

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE**  
**INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**Evaluación de un sistema de generación fotovoltaica como  
suministro de energía eléctrica para disminuir costos operativos en  
un establecimiento hotelero**

**Tesis para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**Autor**

**Jara Toro, Elvis Jonattan**

**Asesor – Código ORCID**

**Alva Julca, Ruber Gregorio**

**Código 0000-0002-6206-278X**

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2021**

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	ii
INDICE DE TABLAS .....	iii
NDICE DE FIGURAS.....	iv
PALABRAS CLAVE .....	v
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD.....	vi
TÍTULO .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. METODOLOGÍA.....	36
3. RESULTADOS.....	40
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN .....	58
5. CONCLUSIONES.....	62
6. RECOMENDACIONES .....	64
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
8. AGRADECIMIENTO .....	68
9. ANEXOS.....	69

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de las Variables.....	34
<b>Tabla 2</b> Componentes de consumo eléctrico.....	40
<b>Tabla 3</b> Angulo de inclinación de panel en función de la latitud.....	41
<b>Tabla 4</b> Irradiación a 15° de inclinación durante periodo 2011 – 2015.....	42
<b>Tabla 5</b> Datos de Irradiación, temperaturas máxima y mínima y días nublados.....	43
<b>Tabla 6</b> Consumo de energía por día.....	44
<b>Tabla 7</b> Variación de la carga y cálculo de máxima demanda (MD).....	45
<b>Tabla 8</b> Resumen de parámetros para el cálculo del rendimiento de instalación.....	47
<b>Tabla 9</b> Voltaje para sistemas fotovoltaicos.....	48
<b>Tabla 10</b> Ficha técnica del panel seleccionado.....	49
<b>Tabla 11</b> Correcciones por temperatura a las características del panel.....	50
<b>Tabla 12</b> Cálculo de calibre de cables entre componentes del sistema fotovoltaico.....	52
<b>Tabla 13</b> Resumen de componentes para Sistema fotovoltaico on – grid.....	54
<b>Tabla 14</b> Partida de costos de componentes de Sistema on – grid.....	55
<b>Tabla 15</b> Tiempo de vida útil de componentes.....	56
<b>Tabla 16</b> Parámetros adicionales.....	56
<b>Tabla 17</b> Flujo de caja para el Sistema fotovoltaico on grid.....	57

## NDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Espectro electromagnético de la radiación solar extra-atmosférica y en la superficie terrestre.....	15
<b>Figura 2.</b> Tipos de radiación sobre una superficie. ....	17
<b>Figura 3.</b> Representación de la hora solar pico (HSP) en un día .....	18
<b>Figura 4.</b> Constitución de un panel solar. ....	19
<b>Figura 5.</b> Estructura básica de una célula solar.....	20
<b>Figura 6.</b> Principio de funcionamiento de una célula fotovoltaica .....	21
<b>Figura 7.</b> Característica I-V de una célula solar en función de la irradiancia.....	23
<b>Figura 8.</b> Característica I-V de una célula solar en función de la temperatura de la célula. ....	24
<b>Figura 9.</b> Asociación de módulos solares .....	26
<b>Figura 10.</b> Característica de I-V, en una conexión serie paralelo de un módulo fotovoltaico .....	26
<b>Figura 11.</b> Conexiones de un sistema fotovoltaico conectado a red.....	27
<b>Figura 12.</b> Conexiones de un inversor en una instalación fotovoltaica. ....	29
<b>Figura 13.</b> Estructura inclinada para soporte de paneles fotovoltaicos .....	31
<b>Figura 14.</b> Ubicación de la zona de estudio .....	37
<b>Figura 15.</b> Irradiación mensual promedio (periodo 2011 – 2015). ....	42
<b>Figura 16.</b> Gráfico de trayectoria solar .....	53

## **PALABRAS CLAVE**

Fotovoltaico, Suministro de Energía Eléctrica

### **Keywords**

Photovoltaic, Electric Power Supply

### **Línea de Investigación**

<b>Línea de investigación</b>	<b>Ingeniería Eléctrica</b>
<b>Área</b>	Ingeniería, Tecnología
<b>Sub-área</b>	Ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica
<b>Disciplina</b>	Ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

### HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Evaluación de un sistema de generación fotovoltaica como suministro de energía eléctrica para disminuir costos operativos en un establecimiento hotelero**" del (a) estudiante: **JARA TORO ELVIS JONATTAN**, identificado(a) con Código N° **1110100565**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **16%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 02 de abril de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
  
Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN  
VICERRECTOR



**NOTA:** Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

## **TÍTULO**

**Evaluación de un sistema de generación fotovoltaica como suministro de energía eléctrica para disminuir costos operativos en un establecimiento hotelero**

## RESUMEN

Este presente proyecto de investigación evaluó el sistema de generación fotovoltaica como suministro de energía eléctrica para disminuir costos operativos en un establecimiento hotelero, determinando para ello su factibilidad técnica y económica; fomentando el interés en investigación sobre la utilización y aplicación de estas energías renovables en un sector comercial.

Este estudio consta en su diseño no experimental, de muestreo no probabilístico, obtuvimos información del potencial fotovoltaico por información secundaria. Posteriormente determinaron el consumo de energía del establecimiento y en función a ello se dimensionó el sistema fotovoltaico. Con respecto al diseño de esta investigación es Correlacional - Comparativo, ya que la variable costos operativos tiene una relación directa con el sistema fotovoltaico dimensionado, el cual a su vez dependerá del potencial solar del lugar.

Para determinar recurso energético se llevó a cabo a través de esta plataforma Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), una irradiación promedio a 15° de inclinación durante el periodo 2011 – 2015 y para las condiciones geográficas a través de esta plataforma Data Access Viewer de la NASA.

Sus resultados adquiridos en este estudio fueron su implementación de una alternativa de generación de electricidad a través de paneles solares, para autoconsumo establecimiento hotelero “*Flamingo’s*”, ubicado en Chimbote, donde estuvieron incluidas sus etapas de análisis, diseño, y su viabilidad económica de esta inversión.

## **ABSTRACT**

This present research project evaluated the photovoltaic generation system as a supply of electrical energy to reduce operating costs in a hotel establishment, determining its technical and economic feasibility; promoting interest in research on the use and application of these renewable energies in a commercial sector.

This study consists of a non-experimental design, non-probabilistic sampling, we obtained information on the photovoltaic potential through secondary information. Subsequently, they determined the energy consumption of the establishment and based on this, the photovoltaic system was sized. Regarding the design of this research, it is Correlational - Comparative, since the operating costs variable has a direct relationship with the sized photovoltaic system, which in turn will depend on the solar potential of the place.

To determine the energy resource, an average irradiation at 15° inclination during the period 2011 – 2015 was carried out through this Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) platform and for the geographical conditions through this Data Access Viewer platform of the POT.

The results acquired in this study were its implementation of an alternative for generating electricity through solar panels, for self-consumption of the “Flamingo's” hotel establishment, located in Chimbote, where its stages of analysis, design, and its economic viability of this were included. investment.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los antecedentes proporcionan un contexto relevante y ayudan a justificar la importancia de la investigación propuesta. Además, permiten identificar las lagunas existentes en la literatura y definir claramente las contribuciones específicas de la investigación. La siguiente sección presenta una revisión detallada de los antecedentes de investigación relevantes y establece las bases para este desarrollo de la tesis.

Zapata (2023) en su estudio realizado: Evaluación de un sistema de nanogrid para el suministro de energía eléctrica en la población de la comunidad campesina San Francisco de la Buena Esperanza en la ciudad de Paita. Se encontró que el uso de energía eléctrica de la comunidad se calculó a través de la recopilación de datos sobre las cargas y el tiempo de funcionamiento de cada vivienda. Se tomó en cuenta un consumo diario de 2.09 kWh/día en una vivienda, lo que implica un consumo total de 46.41 kW para las veinte viviendas que conforman la comunidad rural y la ciudad de Paita.

Bernilla (2022) En su estudio: Diseño del sistema de generación fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al caserío Naranjo, distrito Miracosta, Cajamarca. Se llevaron a cabo cálculos minuciosos para medir los elementos del sistema fotovoltaico, que abarcan paneles solares, reguladores, acumuladores, inversores y conductores eléctricos. Se elaboró una red secundaria de baja tensión monofásica, acorde a las regulaciones nacionales de electrificación en zonas rurales. Se evaluaron las pérdidas para el cual se tomaron en cuenta los coeficientes de pérdida de energía y los márgenes de seguridad para la distribución de energía.

Olivera, Acuña y Acuña (2022) en la tesis: Diseño de un Sistema Fotovoltaico para Suministrar Energía Eléctrica en el Caserío Juan Velasco Alvarado, Chirinos-Cajamarca, 2021. Se realizó una evaluación de la radiación solar a través del software de la NASA, eligiendo febrero como el mes más crítico con una radiación de 3,71 kWh/m<sup>2</sup>. De igual forma, se estimó la demanda prevista para 17 viviendas y 03 puntos de iluminación a lo largo de los 20 años para 17 viviendas y 03 puntos de iluminación. Se eligieron 24 paneles solares de 340w, 20 baterías de 260 Ah, 02 controladores de

80 Amp, 02 inversores de 04 kW, y Adicionalmente, se ha llevado a cabo el diseño de la red secundaria para distribuir la energía eléctrica a toda la comunidad.

Borja (2021) en la tesis: Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para suministrar de energía eléctrica a la estación meteorológica convencional de Yanacancha de la Región Junín, 2021. En el área de investigación, la radiación en el mes más adverso es de 3.94 kWh/m<sup>2</sup>/día, ascendiendo en los meses más beneficiosos a 7.19 kWh/m<sup>2</sup>/día. El sistema fotovoltaico produce una energía de 1350.50 Wh/día. Este consumo energético supera al de la estación meteorológica convencional, y mediante la planificación de un sistema fotovoltaico se podrá proveer energía eléctrica a la estación meteorológica tradicional de Yanacancha. Se nota que al incrementar la cantidad de paneles solares, se genera más energía de reserva eléctrica. El periodo de autonomía y, por ende, la cantidad de días de autonomía dependerán de la carga eléctrica utilizada, aunque para estaciones, esto no es así, se definen los siete días a la semana.

Cieza (2017), su estudio denominado Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para su instalación eléctrica de alumbrado en Hostal Lancelot localizado en Chiclayo-Lambayeque; se halló que la cantidad de lámparas es de 138 con una potencia de 18 W cada uno, teniendo como hallazgo un promedio diario de 17,39 KWh/día de consumo de energía. El componente seleccionado de este sistema es panel fotovoltaico de 24.320 Wp, 2 controlador BlueSolar MPPT 150 / 70 Tr, un inversor Victron 48/5000-230V; 24 rollos con 12 baterías CS 11 PS; la inversión total es de S/. 146 382.3.

Banda (2017), en su estudio, realizaron un estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en una instalación de la UCSP, determinando que las características y condiciones del sitio permitirían 7 horas de radiación solar sin sombra. Junio es un mes clave por su cambio de tamaño con un HSP de 5,45. El consumo por día, fue de 22.614,9 Wh, requiriendo 28 paneles de 255 Wp, 2 controladores de carga de 100 A, 2 inversores de 1200 W, y 24 baterías de 200 Ah/12 V para 1,2 días. El sistema posee un voltaje de 48. Considerando el 20.67% de pérdidas por T<sup>o</sup>, inclinación y orientación en su generador y su eficacia fue 74.35%

desde su controlador hacia sus cargas. Esta inversión inicial asciende a 26 344.80 dólares para implementar su sistema. Su costo por kWh derivado fue 0.262 dólares, asumiendo igualdad en el consumo por anual. No obstante, si toma en cuenta su total capacidad del sistema se adquiere un costo de 0.198 dólares por kWh.

Torres (2016), expresa para su investigación evaluación de un sistema de suministro de energía con panel solar fotovoltaico para su edificio de posgrados de esta Universidad Libre sede El Bosque, reduciendo sus costos de pago vinculados con esta energía. Se inicia con un estudio exploratorio a partir de una exploración bibliográfica enfocada en artículos académicos, revistas, tesis de maestría, doctorados, artículos periodísticos, etc. Esto se fundamenta en su estudio descriptivo que procesó datos de radiación solar obtenida por tres estaciones meteorológicas de distintas localidades de Bogotá, y determinaron que el valor de radiación más bajo del mes fue en abril con 3283,4 W.h/m<sup>2</sup>día y su valor promedio para este año el valor es 3987,3W.h/4W.h/m<sup>2</sup>día. Determinaron que la potencia situada de su edificio es de 6675W, que es el mismo consumo de energía durante el día que 38006 Wh/día y durante la noche que 23956 Wh/noche. Concluyendo que, para cada uno de estos sistemas dimensionados, determinando que la mejor alternativa fue un sistema con enlace a red, a causa de que esta inversión económica ejecutada en 9 años, posee un periodo mínimo al de recuperación del sistema autónomo, siendo de 20 años.

Mesías (2014), en el estudio Diseño de un sistema solar fotovoltaico para este suministro de energía eléctrica en su nuevo campus de esta Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Se ejecuto un estudio de los recursos de energía solar (radiación solar) durante un año (2013). Cuando se completó la investigación del recurso solar, se calcularon la máxima demanda, la producción y consumo de energía de su sistema solar, y luego se determinaron los diferentes elementos del sistema solar, dividiendo en dos grupos, cada uno con clases de producción de energía fotovoltaica de 250 kW, grupos A y B y 250 kW para las clases de producción de energía solar C y D. Estos grupos estarán acoplados en paralelo a la red de baja tensión. En la última etapa se ejecutó un análisis económico del proyecto y se propusieron 4 escenarios con diferentes precios, intereses e impuestos para cada uno kWh. El escenario 4 era el más

adecuado, de ahí el precio de 25 ctvs para la energía renovable. Esto da como resultado \$143,486.96 de ingresos anuales y una inversión de \$1,304,900.00, una TIR del 7%, un VAN de \$1,966.86 y una tasa de recuperación del 11%. El diseño se verificó a través de un software de certificación.

Valdiviezo (2014), en su investigación, Diseño de un sistema fotovoltaico para este suministro de energía eléctrica a quince computadoras portátiles en PUCP, recopilando situaciones de su sitio, su requerimiento de consumo de energía se obtuvo y calculó de la estación climática de la PUCP Hipólito Unanue con 158,4 Ah/día. Después se determinó el número de panel fotovoltaico, batería, inversor y controlador que se utilizarán. Después de varias iteraciones, se logró la siguiente disposición: baterías de 12250Ah/12V (2 en serie y paralelo), 24 paneles de baterías de 150Wp. (3ramales de 4 paralelos y 2 series), tres controladores de 50A y 24V, 1 inversor de 24V/230V-1200W. Además, su diseño estructural y cálculos de soporte se realizaron mediante el método AISCLRFD de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificación (RNE). Donde el capital expenditure (CAPEX) de S/.67 815, gastos operativos expenditure (OPEX) S/.200 por año y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) no emisores 4,35 al año.

Chávez (2012), en su trabajo titulado Proyecto de Factibilidad para Uso de Panel Solar en Generación Fotovoltaica de Electricidad en Complejo Habitacional San Antonio de Riobamba, el sistema solar está diseñado para generar 11.88 kW y cargar 55.76 A empleando 9 paneles solares, un controlador, 27 paquetes de baterías en serie, manejando 3 inversores de 48v 4000VA, y la descarga total de estas baterías por emisiones no supera el 60% y su vida útil es de 25 años; Debido al elevado coste del equipo, su tiempo de recuperación inmediata es de 23 años, pero la no invasividad ecológica de esta energía solar justifica la inversión.

Este sistema fotovoltaico basa en un grupo de dispositivos eléctricos que usan la radiación solar para generar electricidad. El componente principal de este sistema es el módulo fotovoltaico, donde está compuesto por células que varía la energía de la luz incidente en electricidad de corriente constante. Algunos equipos que entran en el sistema solar obedecen en gran medida de su uso previsto. (Perpiñan, O. 2018)

Su efecto fotovoltaico, estudiado por Alexandre Edmond Becquerel en 1839, se basa en la conversión directa en energía eléctrica mediante la libertad de electrones en material semiconductor como el Si a causa de fotones incidentes que tienen diferentes energías como su longitud de onda en el espectro solar. Según esta energía, sólo se utiliza una parte de este semiconductor. (Fraas, L. 2014).

En un semiconductor, el conjunto de electrones liberados se puede convertir en corriente eléctrica mediante una celda llamada fotocélula, que consta de diodos fabricados para este uso añadiendo una malla de colectores metálicos. La unión física y las conexiones eléctricas de estas células forman lo que se denomina panel o módulo solar. (Perpiñan, O. 2018).

Charles Fritz en 1883 construyó la 1<sup>o</sup> célula solar con 1% de eficiencia. Compuesto por selenio (Se) con fina capa de oro (Au), pero no ha sido muy utilizado debido a su alto coste y rendimiento baja. Su uso para la generación de electricidad se limita a esta imagen. Su primera batería de Si fue fabricada en 1940 por el norteamericano Russell Ohl y registrada en 1946, no fue hasta 1954 que Daryl Chapin de Bell Labs Chapin, Gerald Pearson y Calvin Fuller elaboraron la primera célula solar que convertía la energía luminosa en electricidad con una eficiencia del 6% (UNEF, 2016).

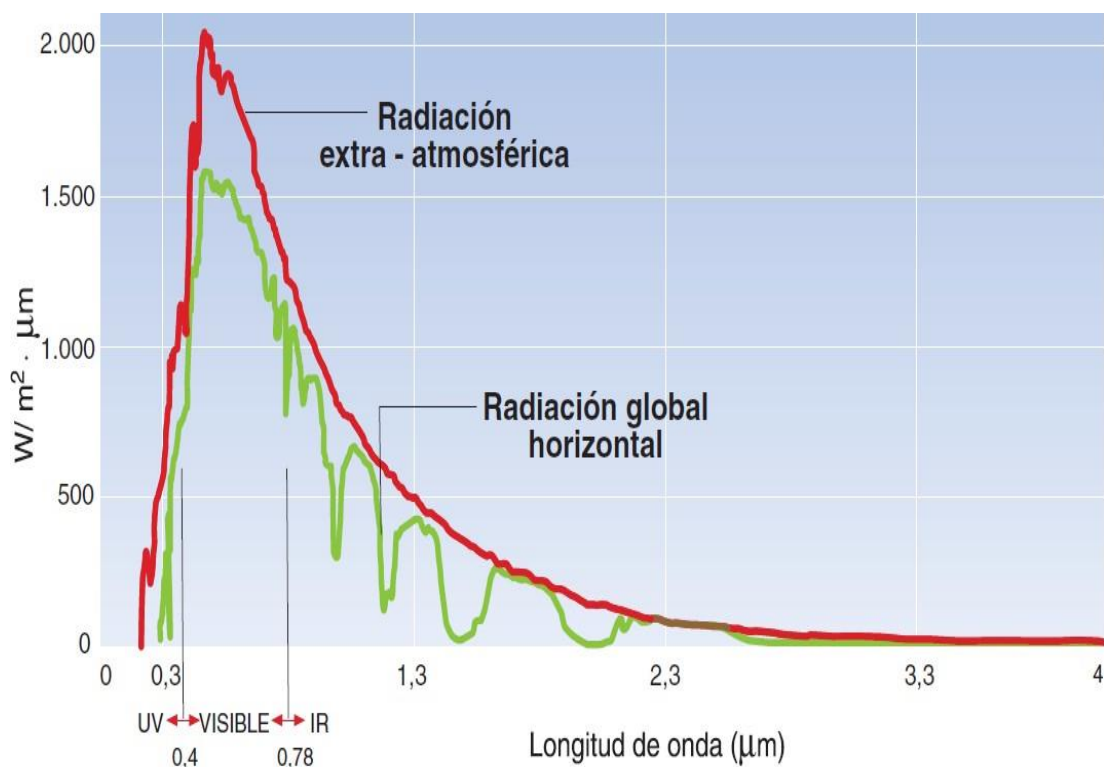
Esta fundamentación científica consta en la parte esencial de cualquier estudio, porque facilita su fundamento conceptual y teórico, preciso para comprender y abordar su problema de investigación. A continuación, se presentará una revisión detallada de los principales enfoques teóricos relacionados con el tema de estudio. Se analizarán y discutirán las teorías y modelos más relevantes, así como los conceptos clave que se consideran fundamentales para comprender el problema del estudio.

## **Radiación Solar**

Este sol se basa en una estrella con una temperatura superficial promedio de 5500°C a causa de reacciones complejas que provocan un desgaste de masa que se cambia en energía. Donde la energía, emitida del Sol, comunica al exterior a través de esta designada radiación solar.

Al examinar el espectro de la radiación solar, encontramos que la mayoría de la energía liberada por el sol se localiza en la parte visible del espectro, que simboliza el 47% de la energía total.

Los rayos UV son muy energéticos, además no son abundantes, puesto que sólo el 7% de la radiación total es de este tipo. En cambio, ocurre con estos rayos infrarrojos, que son muy abundantes (46% del total) pero tienen mucha menos energía que el resto de rayos. Por eso, generalmente se puede convertir la "luz" en energía eléctrica por medio de células solares. La radiación solar que recibe externamente la atmósfera terrestre es de 1353 W/m<sup>2</sup>, por medio de una superficie perpendicular a su orientación de propagación. Llamado constante solar y es muy diferente del valor que obtenemos en la superficie de la Tierra.



**Figura 1.** Espectro electromagnético de la radiación solar extra-atmosférica y en la superficie terrestre.  
Fuente: Castejón, A. y Santamaría G. (2010).

## **Tipos de Radiación Solar Sobre una Superficie**

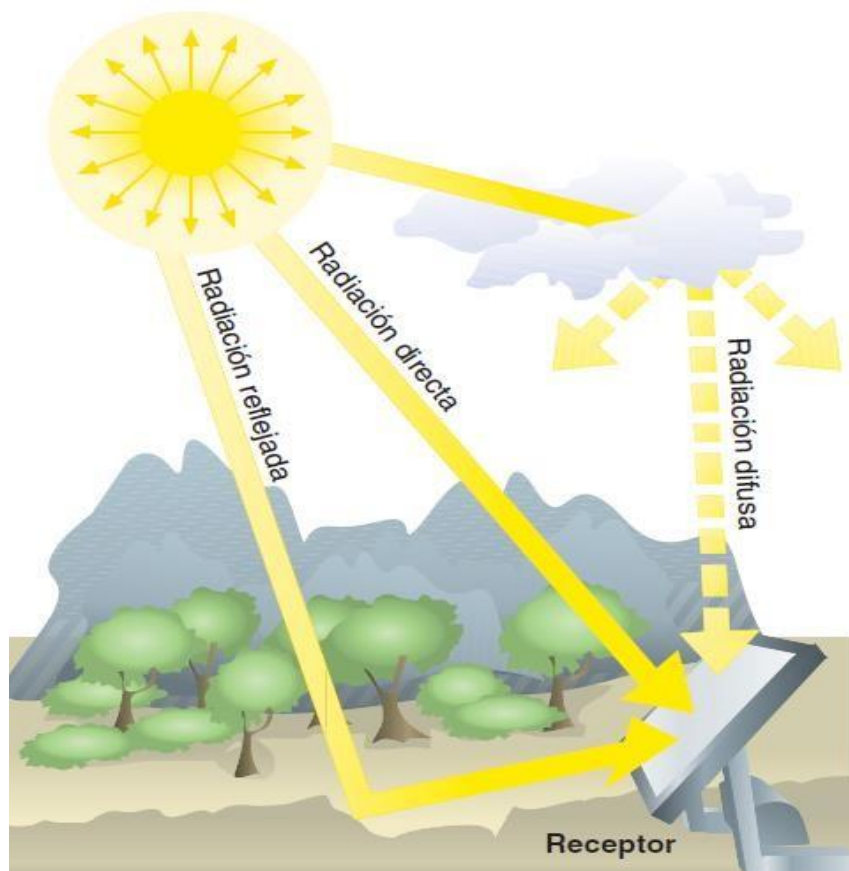
La radiación posee diversificaciones temporales, algunas aleatorias, como la cobertura de nubes, y otras predecibles, como las variaciones estacionales o diurnas causadas por el movimiento de la Tierra. La radiación solar en el receptor se divide en mecanismos: radiación difusa, directa y reflectancia o albedo.

Radiación directa: Estas constituyen rayos obtenidos del Sol.

Radiación difusa: Estas procedentes de toda esta bóveda del cielo, descartando su disco solar, formándolos en rayos esparcidos por su atmósfera en orientación al receptor.

Albedo o Radiación reflejada: Este es manifestada por su superficie terrestre hacia su receptor. Dependiendo de forma directa de esta naturaleza de sus lagos, montañas, edificios, entre otros; que envuelven al receptor.

La adición de todas estas irradiancias descritas se llama irradiancia global y es la irradiancia solar total recibida en la superficie receptora y, por tanto, es la irradiancia que queremos entender y cuantificar.



**Figura 2.** Tipos de radiación sobre una superficie.  
Fuente: Castejón, A. y Santamaría G. (2010).

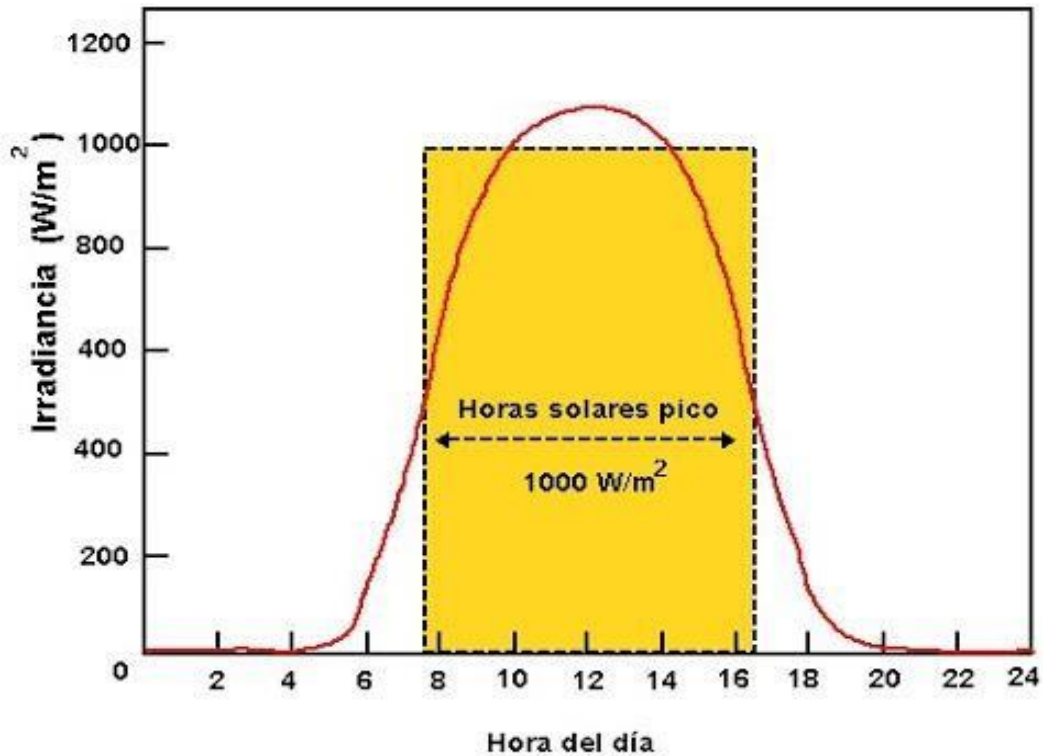
### **Hora Solar Pico (H.S.P.)**

Para proporcionar el procesamiento computacional de la instalación fotovoltaica, se ha simplificado el cálculo de la eficiencia energética de dichas instalaciones utilizando conceptos relacionados con la radiación solar, en concreto las "Peak Sunshine Hours" (HSP).

Esta HSP se denomina hora del día y suministra la misma radiación solar total que la radiación solar real (HSP) del día si la radiación solar ideal es  $1000 \text{ W/m}^2$ .

En otras palabras, después de obtener la información de radiación solar de un día en particular, divídalos entre 1000 para obtener la PA. Podría concluir sencillamente que cuando este valor de radiación solar disponible se expresa en  $\text{kWh/m}^2$ , son numéricamente consistentes con los resultados obtenidos al expresar HSP.

Estas horas pico nos ayudarán a comprender la energía disponible. La Figura 3 explica gráficamente este concepto.



*Figura 3.* Representación de la hora solar pico (HSP) en un día  
Fuente: Cieza, J. (2017).

Los parámetros utilizados para los cálculos de esta Radiación Solar son sus dos magnitudes, a fin de cuantificar la potencia y energía, que se mencionan a continuación:

### **La Irradiancia Solar**

Consta en su potencia de esta Radiación Solar por su área incidente de la superficie, es decir, se mide  $W/m^2$ . Su Irradiancia llega al límite superior de su atmósfera terrestre, teniendo un valor establecido de  $1367 W/m^2$ , mediante el World Radiation Center (WRC), valor denominado como Constante Solar que, en realidad, cambiando en función de su distancia Tierra-Sol (por esta inclinación del planeta) y sus estaciones del año. La Irradiancia Solar continúa disminuyendo en orden de su descenso hacia la superficie terrestre hasta el valor de  $1000 W/m^2$ , valor estándar empleado en la elaboración de paneles

fotovoltaicos, donde el valor puede variar nuevamente por los factores climatológicos.

La Irradiación Solar, Consta en una integral de un periodo de tiempo de esta Irradiancia o, también expresada como, su energía de esta Radiación Solar mientras un determinado periodo de tiempo que puede ser un día, mes o año con estas unidades de  $J/m^2$ , aunque mayormente expresada como  $Wh/m^2$  dado que es relativo a la generación eléctrica.

### Módulo Fotovoltaico

Este módulo fotovoltaico consta de diferentes elementos conectados en serie y/o paralelo, conectados para incrementar en paralelo y su corriente para aumentar su tensión.

Para poder ensamblar paneles solares, sus fábricas tienen estar legalizadas con mayores estándares de calidad, especialmente para la soldadura. Se emplean esencialmente metales (buen conductor) y vidrio.

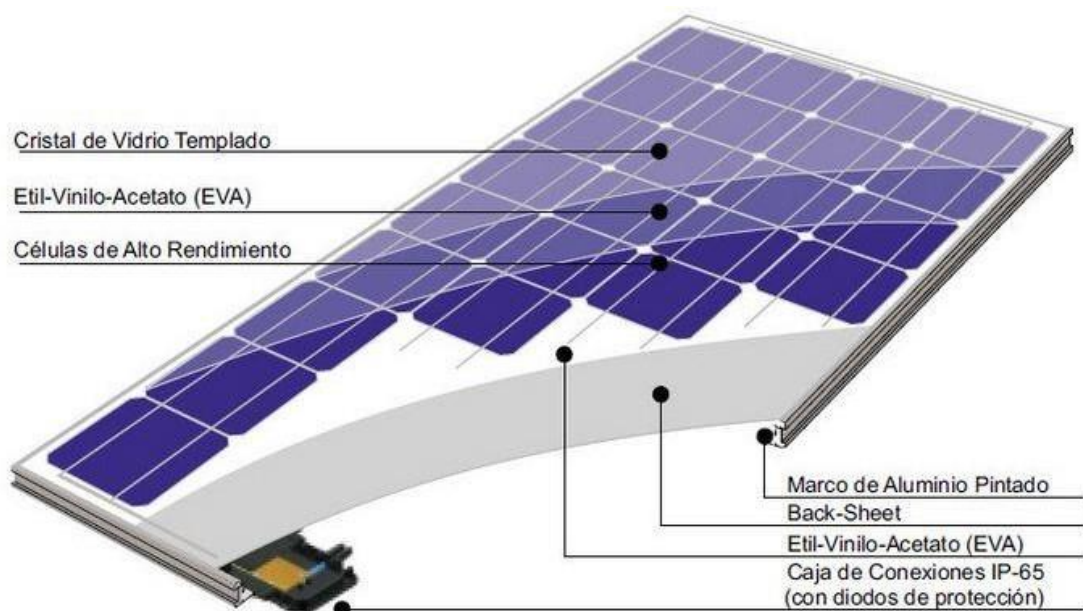
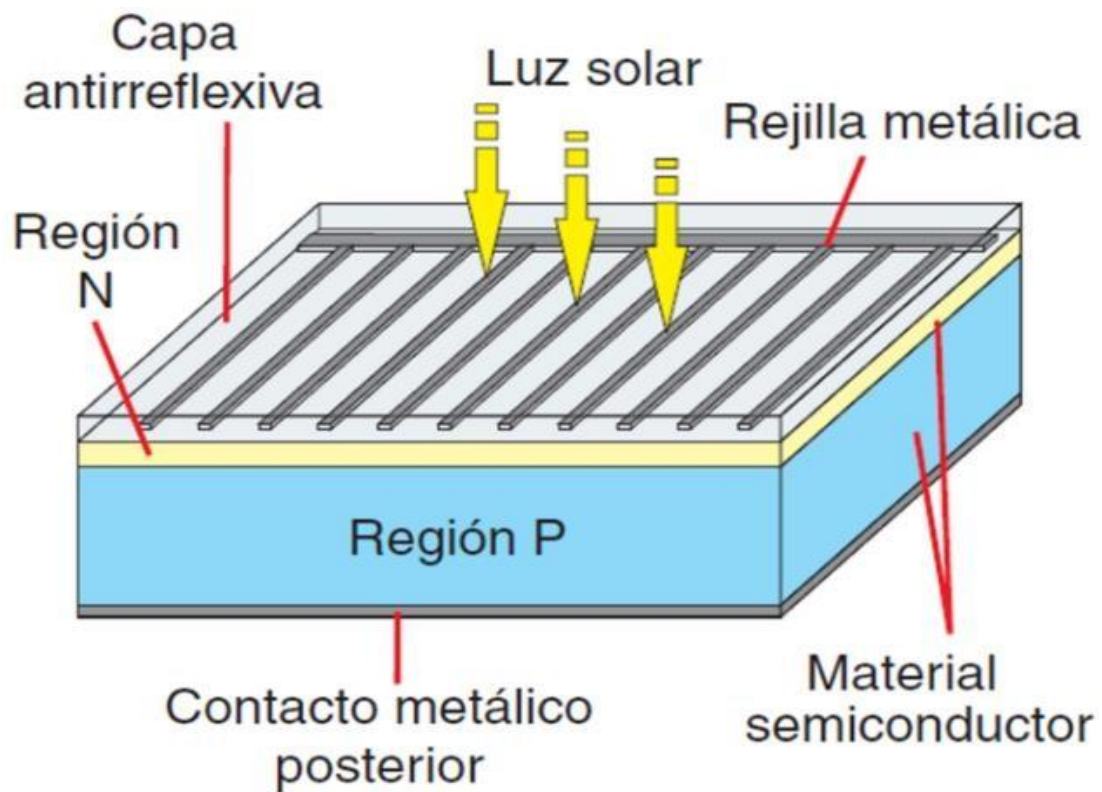


Figura 4. Constitución de un panel solar.  
Fuente: Casa, M., y Barrio, M. (2012).

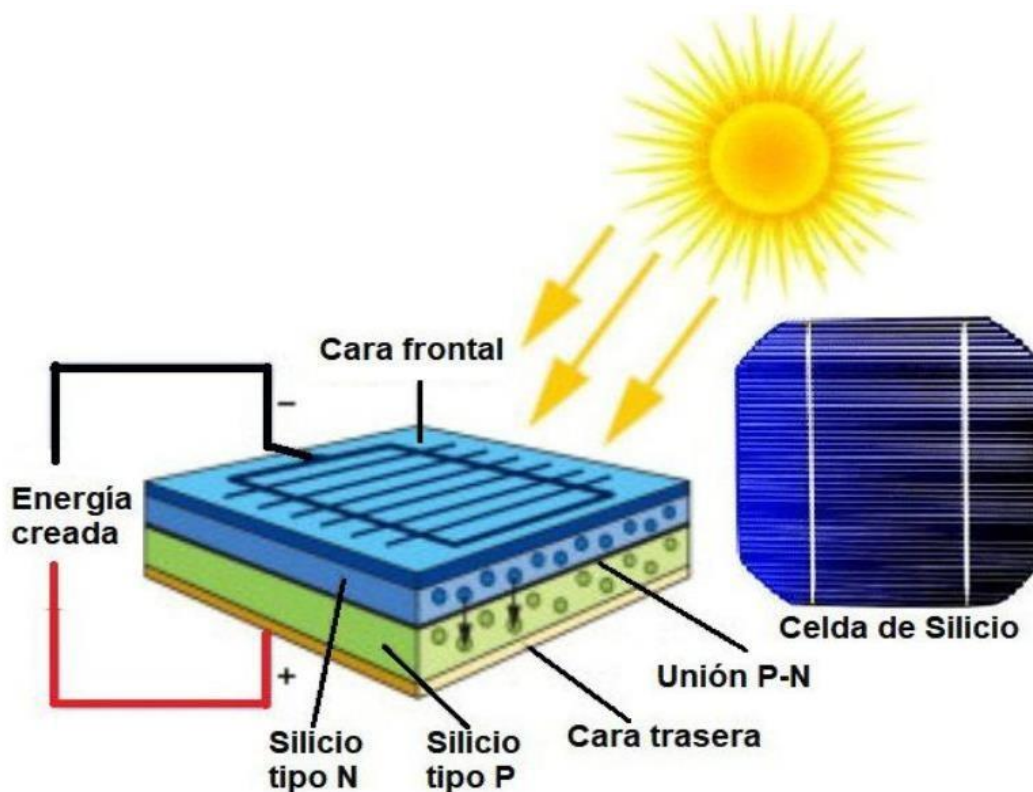


*Figura 5.* Estructura básica de una célula solar.  
Fuente: Casa, M., y Barrio, M. (2012).

### **Célula Fotovoltaica**

Los principales componentes de sus paneles fotovoltaicos se basan en elementos cuyo funcionamiento permite obtener electricidad únicamente a partir de la luz.

Esta célula fotovoltaica es sensible a la luz, está hecha del material semiconductor silicio y, mayormente de los casos, excitadas por la radiación (temperatura elevada), el electrón puede fluir desde P (electrodo positivo) a N (electrodo negativo), creando un electrodo interno con voltaje cuando hay una resistencia cuando se genera una corriente. El átomo de Si tiene 4 electrones en sus orbitales de valencia y estos electrones constituyen una malla con otros átomos de silicio, mostrándose en la figura. Estos átomos intervienen cuatro electrones con otros átomos circundantes y forman enlaces fuertes que conservan unida la estructura. Al intervenir estos electrones con 4 átomos vecinos, los átomos de Si adquieren una distribución de gas noble.



**Figura 6.** Principio de funcionamiento de una célula fotovoltaica  
 Fuente: Casa, M., y Barrio, M. (2012).

### **Tecnología de Fabricación de Células Solares**

Desde sus primeros usos, diversas tecnologías se han podido construir en busca de dispositivos fotovoltaico con características atractivas para el producto en cuestión, tales como Cucaita y Cabeza (2017) exponen: “Esta absorción de su luz solar, costos bajos de inversión, mayores rendimientos y desarrollos en procesos de fabricación”. Dentro de estas tecnologías de aplicación y sus materiales empleados se pueden distinguir dos principales clasificaciones:

#### ***a) Celdas de solidos cristalizados***

Son células fabricadas a base de estructuras de Silicio, por esta abundancia del material disponible en su corteza terrestre (siendo solo superado por el oxígeno), y bajo la característica de su distribución se puede dividir en Monocristalino, Silicio y Policristalino, siendo las más empleadas en su

actualidad. A pesar de su popularidad, el Silicio implica a una serie de limitaciones, como su costo de inversión y ambientalmente poco sostenibles en cuanto a su procesamiento de fabricación de forma específica (Cucaita y Cabeza, 2017).

### ***b) Celdas de película delgada***

Catalogadas como celdas de segunda generación, la ventaja más notable de este tipo de celdas reside en su capacidad de absorber de una manera más eficiente los fotones con energía superior al Energy Gap en comparación a las celdas convencionales de Silicio, esto se traduce en una considerable disminución del material para su fabricación (las celdas de película delgada poseen un espesor de alrededor  $2\mu\text{m}$  [CGIS] hasta  $7\mu\text{m}$  [CdTe] del elemento absorbedor de fotones mientras que las obleas de sc-Si o mc-Si necesitan  $200\mu\text{m}$ ), en otras palabras, esta principal característica de sus celdas fotovoltaicas de película delgada, siendo la posibilidad de lograr un coste bajo más que su excelente eficiencia. (Zimmer, s.f., Alonso et. al, 2002).

## **Parámetros Fundamentales de la Célula Solar**

En estas hojas de datos, el panel muestra datos de eficiencia, amperaje y voltaje bajo la condición estándar llamadas STC (Standard Test Conditions). A continuación, se menciona los parámetros:

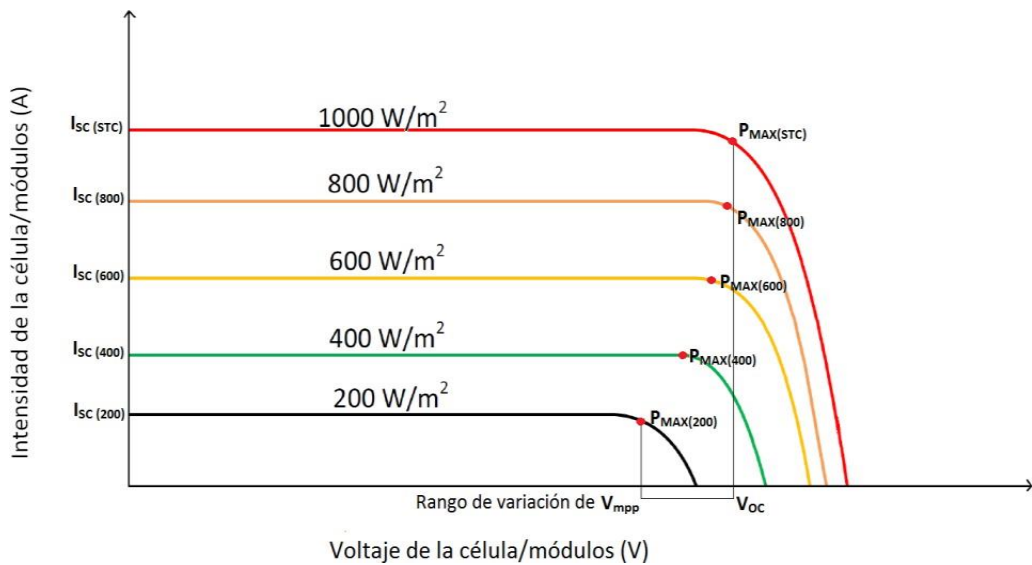
- a) Irradiación  $1000\text{ W/m}^2$
- b)  $T^\circ$  del módulo  $25^\circ\text{C}$
- c) AM 1.5

La intensidad y el voltaje que produce un panel solar depende de varios factores, significativos son su radiación y la  $T^\circ$  a la que se coloca el módulo.

## Curvas Características

### a) *Curvas Intensidad vs Tensión y Potencia vs Tensión*

La potencia del panel muchas veces se indica en el Punto de Máxima Potencia (Valdiviezo Salas 2014) (PMP), sin embargo, donde el cálculo del cableado se recomienda utilizar el punto de cortocircuito ( $I_{cc}$ ). La figura 7 ilustra los puntos característicos que se incluyen en los catálogos de paneles.

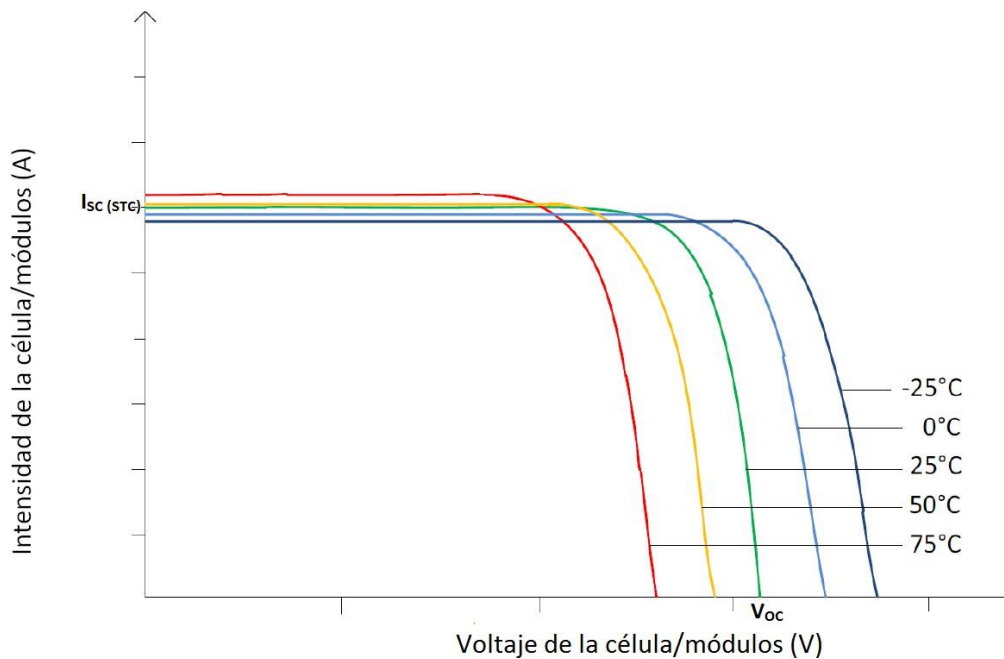


**Figura 7.** Característica I-V de una célula solar en función de la irradiancia.

Fuente: Díaz, T., y Carmona, G. (2010).

### b) *Efecto de la temperatura*

Se puede apreciar, el voltaje de salida crece junto con la potencia a medida que cae la temperatura, mientras que la corriente permanece relativamente igual incluso si la temperatura disminuye. Es por el hecho de que las características del silicio cambian dependiendo de la temperatura que se produce este fenómeno.



**Figura 8.** Característica I-V de una célula solar en función de la temperatura de la célula.  
Fuente: Díaz, T., y Carmona, G. (2010).

### c) Efecto de la radiación

Evidentemente, cuanto mayor es la radiación, más energía produce el panel.

### d) Efecto sombras

Las sombras pueden reducir seriamente la cantidad de electricidad suministrada y acortar la vida útil del panel solar. Se intenta siempre mantener los paneles libres de sombras.

A veces, es posible que el voltaje y la corriente de un módulo fotovoltaico no se ajusten a las exigencias de un sistema. Reunir distintos módulos es esencial para lograr valores óptimos. Es importante considerar que conectar módulos en serie aumentará el voltaje del sistema, mientras que conectar módulos en paralelo aumentará la intensidad de corriente. Sin embargo, señala que es posible que las características de voltaje y corriente no siempre cumplan con los requisitos deseados.

Puede conectarse de acuerdo con tres tipos de tipos descritos a continuación:

- Conectar en serie para crecer el voltaje del generador.
- Conectar en paralelo para incrementar el amperaje del generador.
- Conectar en paralelo/serie para crecer el voltaje y el amperaje del generador.

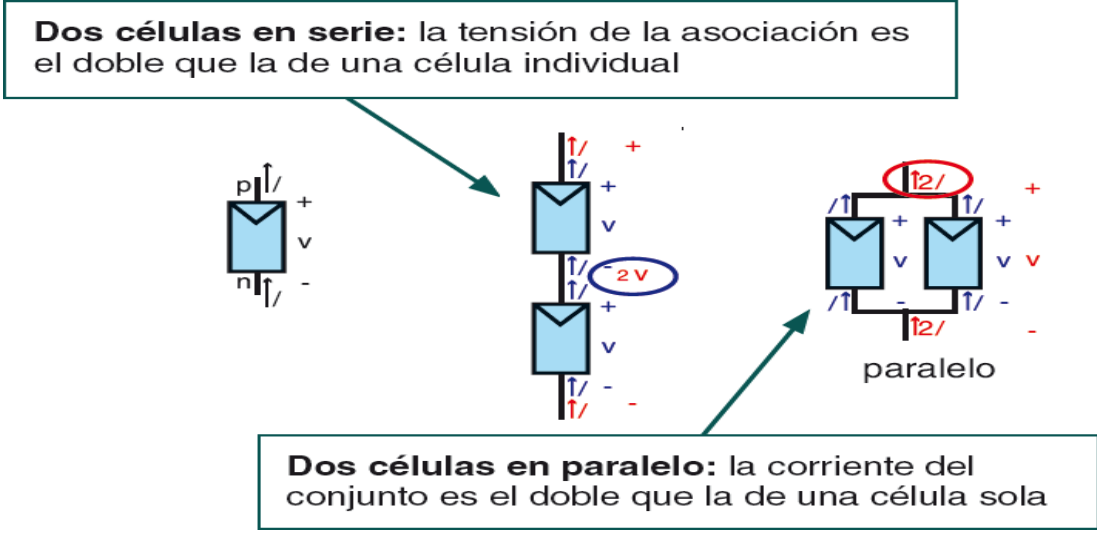
### **A. Conexión de módulos serie**

Cuando el panel se conecta en serie, el terminal positivo de un módulo se vincula al terminal negativo del siguiente módulo. Esto permite aumentar el voltaje conservando constante la corriente producida. Dado que se considera que todos los módulos fotovoltaicos tienen las mismas características, la tensión producida es igual al producto de la tensión de cada módulo por la cantidad de módulo fotovoltaico. Es decir, es igual al total de los voltajes de cada módulo solar.

### **B. Conexión de módulos en paralelo**

Todos los polos positivo y negativo están conectados de forma independiente cuando los paneles están conectados en paralelo. Al hacer esto, conseguimos mantener un voltaje constante mientras aumentamos la corriente producida (sumando la intensidad eléctrica del panel).

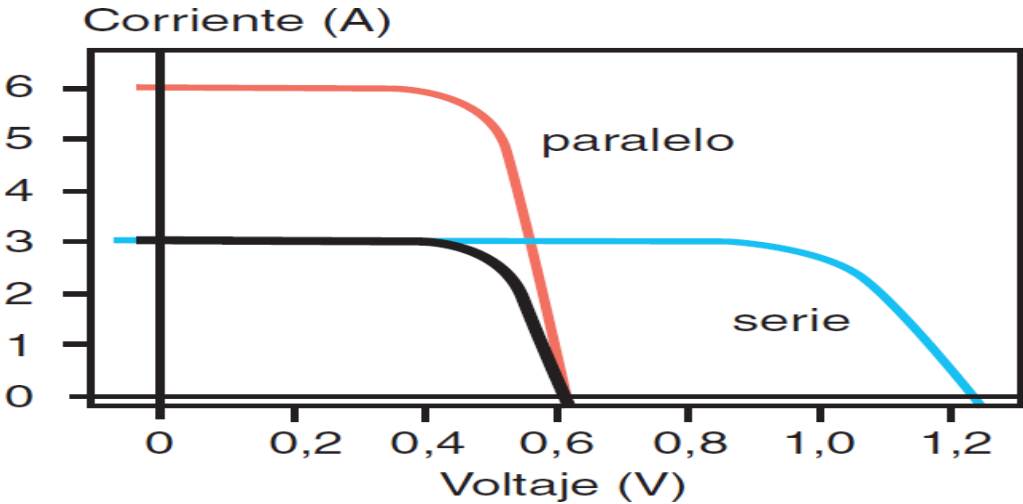
La corriente creada es igual al total de todas las corrientes formadas por cada módulo, o al producto de la corriente de un módulo por la cantidad de módulos (porque se cree que posee la misma característica).



*Figura 9.* Asociación de módulos solares  
 Fuente: Castejón, A. y Santamaría G. (2010).

**C. Conexión de módulos en serie/paralelo**

El voltaje del generador es igual al voltaje del componente multiplicado por la cantidad de componentes en serie, y la corriente del generador es igual a la corriente del componente multiplicado por la cantidad de componentes en paralelo.



*Figura 10.* Característica de I-V, en una conexión serie paralelo de un módulo fotovoltaico  
 Fuente: Orbeago, C., y Arivilca, R. (2010).

## Los Sistemas Fotovoltaicos Conectados A Red

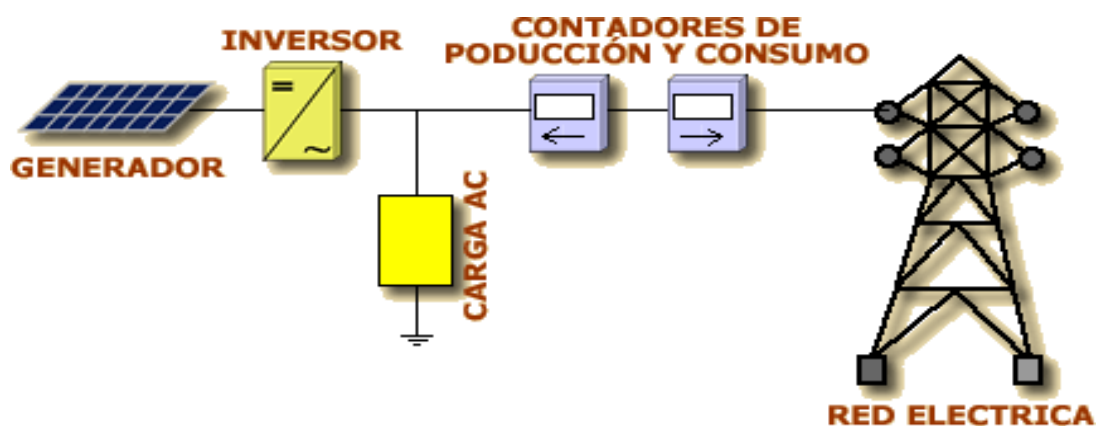
El sistema fotovoltaico bloqueado, a menudo denominados sistemas de energía solar conectados a la red, son dispositivos de generación de energía solar que aprovechan la radiación solar para generar electricidad, que luego se alimenta directamente a la red eléctrica convencional de un edificio o una casa, o incluso a una red eléctrica más grande. Estos sistemas se componen de varias partes, como cables, dispositivos de protección, inversores y paneles solares fotovoltaicos.

Con la ayuda de estos dispositivos, los propietarios pueden reducir su dependencia de la red eléctrica tradicional y quizás ahorrar dinero en sus costos de energía. Además, ayudan a la producción de energía sostenible y limpia, lo que reduce la emisión de gas de efecto invernadero y beneficia al medio ambiente. Dependiendo de la zona y de las leyes locales, existen diferencias en la viabilidad y los incentivos para construir una instalación fotovoltaica acoplada a la red.

### Componentes del Sistema Fotovoltaico

#### a) Paneles solares

El objetivo del panel solar fotovoltaico es utilizar el efecto fotovoltaico para transformar la luz solar en energía. Están hechos de células solares que, cuando se presentan a la luz solar, producen corriente continua (CC).



**Figura 11.** Conexiones de un sistema fotovoltaico conectado a red.  
Fuente: Orbegozo, C., y Arivilca, R. (2010).

## ***b) Inversor***

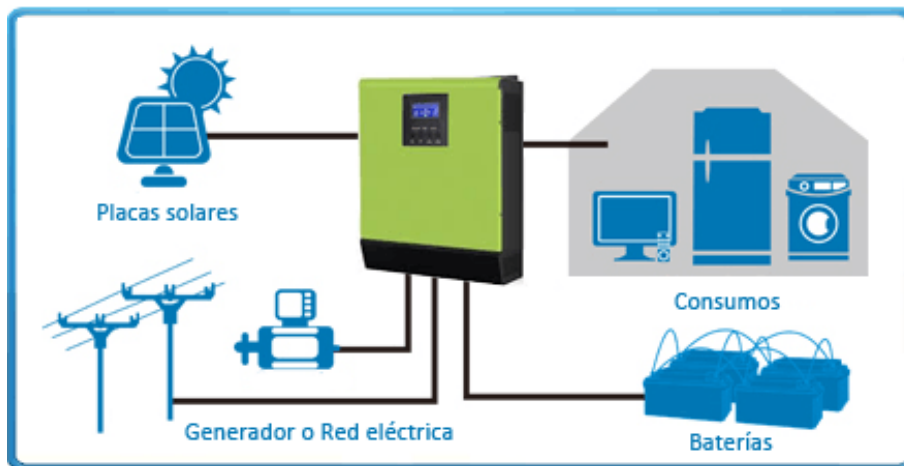
La energía directa se convierte en corriente alterna mediante inversores. Su fundamento está en los dispositivos eléctricos que tienen la capacidad de detener y alterar su polaridad.

Es necesario que sean autoconmutables, es decir, que no necesiten alimentación externa, para aplicaciones en instalaciones aisladas.

Lo mejor es elegir un inversor que produzca una onda sinusoidal pura, o uno que sea bastante comparable a la red eléctrica, porque se alimentarán cargas electrónicas. 2014 Valdivieso Salas.

Para cumplir con la norma técnica "Especificaciones técnicas y ensayos de componentes de sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp", se deben cumplir los siguientes requisitos previos:

- Se puede encontrar menos del 5% de la distorsión armónica general de la tensión del inversor en relación con la tensión RMS fundamental. Es necesario mantener la frecuencia nominal dentro del  $\pm 5\%$  de su valor nominal.
- La caja del inversor tiene que cumplir con los estándares de protección IP 54.
- Cada carga listada en la instalación tiene que encenderse, funcionar y proporcionar consistentemente la potencia nominal.
- El inversor debe salvaguardarse en las siguientes situaciones:
  - Un voltaje de entrada que no está dentro del rango operativo.
  - Cortar las pilas, un cortocircuito en la salida de la corriente alterna.
  - Sobrecargas que superan los límites y la duración permitidos.
- Cuando no hay carga asociada, el autoconsumo del inversor no debe ser superior al 2% de la potencia nominal de salida. Asimismo, las pérdidas diarias del inversor no deben ser superiores al 5% del consumo total diario.



**Figura 12.** Conexiones de un inversor en una instalación fotovoltaica.  
Fuente: Martínez, J. (2011).

### c) Medidor bidireccional

En sistemas fotovoltaicos conectados a red, se instala un medidor bidireccional que mide tanto la electricidad que se consume de la red como la electricidad que se inyecta en la red desde el panel solar. Esto permite rastrear la cantidad de electricidad producida y consumida.

### d) Cables

La elección de los cables para la instalación depende del tipo de canal y aplicación que se utilicen. Los cables deben tener suficiente aislamiento. Para realizar los cálculos se consultará el Código Eléctrico Nacional (CNE) y la Norma Técnica Peruana (NTP).

Es necesario que las secciones de los conductores tengan huecos de tensión no superiores al 3% entre el regulador de carga y el generador solar, al 1% entre el regulador y batería y al 5% entre el regulador de carga y las cargas. Todas estas cifras están en consonancia con la mayor situación actual.

### ***e) Elementos de protección***

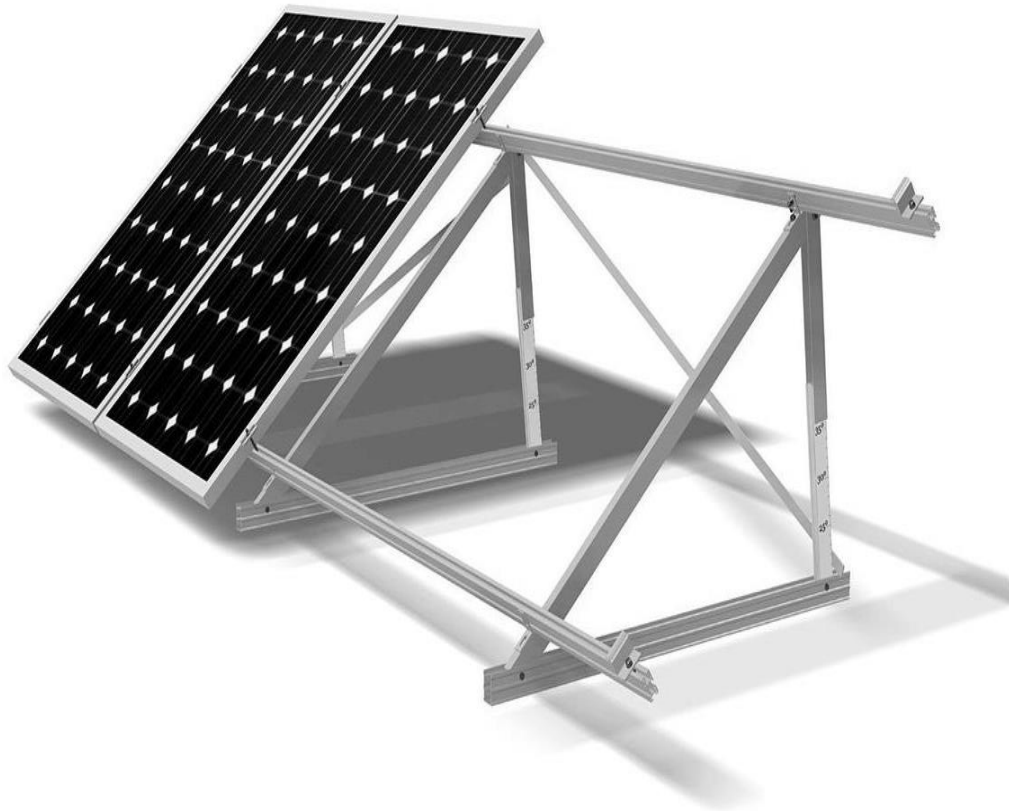
Puede confiar en sistemas de seguridad adicionales asimismo de los mecanismos de protección integrados en la unidad de control. Estos incluyen diodos, seccionadores térmicos (relés o fusibles) y protección contra tensión excesiva tanto para corriente continua y alterna.

Al seleccionar los fusibles, es importante asegurarse de que la corriente máxima de funcionamiento esté entre el 50 y el 80 % de la clasificación del fusible (I. nom) (Valdiviezo Salas, 2014).

### ***f) Estructuras de soporte fijo***

Su uso está muy extendido en el entorno del módulo fotovoltaico plano. Esparcen la eficiencia de la instalación al darle a los paneles ángulos predefinidos que se basan en la latitud de la ubicación. Están disponibles versiones para piso, pared, techo, poste e incluso con integración arquitectónica, ofreciendo los siguientes beneficios:

- Su costo es más económico
- También se reduce su coste y frecuencia de mantenimiento.
- Estos son componentes muy confiables.
- - No consumen energía.



**Figura 13.** Estructura inclinada para soporte de paneles fotovoltaicos  
Fuente: <https://puntosolar.cl/index.php/producto/estructura-montaje-montes/>

En un contexto en constante evolución, es fundamental que la investigación aborde problemas que sean pertinentes y tengan implicaciones significativas tanto en el entorno teórico como en el práctico. En el presente trabajo, se presenta una justificación fundamentada y sustentada para respaldar la elección y la pertinencia de la investigación.

En 2008, el crecimiento no convencional y de energía renovable comenzó con un nuevo marco legal. Este sistema debe alcanzar subastas competitivas y cíclicas. El propósito es optimizar la calidad de vida de la población y mantener el entorno ambiental. Para ello se han realizado cuatro procedimientos de subasta RER para el Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SEIN) y uno para regiones no interconectadas. Debido a que incorporan tecnologías bajas en carbono, los RER pueden tener un efecto ambiental mucho menor que los combustibles fósiles, dependiendo de cómo se utilicen. También permiten una diversificación fiable, lo que

mejora el suministro energético tradicional. Por esta razón, es necesario cambiar el modelo actual, que depende en gran medida de grandes infraestructuras de generación y energía convencional, en favor de una propuesta que enfatice la eficiencia, la generación distribuida y la fuente de energía renovable, en particular la energía solar fotovoltaica. Para abaratar costos de operación en un establecimiento hotelero es imperativo evaluar la viabilidad de utilizar un sistema de generación fotovoltaico como fuente de energía eléctrica. Esto permitirá agregar la energía solar como una propuesta viable para su uso en el sector comercial.

Durante los últimos cinco años, la industria hotelera del Perú ha tenido un desarrollo positivo y, como resultado del aumento de la demanda, se ha alentado a empresas privadas tanto nacionales como extranjeras a realizar inversiones en este sector. Debido al aumento de visitantes internacionales al país, muchos de los cuales vienen por turismo, la demanda y oferta en la industria del alojamiento siempre están cambiando. Además de otros recursos, los hoteles utilizan mucha energía para brindar a sus clientes el confort y las comodidades que ofrecen. La energía se utiliza en forma de electricidad para hacer funcionar maquinaria, como bombas y motores, y calor (térmico), principalmente en aguas termales y calderas para producir el vapor que necesita el negocio.

Ahora es probable disminuir drásticamente el consumo de energía en este sector empresarial gracias a los avances en eficiencia energética (cantidad de energía utilizada para ofrecer un determinado servicio a un visitante)..

Por tal motivo, el Establecimiento hotelero “*Flamingo's*”, evalúa la posibilidad de tener un suministro autónomo de manera parcial con energía solar fotovoltaica, dada la situación del elevado costo en las operaciones del servicio que brinda en los momentos de máxima demanda. Por tal motivo se hace imprescindible plantearse la siguiente pregunta:

- ¿Será viable disminuir los costos operativos en un establecimiento hotelero, suministrando energía eléctrica con un sistema de generación fotovoltaica como generador eléctrico?

En cualquier investigación, las variables desempeñan un papel fundamental, ya que son los elementos que se estudian y analizan para obtener resultados y conclusiones significativas. En el presente estudio, se identifican y describen las variables que serán objeto de análisis y estudio. Estas variables han sido seleccionadas cuidadosamente debido a su relevancia para el problema de investigación y su potencial influencia en los resultados y conclusiones del estudio.

**Tabla 1**

*Operacionalización de las Variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
<b>Dependiente</b>				
Costos operativos	Los tipos de costos en los que incide una compañía en el desarrollo de la actividad comercial.	Son los costos que se genera por el consumo de energía eléctrica en las diferentes cargas del establecimiento hotelero.	Consumo de energía	Energía eléctrica KWh
			Gastos en energía eléctricas	Costo S// KWh
			Indicadores económicos	VAN, B/C
<b>Independiente</b>				
Sistema de generación fotovoltaica	Se trata de un grupo de dispositivos que utilizan la energía generada por el sol y la transforman en electricidad.	El sistema fotovoltaico se basa en la capacidad de las células fotovoltaicas de convertir la energía solar en energía eléctrica (DC). Sus dimensiones son: panel solar, inversor, controlador de carga.	Panel solar	Parámetros eléctricos en DC
			Inversor	Parámetros eléctricos en AC

*Nota: Elaboración Propia.*

El estudio, se plantea una hipótesis de investigación con el objetivo de probar o examinar una posible relación o efecto entre las variables seleccionadas. La hipótesis se centra en el análisis de la literatura existente, la revisión de estudios previos y la formulación de una suposición fundamentada.

La hipótesis constituye una guía para la investigación, ya que plantea una relación o una predicción entre las variables de estudio y proporciona un marco para

el diseño y la ejecución del estudio. La hipótesis es la siguiente: Es viable disminuir costos operativos en un establecimiento hotelero, utilizando como suministro de energía eléctrica un sistema de generación fotovoltaica.

El presente estudio, se establecen los objetivos de investigación con el propósito de guiar la investigación y conseguir los resultados deseados. Estos objetivos se derivan de la problemática identificada, las preguntas de investigación y la hipótesis planteada, y están alineados con el propósito general del estudio. Los objetivos de la investigación definen las metas específicas que se alcanzarán a través de la investigación. Estos objetivos guiaron el diseño, la realización y los resultados del estudio y proporcionaron una dirección clara y concisa para el proceso de investigación. Con base en lo anterior, el objetivo general es evaluar una planta de generación de energía solar como proveedor de energía eléctrica para reducir los costos de operación de un hotel.

A continuación, se ofrecen objetivos específicos de investigación, a saber: determinar los recursos solares y las condiciones geográficas en el área de investigación, analizar la información recopilada para comprender y caracterizar los recursos energéticos en el área de investigación, determinar el consumo de energía de la construcción hotelera, según la radiación solar, la intensidad de la iluminación de la población determinan la capacidad del sistema, calcular la capacidad de generación del sistema fotovoltaico para satisfacer las necesidades energéticas planteadas y evaluar económicamente el sistema fotovoltaico.

## 2. METODOLOGÍA

El estudio fue de tipo descriptiva ya que describen los hechos y el sistema en sí, No Experimental a causa a que las variables de estudio no sufren cambios.

Diseño de la investigación: no experimental - Comparativo, ya que la variable costos operativos tiene una relación directa con el sistema fotovoltaico dimensionado, el cual a su vez dependerá del potencial solar del lugar; realizando las siguientes actividades:

- Recopilar datos sobre el tema de investigación a partir de libros, publicaciones científicas, tesis y revisiones bibliográficas utilizando bases de datos.
- Identificar los parámetros geográficos y las fuentes de energía solar de la región bajo investigación.
- Examinar los datos recopilados para comprender y describir el recurso energético que existe en la región de implementación propuesta del proyecto.
- Recopile datos históricos sobre el uso de energía y obtenga ofertas y catálogos de panel solar, baterías, inversor de carga, conectores y otros componentes del sistema.
- Determinar la capacidad del sistema considerando la irradiancia solar y el consumo energético de la población.
- Crear el sistema solar con la capacidad necesaria para compensar las demandas energéticas proyectadas de la región en estudio, teniendo en cuenta las circunstancias examinadas.
- Valorar económicamente el sistema fotovoltaico autosuficiente.

Para la población y la muestra son iguales, es decir la población y muestra es única: Establecimiento hotelero “*Flamingo’s*”. Para esta investigación, se utilizará un muestreo del tipo no probabilístico, es decir muestreo por conveniencia; básicamente por la accesibilidad, disponibilidad y gran facilidad operativa. El hospedaje “*Flamingo’s*” se encuentra ubicado en:

- País: Perú
- Departamento: Áncash
- Provincia: Del Santa
- Distrito: Chimbote
- Latitud: - 9.029586°
- Longitud: - 78.558421°



Figura 14. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: <https://www.google.com/maps/search/La+Campi%C3%B1a-Chimbote/@-9.0304478,-78.5596953,387m/data=!3m1!1e3?hl=es-419>

Los métodos de recopilación de información y datos se centran en estudios cuantitativos y el análisis de datos observacionales y se apoyan en el análisis de documentos y registros estadísticos enfocados en artículos, manuales, catálogos, libros y sitios web. gobiernos locales y otros gobiernos nacionales.

Las técnicas para la recolección de datos para obtener y analizar información utilizadas en este estudio fueron:

- Revisión bibliográfica: Una variedad de artículos, tesis y cuadernos proporcionados por empresas energéticas líderes son revisados por pares.
- La Entrevista: se utilizará para coleccionar información del equipo de alumbrado y a potencia con los que cuentan el hotel.
- El Fichaje: se empleará para registrar los datos obtenidos en instrumentos llamados fichas.

Así mismo, se aplicaron los instrumentos:

- Resumen: Este instrumento será utilizada para obtener ideas claves del Ministerio de Energía y Minas del Perú (MINEM) y estándares publicados por otros países que ayudan a sentar las bases para esta investigación.
- Lista de chequeo: se utilizará para rescatar la información científica, normas y leyes según el MINEM y de diversos países con lo que realizamos el marco conceptual y metodología.
- Fotografías: cuyo fin es fotografiar las cargas en el hotel, espacios de instalación y evidenciar nuestra presencia.
- Mapas: Así, obtendremos la localización geográfica del hotel, que es objeto del estudio.
- Planos: accede poseer un enfoque general en base a la distribución y ubicación de la instalación eléctrica y cargas recíprocas.

Para procesar los datos de campo se utilizó una computadora portátil con CPU Core i3, Windows 7 y Microsoft Word y Excel. El software PVSYST se utiliza para analizar la información de la NASA. Este programa admite la simulación de los componentes de la instalación fotovoltaica para conocer la energía anual generada y conocer las especificaciones técnicas del sistema, así como el conocimiento de la radiación del lugar en un plano oblicuo, ideal para la zona de ubicación.

Para la obtención de los hallazgos y el procesamiento de datos se utilizó la metodología de Castejón, A. y Santamaría G. (2010) en su libro Instalaciones solares fotovoltaicas, donde implica una serie de actividades, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Obtención del potencial solar de la zona.
- Determinación de la demanda de energía, según el consumo.
- Obtención del ángulo de inclinación del lugar en estudio.
- Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Diseño del arreglo fotovoltaico.
- Dimensionamiento del inversor.
- Dimensionamiento de los conductores de energía.
- Análisis económico del sistema (viabilidad)

Finalmente, se considera la viabilidad desde lo económico, considerando el tema costos, de acuerdo con el ahorro obtenido por dejar de facturar la energía eléctrica de la red.

### 3. RESULTADOS

#### a. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico On Grid

Se solicita ejecutar las dimensiones de un Sistema Fotovoltaico (de ahora en adelante FV) cubriendo la demanda energética del hospedaje "Flamingos", específicamente, para 6 habitaciones (bungalows) las cuales cuentan con los siguientes componentes de consumo eléctrico:

Tabla 2

*Componentes de consumo eléctrico*

ITEM	Descripción	Cant.	Potencia (W)	Potencia total (W)	Hora/día	Energía (Wh/día)
1	Foco LED - interior	30	9	270	6	1620
2	Foco LED - exterior	6	9	54	4	216
3	Televisor	6	100	600	3	1800
4	Radio	6	50	300	2	600
5	Frigobar	6	70	420	8	3360
6	Reflectores	3	250	750	4	3000
7	Bomba de agua	1	750	750	3	2250
<b>POTENCIA INSTALADA (W)</b>				<b>3144</b>		
<b>ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)</b>						<b>12846</b>

#### b. Ángulo de Inclinación del Panel

Recordemos que los sistemas fotovoltaicos más comunes deben estar encaminados hacia el Ecuador Terrestre (Norte en el hemisferio sur y Sur en el hemisferio Norte) con una inclinación ( $\beta$ ) dependiendo de la latitud ( $\phi$ ) de acuerdo con la Tabla 3.

**Tabla 3***Angulo de inclinación de panel en función de la latitud*

<b>Latitud: <math> \varphi </math> en grados</b>	<b>Ángulo de inclinación fijo: <math>\beta</math> en grados</b>
$0^\circ \leq  \varphi  < 15^\circ$	= 15
$15^\circ \leq  \varphi  < 25^\circ$	= $ \varphi $
$25^\circ \leq  \varphi  < 30^\circ$	= $ \varphi  + 5$
$30^\circ \leq  \varphi  < 35^\circ$	= $ \varphi  + 10$
$35^\circ \leq  \varphi  < 40^\circ$	= $ \varphi  + 15$
$40^\circ \leq  \varphi $	= $ \varphi  + 20$

*Nota: Elaboración Propia.*

Tenemos  $|\varphi| = 9.029586^\circ$ , luego

$$\beta = 15^\circ$$

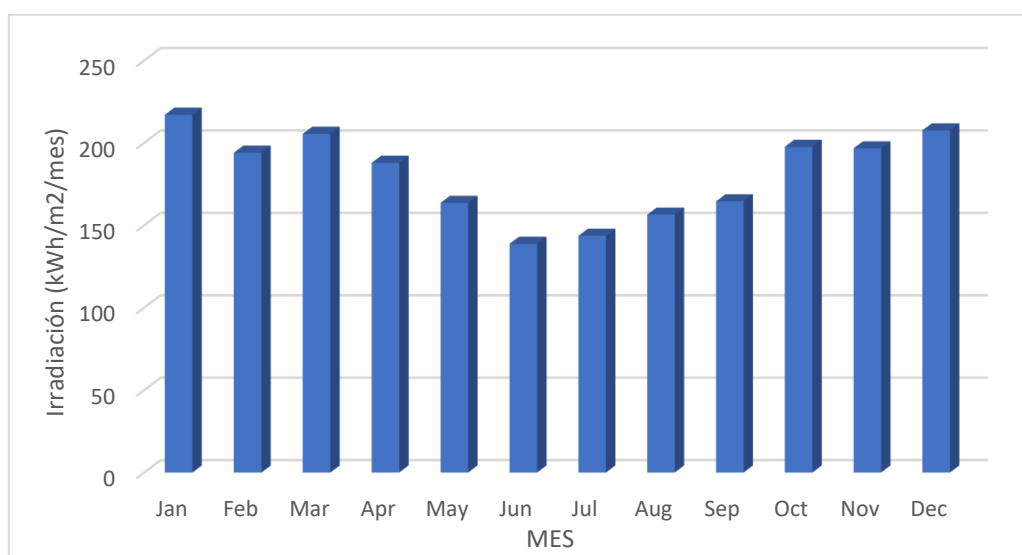
### c. Evaluación del Recurso Solar

La irradiación, o el número de energía solar llegando a una determinada región, es necesaria para construir sistemas fotovoltaicos. Hay muchas formas de encontrarlo y utilizamos datos de la plataforma del Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) para construir esta aplicación.

Luego, para la zona donde está ubicado el hospedaje “*Flamingo’s*”, se obtuvo la siguiente información.

**Tabla 4***Irradiación a 15° de inclinación durante periodo 2011 – 2015*

Mes	Irradiación (kWh/m <sup>2</sup> /mes)					
	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio
<i>Enero</i>	217,68	214,92	222,85	208,38	221,5	217,066
<i>Febrero</i>	184,95	209,18	191,25	193,78	190,93	194,018
<i>Marzo</i>	207,33	216,29	199,89	193,08	210,88	205,494
<i>Abril</i>	190,9	186,37	189,29	182,41	190,6	187,914
<i>Mayo</i>	167,32	173,55	167,3	142,68	167,13	163,596
<i>Junio</i>	136,48	152,24	132,01	128,77	144,37	138,774
<i>Julio</i>	136,43	148,83	135,09	149,53	148,36	143,648
<i>Agosto</i>	148,32	155,61	159,16	159,82	159,39	156,460
<i>Setiembre</i>	171,17	103,55	175,45	183,35	189,15	164,534
<i>Octubre</i>	196,38	195,06	193,09	202,36	201,08	197,594
<i>Noviembre</i>	204,69	203,64	184,71	195,78	194,57	196,678
<i>Diciembre</i>	204,23	207,43	221,42	206,02	198,67	207,554

*Fuente: European Comission (2019). PVGIS-NSRDB.**[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/tools.html#MR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#MR)**Figura 15. Irradiación mensual promedio (periodo 2011 – 2015).**Nota: Adaptado de la Tabla 4, elaboración propia.*

Además, se necesitan datos de temperaturas máxima y mínima, así como la cantidad de días nublados por semana. Tales datos se obtienen de la plataforma Data Access Viewer de la NASA.

A continuación, se muestra los resultados.

**Tabla 5**

*Datos de Irradiación, temperaturas máxima y mínima y días nublados*

Mes	Irradiación kWh/m <sup>2</sup> /mes	Temperaturas (°C)		Días nublados por semana
		Tmín	Tmáx	
<i>Enero</i>	217,066	16	24,01	1,57
<i>Febrero</i>	194,018	16	24,5	2,11
<i>Marzo</i>	205,494	15	24,86	1,67
<i>Abril</i>	187,914	15	25,08	2,33
<i>Mayo</i>	163,596	14	25,13	3,47
<i>Junio</i>	138,774	13	24,98	3,85
<i>Julio</i>	143,648	13	24,82	2,51
<i>Agosto</i>	156,460	13	25,07	3,58
<i>Setiembre</i>	164,534	14	24,76	2,83
<i>Octubre</i>	197,594	15	23,98	2,55
<i>Noviembre</i>	196,678	15	23,48	1,82
<i>Diciembre</i>	207,554	16	23,76	2,32
<b>Promedio</b>	<b>181,11</b>	<b>15</b>	<b>24.5</b>	<b>3</b>
<b>Máximo</b>	<b>217,066</b>	<b>16</b>	<b>25.1</b>	<b>4</b>
<b>Mínimo</b>	<b>138,774</b>	<b>13</b>	<b>23.5</b>	<b>2</b>

*Fuente: NASA (2020). Data Access Viewer.  
<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>*

Para finalizar esta sección, empleando el criterio del peor mes, hallamos las horas solar pico (HSP). La mínima irradiación solar es 138.774 kWh/m<sup>2</sup> correspondiente al mes de junio, luego para un día del mes se tienen  $138.774/30 = 4.63$  kWh/m<sup>2</sup>. En consecuencia:

$$HSP = \frac{Irradiancia_{min}}{1 \frac{kW}{m^2}} = \frac{4.63 kWh/m^2}{1 kW/m^2} = 4.63 h \quad (1)$$

#### d. Evaluación de la Demanda Energética

De acuerdo con los datos de potencia del hospedaje se construye la Tabla 6 indicándose ahora la totalidad de los componentes consumidores de potencia (para las 6 habitaciones).

**Tabla 6**

*Consumo de energía por día*

ITEM	Descripción	Cant.	Potencia (W)	Potencia total (W)	Hora/día	Energía (Wh/día)
1	Foco LED - interior	30	9	270	6	1620
2	Foco LED - exterior	6	9	54	4	216
3	Televisor	6	100	600	3	1800
4	Radio	6	50	300	2	600
5	Frigobar	6	70	420	8	3360
6	Reflectores	3	250	750	4	3000
7	Bomba de agua	1	750	750	3	2250
<b>POTENCIA INSTALADA (W)</b>				<b>3144</b>		
<b>ENERGÍA REQUERIDA POR DÍA (Wh/día)</b>						<b>12846</b>

A partir de la tabla 6, obtenemos:

**Potencia instalada**                      **Pins = 3.14 kW**

**Energía requerida diaria**      **Ed = 12.85 kWh**

**Energía requerida mensual** **Em = 385.38 kWh**

De acuerdo con un consumo diario típico se construye la Tabla 7 se evidencia la variación de carga en forma tabular (diagrama de carga).

**Tabla 7**

*Variación de la carga y cálculo de máxima demanda (MD)*

<b>Hora</b>	<b>Focos interiores</b>	<b>Focos exteriores</b>	<b>TV</b>	<b>Frigobar</b>	<b>Radio</b>	<b>Reflectores</b>	<b>Bomba</b>	<b>Potencia (W)</b>
0	0	0	0	420	0	0	0	420
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	420	0	0	0	420
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	750	750
6	0	0	0	420	0	0	750	1170
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	100	0	300	0	0	400
9	0	0	0	420	0	0	0	420
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	100	0	0	0	0	100
12	0	0	0	420	0	0	0	420
13	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	420	0	0	0	420
16	0	0	0	0	0	0	750	750
17	0	0	0	0	300	0	750	1050
18	270	54	0	420	0	750	0	1494
19	270	54	100	0	0	750	0	1174
20	270	54	0	0	0	750	0	1074
21	270	54	0	420	0	750	0	1494
22	270	0	0	0	0	0	0	270
23	270	0	0	0	0	0	0	270
<b>MD (W)</b>								<b>1494</b>

### e. Rendimiento Global de la Instalación y Energía Real

Al dimensionar un sistema solar acumulativo conectado a la red, además de la energía teórica  $E_d$  requerida por día, para calcular la energía real  $E$  que consumirá el sistema, también se tienen en cuenta las pérdidas relacionadas con toda la planta y sus componentes individuales:

$$E = \frac{E_d}{R} \quad (2)$$

Si  $R$  es el rendimiento general del dispositivo, este parámetro incluye los diversos factores que provocan pérdidas en el sistema. Definido como:

$$R = (1 - k_b - k_i - k_r - k_v) \left(1 - k_a \frac{N}{P_d}\right) \quad (3)$$

Donde:

$k_b$ : coeficiente de pérdidas por rendimiento de las baterías

$k_i$ : coeficiente de pérdidas por rendimiento del inversor

$k_r$ : coeficiente de pérdidas por el controlador de carga

$k_v$ : coeficiente de pérdidas varias

$k_a$ : coeficiente de pérdidas de energía por autodescarga

$N$ : número de días de autonomía de toda la instalación

$P_d$ : profundidad máxima de descarga admisible

Los valores respectivos son tomados de la Tabla A1 expuesta en el Anexo 1. Obteniendo:

**Tabla 8***Resumen de parámetros para el cálculo del rendimiento de instalación*

Acumuladores nuevos, sin descargas intensas	<b>kb</b>	<b>0,05</b>
Baterías estacionarias de energía solar	ka	0.005
Rendimiento inversor 90°	ki	0.1
Controlador de carga eficiente	kr	0.1
Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas en equipos	kv	0.05
Batería descargada hasta el 60%	Pd	0.6
Vivienda fines de semana	N	5

Reemplazando en la Ecuación (3), tenemos:

$$R = (1 - 0.05 - 0.1 - 0.1 - 0.05) \left( 1 - 0.005 \frac{5}{0.6} \right) = 0.671 \quad (4)$$

Luego:

$$E = \frac{12.846 \text{ kWh}}{0.671} = 19.15 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} = 574.48 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \quad (5)$$

#### **f. Cálculo de Paneles Fotovoltaicos**

A continuación, realizaremos el dimensionado del sistema generador fotovoltaico, según los datos obtenidos en las secciones precedentes:

Consumo energético diario: **E = 19.15 kWh**

Horas solar pico: HSP = 4.63 h

Temperatura ambiente máxima:  $T_{a, \text{máx}} = 25.1 \text{ °C}$

Temperatura ambiente mínima:  $T_{a, \text{mín}} = 13 \text{ °C}$

Primero, calculamos la potencia del generador fotovoltaico  $P_{G-FV}$ , como sigue:

$$P_{G-FV} = \frac{\text{Demanda energética}}{HSP} = \frac{19.15 \text{ kWh}}{4.63 \text{ h}} = \mathbf{4139.7 \text{ W}} \quad (6)$$

Siga las recomendaciones de la Tabla 9 a continuación para determinar el voltaje del sistema:

**Tabla 9**

*Voltaje para sistemas fotovoltaicos*

<b>Consumo energético <math>E_d</math></b>	<b>Voltaje Nominal <math>V_{\text{nom, sist}}</math></b>
$E_d \leq 2000 \text{ Wh}$	12 V
$2000 \leq E_d \leq 4000 \text{ Wh}$	24 V
$4000 \leq E_d$	48 V

Por lo tanto, se elige:  $V_{\text{nom, sist}} = \mathbf{48 \text{ V}}$

Para mantener con el cálculo del módulo fotovoltaico utilizaremos la ficha técnica del panel, para esta aplicación utilizarás un panel solar **550W PERC Monocristalino TENSITE**, presentando las siguientes especificaciones:

**Tabla 10***Ficha técnica del panel seleccionado*

<b>Panel Solar 550W PERC Monocristalino TENSITE</b>		
Potencia máxima, $P_{m\acute{a}x}$	550	W
Voltaje nominal, $V_{nom}$	48	V
Voltaje de máxima potencia, $V_{mpp}$	41.95	V
Corriente de máxima potencia, $I_{mpp}$	13.12	A
Voltaje de circuito abierto, $V_{oc}$	48.8	V
Corriente de corto circuito, $I_{sc}$	13.98	A
TNOCT	45	°C
Coefficiente de Temperatura $CT_{mpp}$	-0.35	%/°C
Coefficiente de T° $CT_{Voc}$	-0.27	%/°C
Coefficiente de T° $CT_{Isc}$	0.048	%/°C

El efecto de la temperatura sobre los paneles solares es muy importante y debe tenerse en cuenta en los cálculos, ya que la potencia de salida de los módulos fotovoltaicos reduciendo a medida que incrementa la temperatura ambiente.

### Temperatura de celda

$$T_c = T_a + 1000 \frac{TNOCT - 20}{800} \quad (7)$$

### Corrección por T° a las características del panel

$$\Delta P_{m\acute{a}x} = (T_{cm\acute{a}x} - 25)CT_{mpp} \quad (8)$$

$$\Delta V_{oc} = (T_{cm\acute{a}n} - 25)CT_{mpp} \quad (9)$$

$$\Delta I_{sc} = (T_{cm\acute{a}x} - 25)CT_{mpp} \quad (10)$$

Donde:

$\Delta P_{\text{máx}}$ : Variación máxima de potencia, expresada en porcentaje

$\Delta V_{\text{oc}}$ : Variación en voltaje de circuito abierto, expresada en porcentaje

$\Delta I_{\text{sc}}$ : Variación en corriente de cortocircuito, expresada en porcentaje

**Potencia máxima, voltaje en circuito abierto y corriente de cortocircuito corregidos**

$$P_{\text{máx corr}} = P_{\text{máx}}(1 + \Delta P_{\text{máx}}/100) \quad (11)$$

$$V_{\text{oc corr}} = V_{\text{oc}}(1 + \Delta V_{\text{oc}}/100) \quad (12)$$

$$I_{\text{sc corr}} = I_{\text{sc}}(1 + \Delta I_{\text{sc}}/100) \quad (13)$$

Reemplazando, obtenemos, los valores en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Correcciones por temperatura a las características del panel*

<b>T° de la celda</b>		
$T_c$	58.88	°C
<b>Variación en la magnitud</b>		
$\Delta P_{\text{máx}}$	-11.86	%
$\Delta V_{\text{oc}}$	3.24	%
$\Delta I_{\text{sc}}$	1.63	%
<b>Magnitud corregida</b>		
$P_{\text{máx, corr}}$	484.78	W
$V_{\text{oc, corr}}$	50.38	V
$I_{\text{sc, corr}}$	14.21	A

Ahora calculamos el número de paneles solares y su disposición (serie-paralelo)

### Cantidad de paneles solares N

$$N = \frac{P_{G-FV}}{P_{m\acute{a}x\ corr}} = \frac{4139.7}{484.78} = 8.539 \approx 9 \text{ paneles} \quad (14)$$

$$N_{serie} = \frac{P_{G-FV}}{P_{m\acute{a}x\ corr}} = \frac{4139.7}{484.78} = 8.539 \approx 9 \text{ paneles - serie} \quad (15)$$

$$N_{paralelo} = \frac{P_{G-FV}}{P_{m\acute{a}x\ corr} N_{serie}} = \frac{4139.7}{484.78 (9)} = 0.949 \approx 1 \text{ panel - paralelo} \quad (16)$$

Finalmente:

$$V_{oc\ serie} = N_{serie} V_{oc\ corr} = 9(50.38) = 453.43 \text{ V} \quad (17)$$

$$I_{sc\ paralelo} = N_{paralelo} I_{sc\ corr} = 1(14.21) = 14.21 \text{ A} \quad (18)$$

$$P_{G-FV} = N P_{m\acute{a}x\ corr} = 9 (484.78) = 4363 \text{ W} \quad (19)$$

### g. Cálculo del Inversor

Considerando:

Potencia instalada,  $P_{ins}$ : 3144 W

Factor de simultaneidad,  $f_{si}$ : 0.85

Calculamos la potencia del inversor,  $P_{inv}$  con la siguiente relación:

$$P_{inv} = P_{ins} (f_{si}) = 3144 (0.85) = 2672.4 \text{ W} \quad (26)$$

Finalmente, se selecciona el **Inversor de conexión a red de 3000 W GROWATT SPH3000**

## h. Cálculo de Cables

Para el cálculo de la sección de los conductores, se aplica la siguiente relación:

$$S = \frac{2 \rho L I}{\% \Delta V} \quad (27)$$

Donde:

S: sección del conductor en  $\text{mm}^2$

L: longitud del conductor en m

I: corriente eléctrica en A

$\% \Delta V$ : caída de tensión en V

$\rho$ : conductividad del conductor  $0.022 \Omega$  en  $\text{mm}^2/\text{m}$  (Cobre)

**Tabla 12**

*Cálculo de calibre de cables entre componentes del sistema fotovoltaico*

Conexión	L (m)	$\Delta V_{\text{máx-adm}}$	I (A)	V	S ( $\text{mm}^2$ )	AWG
Generador - Inversor	15	5%	13,12	377,55	0,46	10
Inversor – Tablero TD	8	3%	0,99	220	0,03	12

## i. CÁLCULO DE DISTANCIA DE SOMBRA Y ÁREA DEL SISTEMA

Tenemos:

Ángulo de inclinación:  $\beta = 15^\circ$

Largo del panel:  $L = 2279 \text{ mm}$

Ancho del panel:  $a = 1134 \text{ mm}$

Altura elevada del panel:  $H = L \text{ sen } \beta$

$$H = 2279 \text{ sen } (15^\circ)$$

$$H = 589.8 \text{ mm}$$

Para calcular la distancia de sombra (Ds) que generará una fila de paneles solares se requiere del ángulo de elevación solar ( $Y_s$ ) y el ángulo de azimut solar ( $\Psi_s$ ),

los cuales se obtiene con ayuda del gráfico de trayectoria solar que nos ofrece la Universidad de Oregon.

Ángulo de elevación solar:  $\gamma_s = 35^\circ$

Ángulo de azimut solar:  $\psi_s = 52.5^\circ$

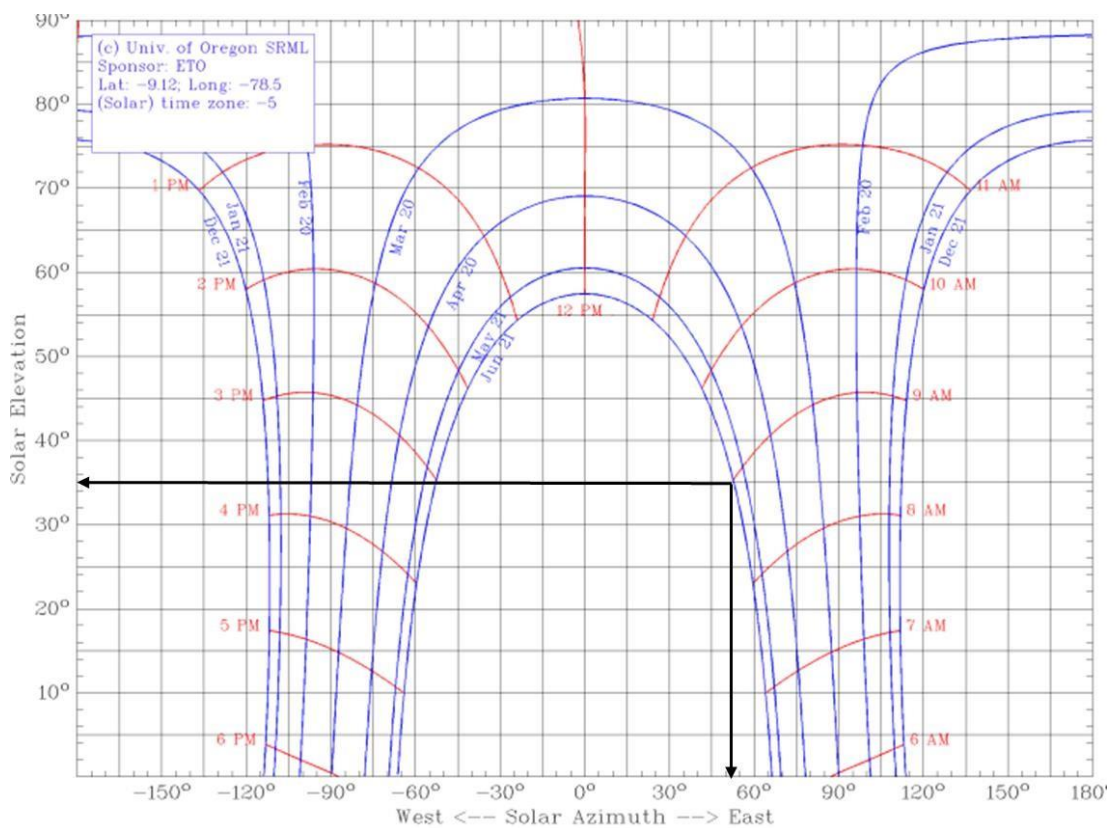


Figura 16. Gráfico de trayectoria solar

Nota: Extraído de University of Oregon (2007). <http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>

Luego:

$$D_s = \frac{L (\text{sen } \beta) (\cos \psi_s)}{\tan \gamma_s} = \frac{2279 (\text{sen } 15^\circ) (\cos 52.5^\circ)}{\tan 35^\circ} = 1382 \text{ mm} \quad (28)$$

Añadiendo un factor de seguridad  $fse = 1.15$ , obtenemos la distancia de sombra como el producto de  $D_s$  con el factor  $fse$ .

$$D_s = 1382(1.15) = 1590 \text{ mm} = \mathbf{1.59 \text{ m}} \quad (29)$$

Además:

$$\text{Área sin sombras: } A^* = L \cdot a \cdot N \quad (30)$$

$$A^* = 2.279 (1.134)(9) = \mathbf{23.26 \text{ m}^2} \quad (31)$$

Área con sombras

$$A = L \cdot a \cdot N + D_s \left( \frac{N_{\text{paralelo}}}{2} \right) a N_{\text{serie}} = \mathbf{31.37 \text{ m}^2} \quad (32)$$

## j. RESUMEN

**Tabla 13**

*Resumen de componentes para Sistema fotovoltaico On – Grid*

<b>Potencia de generación del sistema</b>	<b><math>P_{G-FV}</math></b>	<b>4363</b>	<b>W</b>
<b>Número de paneles (NP)</b>	N	9	u
N.P en serie	$N_{\text{serie}}$	9	u
N.P en paralelo	$N_{\text{paralelo}}$	1	u
<b>Inversor</b>	<b><math>P_{\text{inv}}</math></b>	<b>3000</b>	<b>W</b>
<b>Sección de cable</b>			
Generador - Inversor	G – I	10	AWG
Inversor – Tablero TD	I – TD	12	AWG
<b>Distancia de sombra</b>	<b><math>D_s</math></b>	<b>1.59</b>	<b>m</b>
<b>Área del sistema FV</b>	<b>A</b>	<b>31.37</b>	<b><math>\text{m}^2</math></b>

## k. EVALUACIÓN ECONÓMICA

**Tabla 14**

*Partida de costos de componentes de Sistema On – Grid*

Ítem	Descripción	Costo	Cantidad	Parcial	
<b>1</b>	<b>Costo de los componentes</b>			<b>S/ 16756.52</b>	<b>\$ 4628,87</b>
1.1	Panel fotovoltaico	S/ 720.30	9	S/ 6482.70	\$ 1790,80
1.2	Inversor	S/ 1905.00	1	S/ 1905.00	\$ 526,24
1.3	Soporte	S/ 8368.82	1	S/ 8368.82	\$ 2311,83
<b>2</b>	<b>Costo de materiales complementarios</b>			<b>S/ 3610.00</b>	<b>\$ 997,24</b>
2.1	Termomagnético 15A IC60N ABB	S/ 95.00	3	S/ 285.00	\$ 78,73
2.2	Caja combinadora	S/ 240.00	1	S/ 240.00	\$ 66,30
2.3	Cableados	S/ 230.00	2	S/ 460.00	\$ 127,07
2.4	Conectores y otros	S/ 125.00	1	S/ 125.00	\$ 34,53
2.5	Puesta a tierra	S/ 2500.00	1	S/ 2500.00	\$ 690,61
<b>3</b>	<b>COSTO TOTAL</b>			<b>S/ 20366.52</b>	<b>\$ 5626,11</b>

**Tabla 15***Tiempo de vida útil de componentes*

<b>EQUIPOS</b>	<b>Tiempo de vida útil</b>	<b>N° de reemplazos</b>
Panel solar	25	0
Inversor	10	2
Soporte	10	2

**Tabla 16***Parámetros adicionales*

Envejecimiento año 1	2.5	%
Envejecimiento a partir del año 2	0.65	%
Envejecimiento al año 25	18	%
Costo de Mantenimiento	120	USD/año
Tasa de descuento	10	%
Costo de Energía eléctrica - BT5B NR	0.193	USD/kWh
Demanda de energía	12846.00	Wh/día
Producción de energía al año 1	4688.79	kWh/año

A continuación, se muestra la tabla de evaluación económica para el Sistema fotovoltaico considerado:

**Tabla 17**

*Flujo de caja para el Sistema fotovoltaico On Grid*

AÑO	INGRESOS	ENERGÍA GENERADA kWh/año	EGRESOS	INVERSIÓN	GASTOS X MTTO.	FLUJO DE CAJA ECONOMICO	FLUJO DE CAJA ACUMULADO
0	0	0	5626,11	5626,11	0	-5626,11	-5626,11
1	917,06	4688,79	120,00	0	120,00	797,06	-4829,05
2	911,17	4658,31	120,00	0	120,00	791,17	-4037,88
3	905,33	4628,03	120,00	0	120,00	785,33	-3252,55
4	899,52	4597,95	120,00	0	120,00	779,52	-2473,02
5	893,76	4568,06	120,00	0	120,00	773,76	-1699,27
6	888,03	4538,37	120,00	0	120,00	768,03	-931,24
7	882,33	4508,87	120,00	0	120,00	762,33	-168,91
8	876,68	4479,57	120,00	0	120,00	756,68	587,77
9	871,06	4450,45	120,00	0	120,00	751,06	1338,82
10	865,47	4421,52	3835,00	2838,07	120,00	-2969,53	-1630,70
11	859,93	4392,78	120,00	0	120,00	739,93	-890,78
12	854,42	4364,23	120,00	0	120,00	734,42	-156,36
13	848,94	4335,86	120,00	0	120,00	728,94	572,58
14	843,50	4307,68	120,00	0	120,00	723,50	1296,08
15	838,10	4279,68	120,00	0	120,00	718,10	2014,18
16	832,73	4251,86	120,00	0	120,00	712,73	2726,91
17	827,39	4224,22	120,00	0	120,00	707,39	3434,30
18	822,10	4196,76	120,00	0	120,00	702,10	4136,40
19	816,83	4169,49	120,00	0	120,00	696,83	4833,23
20	811,60	4142,38	3835,00	2838,07	120,00	-3023,40	1809,83
21	806,40	4115,46	120,00	0	120,00	686,40	2496,23
22	801,24	4088,71	120,00	0	120,00	681,24	3177,47
23	796,11	4062,13	120,00	0	120,00	676,11	3853,58
24	791,02	4035,73	120,00	0	120,00	671,02	4524,60
25	785,95	4009,50	120,00	0	120,00	665,95	5190,55
<b>VAN (\$)</b>						<b>\$ 10493,16</b>	
<b>TIR</b>						<b>8%</b>	

## 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La investigación tuvo como objetivo general Evaluar la posibilidad de tener un suministro autónomo parcial de manera con energía solar fotovoltaica, dada la situación del elevado costo en las operaciones del servicio que brinda en los momentos de máxima demanda, para el establecimiento hotelero “*Flamingo 's*”, respecto a la variable Sistema fotovoltaico y para el análisis del recurso disponible y aprovechado por el sistema fotovoltaico propuesto, podemos afirmar que en Chimbote y en general la Zona costera del Perú, cuenta con un gran potencial solar. El valor de la irradiación promedio solar mensual para la Zona de Estudio desde el periodo 2011-2015, que se consiguió de la Base de datos según la plataforma Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), mostró un máximo valor de 217.066 kWh/m<sup>2</sup> para el mes de enero y un valor mínimo de 138.774 kWh/m<sup>2</sup> para el mes de junio. Para las condiciones geográficas de la zona de estudio se obtiene de la plataforma Data Access Viewer de la NASA, presenta temperaturas máximas de 24.5 °C y temperaturas mínimas de 13 °C, con un promedio de 3 días nublados por semana y analizando las horas solares pico (HSP) obtenemos un valor de 4.63 horas de sol que están recibiendo directamente los paneles solares del cielo completamente despejado, siendo este valor necesario para realizar los cálculos fotovoltaicos.

Para la evaluación de la demanda energética es necesario considerar la totalidad de los componentes consumidores de potencia, incluido las cargas especiales, se hace un cambio de los focos ahorradores a Focos Led para el interior y el exterior del hospedaje, presentando una potencia instalada de 3.14 kW, y un consumo de energía diaria de 12.85 kWh el cual corresponde a un valor mensual de 385.38 kWh, al realizar el diagrama de carga (variación de carga de forma tabular) tal como se observa en la Tabla 7 presenta una máxima demanda calculada de 1494 W esto se hizo con la finalidad de analizar el uso

correcto diario que se daría a los componentes consumidores y cargas especiales, con el fin de obtener una mejor eficiencia energética y por ende aprovechar al máximo la generación eléctrica fotovoltaica que se está dimensionando y evaluando.

Mesías (2014) explica que la energía que necesita la instalación en base de las cargas a suministrar y del rendimiento global del sistema solar sería el punto de partida de la técnica de cálculo para dimensionar un sistema fotovoltaico autónomo. Para la evaluación del sistema fotovoltaico, utilizando los números sugeridos de la Tabla A1, que se incluye en la lista de anexos, podemos calcular el consumo de energía real del sistema solar, que resulta ser de 19,15 kWh/día. con un rendimiento global de instalación del 67,1%.

Con respecto a la selección de nuestro panel fotovoltaico, si bien es cierto los más usados para instalaciones fotovoltaicas son los paneles monocristalinos y policristalinos, sin embargo ambas parten del mismo elemento químico, los hallazgos son diferentes, por ejemplo para el panel policristalino pueden usarse para regiones cálidas del mundo y las monocristalinos es adecuado para zonas de bajas temperaturas, si bien en la localidad de Chimbote en las estaciones de verano contamos con un gran potencial solar, para las estaciones de invierno no sucede lo mismo las temperaturas bajas y la humedad predominan siendo ideal el uso de los paneles monocristalinos, ya que para la evaluación de la selección de esta dependerá siempre de las condiciones geográficas del peor mes.

A pesar de que existen varios productores de paneles, entre ellos SunPower, Atersa, Solarwold, Vietron y Sanyo. Aunque siempre puedes elegir componentes de diferentes marcas, es atrayente creer una solución de la misma marca ya que es habitual obtener grandes descuentos. Esto se debe a que los fabricantes de los demás componentes de la instalación solar suelen ser los mismos que fabrican los demás componentes de la instalación solar. Una

alternativa sería buscar la mejor oferta en cada componente, pero en la práctica esto es difícil debido a la intensa competencia y los bajos precios, particularmente en Perú, donde hay un mercado muy pequeño para la energía solar e incluso los paneles fotovoltaicos suelen ser más caros. que en otras naciones latinoamericanas como México, Chile y Colombia. Se decidió optar por el panel solar monocristalino TENSITE 550W PERC.

El efecto de la temperatura sobre el panel solar es muy importante y se tiene en cuenta en los cálculos, porque a medida que incrementa la  $T^{\circ}$  ambiente, la potencia de salida de los módulos solares disminuirá, por ello, el panel solar seleccionado que presentaba una potencia nominal máxima de 550 W, un voltaje de corto circuito nominal abierto de 48.8 V y corriente en corto circuito de 13.98 A, al realizar la evaluación presento una potencia máxima corregida de 484.78 W.

Con una demanda energética que determinamos de 4139.7 W se requerirán 9 paneles fotovoltaicos (9 paneles en serie y 1 paneles en paralelo) produciendo así una potencia generada de 4363 W, cubriendo así la demanda energética. El área que ocupará el sistema fotovoltaico será de 31.37 m<sup>2</sup>, seleccionando un Inversor de conexión a red de 3000 W GROWATT SPH3000.

En primer lugar, es importante conocer los ingresos y costes que se producirán durante los 25 años de vida útil de la instalación para poder evaluar la rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión. Al igual que las luces LED, se prevé que los paneles fotovoltaicos duren 25 años. Los datos del fabricante indican que el inversor posee una vida útil estimada de 10 años. El análisis de costes proporcionado en este proyecto de investigación se aproxima muy bien al coste de la instalación solar, aunque podría ser más completo y específico. Aclaramos que es factible porque el Valor Actual Neto (VAN) de los flujos de efectivo de la serie temporal, tanto entrantes como salientes, y tomando en cuenta una esperanza de vida útil de 25 años, es igual a \$10.493,16,

y el número de años precisos para compensar la inversión a través flujos de caja positivos es igual a 12 años. Estos indicadores serán mayores cuando el Perú cuente con un marco regulatorio que permita inyectar energía eléctrica fotovoltaica a la Red (energía excedente), obteniendo así ingresos adicionales.

## 5. CONCLUSIONES

- Con base a los resultados obtenidos, un sistema de generación fotovoltaica como suministro de energía eléctrica en el establecimiento hotelero “*Flamingo 's*” es rentable, obteniendo un VAN de \$ 10493,16 a una tasa del 8 % anual, convirtiéndose así en una opción viable.
- Se determinó el recurso energético solar por medio de la plataforma PVGIS, una irradiación promedio a 15° de inclinación durante el periodo 2011 – 2015, lo cual obtenemos un promedio máximo y mínimo de 217.066 kWh/m<sup>2</sup>/mes y 138.774 kWh/m<sup>2</sup>/mes respectivamente. Además, obtuvimos datos de T° máxima y mínima de 24.5 °C y 13 °C respectivamente por medio de la plataforma Data Access Viewer de la NASA con un promedio de 3 días nublados por semana.
- Al analizar la información obtenida para caracterizar el recurso energético en la zona de estudio se empleó el criterio del peor mes, el cual corresponde a la irradiación solar mínima de 138.774 kWh/m<sup>2</sup>, obteniendo Horas Solares Picos (HSP) de 4.63 h siendo viable para la instalación de un sistema de generación fotovoltaica.
- Se determinó que el consumo energético del establecimiento hotelero es de 385.38 kWh al mes y la energía diaria requerida es de 12.85 kWh., cuenta con una potencia instalada de 3.14 kW presentando para el consumo diario una Máxima Demanda (MD) de 1494 W.
- La capacidad del sistema de generación eléctrica fotovoltaico le corresponde un rendimiento global de instalación del 67.1 % para producir una energía diaria de 19.15 kWh-día y 574.48 kWh-mes siendo la potencia del generador fotovoltaico  $P_{G-FV}$ , de 4139.7 W.

- Al calcularse la potencia del generador fotovoltaico  $P_{G-FV}$  de 4139.7 W. se selecciona el Panel Solar 550W PERC Monocristalino TENSITE con una Potencia Máxima de 484.78 W, el voltaje de circuito abierto de 50.38 V y corriente de corto circuito de 14.21 A, se calculó que el sistema contara con 9 paneles solares (9 unidades en serie y 1 unidades en paralelo), con un inversor de una potencia de 3000 W y el área del sistema fotovoltaico requerido es de 31.37 m<sup>2</sup>.
- Se evaluó económicamente el sistema fotovoltaico para el cual requerimos una inversión inicial de \$ 5626,11, para un tiempo de vida útil del panel solar de 25 años, siendo viable su instalación y aprovechamiento.

## 6. RECOMENDACIONES

- La instalación del sistema fotovoltaico para el establecimiento hotelero “*Flamingo's*” es viable, teniendo en cuenta los indicadores económicos analizados en la investigación, sin embargo, un marco normativo relacionado a la generación distribuida para inyectar la energía que produce en exceso a la red eléctrica, se posicionaría como un ingreso adicional.
- La implementación de sistemas automatizados para control de equipos de iluminación de salones y bombas disminuye considerablemente la energía no aprovechada correctamente.
- Hacer mantenimientos a los paneles solares a un periodo regular para obtener una mejor eficiencia, ya que el factor polvo es determinante e influye en la temperatura de celda afectando el rendimiento general del sistema.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, P., & Flores, E. (2016). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la pesquera Exalmar*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del santa, Nuevo Chimbote.
- Banda, A. (2017). *Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en las instalaciones de la UCSP*. Tesis de pregrado, Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú.
- Bárcena, A., & Bárcena, S. (2014). *Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barrera, W., & Castilla, F. (2018). *Propuesta de un sistema fotovoltaico para consumo eléctrico en el municipio de Quebradanegra, Cundinamarca*. tesis de pregrado, Universidad Libre de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Bernilla Rufasto, S. V. (2022). *Diseño del sistema de generación fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al caserío Naranjo, distrito Miracosta, Cajamarca*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44518>
- Borja Huanuqueño, J. E. (2021). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para suministrar de energía eléctrica a la estación meteorológica convencional de Yanacancha de la Región Junín, 2021*. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/7600>
- Casa, M., & Barrio, M. (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Barcelona: Marcombo.
- Cerrón Contreras, A. (2019). *Dimensionamiento del potencial fotovoltaico para el funcionamiento de una planta desalinizadora por ósmosis inversa en la gramita, Casma – Ancash*. Tesis Posgrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3235>

- Cerrón, A. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: Editex.
- Cieza Coronado, J. C. (2018). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para las instalaciones eléctricas de alumbrado en el hostal Lancelot ubicado en Chiclayo - Chiclayo - Lambayeque*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Chiclayo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/1919>
- Díaz, T., & Carmona, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España: McGraw-Hill.
- Martínez, J. (2011). *Evaluación económica de un sistema fotovoltaico en Punta Arenas con diseño de emulación de potencia suministrada por paneles solares*. Universidad de Magallanes, Punta Arena, Chile.
- Mesones Abanto, P. F. (2019). *Dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico de conexión a red para el restaurante "El Zarco" ubicado en la ciudad de Cajamarca*. Tesis de pregrado, Universidad Pedro Ruíz Gallo, Chiclayo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4310>
- Olivera Aldana, M. F., Acuña García, R., & Acuña García, R. (2022). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico para Suministrar Energía Eléctrica en el Caserío Juan Velasco Alvarado, Chirinos-Cajamarca, 2021*. Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/441>
- Orbegozo, C., & Arivilca, R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica: Manual técnico para instalaciones domiciliarias*. Obtenido de [https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ\\_a\\_solar\\_fotovoltaica\\_manual](https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ_a_solar_fotovoltaica_manual)
- Perpiñan, O. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de <https://github.com/oscarperpinan/esf>
- Torres Riveros, Á. R. (2017). *Evaluación del sistema de suministro de energía con paneles solares fotovoltaicos para el edificio de posgrados de la universidad libre sede el bosque*. Universidad Libre de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10901/10443>

Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5447>

Zapata Agurto, C. E. (2023). *Evaluación de un sistema de nanogrid para el suministro de energía eléctrica en la población de la comunidad campesina San Francisco de la Buena Esperanza en la ciudad de Paita*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/141091>

## **8. AGRADECIMIENTO**


Gracias a mi alma mater por haberme permitido formarme profesionalmente, agradezco también a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, que contribuyeron directa o indirectamente. Gracias a mis padres, que siempre estuvieron respaldándome. Al todopoderoso Dios, porque sin él no podría haber culminado mi carrera.

## 9. ANEXOS

### Anexo. 01 Matriz de consistencia

Problema	Variables	Objetivo	Hipótesis	Metodología
<p>¿ Será viable disminuir los costos operativos en un establecimiento hotelero, suministrando energía eléctrica con un sistema de generación fotovoltaica como generador eléctrico?</p>	<p>Sistema de generación fotovoltaica</p>	<p><b>Objetivo General</b>                      Evaluar una planta de generación de energía solar como proveedor de energía eléctrica para reducir los costos de operación de un hotel.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- determinar los recursos solares y las condiciones geográficas en el área de investigación</li> <li>- Analizar la información recopilada para comprender y caracterizar los recursos energéticos en el área de investigación</li> <li>- Determinar el consumo de energía de la construcción hotelera, según la radiación solar, la intensidad de la iluminación de la población determina la capacidad del sistema</li> <li>- Calcular la capacidad de generación del sistema fotovoltaico para satisfacer las necesidades energéticas planteadas</li> <li>- evaluar económicamente el sistema fotovoltaico.</li> </ul>	<p>Es viable disminuir costos operativos en un establecimiento hotelero, utilizando como suministro de energía eléctrica un sistema de generación fotovoltaica.</p>	<p><b>Tipo y diseño</b>                      Aplicada                      Descriptiva                      No experimental comparativo</p> <p><b>Población y Muestra</b>                      Establecimiento hotelero</p> <p><b>Técnica e instrumento</b>                      Análisis                      Cuestionario</p>

## Anexo 02: Formulario de Repositorio.



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor				
Jara Toro Elvis Jonattan	45279635	vasallo1911@gmail.com		
Apellidos y Nombres	DNI	Correo Electrónico		
2. Tipo de Documento de Investigación				
<input type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación	
3. Grado Académico o Título Profesional				
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría	<input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación				
<p style="font-size: 1.2em; margin: 0;">"Evaluación de un sistema de generación fotovoltaica como suministro de energía eléctrica para disminuir costos operativos en un establecimiento hotelero?"</p>				
5. Programa Académico				
6. Tipo de Acceso al Documento				
<input type="checkbox"/> Abierto o Público * ( <a href="mailto:info@u-repo/semantics/openAccess">info@u-repo/semantics/openAccess</a> )			<input type="checkbox"/> Acceso restringido * ( <a href="mailto:info@u-repo/semantics/restrictedAccess">info@u-repo/semantics/restrictedAccess</a> )(*)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo				


**A. Originalidad del Archivo Digital**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

**B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS <sup>5</sup>**

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. <sup>6</sup>

Huella Digital



Elvis Jara Toro

---

Firma

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	19	02	25

**Importante**

1. Según Resolución de Consejo Directivo N° 053-2018-SUNEDU-02, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 5.2

2. Ley N° 38025 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 005-2015-PCM

3. Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer erratas de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el marco de la Ley 8177

4. En caso de que el autor elija la segunda opción únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra de acuerdo a la Directiva N° 034-2016-CDICYTEC-DESG (Numerales 5.2 y 6.7) sus normas de funcionamiento del Repositorio Nacional Digital

5. Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra

6. Según el inciso 19.2, del artículo 1.º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y centros de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales procediendo si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA

**Nota:** - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27644 en: 21, núm. 32.2)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO | Repositorio Institucional

## Anexo 03: Reporte de Similitud.

Evaluación de un sistema de generación fotovoltaica como suministro de energía eléctrica para disminuir costos operativos en un establecimiento hotelero

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>%</b>	<b>3%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.utc.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.ucsp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.unj.edu.pe">repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://vbook.pub">vbook.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to UNIBA Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Infile Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
16	<a href="http://repositorio.unicach.mx">repositorio.unicach.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repository.unilibre.edu.co">repository.unilibre.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %