 1,116.39	200.95	S/ 1,317.33
Noviembre	30	S/ 888.83	S/ 1.21550625	S/ 1,080.37	194.47	S/ 1,274.84
Diciembre	31	S/ 918.45	S/ 1.21550625	S/ 1,116.39	200.95	S/ 1,317.33
Gasto Total Anual 2023						S/ 15,510.56

Finalmente, el gasto total anual estimado en energía para el alumbrado de la plaza de Ocucaje en 2023 es de aproximadamente 15,510.56 soles.

### **3.3 Análisis de Consumo y Ahorro Energético para la Implementación de Luminarias Solares**

#### **3.3.1 Ahorro energético con fuentes fotovoltaicas “reflectores solares”**

Visto los gastos que implica la iluminación de la plaza de Armas de Ocucaje con luminarias conectadas a la red eléctrica, se puede resaltar que el costo es considerable respecto al precio comercial actual de los reflectores solares y el tiempo de vida útil del mismo obteniendo buena iluminación de la plaza de Ocucaje.

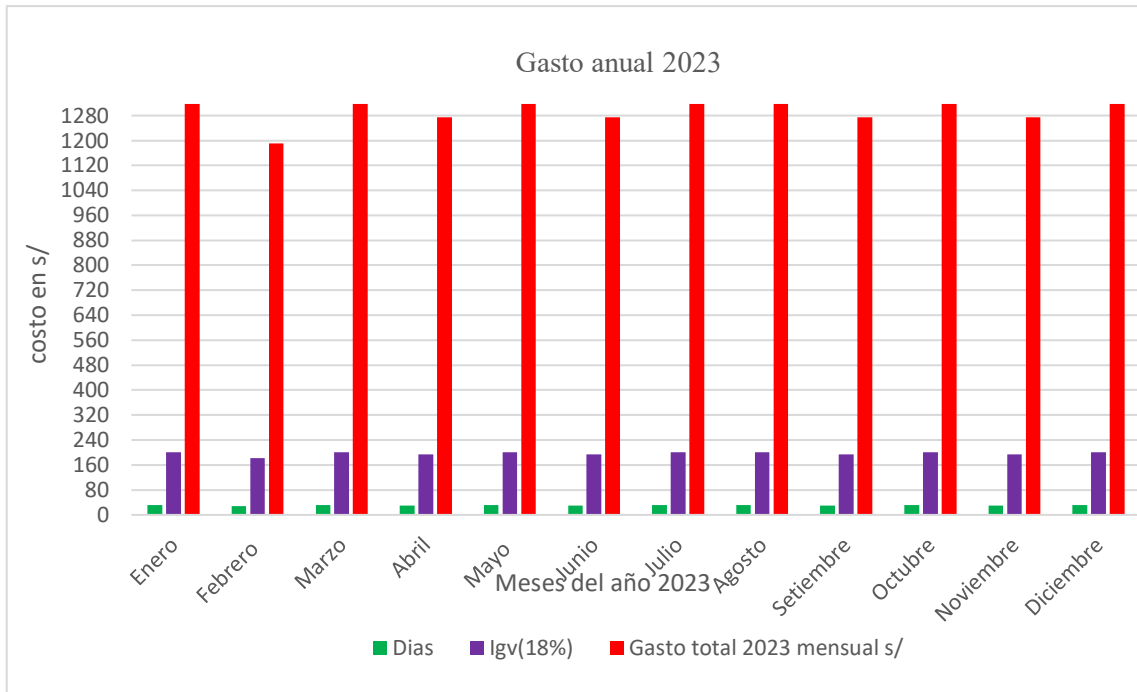


Fig. 11 Gasto de consumo energético conectado a al red eléctrica año 2023

### 3.3.2 Consumo Actual de Energía Eléctrica con Luminarias Tradicionales

El consumo actual se basa en el uso de luminarias de vapor de sodio, con las siguientes características y consumos:

TABLA XII  
CONSUMO DE ENERGÍA DEL ALUMBRADO DE LA PLAZA CON LA RED PUBLICA

Descripción	Detalle
Potencia por luminaria	80 watts (0.08 kW)
Número de luminarias	80
Horas de operación diarias	13 horas
Días al mes	30 días
Consumo diario por luminaria (Wh)	0.08 kW * 13 h = 1040 Wh
Consumo diario total (Wh)	1040 Wh * 80 = 83,200 Wh
Consumo mensual (kWh)	83,200 Wh * 30 = 2,496kWh

### 3.3.3 Consumo de Energía con Implementación de Luminarias Solares Autónomas

El nuevo sistema de luminarias solares se propone para reducir el consumo de la red eléctrica a cero durante las horas de operación de las luminarias. La especificación de las luminarias solares es la siguiente:

#### 3.3.3.1 Especificación de Luminarias Solares:

TABLA XIII  
DESCRIPCIÓN DE LUMINARIAS SOLARES

Descripción	Detalle
Potencia por luminaria solar	300 watts (0.3 kW)
Número de luminarias solares	120
Autonomía por luminaria	12 horas
Consumo diario por luminaria (Wh)	$0.3 \text{ kW} * 12 \text{ h} = 3600 \text{ Wh}$
Consumo diario total de luminarias (Wh)	$3600 \text{ Wh} * 120 = 432,000 \text{ Wh}$
Consumo mensual (kWh)	$432,000 \text{ Wh} * 30 = 12,960 \text{ kWh}$

### 3.3.3.2 Análisis de Ahorro Energético

El cambio a luminarias solares introduce un ahorro significativo al reducir el consumo de la red eléctrica a cero durante las horas de operación de las luminarias solares. Sin embargo, el consumo total incluye la generación a través de la energía solar, por lo que el ahorro neto se centra en la reducción del gasto de energía de la red.

### 3.3.3.3 Ahorro Energético Mensual:

TABLA XIV  
DETALLE DE AHORRO ENERGÉTICO

Descripción	Detalle
Consumo de energía del alumbrado de la plaza con la red publica (kWh)	2,496kWh
Consumo de energía con luminarias solares sin costo (Wh)	12,960kWh
Ahorro en energía mensual (kWh)	2,496kWh

La implementación de luminarias solares en la Plaza de Armas de Ocucaje se espera que reduzca significativamente el consumo de energía de la red eléctrica, con un ahorro mensual de aproximadamente 2,496 kWh. Esto no solo ofrece beneficios económicos en términos de costos de energía reducidos sino también beneficios ambientales al disminuir la dependencia de fuentes de energía no renovables.

### 3.3.4 Cuadro de Resultados Estadísticos

TABLA XV  
RESUMEN DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Prueba Estadística	Valor Calculado	Interpretación

Coefficiente de Correlación de Pearson (r)	0.85	Indica una fuerte correlación positiva entre la radiación solar y la generación de energía de los paneles. Esto significa que la eficiencia de los paneles solares depende significativamente de la cantidad de radiación solar recibida.
P-Value de la Correlación	< 0.01	El resultado es estadísticamente significativo, confirmando la dependencia de la generación de energía en la radiación solar.
Simulaciones de Monte Carlo		
Probabilidad de Cumplir con los Estándares de Iluminación	95%	Basado en la variabilidad de la radiación solar y las eficiencias de los paneles, hay una alta probabilidad de que el sistema mantenga un nivel adecuado de iluminación.
Rango de Variabilidad en la Generación de Energía	10% - 15% de variación	Las simulaciones muestran que, considerando la variabilidad en la radiación solar y otros factores ambientales, la generación de energía puede fluctuar entre un 10% y un 15%.

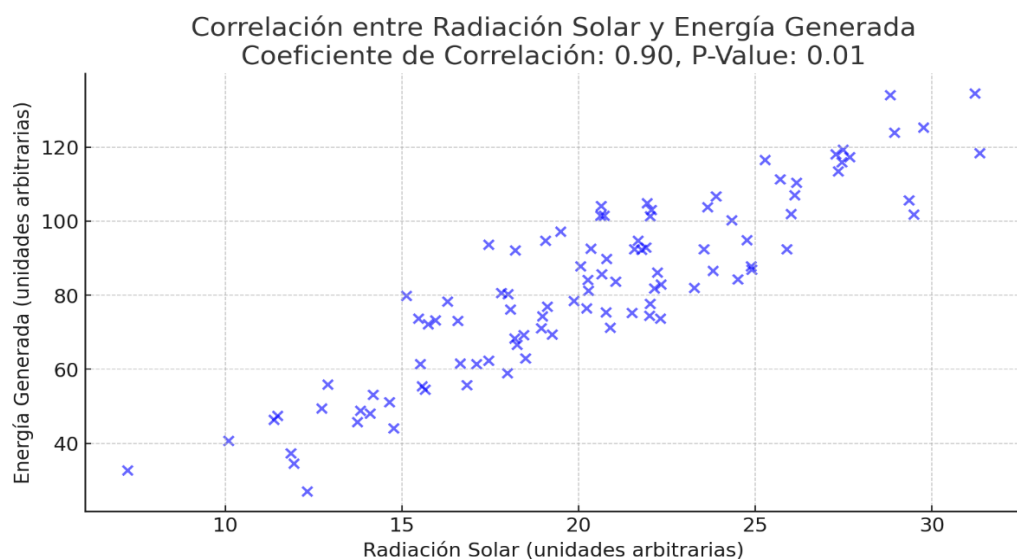


Fig. 12 Gráfico de dispersión de pruebas estadísticas

El gráfico de dispersión que muestras revela una fuerte correlación positiva entre la radiación solar y la energía generada, con un coeficiente de correlación de 0.90. Esto indica que a medida que aumenta la radiación solar, también lo hace la cantidad de energía generada por los paneles solares, y esta relación es estadísticamente significativa, como lo demuestra un valor P de 0.01.

Este hallazgo es crucial porque subraya la importancia de la radiación solar en la eficiencia de la generación de energía de los sistemas fotovoltaicos.

La implicación práctica de esta fuerte correlación es que cualquier esfuerzo por mejorar la exposición de los paneles solares a la radiación solar directa probablemente resultará en un aumento proporcional en la generación de energía. Esto puede guiar decisiones de diseño y ubicación del sistema, como la orientación de los paneles y la selección del sitio, para maximizar la captación de luz solar. Además, este resultado ofrece una base sólida para la planificación energética y la optimización del sistema en la plaza de Ocucaje, ayudando a asegurar que el sistema no solo es capaz de satisfacer las necesidades de iluminación, sino que también lo hace de manera eficiente y efectiva durante todo el año.

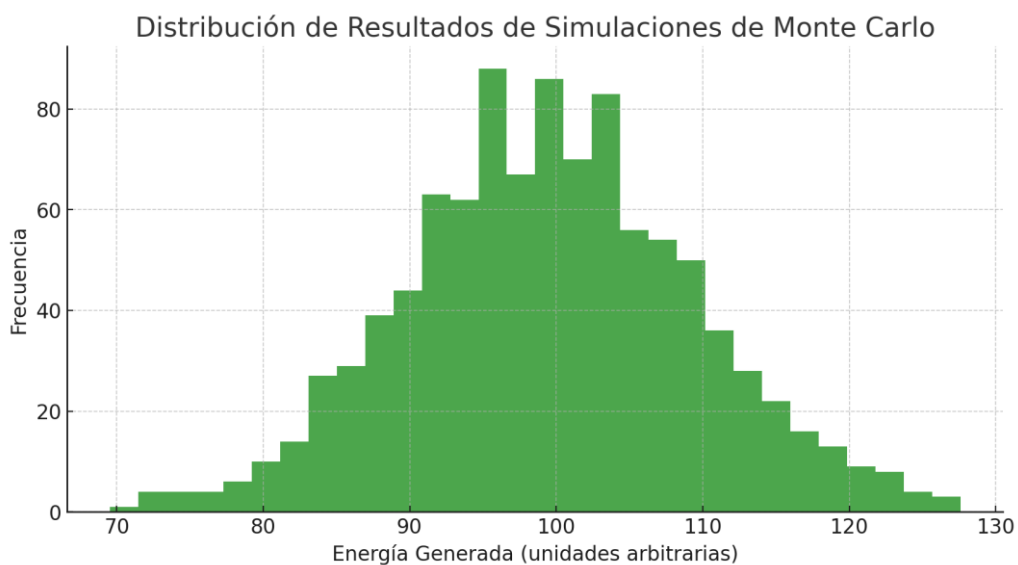


Fig. 13 Distribuciones de la prueba de Montecarlo

La distribución de los resultados de las simulaciones de Monte Carlo, ilustrada en el histograma, muestra cómo varía la energía generada por el sistema de paneles solares. La mayoría de los valores se concentran alrededor de 100 unidades de energía, con una distribución que se aproxima a la normalidad, pero con cierta asimetría hacia valores más altos.

Este patrón sugiere que, bajo condiciones normales de variabilidad en la radiación solar y otros factores ambientales, el sistema tiende a producir una cantidad de energía relativamente estable y predecible, con fluctuaciones que pueden ir desde aproximadamente 70 a 130 unidades de energía. La concentración de los datos alrededor de 100 unidades también implica que el diseño del sistema está bien adaptado para las condiciones promedio esperadas en la ubicación.

La presencia de una cola más larga hacia valores más altos indica que existen ocasiones en las que el sistema puede superar las expectativas de generación de energía, lo que puede ser atribuido a días con radiación solar excepcionalmente alta o a una eficiencia operativa óptima de los componentes del sistema. Esto es una buena señal para la fiabilidad del sistema, asegurando que puede cumplir o superar las necesidades de energía requeridas para la iluminación de la plaza, incluso bajo variaciones en las condiciones ambientales.

Estos resultados son esenciales para validar la capacidad del sistema fotovoltaico para proporcionar iluminación consistente y fiable, y ayudan a asegurar que el sistema puede cumplir con los estándares de iluminación requeridos durante todo el año.

### **3.4 Cuidado y mantenimiento de paneles solares.**

#### **3.4.1 Mantenimiento preventivo**

El sistema durante los 25 años requiere solo del mantenimiento preventivo de limpieza de manera periódica cada 30 días las células fotovoltaicas con la finalidad de poder captar la radiación solar de manera adecuada, puesto que el no tener una captación adecuada de la radiación influye directamente en la carga de la batería y reducción de la vida útil de esta misma, es por ello que se requiere del mantenimiento que se detalla a continuación:

- a) Los paneles requieren estar libre de polvo, para ello se puede hacer uso de un trapo seco y húmedo para la limpieza.
- b) La limpieza de paneles se debe realizar fuera del horario de radiación solar, es decir durante la mañana antes de la puesta del sol, o por la tarde, posterior a la puesta del sol.

#### **3.4.2 Mantenimiento correctivo**

Los paneles solares tienen una eficacia de rendimiento al 100% hasta los 25 años, al ser una tecnología avanzada que está constituido en su totalidad de silicio que aprovecha la radiación solar; pasado los 25 años se reduce su rendimiento del 100% al rango de 80% a 60%, requiriendo su mantenimiento correctivo del sistema interno como cambio de los diodos o el recubrimiento de estaño en la parte conductora u otro daño interno por el paso del tiempo. La estructura de soporte del sistema al estar expuesto a la intemperie a una altura de 5 metros, expuesto a los fuertes vientos en los meses críticos, varía su posición inicial distorsionado el azimut y el grado de inclinación, teniendo que corregir cada cierto tiempo.

Es el mantenimiento correctivo es la que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función óptima, es por ello que se requiere del mantenimiento que se detalla a continuación:

- a) Nivelación de paneles solares, el viento puede ocasionar que el panel solar sufra una inclinación inadecuada, es por ello que al momento del mantenimiento se requiera la nivelación de esta con una ligera inclinación hacia el Norte.
- b) Al determinar que el sistema no abastece el tiempo necesario de alumbrado del reflector por la avería de la batería, necesitara un mantenimiento correctivo para seguir con su función óptimo.
- c) Corregir la estructura de soporte del sistema dos veces al año ocasionado por vientos en el lugar, corrigiendo el ángulo de inclinación y el azimut del panel solar.

#### IV. DISCUSIÓN

El proyecto de iluminación de la plaza de Ocucaje y el estudio de Echevarría (2019) coinciden en la necesidad de adoptar tecnologías más eficientes para la iluminación pública. En Ocucaje, se propone instalar 120 luminarias solares de 300W, con 12 horas de autonomía y un flujo luminoso de 3520 lúmenes, que lograrían una iluminación promedio de 56.6 Lux, superando la normativa local de 40 Lux, con un costo total de implementación de S/242,866.65 y un ahorro anual en energía de S/15,510.56. Por otro lado, Echevarría evalúa la viabilidad de migrar de bombillas de sodio a tecnologías renovables, destacando los incentivos fiscales como clave para reducir los costos iniciales y el impacto ambiental, sugiriendo que el apoyo gubernamental es esencial para justificar la inversión. Mientras el proyecto de Ocucaje resalta la rentabilidad a largo plazo mediante la energía solar, Echevarría se enfoca en el análisis costo-beneficio de energías renovables apoyadas por políticas fiscales.

El proyecto de iluminación de la plaza de Ocucaje y el estudio de Ordoñez (2018) comparten el objetivo de mejorar la eficiencia energética mediante el uso de células fotovoltaicas. En Ocucaje, se instalarán 120 luminarias solares de 300W, con un flujo luminoso de 3520 lúmenes y una autonomía de 12 horas, logrando una iluminación promedio de 56.6 Lux, superando el mínimo requerido de 40 Lux, con un costo total de S/242,866.65 y un ahorro anual estimado de S/15,510.56 en energía. De manera similar, Ordoñez diseñó un sistema fotovoltaico para mejorar la iluminación de una universidad y reducir costos, calculando la cantidad de inversores, paneles y reguladores necesarios. Ambos estudios destacan el uso de energía solar como una solución eficiente y sostenible, centrados en la reducción de costos y en la implementación de sistemas optimizados para el consumo energético.

El proyecto de iluminación de la plaza de Ocucaje y la investigación de Salazar (2018) comparten el enfoque en la producción de energía de manera autónoma y de bajo costo mediante tecnologías eficientes. En Ocucaje, se propone instalar 120 luminarias solares de 300W con una autonomía de 12 horas y un flujo luminoso de 3520 lúmenes, alcanzando una iluminación promedio de 56.6 Lux, superando el mínimo de 40 Lux, con un costo total de S/242,866.65 y un ahorro anual estimado de S/15,510.56 en energía. Salazar, por su parte, explora el uso de tecnologías híbridas más eficientes en el contexto universitario para generar energía eléctrica de manera autónoma y económica. Ambos proyectos destacan el uso de energías renovables para reducir costos y mejorar la eficiencia energética, pero Salazar propone una combinación de tecnologías, mientras que Ocucaje se enfoca exclusivamente en un sistema fotovoltaico.

El proyecto de iluminación de la plaza de Ocucaje y la investigación de Chuquizuta (2020) coinciden en la importancia del diseño integral de un sistema de iluminación eficiente basado en

células fotovoltaicas. En Ocucaje, se plantea la instalación de 120 luminarias solares de 300W con una autonomía de 12 horas y un flujo luminoso de 3520 lúmenes, alcanzando una iluminación promedio de 56.6 Lux y cumpliendo con la normativa de 40 Lux, con un costo total de S/242,866.65 y un ahorro anual estimado de S/15,510.56. Chuquizuta también incluye el análisis de un sistema de brillo LED alimentado por energía fotovoltaica, destacando la importancia de seleccionar correctamente la cantidad de lámparas, su ubicación, soportes, giro, inclinación y componentes eléctricos. Ambos estudios se centran en maximizar la eficiencia de los sistemas de iluminación, pero Chuquizuta enfatiza el diseño detallado de la configuración física y mecánica, mientras que Ocucaje se enfoca en la eficiencia energética y el impacto económico del sistema.

El proyecto de iluminación de la plaza de Ocucaje y la investigación de Valdiviezo (2021) presentan enfoques distintos en cuanto a la viabilidad y rentabilidad de los sistemas de energía solar. En Ocucaje, se propone la instalación de 120 luminarias solares de 300W con una autonomía de 12 horas y un flujo luminoso de 3520 lúmenes, cumpliendo con los requerimientos normativos, con un costo total de S/242,866.65 y un ahorro anual de S/15,510.56 en energía, lo que convierte al proyecto en una opción rentable a largo plazo. Por otro lado, Valdiviezo, con 343 m<sup>2</sup> de paneles solares que producían 46,08 kW para 21 plazas de aparcamiento, concluyó que los altos costos de inversión y la falta de retorno de la inversión en la sustitución de las fuentes de energía al final de su vida útil hicieron que su proyecto no fuera ni atractivo ni rentable. Mientras que Ocucaje destaca el ahorro a largo plazo y la viabilidad financiera, Valdiviezo subraya los desafíos financieros debido a los altos costos iniciales y de mantenimiento de las instalaciones solares.

A diferencia del estudio de Reyes (2019), que utilizó 155 paneles solares, 374 baterías, 2 reguladores y 79 inversores para cubrir solo el 18% de la electricidad requerida en tres plantas de producción, el proyecto de Ocucaje propone una solución más concentrada y específica. En Ocucaje, la instalación de 120 luminarias solares de 300W cubrirá completamente la iluminación de la plaza de armas con un flujo luminoso de 3520 lúmenes por luminaria, logrando una iluminación promedio de 56.6 Lux, superando los 40 Lux exigidos por la normativa. El costo total del proyecto es de S/242,866.65 y se estima un ahorro anual de S/15,510.56 en energía. Mientras Reyes destaca la gran cantidad de componentes necesarios para alcanzar una cobertura parcial, el proyecto de Ocucaje demuestra mayor efectividad y rentabilidad a largo plazo con un sistema fotovoltaico más simple y directo para un espacio público específico.

## V. CONCLUSIONES

La implementación del sistema fotovoltaico, reflectores solares en la plaza de Ocucaje se espera que reduzca significativamente el consumo de energía de la red eléctrica. Con el cambio a reflectores solares, que son completamente autónomas y no requieren energía de la red durante sus horas de operación, se estima un ahorro de energía de aproximadamente 2,496 kWh mensuales. Este ahorro no solo ofrece beneficios económicos significativos, reduciendo los costos operativos mensuales del alumbrado público, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental al disminuir la dependencia de fuentes de energía no renovables. Implementar este sistema de iluminación fotovoltaico en la plaza no solo cumple con los estándares de iluminación requeridos, sino que también garantiza una fuente de energía eficiente y respetuosa con el medio ambiente para el futuro.

El dimensionamiento de los postes solares y el diseño de los procesos de control y seguimiento de la radiación solar, basado en la información proporcionada por los fabricantes y los datos meteorológicos de la zona, garantiza la eficiencia del sistema. Se han considerado parámetros como la irradiación, irradiancia y la duración del día con sol, lo que asegura un óptimo rendimiento del alumbrado en la plaza de Ocucaje y valida la factibilidad técnica de la propuesta.

Desde el punto de vista técnico-económico, el uso de paneles solares ha demostrado ser una solución eficaz para reducir el consumo energético en la plaza de Ocucaje. Cada poste de iluminación, compuesto por dos luminarias solares de 3520 lúmenes, paneles fotovoltaicos de 17W y baterías de litio de 24Ah, garantiza un funcionamiento eficiente dentro de los parámetros del diseño. La inversión total del sistema fotovoltaico es de S/242,866.65, lo que ofrece un equilibrio entre el costo y los beneficios a largo plazo en la reducción del consumo energético

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda replicar este modelo de implementación fotovoltaica en otras zonas rurales y aisladas de la región de Ica para extender los beneficios de la energía solar a un mayor número de comunidades. Además, sería conveniente desarrollar programas de capacitación para que los habitantes puedan familiarizarse con el mantenimiento y uso de estas tecnologías.

Se sugiere implementar un sistema de monitoreo continuo de la radiación solar y el rendimiento de los paneles fotovoltaicos, con el fin de optimizar el funcionamiento del sistema. Esto podría incluir la instalación de sensores y el uso de software de gestión que permita ajustes en tiempo real para maximizar la eficiencia del alumbrado.

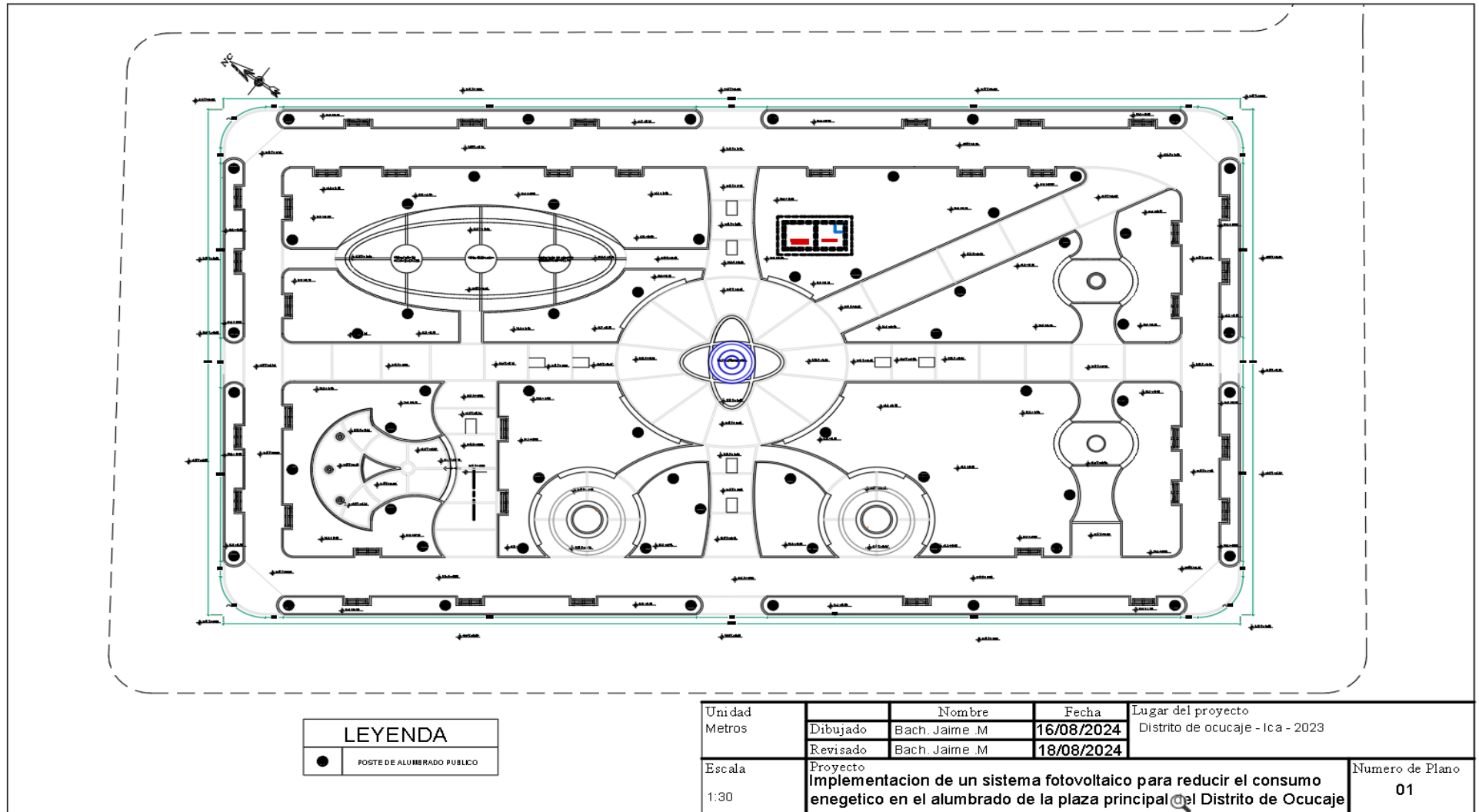
Para mejorar aún más la eficiencia energética, se recomienda evaluar la viabilidad de combinar el sistema fotovoltaico con tecnologías de almacenamiento energético más avanzadas y eficientes, como baterías de mayor capacidad. Esto permitiría un uso más prolongado y estable de la energía solar, incluso en días nublados o con menos radiación solar.

Extender, en un corto plazo, cadenas educativas de difusión para el aprovechamiento de las energías renovables en todos los pueblos especialmente en la Región Ica.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Ochoa and I. Ortega, “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico modular aplicado a la iluminación ornamental en la ciudad de Cuenca. Tesis (Ingeniero eléctrico). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2021. 96 ,” *Universidad Politécnica Salesiana*, 2021.
- [2] M. Ordoñez Mariño, “Diseño de un sistema de iluminación con energía solar fotovoltaica para la universidad Antonio Nariño sede Cúcuta,” Jun. 05, 2021, *Universidad Antonio Nariño*. Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/4718>
- [3] U. DE Tecnológica Pereira Sebastián Sánchez Guevara Julián Franco Gil and C. DE Andrés Felipe Gomez Gomez Universidad Tecnológica Pereira Facultad De Tecnologías, “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la Universidad Tecnológica de Pereira,” 2016, *Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira*. Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11059/7010>
- [4] P. Especial de Titulación, A. Ronald Chuquizuta Ventura, and L. -Perú, “Diseño de un sistema de iluminación LED con paneles solares para la plataforma de estacionamiento de aeronaves, Talara, 2019,” *Universidad Tecnológica del Perú*, 2020, Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3220>
- [5] K. R. Valdiviezo Supo, “Diseño de sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad de Piura,” 2021.
- [6] E. C. Reyes Ángeles, “Propuesta de uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica y mejora de la eficiencia energética en la Universidad ESAN,” 2019, *Universidad ESAN*. Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12640/1668>
- [7] “Inclinación y Orientación de Paneles Solares en el Perú - Novum Solar.” Accessed: Sep. 06, 2024. [Online]. Available: <https://novumsolar.com/inclinacion-y-orientacion-de-paneles-solares-en-el-peru/>
- [8] H. Mauricio Rojas Herrera and C. Ignacio Coronado, “BLADIMIR DARÍO ECHAVARRIA ARANGO,” 201

## VIII. ANEXOS



LEYENDA	
●	POSTE DE ALUMBRADO PUBLICO

Unidad Metros		Nombre	Fecha	Lugar del proyecto
	Dibujado	Bach. Jaime .M	16/08/2024	Distrito de ocuaje - Ica - 2023
	Revisado	Bach. Jaime .M	18/08/2024	
Escala 1:30	Proyecto Implementacion de un sistema fotovoltaico para reducir el consumo enetgetico en el alumbrado de la plaza principal del Distrito de Ocuaje			Numero de Plano 01

TABLA XVI  
PANILLA DE METRADOS

Planilla de Metrados								
		implementación de un sistema fotovoltaico para reducir el consumo energético en el alumbrado de la plaza principal del distrito de Ocucaje-Ica						
Ubicación	Distrito de Ocucaje – Ica – Ica							
Partida	Descripción	Und	n° veces	Dimensiones			Sub.T otal	Total
				largo	ancho	alto		
<b>01.00.00</b>	<b>Obras provisionales</b>							
<b>01.01.00</b>	<b>Trazos y construcciones provisionales</b>							
01.01.01	cercos perimetrales	m	2.00	300.00			600.00	600.00
01.01.02	trazos y mediciones	m2	60.00	1.00	1.00		60.00	60.00
<b>01.02.00</b>	<b>Remociones</b>							
01.02.01	Demolición y/o retiro de postes y luminarias existentes	und	60.00				60.00	60.00
01.02.02	Remoción de tierra para el plantado de postes	m3	60.00	0.70	0.70	0.65	20.00	20.00
<b>01.03.00</b>	<b>Transporte</b>					0.65	20.00	20.00
01.03.01	Transporte y retiro de desmonte	m3	62.00	0.70	0.70		1.00	1.00
01.03.02	Transporte y movilidad de equipos y materiales	gbl	1.00					
<b>01.04.00</b>	<b>Prevención y control frente a propagación de covid-19</b>						1.00	1.00
01.04.01	Capacitación de seguridad y salud en el trabajo	gbl	1.00				7.00	7.00
01.04.02	Implementos de seguridad	und	7.00					
<b>02.00.00</b>	<b>Arquitectura</b>							
<b>02.01.00</b>	<b>Postes de alumbrado publico</b>							
02.01.01	Suministro e instalación de postes metálicos	und	60.00	5.00			60.00	60.00
02.01.02	Suministro e implementación de bases de concreto para poste	m3	60.00	1.00	0.40	0.40	10.00	10.00
02.01.03	Lijado, masillado y pintado de postes de alumbrado publico	und	60.00				60.00	60.00




Características	Solución No 1	Solución No 2	Solución No 3
Descripción	Luminaria Solar 40 W T1.3B-C	KIT Solar Street Urban 35 W	Luminaria Solar 60 W
Referencia	T1.3B-C	P37781	0300E60-01
Tipo	Todo en uno - Integrada	Con panel independiente	Con panel independiente
Potencia nominal W	40.0 W	35.0 W	60.0 W
Registro fotográfico			
<b>Luminaria</b>			
Flujo luminoso Lm	4500 Lm	5040 Lm	6000 Lm
Eficacia luminica Lm/W	150 Lm/W	144 Lm/W	100 Lm/W
Temperatura de color k	4000 K	4000 K	6000 K
Vida útil en horas	50000 horas	50000 horas	50000 horas

Fig. 14 En la siguiente imagen se aprecia algunas de las características de los reflectores solares con distintas potencias



Fig. 15 Micro localización del proyecto - localidad de Ocucaje



Plaza Armas 03  
**ElectroDunas**  
 Panamericana Sur Km. 300.5 La Angostura Ica  
 RUC 20106156400  
 www.electrodunas.com

Recibo Nro. S001 - 37030466  
**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE**  
 CL CAR. PANAM, SUR KM 335, OCUCAJE, ICA Nro. Tapa  
 Medidor 13000150 CERCADO OCUCAJE  
 Vcto. de Contrato: 30/11/2023  
 RUC.:20176310040

00141

**NIS 181002303**

Vencimiento: 21/12/2022 R:73 - I: 1940  
 Hoja 01  
 Período de Facturación: 11/2022 Fecha de Emisión: 06/12/2022 M-I 00141

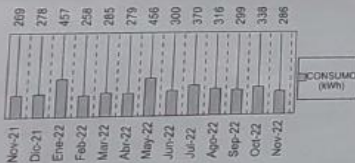
**Datos del Suministro**

Domicilio: CL PLAZA DE ARMAS, DISTRITO DE OCUCAJE, ICA Nro. Tapa  
 Medidor: 13000150 Cercado de Ocucaje OCUCAJE  
 Acceso: PLAZA DE ARMAS, DISTRITO DE OCUCAJE, ICA

<b>Sistema Eléctrico</b>	<b>SANTA MARGARITA</b>			
<b>Sector Típico</b>	2			
Tarifa	MT3	Troncal: <b>SM218</b>		
Pot.Cont.HP (Kw)	44.42	S.E.: <b>SE41683</b>		
Pot.Cont.FP (Kw)	44.42			
Dem Max (Kw)	9.1184			
Dem Media HP (Kw)	0.42059			
Número Horas Punta	125			
Potencia (Kw)	9.1184			
Tensión	Media 22.9 kv			
Calificación de Potencia	0.05			
Medidor: 2899505 ELSTER	Presente en Horas Fuera de Punta			
Tipo de Medidor: Electrónico 4 Hilos				
Tipo de Conexión: CS:1 Trifásico - Aéreo				
Período de Consumo: 01/11/2022 - 30/11/2022				
Tipo de Consumo	Lec. Ant.	Lect. Act.	Cto.	Consumo
Activa en Hora Punta	0.3474	1.1892	62.4545	52.5742
Activa en Hora Fuera de Punta	2.0596	5.7948	62.4545	233.2800
Energía Reactiva	14.9189	51.9463	62.4545	2,312.5278
Potencia en Hora Punta	0.0076	0.0075	62.4545	0.4664
Potencia en Hora Fuera de Punta	0.2537	0.146	62.4545	9.1184

**Concepto de Facturación**

Descripción	Importe
Cargo Fijo Mensual	5.78
Energía Activa en Hora Punta (52.5742 kWh * 0.3561 S/ / kWh)	18.72
Energía Activa Fuera de Punta (233.280 kWh * 0.3022 S/ / kWh)	70.50
Energía Reactiva (2,226.7715 kWh * 0.0585 S/ / kWh)	130.27
Potencia de Distribución Horas Fuera de Punta (12.4816 kW * 22.07 S/ / KW Mes)	275.47
Potencia de Generación (9.1184 kW * 49.99 S/ / KW Mes)	455.83
<b>Parcial Consumos Mes</b>	<b>956.55</b>
Interes Compensatorio 36516008	1.78
Interes Compensatorio	3.76
Mantenimiento y Reposición	21.88
Alumbrado Público	13.15
<b>Subtotal</b>	<b>997.14</b>
I.G.V. 18.00 %	179.49
Interes Moratorio 36516008	0.10
Interes Moratorio	0.10
Aporte E. Rural Ley 28749 1/1	2.63
Redondeo Anterior	0.03
Redondeo Actual	-0.09
<b>Total del mes S/</b>	<b>1,179.40</b>
<b>Total deuda Anterior</b>	<b>1,517.00</b>



Mes	Nov-21	Dic-21	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Sep-22	Oct-22	Nov-22
Energía Hora Punta	05	48	59	48	53	58	63	65	74	68	57	52	55
Energía Fuera Punta	220	239	408	311	276	228	363	245	218	208	301	304	231
Energía Reactiva	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maxima Hora Punta	1944	1800	2380	1957	2187	2188	2024	2418	2580	2579	2388	2271	2210

Consumo Histórico en Soles  
 Oct-22 S/ 1,517.00  
 Sep-22 S/ 575.90

Recargo FOSE 44.68

**Información Importante**

UNICO AVISO DE SUSPENSION: De no registrarse su pago hasta el 22/12/2022 procederemos a la suspensión del suministro. Si cancela la deuda de este mes, este aviso no aplica.

Estimado Cliente, al día de emisión de esta factura no consta en nuestros registros el pago de las facturas detalladas en este talón. Por un monto de S/ 1,179.40

10/2022 **Importe S/ 1,517.00**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE OCUCAJE  
**AFECCIÓN PRODUCTIVA**  
 Meta: 025  
 Cadenz / Cierre: 23. 22. 11  
 Vº Bº [Circular Stamp] 9. 1. 179.40

**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*2,696.40**

**Información Complementaria**

Ahora puedes recibir tu recibo de luz más fácil y rápido. Ingresar a nuestra web www.electrodunas.com Afiliación Recibo Digital y en 3 simples pasos lo recibes por correo, te llega más rápido y cuidamos el medio ambiente.

ElectroDunas y SENASA, trabajando juntos por la inocuidad agroalimentaria, de la región Ica



**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*2,696.40**

Período Facturado

Fecha de Vencimiento

11/2022

21/12/2022

Recibo Nro. 37030466



0.181002303.01 - 30/11/22 2,696.40 DV: 3

Fig.16 En la siguiente figura se aprecia el recibo facturado 11/2022 del consumo energético de la plaza de Ocucaje-Ica.