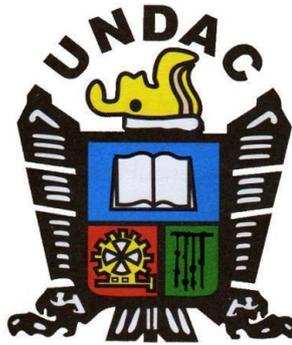


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación del Desempeño de un Sistema Fotovoltaico de 1,32 kWp
instalado en un Bosque de Neblina, en la Provincia de Oxapampa, Región**

Pasco

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Yajayra Violeta SCHUTZE MALPARTIDA

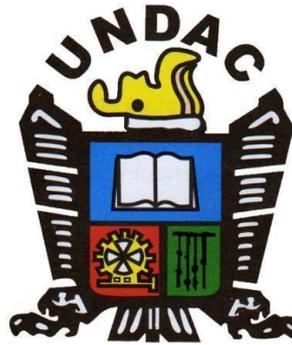
Asesor: Dr. Hitlser Juan CASTILLO PAREDES

Oxapampa - Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación del Desempeño de un Sistema Fotovoltaico de 1,32 kWp
instalado en un Bosque de Neblina, en la Provincia de Oxapampa, Región
Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALETA SANCHEZ
PRESIDENTE

Mg. Edson Valery RAMOS PEÑALOZA
MIEMBRO

Mg. Jesús Marino GOMEZ MIGUEL
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres, suegros, esposo e hijas que fueron el mayor motivo; que con su infinita bondad y amor me han ayudado a construir y forjar la persona que soy.

A mis maestros y amigos que me motivaron a no rendirme en toda mi etapa universitaria y continuar con mis sueños.

Gracias a todos los que recorrieron conmigo este camino y me brindaron el impulso para culminar esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar al CNEH-PERÚ, a su estación de campo CDS los cuales me seleccionaron como tesista para la investigación en el marco del proyecto “Implementar herramientas tecnológicas para desarrollar un parque temático educativo semi-virtual en el bosque nuboso de la Reserva de Biosfera Oxapampa-Asháninka-Yanesha, Pasco”.

Esta tesis es financiada por el CONCYTEC-PROCIENCIA en el marco de la convocatoria E041-01 [C-184-2018-FONDECYT-BM].

Al Dr. Hitlser Castillo Paredes, Lic. Marina Berto Osorio, Dr. Federico Rizo Patrón, Dra. Florencia Trama y a Rihart Schaus, por sus aportes y sugerencias para el documento de tesis y los análisis realizados.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en San Alberto, Oxapampa, específicamente en el Centro de Educación en Conservación y Desarrollo Sostenible (CDS) del Centro de Capacitación en Humedales Neotropicales - Perú. La tesis se realizó durante los meses de marzo-mayo de 2022 y los datos recolectados se compararon con el periodo de septiembre-noviembre de 2021. Se analizó la radiación solar en la zona de estudio, así como la generación de energía eléctrica a través de un generador fotovoltaico de 1.32 kWp instalado para cubrir las necesidades de consumo del centro educativo. Se realizó la comparación de la radiación solar total diaria, mensual y trimestral entre meses de transición de temporada y con el consumo energético que realizan los equipos eléctricos del CDS. Finalmente, se realizó un análisis de la viabilidad económica de contar con un sistema de este tipo y el retorno de la inversión realizada al compararlo con el uso de un generador a gasolina y fluido eléctrico. La radiación solar fue mayor en los meses de septiembre a noviembre de 2021 en comparación con los meses de marzo a abril de 2022 y el consumo en general se mantuvo estable, excepto en algunos meses. La demanda de energía en el CDS fue en su mayoría menor, lo que significa que en los días de alta radiación el sistema entregó energía y el excedente se acumuló en las baterías, mientras que en los días de baja radiación el sistema consumió más energía que la producida y por lo tanto lo tomó de las baterías. Se determinó que un sistema como el instalado recupera la inversión después de 8 años de implementación en comparación con el uso de un sistema de generación a gasolina y fluido eléctrico. El sistema de paneles fotovoltaicos es rentable y económicamente viable para ser utilizado en la zona de San Alberto.

Palabras claves: Energías renovables, radiación solar, demanda energética, Oxapampa, San Alberto.

ABSTRACT

The research work was carried out in San Alberto, Oxapampa, specifically in the Education Center in Conservation and Sustainable Development (CDS) of the Neotropical Wetland Training Center - Peru. The thesis was carried out during the months of March-May 2022 and the data collected was compared with the period of September-November 2021. Solar radiation in the study area was analyzed, as well as the generation of electrical energy through a 1.32kWp photovoltaic system installed to meet the consumption needs of the educational center. The comparison of daily, monthly and quarterly total solar radiation between months and with the energy consumption made by the electrical equipment of the CDS was made. Finally, an analysis of the economic viability of having a system of this type and the return on investment made when compared with the use of a gasoline generator was carried out. Solar radiation was higher in the months of September to November 2021 compared to the months of March to April 2022 and consumption in general remained stable, except in some months. The energy demand in the CDS was mostly lower, which means that on days of high radiation the system delivered energy and the excess was accumulated in the batteries, while, on days of low radiation, the system consumed more energy than the one produced and therefore removed it from the system. It was determined that a system like the one installed would recover the investment after 8 years of implementation in comparison with the use of a gasoline generation system and with the use of electric fluid. The photovoltaic panel system is profitable and economically viable to be used in the San Alberto area.

Keywords: Renewable energies, solar radiation, energy demand, Oxapampa, San Alberto.

INTRODUCCIÓN

Los combustibles fósiles tienen impactos ambientales altos, principalmente por los gases de invernadero que se producen tanto durante la producción como en su consumo y han aumentado sus costos de forma sostenida. Las energías renovables producen menos impactos ambientales dependiendo de cuál es la que se utiliza y pueden ser de diversos tipos y alrededor del mundo, siendo en general limpias e inagotables.

El potencial de las energías renovables es inmenso y se ve como a nivel mundial su demanda y uso aumenta por diferentes motivos, ya sea por tratar de contribuir de una menor forma al cambio climático o porque no se tiene acceso a la energía eléctrica en gran parte de las zonas rurales.

Sin embargo, realizar una instalación de sistemas fotovoltaicos generalmente conlleva a una inversión importante relacionada con la cantidad de módulos o paneles. Las personas no siempre tienen la posibilidad de desembolsar el monto necesario sin saber cuándo recuperarán el dinero de la inversión.

En la zona de San Alberto Oxapampa la electricidad provista por el estado solo llega hasta el primer kilómetro fuera de la ciudad. Esto implica que los sitios rurales ya no tienen acceso a energía eléctrica. Esta tesis permitirá obtener datos de la producción de energía solar vs la radiación solar diaria y el consumo de un centro de capacitación en Oxapampa ubicado en el área de amortiguamiento del Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

Los resultados de esta tesis ayudarán a entender cómo mejorar las instalaciones de sistemas fotovoltaicos y dimensionar la demanda de energía de acuerdo a lo necesario para cada sistema.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	4
1.2.1.	Delimitación espacial	4
1.2.2.	Delimitación temporal	4
1.2.3.	Delimitación social	4
1.3.	Formulación del problema.	4
1.3.1.	Problema general	4
1.3.2.	Problemas específicos	5
1.4.	Formulación de objetivos.	5
1.4.1.	Objetivo general	5
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	6
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	7
2.2.	Bases teóricas - científicas.	9
2.2.1.	La energía solar	9
2.2.2.	Radiación solar	10

2.2.3.	Radiación solar sobre el planeta tierra	10
2.2.4.	Radiación ultravioleta	10
2.2.5.	Radiación visible	11
2.2.6.	Radiación infrarroja	11
2.2.7.	La energía solar fotovoltaica	11
2.2.8.	Historia de la energía solar fotovoltaica	12
2.2.9.	Sistema fotovoltaico	12
2.2.10.	Tipos de sistemas solares fotovoltaicos	15
2.2.11.	Tipos de paneles solares	16
2.3.	Definición de términos básicos.	17
2.3.1.	Bosque de neblina	17
2.3.2.	Células fotovoltaicas	17
2.3.3.	Corriente alterna	17
2.3.4.	Corriente continua	17
2.3.5.	Electricidad	17
2.3.6.	Energía renovable	18
2.3.7.	Estación meteorológica	18
2.3.8.	Potencia eléctrica	18
2.3.9.	Red eléctrica	18
2.3.10.	Sol	19
2.3.11.	Voltaje	19
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	19
2.4.1.	Hipótesis general	19
2.4.2.	Hipótesis específica	19
2.5.	Identificación de variables	20
2.5.1.	Variable independiente	20

2.5.2.	Variable dependiente	20
2.5.3.	Variable de observación	20
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	21

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.	23
3.2.	Nivel de investigación.	24
3.3.	Métodos de investigación.....	24
3.4.	Diseño de investigación	24
3.5.	Población y muestra	25
3.5.1.	Población	25
3.5.2.	Muestra	25
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación ...	30
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30
3.9.	Tratamiento estadístico	31
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	34
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	35
4.2.1.	Comparación del comportamiento de la radiación solar y generación de energía solar	35
4.2.2.	Análisis de la generación, consumo y balance de energía (energía en exceso o energía faltante)	49
4.2.3.	Análisis de la relación de la precipitación y la generación de energía solar	62
4.2.4.	Análisis del desempeño del sistema fotovoltaico en el CDS	63
4.2.5.	Análisis de viabilidad económica del sistema de Energía Solar	66

4.3. Prueba de Hipótesis	71
4.3.1. Comparación estadística	71
4.4. Discusión de resultados	78

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición operacional de variable e indicadores	21
Tabla 2. Radiación solar total diaria y generación de energía solar total diaria	35
Tabla 3. Radiación solar total diaria y generación de energía solar total diaria	38
Tabla 4. Radiación solar total mensual y generación de energía solar total mensual	46
Tabla 5. Radiación solar total mensual y generación de energía solar total mensual	48
Tabla 6. Generación de energía solar total (Watts/día), el consumo de energía del sistema fotovoltaico del CDS (watts/día) y balance entre ambos valores (watts/día). evaluados de marzo y mayo,	50
Tabla 7. Generación de energía solar total (Watts/día), el consumo de energía del sistema fotovoltaico del CDS (watts/día) y balance entre ambos valores (watts/día)	54
Tabla 8. Generación de energía solar total (Watts/mensual), el consumo de energía del sistema fotovoltaico del CDS (watts/mensual) y balance entre ambos valores (watts/mensual para los meses entre marzo - mayo del 2022	64
Tabla 9. Generación de energía solar total (Watts/mensual), el consumo de energía del sistema fotovoltaico del CDS (watts/mensual) y balance entre ambos valores (watts/mensual) para los meses entre septiembre - noviembre del 2021.	64
Tabla 10. Días de mayor consumo energético en cada periodo evaluado	66
Tabla 11. Parámetros para el análisis de viabilidad económica de la Energía Solar	66
Tabla 12. Cálculos de viabilidad económica de la Energía Solar desarrollado en el CDS (expresada en soles)	68
Tabla 13. Prueba de Shapiro-Wilk para comprobar normalidad	76

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.

El Sol es la mayor fuente de energía del planeta Tierra, su radiación se integra con longitudes de onda que entran a la superficie terrestre como radiaciones de onda larga y corta Ambelu *et al.* (2011); la radiación solar afecta a la temperatura de la atmósfera, así como las variables fotovoltaicas y meteorológicas Castro *et al.* (2022).

En los años 1839, el francés Edmundo Becquerel descubrió la energía, Charles Fritts en 1883 construyó la primera celda solar fotovoltaica con una eficiencia del 1%, en los años 1940 a 1946 el inventor norteamericano Russell Ohl construye la celda de silicio, en 1954 la celda de silicio llega a los laboratorios de Bells y cuatro años más tarde se lanza la nave espacial norteamericana Explorer 1, con paneles solares; para 1970 en la Unión Soviética el científico Zhore Alferov desarrolla la celda con 20% de eficiencia con una heteroestructura de arseniuro de galio (GaAs).

A nivel mundial, los incidentes por los precios del petróleo, por su propio dinamismo de la oferta y la demanda que presenta constantes vaivenes, llevó a que en 1974 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), fundara la Agencia Internacional de Energía, con la intención de desarrollar fuentes alternativas de energía para suplir la demanda actual, Jacoby (2009).

En la actualidad, la energía solar fotovoltaica se encuentra en auge al igual que la demanda energética global, debido a que es una de las energías más convenientes para enfrentar la necesidad de consumo, Donaduzzi Rigo *et al.* (2021); de acuerdo al mismo autor, la energía solar es un tipo de energía renovable inagotable y el desarrollo de más celdas con un mayor nivel de eficiencia ha producido un abaratamiento de los costos que ha favorecido un mayor acceso a estos sistemas.

Siguiendo por el camino de la seguridad energética, los acuerdos de París en la Convención Marco de Cambio Climático de la ONU del 2015, señalan que la seguridad energética también involucra la seguridad ambiental, humana, social, económica y de género, Oswald (2017).

Es así que, en el Perú, luego de comprender los beneficios de la energía fotovoltaica, donde su tendencia de costos evoluciona a la baja, mientras que los combustibles fósiles están de subida; el país cuenta con la Ley de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de energías renovables; donde se señalan avances para la transición energética de la matriz energética gasífera y petrolera a las renovables, en especial para cubrir la indisponibilidad de las centrales térmicas e hidráulicas en los periodos de excedencia hidráulica (Decreto Supremo N° 012-2011-EM, 2011).

En la región Pasco, provincia de Oxapampa, el clima es yunga fluvial, donde las precipitaciones son altas incluso en las épocas de verano, llegando a los 3 474 mm de precipitación anual; y donde la temperatura promedio es de 14.6 °C, Data.org (2022); resulta bastante atractivo el uso de los paneles solares como una fuente energética dado que se podría cubrir las zonas alejadas y en zonas donde se cuenta con fluido eléctrico se podría desarrollar la educación energética para generar un ahorro energético y mitigar el cambio climático, Gómez-Gil *et al.* (2012). Estudios sobre las condiciones de producción energética fotovoltaica, tienden a resolver los problemas de abastecimiento energético del país, que en la actualidad son priorizadas en función de las regiones de alta radiación solar y bajo índice de energía eléctrica, Rojas *et al.* (2017).

Lo que se investigó, se encuentra el Centro de Capacitación en Conservación y Desarrollo Sostenible (CDS), el cual se encuentra localizado en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, que se abastece de una fuente de energía solar. El sistema instalado permitirá evaluar el rendimiento energético fotovoltaico de 1,32 kWp de potencia para estudiar el comportamiento y eficiencia del mismo. Para lograr este objetivo se registrará la radiación solar, la cantidad de energía producida por el sistema fotovoltaico, los valores de la demanda energética del CDS, durante 6 meses. Con esto será posible calcular la viabilidad de la implementación del sistema fotovoltaico en la zona de San Alberto y si es económicamente rentable.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, específicamente en la instalación del CDS (Centro de Capacitación en Conservación y Desarrollo Sostenible).

1.2.2. Delimitación temporal

El periodo de evaluación incluye los meses de marzo a mayo del año 2022 (transición época lluviosa a seca) y se comparará con el período de septiembre a noviembre del 2021 (transición época seca a lluviosa). Esto debido a que se quiere conocer el desempeño del sistema en esos dos momentos y evaluar cómo se comporta en esos dos períodos de transición del año.

1.2.3. Delimitación social

La investigación involucra a la población dispersa de la microcuenca de San Alberto, se enfatizará a los de la zona alta de la cuenca, puesto que esta zona es la que se encuentra en el bosque de neblina.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general

¿Cómo están relacionadas la radiación solar, la generación de energía fotovoltaica y el consumo de energía mediante la instalación de un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en el CDS y su viabilidad durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación entre la radiación solar y la generación de energía fotovoltaica con un sistema de 1,32 kWp en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa?
- ¿Cuál es la relación entre la generación de energía fotovoltaica con un sistema de 1,32 kWp y el consumo de energía en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa?
- ¿Cuál es la viabilidad económica de implementar un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp en el CDS?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Determinar cómo están relacionadas la radiación solar, la generación de energía fotovoltaica y el consumo de energía con un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en el CDS y su viabilidad durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación entre la radiación solar y la generación de energía fotovoltaica con un sistema de 1,32 kWp en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa.
- Determinar la relación entre la generación de energía fotovoltaica con un sistema de 1,32 kWp y el consumo de energía en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa.

- Determinar la viabilidad económica de un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa.

1.5. Justificación de la investigación.

Las zonas rurales a menudo no tienen tendido eléctrico, por lo general son producto de los altos costos de la instalación del mismo, por lo que se requiere establecer métodos alternativos de proveer de energía a las familias y grupos asentados. En algunos casos existen proyectos sostenibles que por las características de lejanía de la ciudad requieren utilizar energías renovables. Asimismo, la necesidad energética de familias asentadas en las periferias de las zonas urbanas requiere de información científica actual de acuerdo a los equipos que existen hoy en día. Existe un potencial de radiación solar que no siempre es aprovechada y que para poder saber si resulta viable su instalación, se plantea la siguiente investigación con el fin de establecer los costos beneficios de su implementación, en caso de futuros proyectos en la zona.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Escasos recursos para financiar la investigación con recursos independientes.
- Poca información de investigaciones respecto al tema a nivel local, regional y nacional.
- Tiempo de evaluación de los paneles solares dado que se estima realizar en el transcurso de un año.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Alva Silva (2016), realizó un “Estudio de Factibilidad de un Sistema Fotovoltaico para el Suministro de Energía Eléctrica en el Caserío de Vigaspampa, Celendín, Cajamarca, 2016”, de corte aplicativo no experimental y con una muestra de 60 viviendas donde visualizó un potencial energético para establecer un sistema solar fotovoltaico; dado a que, es fundamental este aspecto para la factibilidad del proyecto al tener los elementos fotovoltaicos disponibles en el mercado local. Asimismo, el potencial energético con energía solar es factible técnicamente debido a que los componentes son de fácil adquisición.

Bardales Espino (2016) en el "Estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de Shungun región Amazonas”, tomando datos de la demanda energética de las casas de los habitantes del centro poblado, resultó que cumple con lo establecido por el

MEM; por lo que, se obtuvo información de radiación solar para el cálculo de dimensiones del sistema fotovoltaico, asimismo, permitió el diseño de una red secundaria trifásica de baja tensión de acuerdo con la regulación vigente. Por último, realizó la evaluación económica calculando el VAN y TIR y la relación costo-beneficio, determinando que el sistema de provisión de energía solar en dicho pueblo es factible económicamente.

Valdiviezo Salas (2014), en la tesis “Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP”, describe el estado del arte de los sistemas fotovoltaicos, incluyendo desde los conceptos básicos hasta las tendencias actuales.

Por su parte, Gómez Sócola (2019), propone un método nuevo cuya funcionalidad se basa en el modelo de Osterwald y algunos algoritmos computacionales de limpieza de data. Por otro lado, el método usado permite entender los efectos de ciertos comportamientos en el sistema, como la existencia de sombras parciales o presencia de polvo.

Caicedo Vargas & Torres Ortega (2020), determinaron la viabilidad de utilizar un sistema de paneles solares como fuente de energía. “La metodología se basa en la determinación de la viabilidad en la implantación del sistema fotovoltaico como fuente de energía. Las condiciones meteorológicas del municipio y cómo se relacionan los parámetros entre sí, así como el desempeño de la red de alumbrado público a estudiar, y el número de aparatos eléctricos que generan la demanda energética para determinar el costo de KWh son fundamentales para realizar un dimensionamiento y la propuesta para un sistema solar fotovoltaico. Los costos de instalación, costo de propiedad y uso del sistema, ahorros acumulados, son indicadores, así como VPN y TIR para calcular el costo

de KWh generado por el sistema fotovoltaico. Todo lo anterior con miras a obtener beneficios ambientales derivados del cambio de fuente de energía mediante la determinación de la cantidad de CO² que es dejado emitir al medio ambiente y valor monetario que es evitado al realizar tal acción”.

En la investigación realizada por Valdés-González et al. (2020), indican que la instalación de un sistema fotovoltaico permite al propietario de la vivienda generar ingresos mediante la venta de excedentes de energía eléctrica y el ahorro de consumo eléctrico, además de disminuir las emisiones de CO₂. La metodología se basa en la caracterización de la vivienda promedio de la ciudad de Arica y en el posterior dimensionamiento y análisis de rentabilidad del sistema fotovoltaico a instalar. Se consideran los aspectos económicos, técnicos, legales y ambientales vinculados para la instalación de sistemas fotovoltaicos. Los resultados obtenidos indican que la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de generación de energía distribuida para las viviendas de la ciudad de Arica, es un proyecto factible, ya que este es rentable a lo largo del periodo analizado”.

2.2. Bases teóricas - científicas.

2.2.1. La energía solar

El Sol es la estrella más cercana al planeta Tierra, está a una distancia de 149 600 000 km, cuyo masa, brillo y composición están dentro de los límites normales. Gira sobre sí mismo durante 26,9 días en la zona ecuatorial y 31,1 días en las zonas polares y rota alrededor de la vía láctea con una velocidad orbital de 240 km/s. Los elementos químicos más abundantes que contiene son el hidrógeno y el helio, tiene una temperatura superficial de 5 700 °K y de 15 millones de °K cerca del núcleo, esta energía fluye hacia otras capas, al espacio, llegando a la

Tierra por medio de los fenómenos llamados de convección y radiación, Marcos R. et al. (2001).

2.2.2. Radiación solar

La radiación solar consiste en radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol Campen (2011). Asimismo, menciona que “la radiación solar va desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, siendo las últimas más cortas y absorbidas por los gases atmosféricos. La radiación solar que llega a la Tierra se mide por medio de la irradiancia, que muestra la potencia que alcanza a la Tierra en watts/m^2 (vatio por metro cuadrado)”.

2.2.3. Radiación solar sobre el planeta tierra

Según Campen (2011), “la radiación del Sol es de $63\,450\,720\text{ W/m}^2$, y la energía que llega al exterior de la atmósfera terrestre en una superficie perpendicular lo hace en una cantidad fija, o constante solar ($1\,353\text{ W/m}^2$). Esta energía tiene radiaciones de longitudes de onda entre 200 y 4000 nm, incluyendo radiación ultravioleta, luz visible y radiación infrarroja”.

2.2.4. Radiación ultravioleta

Benavides (2010), define a la radiación ultravioleta (UV) como un 6 a 7% de la radiación emitida por el Sol, es una forma de energía que no se puede observar. Tiene una longitud de onda de 100 a 400 nanómetros, clasificada en tres categorías: UV-A de 320 y 400 nm, UV-B de 280 y 320 nm, UV-C de 100 y 280 nm. El 90% de la UVB es absorbida por gases como el ozono, vapor de agua, oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera; es por eso, la radiación UV que alcanza la superficie de la Tierra está compuesta en 95% de UV-A y de 5% por la

UV-B y esta energía es el motor de todos los procesos fotoquímicos en las capas bajas de la atmósfera de la Tierra.

2.2.5. Radiación visible

Goldstein (2008), define “La región del espectro electromagnético que el humano es capaz de percibir mediante su sistema visual. Las interacciones de la luz con la materia producen respuestas en los fotorreceptores, (conos y bastones), que activan el sentido de la visión, entre 380 nm (violeta) y 780 nm (rojo)”.

2.2.6. Radiación infrarroja

Campen (2011), menciona que “la radiación infrarroja de más de 760 nm es de onda más larga, y tiene poca energía asociada, pero aumenta el movimiento de las moléculas, provocando el aumento de la temperatura. El CO₂ y el vapor de agua absorben las radiaciones infrarrojas”.

2.2.7. La energía solar fotovoltaica

Salazar (2017), define a la energía fotovoltaica como aquella que “genera electricidad de forma renovable, a partir de la radiación solar y mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. El semiconductor es expuesto a la luz, y un fotón de energía arranca de un electrón creando un espacio en el átomo excitado. Luego el electrón encuentra rápidamente otro espacio para volver a llenarlo, y la energía proporcionada por el fotón se disipa en forma de calor. El principio de este tipo de energía es obligar a los electrones y a los espacios a avanzar hacia el lado opuesto del material en lugar de simplemente recombinarse en él. En este punto, se produce una diferencia de potencial y tensión entre las dos partes del material, como ocurre en una batería”.

2.2.8. Historia de la energía solar fotovoltaica

Oviedo-Salazar et al. (2015) detallan que “Alexandre Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico en el año 1838, que consiste en la transformación directa de la luz en electricidad utilizando un semiconductor. En 1877, William Grylls Adams y Richard Evans Day, crearon la primera célula fotovoltaica a base de selenio. La primera célula fotovoltaica de silicio fue patentada por Gerald Pearson en el año 1953, el cual tiene un rendimiento considerablemente mayor que las células fotovoltaicas de selenio”. Por otro lado, menciona que “Daryl Chaplin y Calvin Fuller, perfeccionaron las células solares de silicio capaces de generar suficiente energía eléctrica, la eficiencia de las células no ha dejado de crecer y su campo de aplicaciones se ha extendido enormemente”.

2.2.9. Sistema fotovoltaico

Según Mejía et al. (2009), “Los sistemas fotovoltaicos o sistemas PV se refieren a una amplia variedad de sistemas de energía solar que usan paneles hechos de celdas de silicio policristalino o monocristalino, las cuales son empleadas para convertir energía solar en electricidad”.

➤ Célula solar

Salazar (2017), indica que “la célula solar es el elemento principal para una instalación de energía solar, es el generador de energía. Se caracteriza por transformar directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol”. Asimismo, menciona que “se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la región de polo negativo (N), y la parte situada en la zona oscura, corresponde a la región de polo positivo (P). Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no

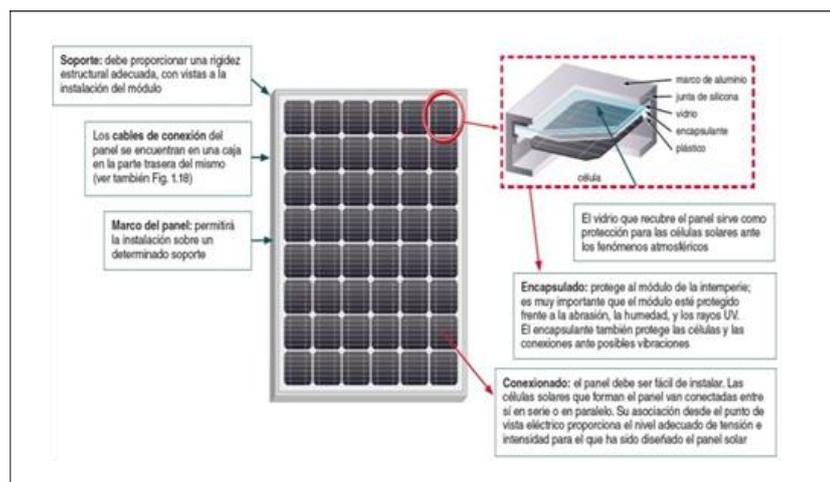
necesita recibir luz), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de cepillo, con la finalidad de que la radiación solar llegue al semiconductor”.

➤ **El panel solar**

Valdiviezo Salas (2014), define a un panel solar como “la conexión de varias células en paralelo y/o en serie, se conectan en serie para aumentar la corriente y en paralelo para incrementar el voltaje”. Normalmente, estos paneles solares se encuentran colocados sobre un marco de soporte. En la Figura 1, se describen las principales características de todo panel solar.

Figura 1.

Esquema y características de un panel solar



Nota: Esta figura muestra un prototipo de la composición de un panel solar (2017)

Según Solis Alacantara (2018), “el panel solar es un compuesto de las instalaciones solares para aprovechar la energía solar, se puede llamar también módulo solar. Existen paneles solares para la energía fotovoltaica y para la

energía térmica” y según el mismo autor incluye: colectores solares en instalaciones de energía solar térmica, paneles fotovoltaicos en instalaciones de energía solar fotovoltaica y para ambos, su objetivo es la producción de energía mediante energías renovables.

➤ **Controlador de carga**

Mejía et al. (2009) menciona que “El regulador evita la descarga de las baterías sobre los paneles, para ello utiliza un diodo. Asimismo, cuida la vida útil de la batería, para ello monitorea la tensión de la batería, como se observa en figura 1.18, se desconecta al llegar a 14.8V y se debe recargar al llegar al valor de 10.8V.” Además, menciona que “se utiliza un regulador de dos etapas, es decir, controlará la carga y descarga de la batería y el regulador quedará definido conociendo la tensión del sistema y la corriente máxima que deberá manejar”.

➤ **Inversor**

En el caso de este aparato, Gutiérrez (2002), indica que la corriente generada por los módulos fotovoltaicos, así como la que acumulan las baterías es corriente continua a bajos voltajes (12, 24 ó 48 V). Sin embargo, la mayoría de las casas alimentadas por la red eléctrica convencional utilizan corriente alterna a 110/120V. Agrega que la gran mayoría de los aparatos eléctricos utilizan un inversor para transformar la corriente continua en corriente alterna (110-220 V).

➤ **Batería**

Mejía et al. (2009) lo definen como “La batería o acumulador es un dispositivo electroquímico capaz acumular energía en forma química y transformarla en

energía eléctrica. La batería utilizada para aplicaciones fotovoltaicas es la recargable”.

2.2.10. Tipos de sistemas solares fotovoltaicos

Según Collazos Perez (2021), “el Sol es una fuente energética esencial para la vida en el planeta Tierra. Las especies animales lo usan para obtener energía útil de forma endosomática. Los humanos somos capaces de utilizar energía exosomática (externa al cuerpo) a través de la tecnología. El uso de la energía eléctrica se ha desarrollado en el último siglo de forma exponencial, siendo un tipo de energía con alto rendimiento de transformación en energía mecánica. Esta característica permite aprovechar la energía eléctrica en múltiples aplicaciones de forma más eficiente que otras formas de energía. En un hogar, la energía eléctrica se utiliza principalmente para desempeñar labores que antes realizaba la energía humana”.

a. Sistemas fotovoltaicos sin conexión a la red eléctrica (aisladas).

Collazos Perez (2021), indica que “este tipo de sistemas no están conectados de ninguna forma a la red eléctrica, ya que la misma se genera y se consume en el mismo lugar. Incluye baterías para almacenar la energía hasta que se produce el consumo o no. Los kits solares para viviendas aisladas son los sistemas tecnológicos encargados de proporcionar la energía eléctrica necesaria en cualquier casa o vivienda. Mientras que una instalación de bombeo solar es el sistema típico para un sistema aislado sin baterías, los kits de bombeo solar para piscinas son una excelente aplicación para este tipo de sistemas ya que su empleo se ajusta a los momentos de mayor radiación solar disponible”.

b. Sistemas fotovoltaicos con conexión a la red eléctrica.

En este caso, los sistemas fotovoltaicos y la red eléctrica se unen para suministrar el consumo requerido. Asimismo, Mejía et al. (2008) explican que “La conexión de un sistema fotovoltaico a la red eléctrica está sujeta a la cantidad de potencia que se desea inyectar lo cual se refleja en la cantidad de módulos con los que se cuenta. Varios módulos conectados en serie son conocidos como una cadena o string y varios string conectados en paralelo constituyen un arreglo PV”.

2.2.11. Tipos de paneles solares

a. Paneles monocristalinos de celdas de silicio

Vasalle (2012), explica que “las celdas solares de silicio monocristalino, son bastante fáciles de reconocer por su coloración y forma uniforme e indican una alta pureza en silicio”.

b. Paneles policristalinos de silicio

A diferencia de los paneles monocristalinos, el silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas, Vasalle (2012).

c. Paneles solares fotovoltaicos de capa fina

Vasalle (2012) menciona que “Estos paneles tienen la función de depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado podemos encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo, de telurio de cadmio, de cobre, indio, galio y selenio o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). En relación al tipo, los módulos de capa fina presentan una eficiencia del

7-13%. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico, son cada vez más demandados”.

2.3. Definición de términos básicos.

2.3.1. Bosque de neblina

Toledo.T (2009) Nos dice que los bosques de neblina son los bosques en las cimas de las montañas, donde la niebla envuelve habitualmente a la vegetación. Su existencia depende de las nubes por lo que las variaciones en los patrones de distribución de éstas.

2.3.2. Células fotovoltaicas

La célula solar o fotovoltaica es el elemento principal para una instalación de energía solar, es el generador de energía. Se caracteriza por transformar directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol, Salazar (2017).

2.3.3. Corriente alterna

Es la carga eléctrica cuyo movimiento oscila de modo cíclico-bidireccional, diferente de lo que sucede en una corriente continua, en la que siempre mantiene una sola dirección.

2.3.4. Corriente continua

La corriente continua es el flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor que une dos puntos de distinto potencial y carga eléctrica y esta mantiene una sola dirección.

2.3.5. Electricidad

La electricidad es el conjunto de fenómenos causados por la existencia, interacción y movimiento de cargas eléctricas. Esta forma de energía se manifiesta

con el movimiento de partículas cargadas en la superficie de un material conductor. Las partículas cargadas pueden ser, electrones, protones o iones, Planas-Oriol (2019).

2.3.6. Energía renovable

Henry y Heinke (1999) mencionan que “este tipo de energías son aquellas que pueden ser producidas de manera sostenible (equilibrio en cuanto a niveles políticos, económicos, ambientales y sociales) de fuentes las cuales se reabastecen a través de procesos naturales, medibles en escalas de tiempo humanas”.

2.3.7. Estación meteorológica

Una estación meteorológica es una instalación destinada para medir y registrar regularmente, diversas variables meteorológicas. Los datos obtenidos de la estación se utilizan para la elaboración de predicciones meteorológicas, a partir de modelos numéricos, así como para estudios climáticos

2.3.8. Potencia eléctrica

Según Planas-Oriol (2019) La potencia eléctrica es la proporción de corriente eléctrica que se transfiere en un circuito eléctrico por unidad de tiempo. Es decir, la cantidad de energía eléctrica que genera o disipa un elemento durante un período de tiempo.

2.3.9. Red eléctrica

La red eléctrica es un sistema diseñado para proveer electricidad desde su generación hasta la llegada a los beneficiarios que la utilizan para sus necesidades y actividades diarias.

2.3.10. Sol

El Sol es el objeto central de nuestro sistema solar. Se formó hace 6.5 mil millones de años de una enorme nube interestelar de gas frío. Contiene prácticamente toda la masa del sistema solar que equivale a (99.8 %) y es más de 333,000 veces más masivo que la Tierra, Blanco-Cano (2009).

2.3.11. Voltaje

El voltaje también conocido como diferencia de potencial eléctrico, es una magnitud física que nos indica la diferencia de la tensión eléctrica en un circuito eléctrico. Indica la energía o trabajo necesario para separar cargas eléctricas de signo opuesto, Planas- Oriol (2019).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Con las condiciones de radiación solar en el bosque de neblina es viable utilizar un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp.

2.4.2. Hipótesis específica

- La radiación solar en una zona de bosque de neblina es mayor en época seca que en época lluviosa.
- La producción de energía del sistema fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en un bosque de neblina, suple la demanda energética del centro de capacitación CDS.
- La implementación del sistema fotovoltaico de 1,32 kWp es viable económicamente.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

- Radiación solar.

2.5.2. Variable dependiente

- Energía fotovoltaica
- Consumo de energía

2.5.3. Variable de observación

- Precipitación

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Las variables e indicadores se indican en la Tabla 1.

Tabla 1

Definición operacional de variable e indicadores

Variables	Definición	Notación	Instrumentos	Indicadores
Independiente				
Radiación solar	Radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol	Watts/m ² (W/m ²)	Piranómetro Apogee SP-510-SS	Radiación solar por hora (W/m ² /h)
				Radiación solar por día (W/m ² /d)
				Radiación solar por mes (W/m ² /mes)
Dependiente				
Energía fotovoltaica	Energía generada por medio de paneles solares fotovoltaicos	Watts (W)	Color control GX	Energía fotovoltaica por hora (W/h)
				Energía fotovoltaica por día (W/d)
Consumo de energía	Energía consumida por el sistema del CDS	Watts (W)	Color control GX	Energía fotovoltaica por mes (W/m)
				Energía fotovoltaica por hora (W/h)
				Energía fotovoltaica por día (W/d)
				Energía fotovoltaica por mes (W/m)
De observación				

Precipitación	Es la caída al suelo del agua contenida en la atmósfera, en forma de agua, de nieve o de rocío.	milímetros (mm)	Estación meteorológica Vantage VUE	Precipitación (mm/m ²)
---------------	---	-----------------	------------------------------------	------------------------------------

Elaboración propia

De todas las variables meteorológicas que la estación mide automáticamente se considerará solo a la precipitación por ser la más relacionada a la producción de energía eléctrica y condicionar el desempeño del sistema fotovoltaico de 1,32 kWp.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

La investigación descriptiva, según menciona, Grajales, T. (2000) trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Así mismo el estudio según el criterio que se usa sería investigación de tipo Aplicada que se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos los cuales, al finalizar la investigación y determinar los costos beneficios de la implementación de un sistema fotovoltaico en la cuenca de San Alberto, Oxapampa estos se puedan aplicar en futuros proyectos de la zona.

Consecuentemente de acuerdo a su alcance temporal el estudio es de tipo Sincrónica planteado por Ccanto (2015), ya que los datos serán recogidos en un periodo de tiempo corto o en un momento específico delimitando los meses de marzo a mayo 2022 y de septiembre a noviembre 2021.

3.2. Nivel de investigación.

De acuerdo a Arandes (2013), “la investigación descriptiva es un proceso inicial y preparatorio de una investigación, que permite acotar, ordenar, caracterizar y clasificar o hacer una descripción del fenómeno lo más precisa y exacta que sea posible”. En la presente investigación se han observado diferentes variables sin modificación o alteración de los datos observados. Por consiguiente, la presente investigación es del tipo descriptiva.

3.3. Métodos de investigación

Según Hernández *et al.* (2014), el enfoque cuantitativo-deductivo se vale de la lógica o razonamiento deductivo, que comienza con la teoría, y de ésta se derivan expresiones lógicas denominadas “hipótesis” que el investigador somete a prueba

Por otro lado. Hernández *et al.* (2014) también nos dice que un enfoque del tipo inductivo, es una lógica y proceso que va de lo particular a lo general. Es decir, procede caso por caso, dato por dato, hasta llegar a una perspectiva más general.

Dado esto, se puede decir que el estudio es de tipo deductivo-inductivo ya que se partirá de información teórica y de los resultados que se obtengan de la toma de datos proporcionados por los instrumentos de medición y estos se generalizarán para todo el ambiente cercano al parque nacional de la cuenca San Alberto del distrito de Oxapampa.

3.4. Diseño de investigación

Según Hernández *et al.* (2014), los estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos

en su ambiente natural para analizarlos, el diseño de la investigación será el no experimental ya que las variables no se manipulan.

Se midió la radiación solar, precipitación, generación de energía y consumo en 3 meses del presente año y se comparará con los datos de 3 meses del año 2021 de acuerdo a los fenómenos propios naturales y no simulados.

Así mismo el estudio de acuerdo a su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo en los cuales se recolectan datos es del tipo longitudinal, planteado por Hernández *et al.* (2014), ya que la investigación se enfoca en analizar los cambios al paso del tiempo de un evento, comunidad, proceso, fenómeno o contexto. Los datos fueron recogidos en un periodo de tiempo y momento específico que fueron los meses de marzo a mayo 2022 y de septiembre a noviembre 2021.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población incluye toda la información pertinente de datos de radiación solar, precipitación, producción de energía fotovoltaica y consumo de energía, registrados por el Centro de Capacitación en Conservación y Desarrollo Sostenible (CDS) ubicado en el bosque de neblina del Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

3.5.2. Muestra

Del total de la información disponible se decidió realizar un muestreo por conveniencia por lo que se tomaron los datos de seis meses de los años pertinentes,

de septiembre a noviembre 2021 y de marzo a mayo 2022; una parte en forma retrospectiva y otra prospectiva.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizó la observación y recolección de datos de las diferentes variables independientes y dependientes. Los valores de la demanda energética del CDS y de la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico, fueron tomados directamente del portal Victron Remote Management (VRM), donde se almacenan en tiempo real de forma automática. En el Portal VRM se almacenan los datos generados por el controlador de carga y el inversor instalados en el sistema fotovoltaico del CDS. Todos los datos fueron registrados en dos periodos de 3 meses cada uno.

Los datos históricos de radiación solar fueron obtenidos de la base de datos nacional de radiación solar NREL (NSRDB). Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación meteorológica instalada en el CDS.

Las muestras en este caso se tomaron de los datos que proporcionaron los siguientes equipos de medición:

a. Estación meteorológica

Para la medición de variables meteorológicas se instaló una estación meteorológica Vantage VUE de la marca Davis. Mediante esta se obtuvieron datos de precipitación para los periodos mencionados.

La frecuencia de transmisión es esta estación meteorológica es de 921 – 928 MHz. y es la única permitida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones dentro del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias.

Este equipo cuenta con una consola inalámbrica: pantalla LCD (90 x 150 mm).

b. Piranómetros

Para la medición de la radiación directa y difusa se instalaron dos piranómetros de termopila marca Apogee modelo SP-510-SS con las siguientes características técnicas:

- Incertidumbre de calibración: $\pm 5\%$.
- Rango de salida calibrado: 0 a 114 mV.
- Rango de medición: 0 a 2000 W m^{-2} (irradiancia neta de onda corta).
- Tiempo de respuesta del detector: 0.5 segundos.
- Campo de visión: 180 rango.
- Rango espectral (50% puntos): 385 nm a 2105 nm.
- Respuesta direccional (coseno): menos de 30 W m^{-2} a 80° cenit solar.
- Entorno operativo: -50 a 80 C, 0 a 100% de humedad relativa.
- Altura: 28.7 mm.
- Diámetro: 23.5 mm.
- Masa: 90 g.

Asimismo, se instaló un instrumento de recolección de datos DATA LOGGER CR310.

c. Data logger

El data logger CR310 que se instaló en el CDS es un equipo multipropósito para medida y control para los datos de radiación solar total. Es compacto,

de bajo costo, con un puerto 10/100 Ethernet integrado y borneros removibles. Este data logger puede medir la mayoría de sensores para hidrología, meteorología, medioambiente e industria. Este equipo posee las siguientes especificaciones técnicas:

- Material de la caja: aluminio con recubrimiento en polvo.
- Entradas analógicas: 6 unipolares o 3 diferenciales (configuradas individualmente).
- Terminales de excitación de voltaje: 2 (VX1, VX2).
- Puertos de comunicaciones: USB Micro B, RS-232, 10/100 Ethernet RJ45.
- Terminales digitales de E / S: 7 (C1, C2, P_SW y SE1 a SE4) configurables para entrada y salida digital. Incluye estado alto / bajo, modulación de ancho de pulso, interrupción externa y funciones de comunicación. Excepción: el terminal SE4 no hace una interrupción externa.
- Límites de entrada: -100 a +2500 mV.
- Requisitos de alimentación: 16 a 32 Vcc para entrada de cargador (CHG).

d. Color control (Data Logger general del sistema eléctrico)

Para la comunicación entre el sistema fotovoltaico y el portal Victron Remote Management (VRM) se utilizó el dispositivo Color Control GX de la misma marca del inversor de corriente y el controlador de carga.

El Color Control GX es el centro de comunicaciones de la instalación fotovoltaica. Muestra la información en tiempo real y permite controlar de

manera remota todos los productos conectados a dispositivo mediante el Portal web VRM. Este equipo permite medir la energía producida y consumida por el CDS.

e. Controlador de carga Blue Solar MPPT 100/50

El controlador de carga Blue Solar 100/50, es el encargado de recibir la energía captada por los paneles y controlar el voltaje de salida para una correcta carga de las baterías. Tiene un data logger incorporado que guarda la información de entrada y de salida de energía, así como datos sobre el estado de las baterías. Las características de este equipo son las siguientes de acuerdo a la ficha técnica:

- - Limitación de la potencia fotovoltaica para batería de 12V: 700W (rango MPPT 15 y 70V) y para 24V: 1400W (rango MPPT 30 y 70V).
- - Tensión máxima del circuito abierto fotovoltaico: 100V.
- - Sin ventilador. Eficiencia máxima del 98%.
- - Consumo propio de 10mA.
- - Temperatura de trabajo entre -30 y +60°C. Corriente de salida completa hasta los 40°C. Protección IP43 y conectores IP22
- - Protección polaridad inversa de baterías y de paneles FV (fusible no accesible).
- - Protección contra sobrecalentamiento, reducción de potencia por exceso de temperatura.
- - Protección de cortocircuito en entrada de paneles FV.
- - Compatible con VE.Direct para comunicaciones.
- - 1.25Kg de peso y dimensiones de 130x186x70mm.

f. Inversor compacto Phoenix 24/1600

El inversor compacto Phoenix 24/1600 es el encargado de transformar la corriente continua de 24 voltios, almacenada en las baterías, a corriente alterna de 220 voltios y 60 Hz para poder ser utilizada en los consumidores del CDS. Este equipo cuenta con un data logger incorporado para guardar los datos de la energía que ha sido transformada y consumida. De acuerdo a la ficha técnica, las características del equipo son las siguientes:

- Potencia de salida: 1600w
- Rango de tensión de entrada: 18.6V - 34V
- Pico de potencia: 3000w
- Eficacia máxima: 94%
- Consumo en vacío: 9w

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los instrumentos de validación y confiabilidad se realizaron por expertos del área de investigación siguiendo los indicadores de claridad, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología y oportunidad.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos bajados de los sistemas automáticos se organizaron en tablas de Excel (Anexo 3). En esas tablas los datos se analizaron y promediaron por hora, día y mes para cada variable. Mediante este programa se construyeron gráficos y tablas descriptivas del comportamiento energético del sistema fotovoltaico.

Se compararon los datos y valores obtenidos y combinaron para analizar las curvas de generación de energía fotovoltaica versus radiación solar. Asimismo, se combinaron la generación de energía fotovoltaica y el consumo de energía del CDS.

Se compararon los datos obtenidos de septiembre a noviembre de 2021 con los de marzo a mayo de 2022, meses de transición de la época seca a la lluviosa y transición de la época lluviosa a época seca.

También se utilizó el programa Statgraphics centurion (Manugistics), para realizar las pruebas estadísticas de comparación de los grupos de datos. Se compararon la radiación solar, la producción de energía fotovoltaica y consumo de energía media entre meses y entre épocas.

3.9. Tratamiento estadístico

- Los datos en la presente investigación se tomaron de acuerdo a lo siguiente:
- Medición de la radiación solar en los días pertinentes por medio de los piranómetros.
- Medición de la generación de energía y el consumo de energía del centro de capacitación utilizando el equipo color control o centro de comunicaciones del sistema fotovoltaico.
- Medición de precipitación por medio de la estación Vantage VUE.
- Comparación del costo del sistema fotovoltaico en comparación con el uso de un generador a gasolina para producir la misma cantidad de energía eléctrica.

Los datos de las variables evaluadas se graficaron diariamente, mensualmente y para los 3 meses mencionados anteriormente en cada periodo para

ser comparados entre las dos épocas. Se realizaron líneas de tendencia en los gráficos para evaluar las distintas variables.

Por último, se realizó la comparación por métodos paramétricos y no paramétricos cuando correspondió de la radiación solar y generación de energía para cada mes y estación evaluada por medio del uso del programa Statgraphic Centurion XV (Statpoint Technologies 2009)

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

De acuerdo a Vallejo (2019) en los últimos años los derechos de la naturaleza han sido considerados y analizados de formas diferentes y específicamente menciona que “Se ha vuelto obligatorio en el campo de la ética y se ha justificado como una alternativa para enfrentar la actual crisis ambiental”. Asimismo, Linares (2009) y García Lozada (2010), consideran que las decisiones que se toman para la instalación de energía a las comunidades se basan en una decisión económica y con enfoque técnico más que por una necesidad social. Esto hace que muchos sitios que no son viables económicamente todavía no tengan acceso a la energía que las personas necesitan para suplir sus necesidades básicas.

Vallejo (2019) menciona que “(Kimmins 2001) plantea que las cuestiones energéticas tienen importantes implicaciones éticas en cuanto al calentamiento global por la utilización de combustibles fósiles” y que “las energías renovables no están exentas de impactos ambientales, así como problemas de eficiencia y elevados costos que en muchos casos las hacen prohibitivas”. Sin embargo, la Comisión Mundial de ética y conocimiento científico de la UNESCO (2001), desarrolló una serie de preguntas tales como: “¿por qué el acceso a la energía puede ser considerado una cuestión ética?; ¿cómo se aborda la producción de energía desde una perspectiva ética?; ¿qué papel deben jugar los problemas

ambientales?; ¿Cómo se deben afrontar los problemas energéticos en el corto, mediano y largo plazo?”. Es por esto que es necesario aumentar la investigación sobre las energías renovables para llegar al balance entre los costos, la viabilidad económica, los impactos ambientales y el suministro de energía en zonas rurales y donde no llega el estado, en este caso Peruano.

En este sentido, esta investigación ayudará a generar conocimiento sobre la generación de energía solar y su comparación con el uso de combustibles fósiles en Oxapampa y puede colaborar con establecer las bases para interesar a más personas en el uso de esta energía que puede reemplazar el uso de generadores a gasolina que contaminan más y es más caro. Considerando el precio actual de la gasolina esta investigación es muy importante a nivel local.

Se tuvieron en cuenta las normas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión; entre ellas, el Reglamento General de Investigación, Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales, Reglamento de Verificación de Similitud-Contenido de la Producción Académico y Científica, Código para la Investigación y Reglamento de Propiedad Intelectual; así como.

Por otra parte, se tuvieron en cuenta las normas pertinentes de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Yanachaga Chemillén, específicamente en la instalación del CDS (Centro de Capacitación en Conservación y Desarrollo Sostenible).

Finalmente se contó con la participación de personal especialista de dicho Centro a través de la Dra. Florencia Trama y el Dr. Federico Rizo Patrón Viale, quienes serán coautores en caso de publicaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Los datos fueron colectados utilizando los equipos automatizados con los que cuenta el CDS. Los días primero de cada mes se procedió a descargar la información almacenada en las memorias de cada uno de los equipos. En el caso de la información obtenida por el controlador de carga y del inversor de corriente, esta se almacenó en el dispositivo Color Control, el cual se encuentra conectado a internet y sube los datos obtenidos al portal VRM en tiempo real. A través de este portal, se descargaron los datos mensuales en un ordenador portátil marca HP modelo probook.

En el caso de los datos de los piranómetros, se conectó el ordenador portátil al data logger CR310 mediante un cable para puerto paralelo y se procedió a descargar la información mediante el programa PC200W de la empresa Campbell Scientific, proporcionado junto con el data logger.

En el caso de los datos de la estación meteorológica Davis Vantage Vue, esta envía los datos de forma automática a la consola, la cual tiene un data logger incorporado. Esta consola está conectada mediante internet a la nube de la empresa Davis y sube la información en tiempo real. Posteriormente, los datos son descargados mediante el programa Weather Link 6.0.5 proporcionado por la empresa Davis.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Comparación del comportamiento de la radiación solar y generación de energía solar

Análisis de casos diarios año 2022:

Se realizó una comparación diaria total de la radiación solar captada por los piranómetros y la cantidad de energía generada por la transformación de energía solar en energía eléctrica producida por los paneles solares, para lo cual se seleccionaron los días 15 de 3 meses consecutivos del 2022.

Se presenta información del 15 de marzo, 15 de abril y 15 de mayo del 2022 (Figura 2, 3 y 4). Durante estos días, se observó que la radiación solar empezó entre las 6:30 h y culminó a las 18:00 h aproximadamente.

A continuación (Tabla 2) se presentan los valores de radiación solar total diaria (Watts/m²/día) y generación de energía solar total diaria (Watts/día) de cada caso analizado:

Tabla 2

Radiación solar total diaria y generación de energía solar total diaria

	Radiación solar total diaria	Generación de energía solar total diaria
15/03/2022	8739 W/m ² /día	8905 W/día
15/04/2022	2669 W/m ² /día	3726 W/día
15/05/2022	11787 W/m ² /día	7764 W/día

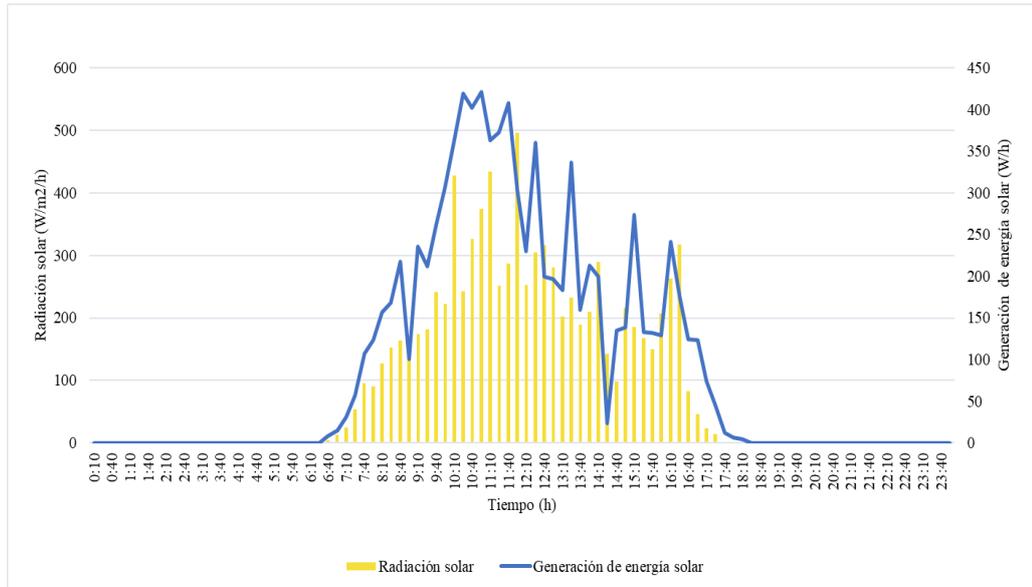
Fuente: propia

La radiación solar total fue mayor en los días 15/03/2022 y 15/05/2022, en el primero se observó una variación más regular de la radiación solar durante el día. (Figura 2), mientras que, el segundo presenta picos muy altos de radiación solar durante el día (Figura 4). En cambio, la radiación solar fue mucho menor el 15/04/2022, el cual mostró menores niveles de radiación solar durante el día, con cifras muy bajas durante las primeras horas de la mañana (Figura 3).

Por otro lado, la generación de energía solar fue mayor el 15/03/2022, seguido del 15/05/2022 y finalmente el 15/04/2022; con lo que la generación de energía solar mostró similar comportamiento a las variaciones de radiación solar (Figura 2, 3 y 4).

Figura 2.

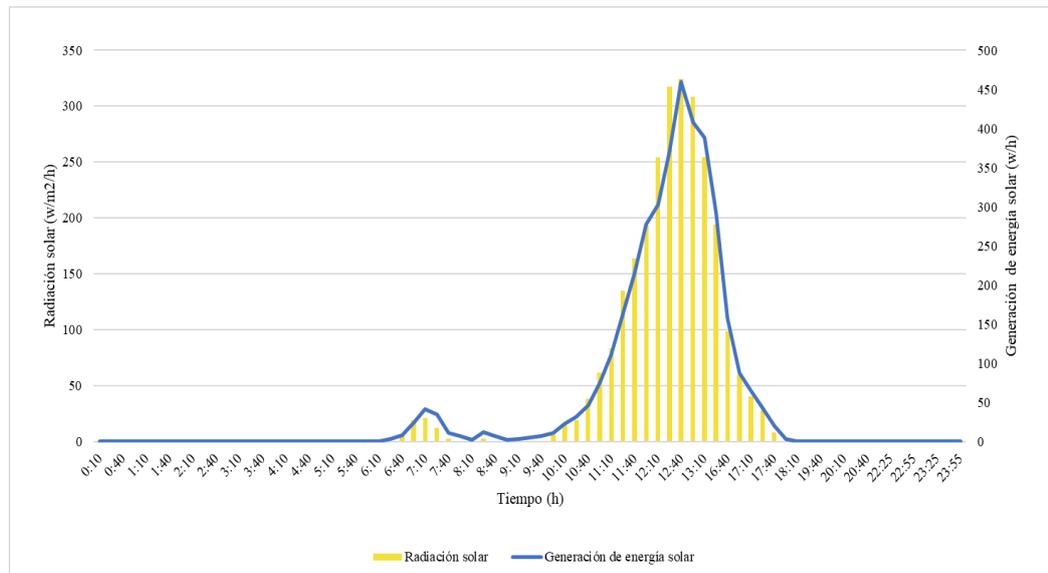
Radiación solar en función de generación de energía solar del día 15/03/2022



Fuente: Propia

Figura 3.

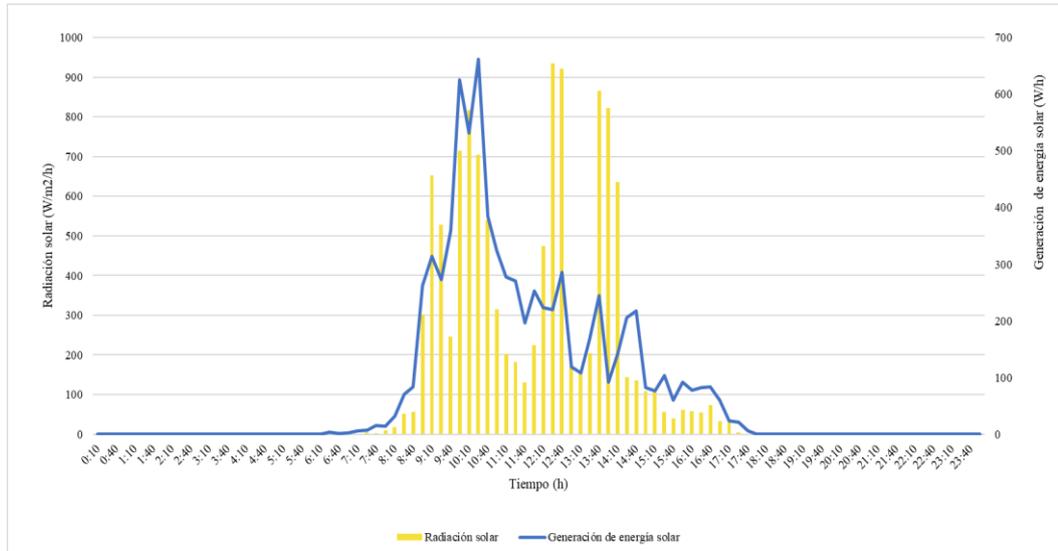
Radiación solar en función de generación de energía solar del día 15/04/2022



Fuente: propia

Figura 4.

Radiación solar en función de generación de energía solar del día 15/05/2022



Fuente: propia

Comparación con 3 días del año 2021

Los resultados del 15 de marzo, 15 de abril y 15 de mayo del 2022 (transición de época lluviosa a seca), fueron comparados con la información de los días 15 de 3 meses consecutivos del 2021 (15 de setiembre, octubre y noviembre del 2021) (transición de época seca a lluviosa) con el fin de observar si existían diferencias entre las primeras y la época de transición seca a lluviosa.

Se presenta información del 15 de setiembre, 15 de octubre y 15 de noviembre del 2021 (Figura 5, 6 y 7). En este caso, en la transición de época seca a lluviosas se observó que la radiación solar empezó entre las 6:00 h (media hora antes que en la transición de la época lluviosa a seca) y culminó a las 18:00 h aproximadamente; similar a los casos analizados del 2022. A continuación, en la tabla 3 se presentan los valores totales de radiación solar total diaria y generación de energía solar total diaria de cada caso analizado:

Tabla 3

Radiación solar total diaria y generación de energía solar total diaria

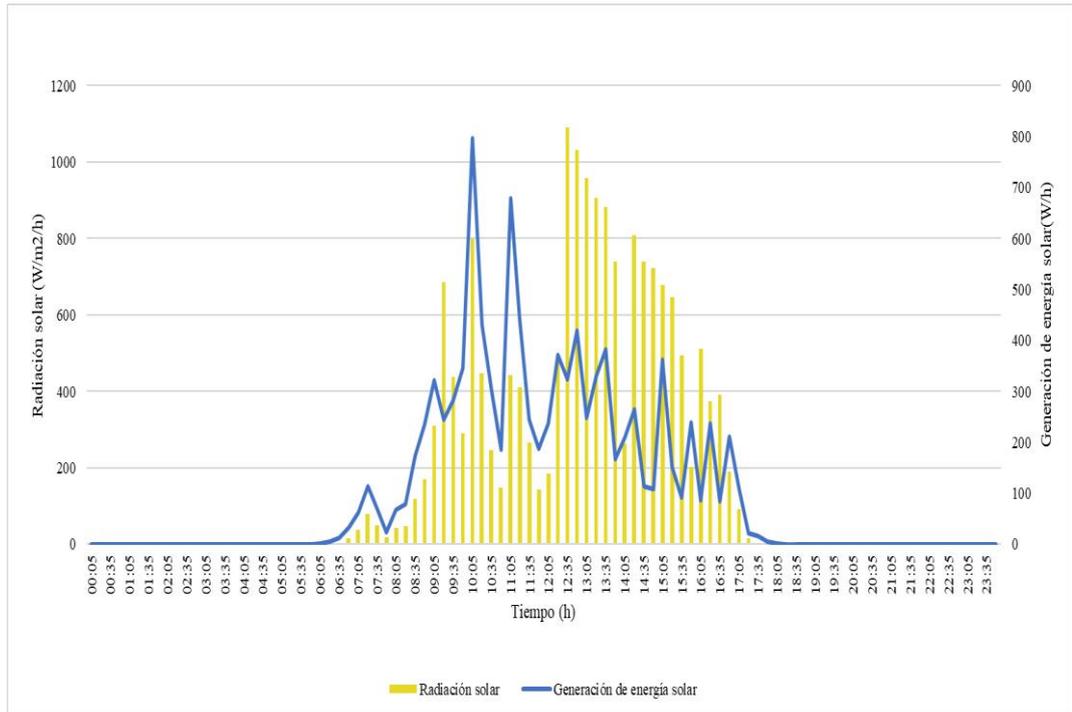
	Radiación solar total diaria	Generación de energía solar total diaria
15/09/2022	17614 W/m ² /día	10138 W/día
15/10/2022	13876 W/m ² /día	16956 W/día
15/11/2022	9202 W/m ² /día	9732 W/día

Fuente: propia

Asimismo, la radiación solar total fue mayor en el día 15/09/2021, el cual presenta cifras muy altas de radiación principalmente en horas de la tarde (Figura 5); seguido del 15/10/2022, que mostró una variación más regular de la radiación solar durante el día (Figura 6); mientras que, la radiación solar fue menor el 15/11/2021 (Figura 7). La generación de energía solar fue mayor el 15/10/2022, seguido del 15/09/2022 y el 15/11/2022; estos últimos con cifras casi similares; se observó que la generación de energía solar mostró similar comportamiento de las variaciones de radiación solar (Figura 5, 6 y 7).

Figura 5.

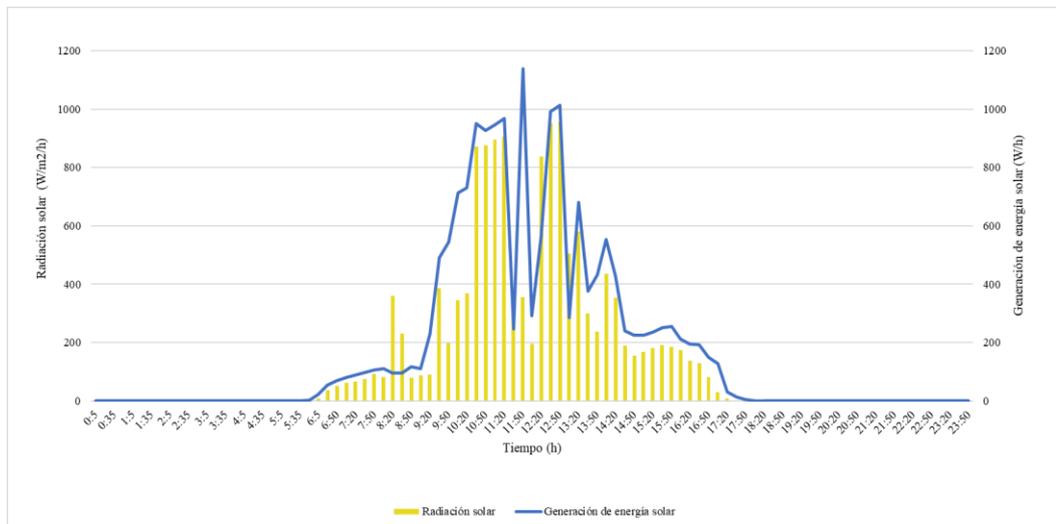
Radiación solar en función de la generación de energía solar del día 15/09/2021



Fuente: propia

Figura 6.

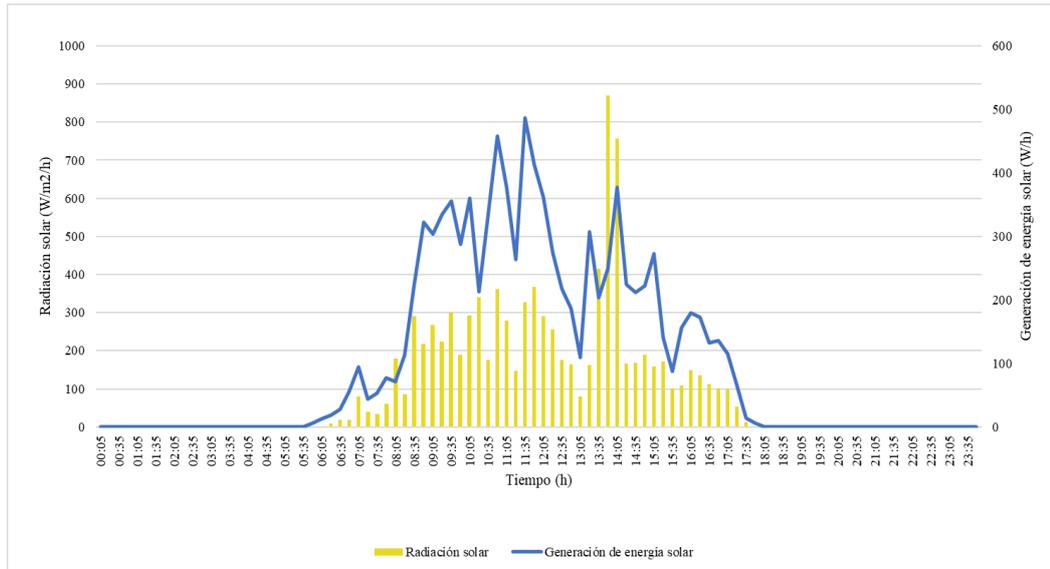
Radiación solar en función de la generación de energía solar del día 15/10/2021



Fuente: propia

Figura 7.

Radiación solar en función de la generación de energía solar del día 15/11/2021



Fuente: propia

Comparando los resultados del 15 de marzo, abril y mayo del 2022 con los resultados del 15 de septiembre, octubre y noviembre del 2021, se observó que los horarios de radiación solar tienen similar comportamiento, pero comenzaron a las 6:00 h hasta 18:00 h. Los datos del 15 de marzo y abril del 2022 presentaron menores niveles de radiación solar en comparación con los 15 de octubre y noviembre de 2021. El mismo comportamiento se observó en la generación de energía solar, con valores menores el 15 de marzo, abril y mayo del 2022 en comparación con el 15 de septiembre, octubre y noviembre del 2021.

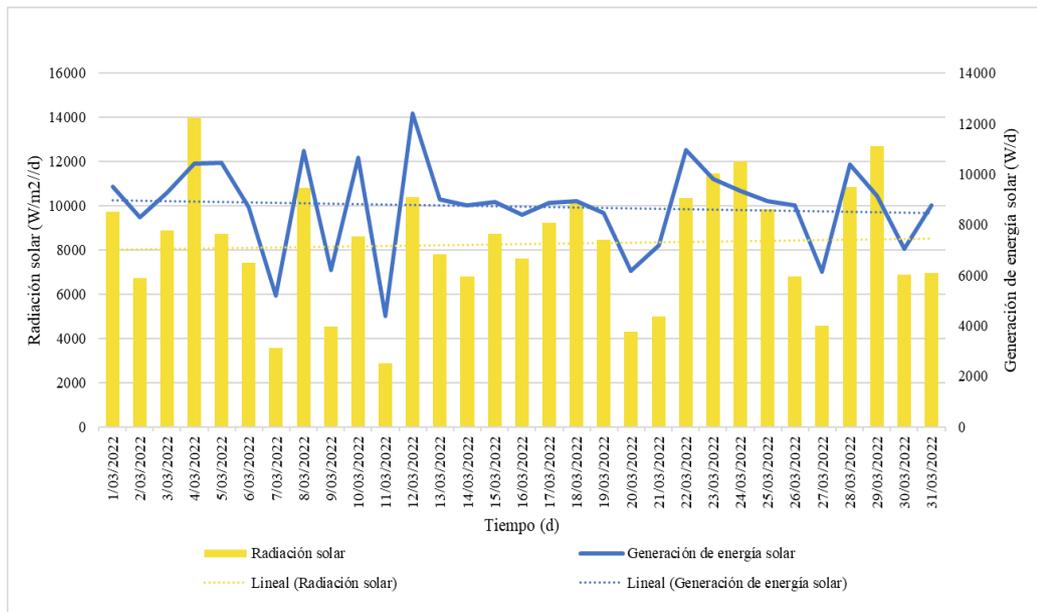
Análisis de casos mensuales 2022

A continuación, se realizó un análisis mensual de la radiación solar captada por los piranómetros y la cantidad de energía generada por la transformación de energía solar en energía eléctrica en los paneles solares entre los meses de marzo a mayo de 2022.

En el mes de marzo, se observó que la radiación solar mostró una tendencia leve de aumento, manteniéndose alrededor de 8 000 W/m² (Figura 8) y la generación de energía mostró una tendencia de disminución mínima.

Figura 8.

Radiación solar en función de la generación de energía solar de marzo del 2022.

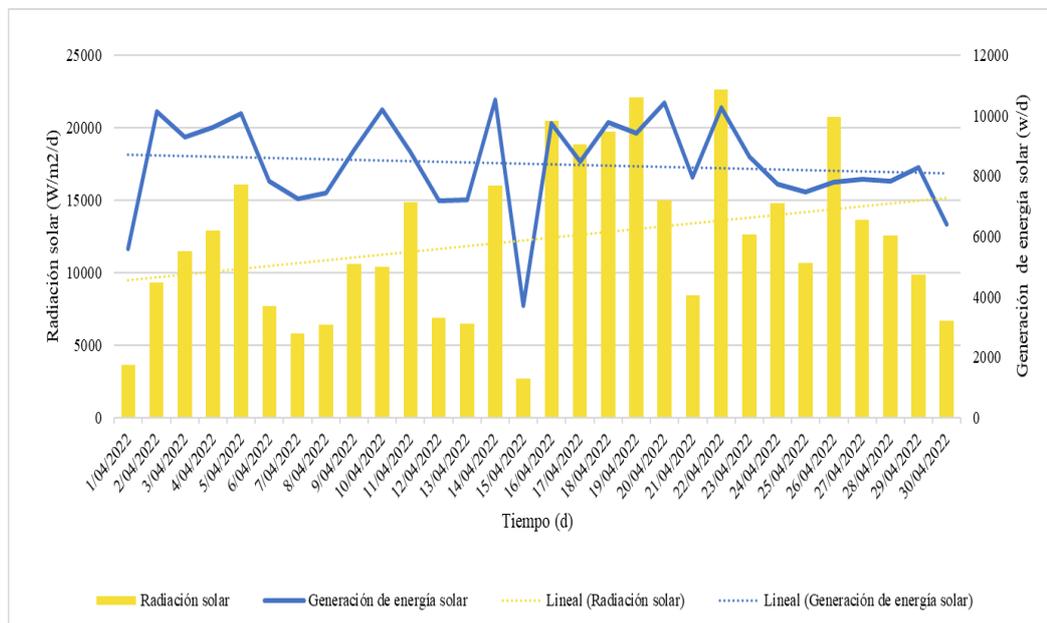


Fuente: propia

En el mes de abril, se observó que la radiación solar mostró una tendencia al incremento de 10 000 W/m² a 15 000 W/m² mientras que la generación de energía mostró una tendencia de disminución leve, con cifras alrededor de 9 000 W/m² (Figura 9).

Figura 9.

Radiación solar en función de la generación de energía solar de abril del 2022.

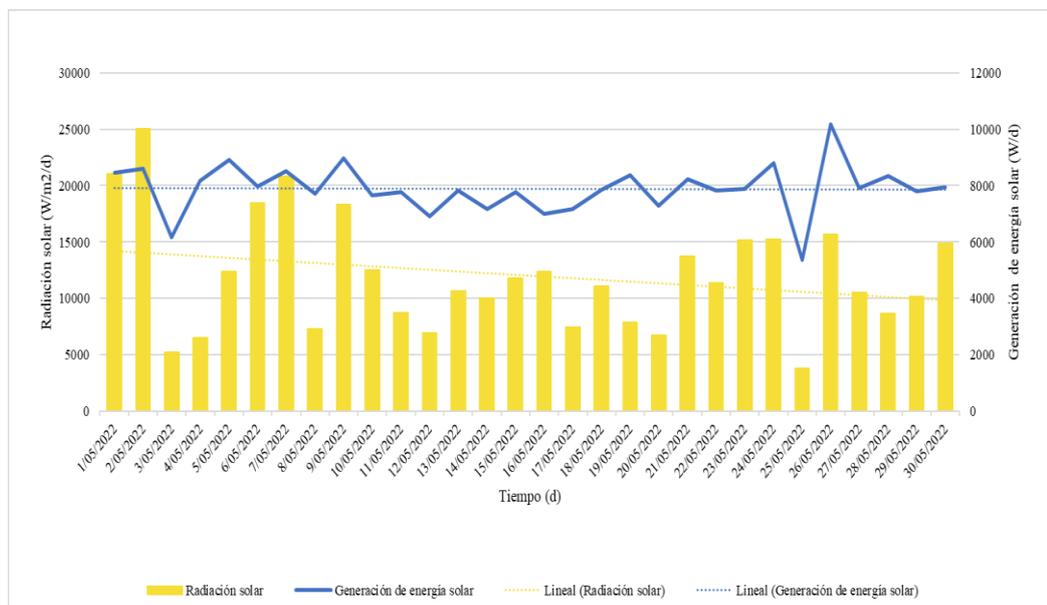


Fuente: propia

En el mes de mayo, se observó que la radiación solar mostró una tendencia al descenso de 15 000 W/m² a 10 000 W/m² y la generación de energía mostró una tendencia claramente estable, con cifras alrededor de 8 000 W/m² (Figura 10).

Figura 10.

Radiación solar en función de la generación de energía solar de mayo del 2022.



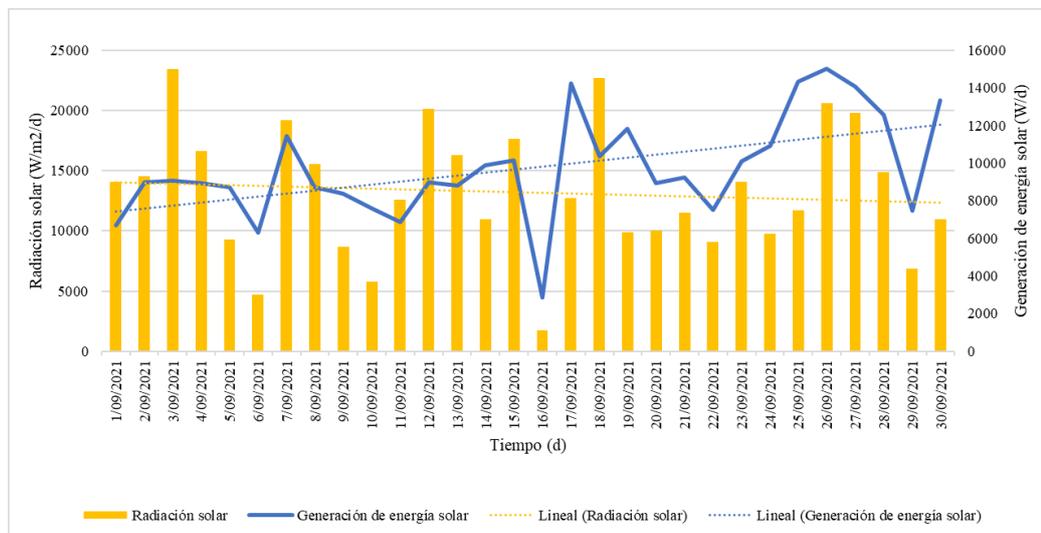
a. Comparación con 3 meses del año 2021

Los resultados de marzo, abril y mayo del 2022 (transición de época lluviosa a seca), fueron comparados con los gráficos de septiembre, octubre y noviembre del 2021 con el fin de observar si existían diferencias entre la época de transición seca a lluviosa.

En el mes de septiembre, se observó que la radiación solar mostró una tendencia a disminuir de 14 000 W/m² a 12 000 W/m² y la generación de energía mostró una tendencia al incremento de 7 000 W/m² a 12 000 W/m² (Figura 11).

Figura 11.

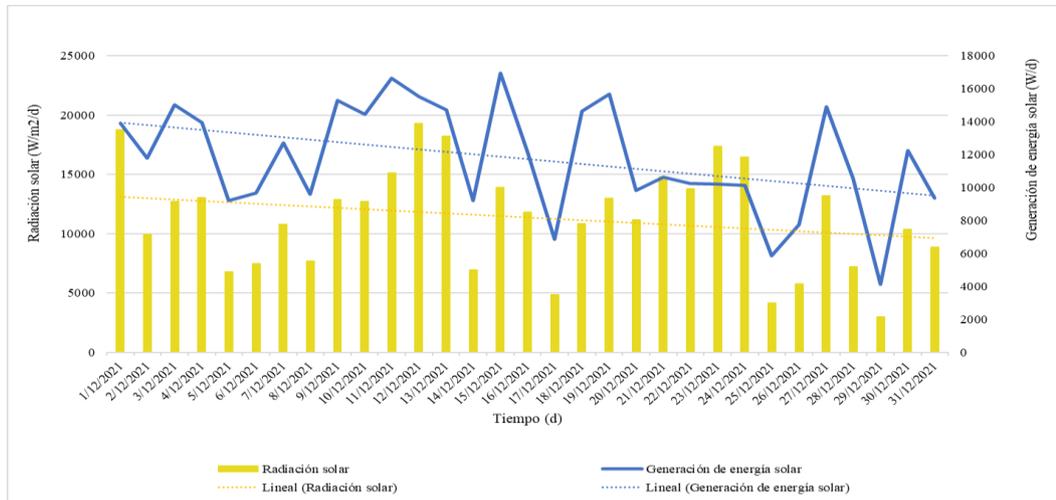
Radiación solar en función de la generación de energía solar de septiembre del 2021.



En el mes de octubre, se observó que la radiación solar y la generación de energía mostraron tendencias a disminuir de 14 000 W/m² a 10 000 W/m² (Figura 12).

Figura 12.

Radiación solar en función de la generación de energía solar de octubre del 2021.

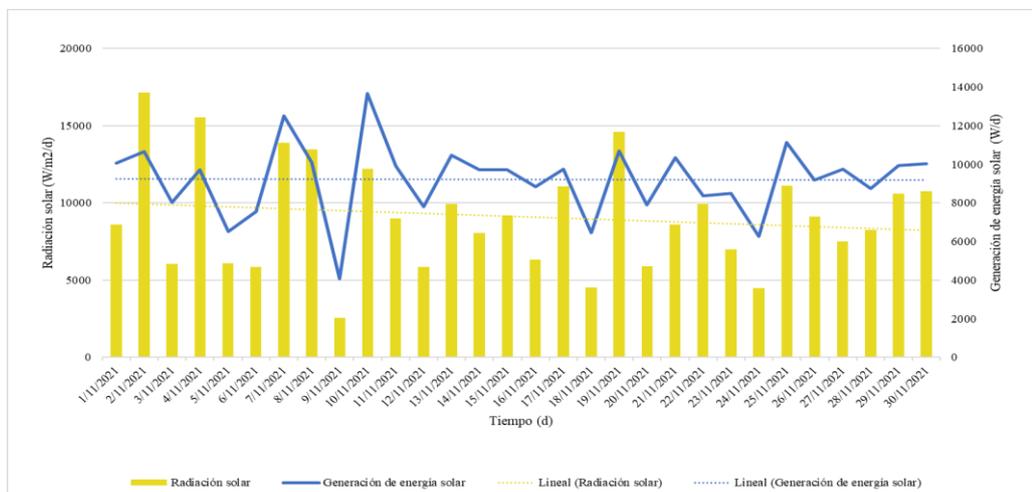


Fuente: propia

En el mes de noviembre, se observó que la radiación solar mostró una tendencia a disminuir de 10 000 W/m^2 a 8 000 W/m^2 , mientras que, la generación de energía mostró una tendencia estable clara, con una cifra alrededor de 9 000 W/m^2 (Figura 13).

Figura 13.

Radiación solar en función de la generación de energía solar de noviembre del 2021.



b. Análisis de consolidado de 3 meses del 2022

A continuación, se realizó un análisis consolidado de marzo, abril y mayo del 2022, en relación de la radiación solar captada por los piranómetros y la cantidad de energía generada por la transformación de energía solar en energía eléctrica en los paneles solares. En la tabla 4, se presentan los valores totales de radiación solar total mensual y generación de energía solar total mensual de cada caso analizado:

Tabla 4

Radiación solar total mensual y generación de energía solar total mensual

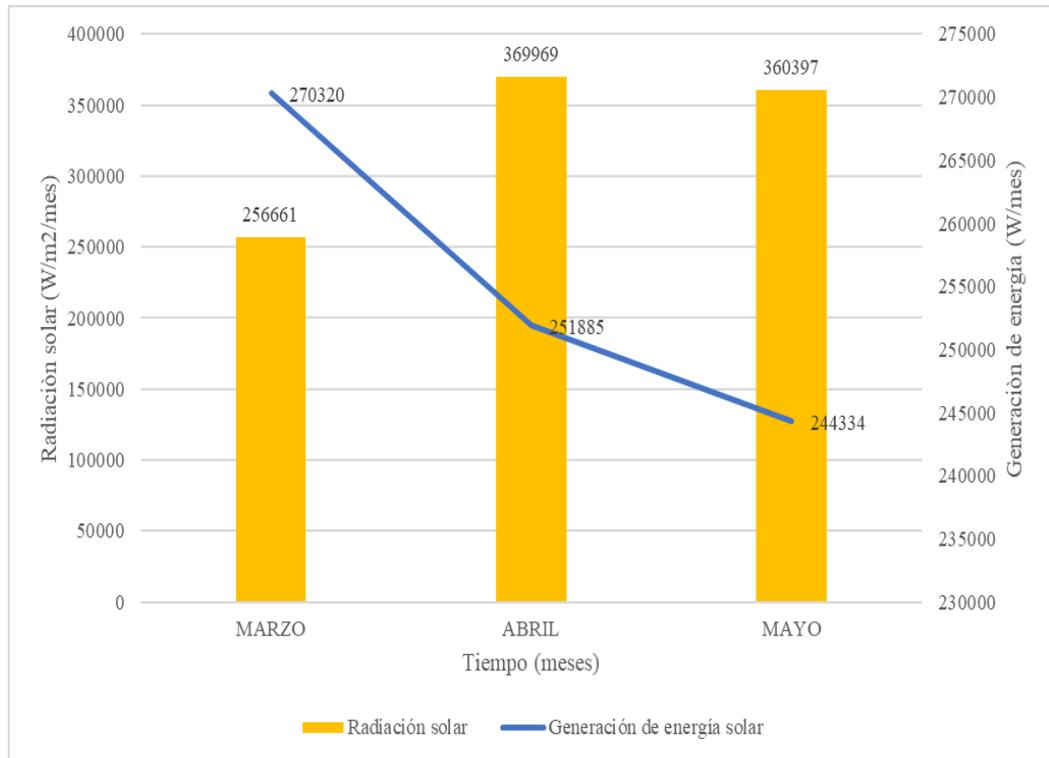
	Radiación solar total mensual	Generación de energía solar total mensual
Marzo 2022	25 6661 W/m ² /mes	27 0320 W/mes
Abril 2022	36 9969 W/m ² /mes	25 1885 W/mes
Mayo 2022	36 0397 W/m ² /mes	24 3334 W/mes

Fuente: propia

Asimismo, se observó que la radiación solar total mensual del mes de marzo 2022 fue menor, en comparación con los meses de abril y mayo 2022, en las que presentó cifras mayores (Figura 14). En cuanto a la generación de energía solar, se observó que fue mayor en el mes de marzo, seguido de abril 2022 y finalmente mayo 2022.

Figura 14.

Consolidado de radiación solar en función de la generación de energía solar de marzo a mayo del 2022



Fuente: propia

c. Análisis de consolidado de 3 meses del 2022

Los resultados consolidados de marzo, abril y mayo del 2022 (transición de época lluviosa a seca), fueron comparados con los resultados consolidados de septiembre, octubre y noviembre del 2021 con el fin de observar si existían diferencias entre la época de transición seca a lluviosa. En la tabla 5, se presentan los valores totales de radiación solar total mensual y generación de energía solar total mensual de cada caso analizado:

Tabla 5*Radiación solar total mensual y generación de energía solar total mensual*

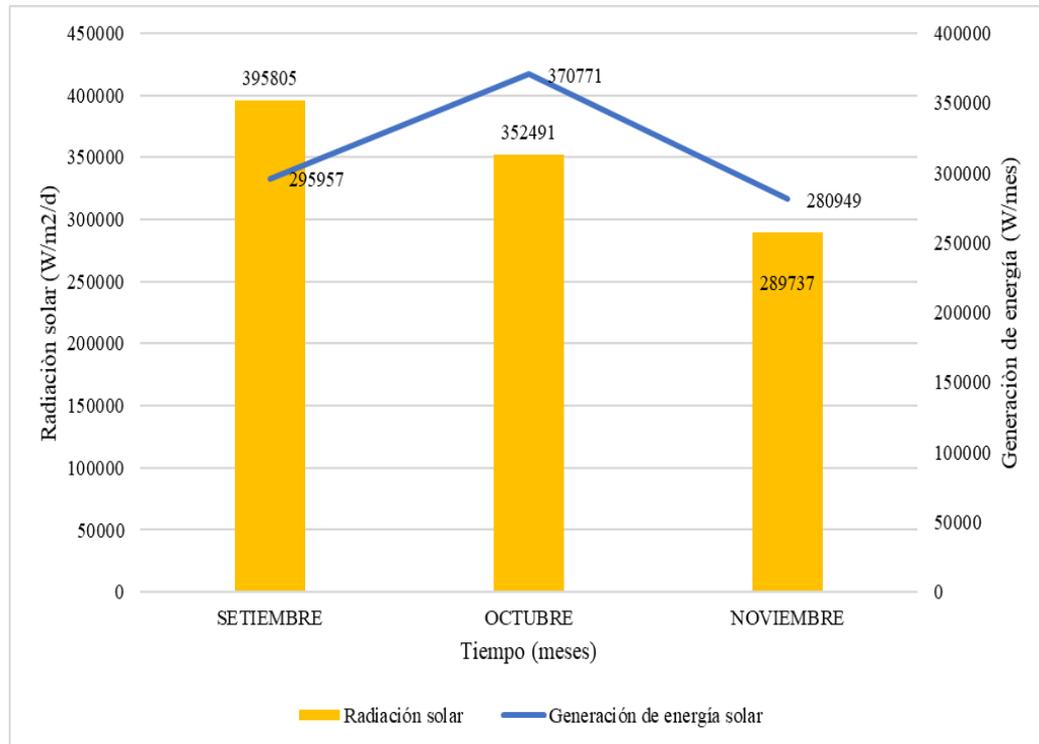
	Radiación solar total mensual	Generación de energía solar total mensual
Septiembre 2022	395 805 W/m ² /mes	295 957 W/mes
Octubre 2022	352 491 W/m ² /mes	370 771 W/mes
Noviembre 2022	289 737 W/m ² /mes	280 949 W/mes

Fuente: propia

Se observó que la radiación solar mensual fue mayor en el mes de septiembre de 2021, en comparación del mes de octubre de 2021 y noviembre de 2021, que presentó cifras menores, en particular este último, con una cifra total más baja (Figura 15). En cuanto a la generación de energía solar, se observó que fue mayor en el mes de octubre de 2021, seguido de septiembre 2021 y noviembre 2021, estos últimos con cifras totales parecidas.

Figura 15.

Consolidado de radiación solar en función de la generación de energía solar de septiembre a noviembre del 2021.



Fuente: propia

Comparando la información de las figuras 15 y 16, se observó que, en los meses de marzo, abril y mayo 2022 se captó menor radiación solar y se generó menor cantidad de energía solar; en comparación con los meses de septiembre, octubre y noviembre 2021, que mostraron valores totales más altos de radiación solar y mayor cantidad de generación de energía solar.

4.2.2. Análisis de la generación, consumo y balance de energía (energía en exceso o energía faltante)

a. Análisis de casos diarios año 2022:

A continuación, se realizó un análisis diario de la generación de energía solar, el consumo de energía en el CDS y el balance entre la entrada y salida de energía en las baterías; para lo cual se seleccionaron 3 días de tres meses

consecutivos del 2022 (15 de marzo, 15 de abril y 15 de mayo del 2022). Cuando el valor es positivo al final del balance entre la producción de energía y el consumo de energía total, significa que las baterías han almacenado energía producida en exceso. Mientras que cuando el valor es negativo, el consumo ha sido mayor que la energía producida por el sistema. Asimismo, se presentan los valores totales de generación de energía solar, el consumo de energía en el CDS y el balance de ambos para almacenamiento o consumo de energía en baterías de los casos analizados (Tabla 6).

Tabla 6

Generación de energía solar total (Watts/día), el consumo de energía del sistema fotovoltaico del CDS (watts/día) y balance entre ambos valores (watts/día), evaluados de marzo y mayo,

	Generación de energía solar	Consumo total de energía en CDS	Balance de energía
15/03/2022	8 905 W/día	6 014 W/día	2 891 W/día
15/04/2022	3 726 W/día	4 479 W/día	-753 W/día
15/05/2022	7 764 W/día	6 131 W/día	1 633 W/día

Fuente: propia

En la tabla 6 se aprecia que los días evaluados de los meses de marzo y mayo, el balance fue positivo quedando la energía extra de la producción para almacenarse en las baterías. Sin embargo, en abril, el balance fue negativo lo cual indica que se utilizó energía de las baterías para que el sistema siga en funcionamiento.

La generación de energía solar se observó entre las 6:00 h. a 18:00 h aproximadamente, mostrando una tendencia ascendente en las primeras horas del

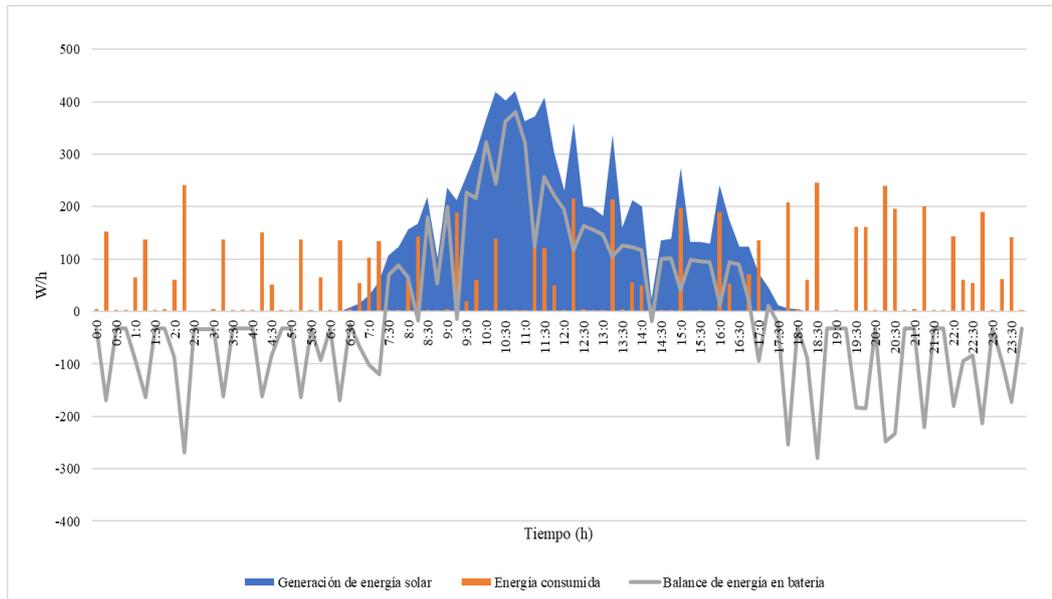
día, un pico de generación alrededor del mediodía, y un posterior descenso en las horas de la tarde. En cuanto al total de energía solar fue mayor el 15/03/2022 y 15/05/2022 (Figura 17 y 18) y se generó menor cantidad de energía el 15/04/2022, observándose que en este caso durante las primeras horas del día la generación de energía fue muy baja (Figura 17).

El consumo de energía fue variable a lo largo del día, con picos de consumo cada cierto intervalo de tiempo. El consumo total mayor fue el 15/03/2022 y el 15/05/2022 (Figura 16 y 18), mientras que, se mostró menor consumo de energía el 15/04/2022 (Figura 17).

Se observó que, durante las horas de generación de energía, parte de ella fue consumida y el excedente se almacenó en las baterías; sin embargo, en las horas sin generación de energía, se observó que se consumió la energía de las baterías (línea gris por debajo del cero). Durante los días analizados, se observó un mayor consumo de energía de las baterías, en comparación con el consumo de la energía solar generada. El 15/04/2022 se observó un mayor consumo de energía de las baterías (Figura 17); mientras que, el 15/03/2022 y el 15/05/2022 el consumo de energía de las baterías también predominó, pero con un valor muy bajo (Figura 16 y 18).

Figura 16.

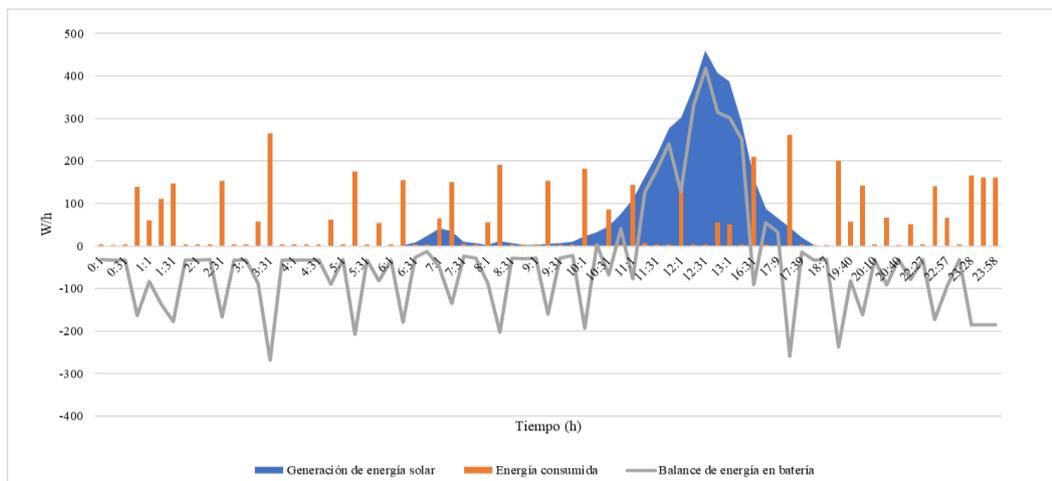
Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de 15/03/2022.



Fuente: propia

Figura 17.

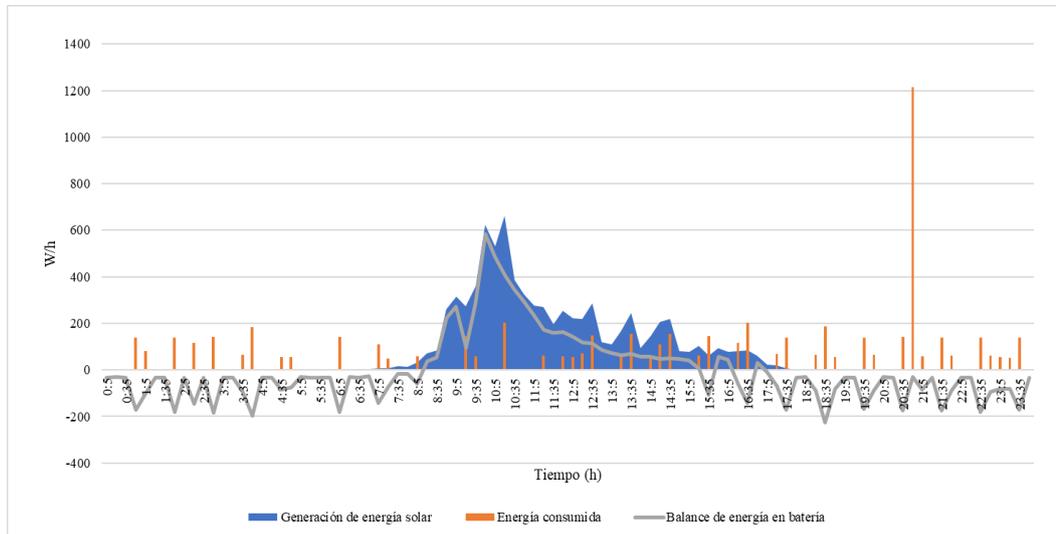
Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance en batería de 15/04/2022.



Fuente: propia

Figura 18.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de 15/05/2022



Fuente: propia

b. Comparación con casos diarios año 2021:

Los resultados del 15 de marzo, abril y mayo del 2022 (transición de época lluviosa a seca), fueron comparados con los resultados del 15 de septiembre, octubre y noviembre del 2021 con el fin de observar si existían diferencias entre la época de transición seca a lluviosa.

Se presentan los valores totales de generación de energía solar, el consumo de energía en el CDS y el balance de energía de los casos analizados. Si el balance al final del periodo de carga y descarga de energía es positivo implica que el sistema ha almacenado más energía de la que se ha consumido y si es negativo se ha utilizado más energía de la producida la cual estaba almacenada en las baterías (Tabla 7).

Tabla 7

Generación de energía solar total (Watts/día), el consumo de energía del sistema fotovoltaico del CDS (watts/día) y balance entre ambos valores (watts/día).

	Generación de energía solar	Consumo total de energía en CDS	Balance de energía
15/09/2021	10 138 W/día	8 739 W/día	1 399 W/día
15/10/2021	16 956 W/día	11 384 W/día	5 572 W/día
15/11/2021	9 732 W/día	7 233 W/día	2 499 W/día

Fuente: propia

En la tabla 7, a diferencia de lo visto en el periodo de marzo a mayo del 2022, en los tres días evaluados, se aprecia un balance positivo lo cual nos indica que se almacenó energía en las baterías.

La generación de energía solar se observó entre las 6:00 h. a 18:00 h aproximadamente, mostrando una tendencia ascendente en las primeras horas del día, un pico de generación alrededor del mediodía, y un posterior descenso en las horas de la tarde. En cuanto al total de energía solar fue mucho mayor el 15/10/2021 (Figura 20) y menor el 15/09/2021 y 15/11/2021(Figura 19 y 21).

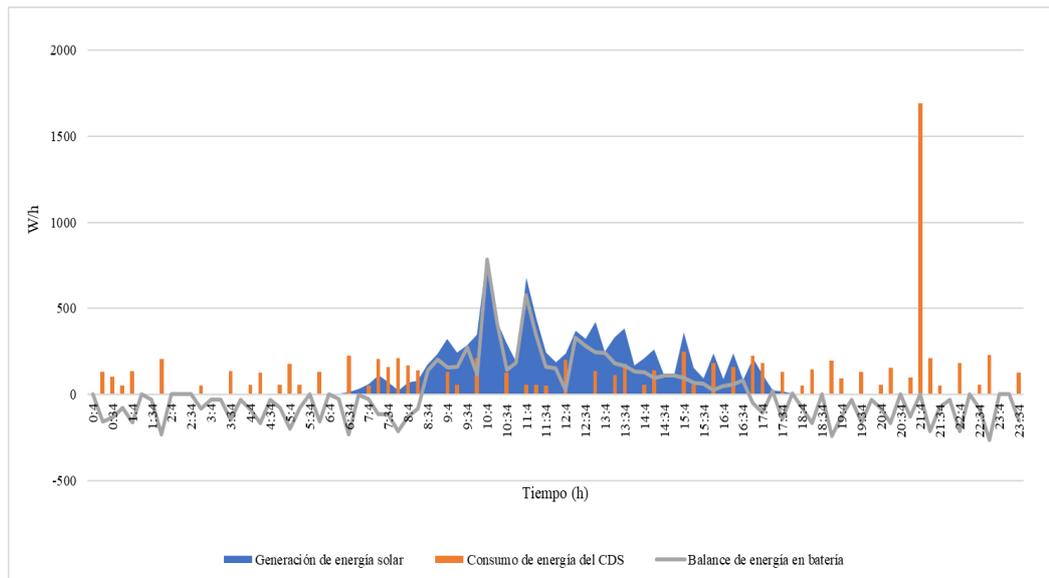
El consumo de energía fue variable a lo largo del día, con picos de consumo cada cierto intervalo de tiempo. El consumo total mayor fue el 15/10/2021 (Figura 20) y menor el 15/09/2021 y 15/11/2021 (Figura 19 y 21).

Se observó que, durante las horas de generación de energía, parte de ella fue consumida y el excedente se almacenó en las baterías; sin embargo, en las horas sin generación de energía, se observó que se consumió la energía de las baterías (línea gris por debajo del cero). Durante los días analizados, se observó una mayor

generación de energía y un balance positivo entre la generación y consumo de energía con el posterior almacenamiento en las baterías.

Figura 19.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de 15/09/2021



Fuente: propia

Figura 20.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de 15/10/2021.

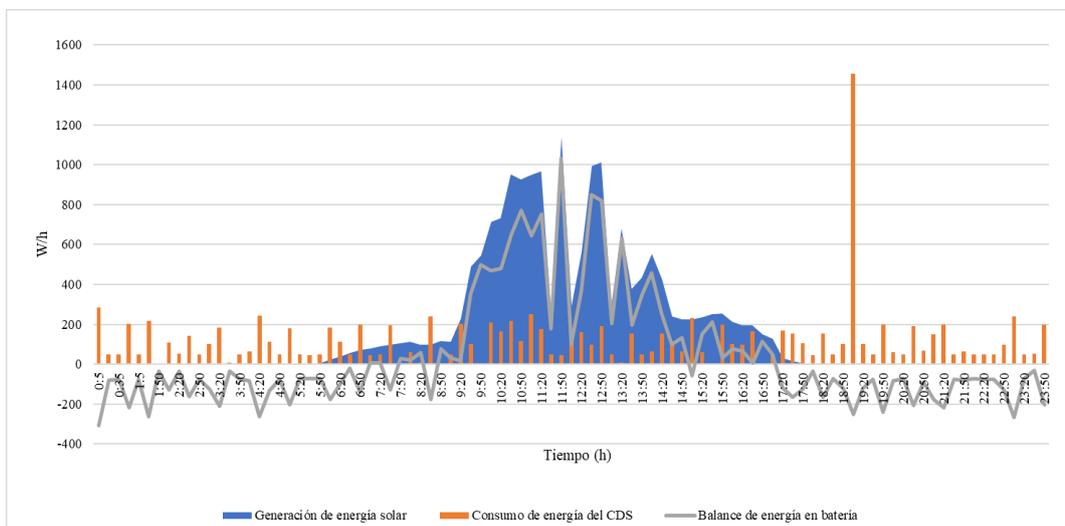
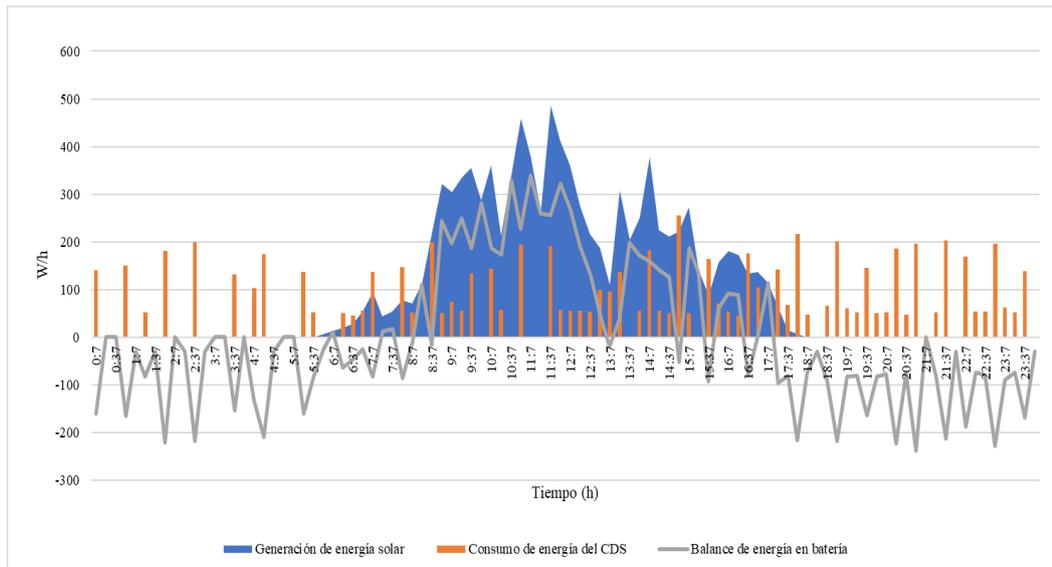


Figura 21.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de 15/11/2021.



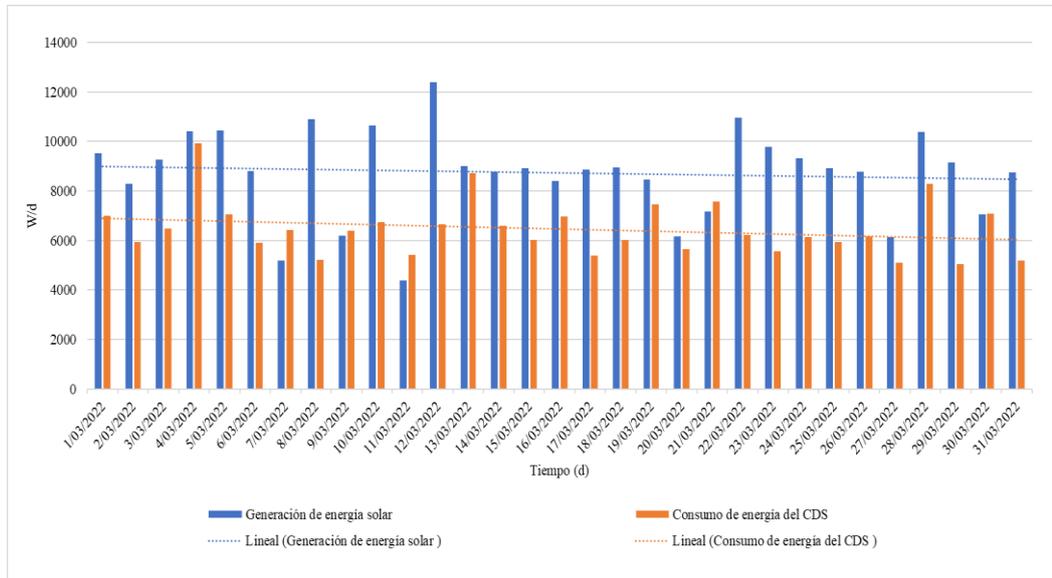
c. Análisis de casos mensuales año 2022:

A continuación, se realizó un análisis mensual de la generación de energía solar, el consumo de energía en el CDS y el balance de energía producida y consumida; para lo cual se seleccionaron tres meses consecutivos del 2022 (marzo, abril y mayo del 2022).

En el mes de marzo del 2022, se observó que la generación de energía solar no mostró una tendencia clara, manteniéndose alrededor de 9 000 W. El consumo de energía del CDS tampoco mostró una tendencia clara, manteniéndose alrededor de 6 000 W (Figura 22).

Figura 22.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de marzo del 2022.

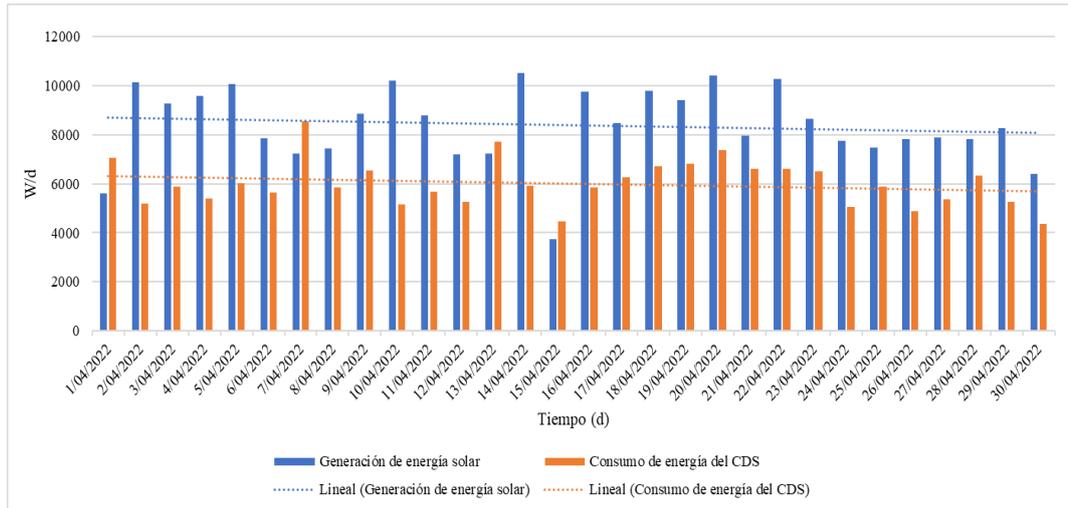


Fuente: propia

En el mes de abril del 2022, se observó que la generación de energía solar no mostró una tendencia clara, manteniéndose alrededor de 8 000 W. El consumo de energía del CDS tampoco mostró una tendencia clara, manteniéndose alrededor de 6 000 W (Figura 23).

Figura 23.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de abril del 2022.

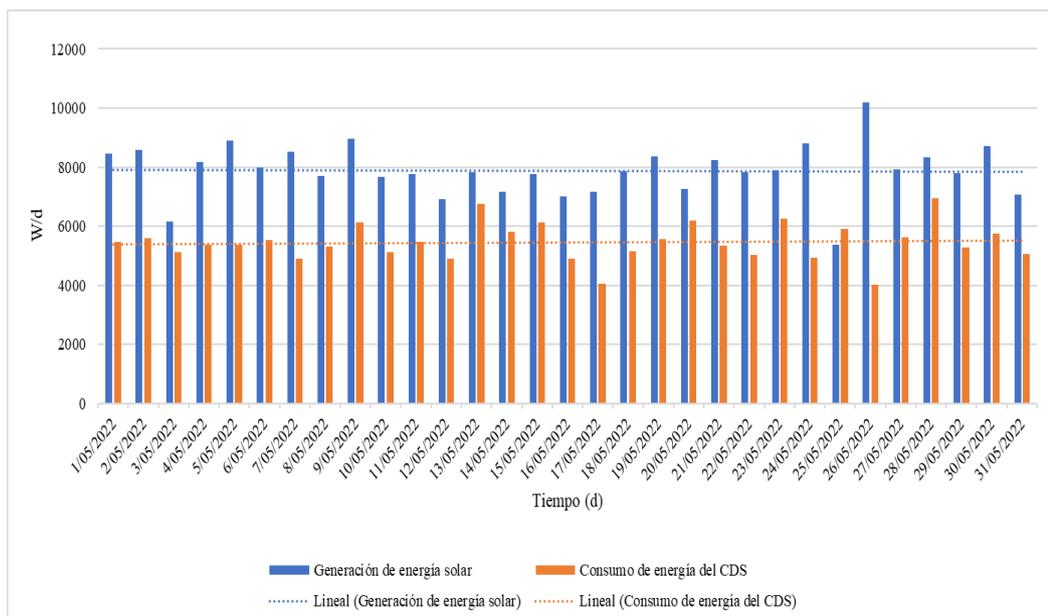


Fuente: propia

En el mes de mayo del 2022, se observó que la generación de energía solar no mostró una tendencia clara, manteniéndose alrededor de 8000 W. El consumo de energía del CDS tampoco mostró una tendencia clara, manteniéndose alrededor de 5500 W (Figura 24).

Figura 24.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de mayo del 2022.



Fuente: propia

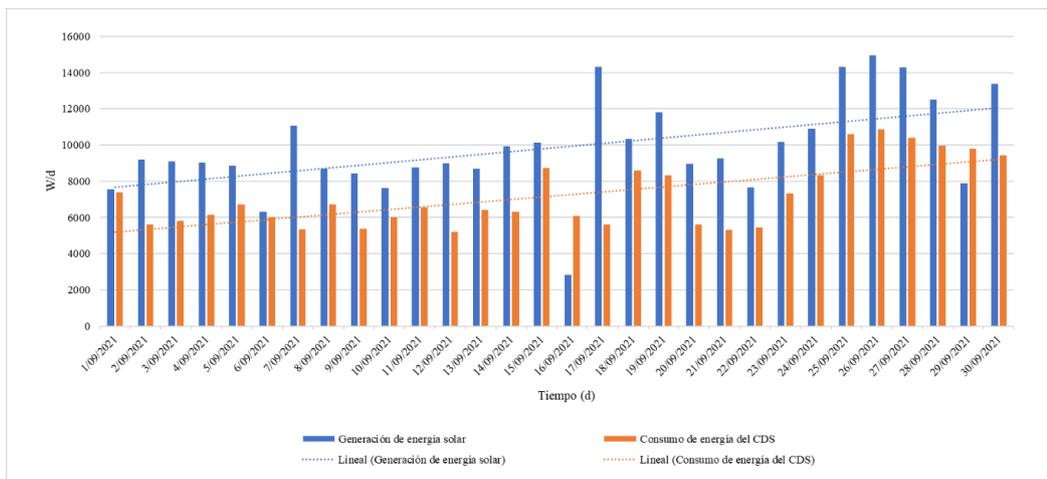
d. Comparación de casos mensuales año 2021:

Los resultados de marzo, abril y mayo del 2022 (transición de época lluviosa a seca), fueron comparados con los resultados de septiembre, octubre y noviembre del 2021 con el fin de observar si existían diferencias entre la época de transición seca a lluviosa.

En el mes de septiembre del 2021, se observó que la generación de energía solar mostró una tendencia al incremento de 7 000 W a 12 000 W. El consumo de energía del CDS también mostró una tendencia al incremento de 5 000 W a 9 000 W (Figura 25).

Figura 25.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de septiembre del 2021.

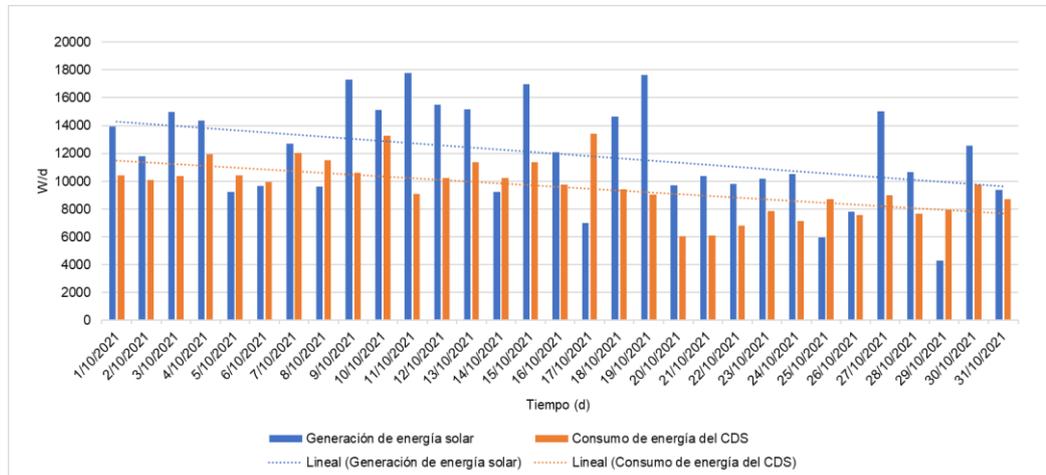


Fuente: propia

En el mes de octubre del 2021, se observó que la generación de energía solar mostró una tendencia a disminuir de 15 000 W a 10 000 W. El consumo de energía del CDS también mostró una tendencia a disminuir de 10 000 W a 7 000 W (Figura 26).

Figura 26.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de octubre del 2021.

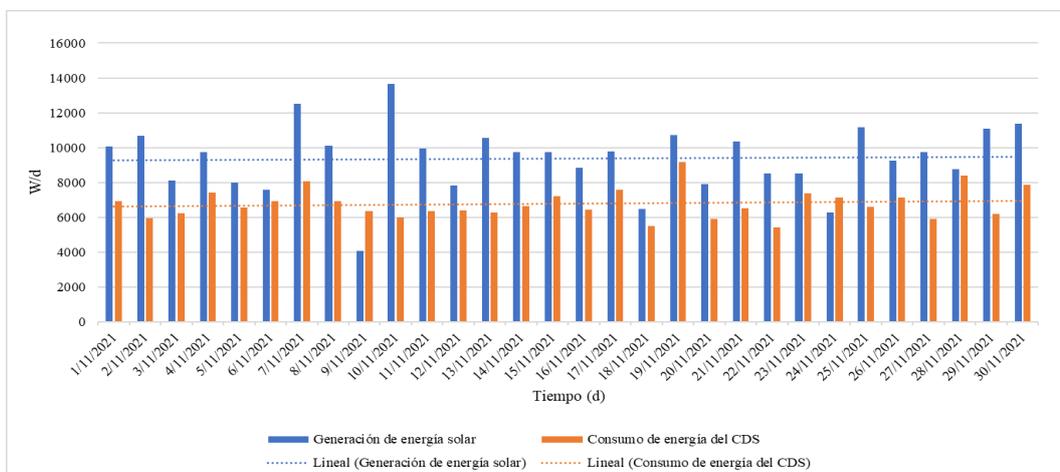


Fuente: propia

En el mes de noviembre del 2021, se observó que la generación de energía solar no mostró una tendencia clara, observándose alrededor de 9 000 W. El consumo de energía del CDS no mostró una tendencia clara, observándose alrededor de 6 000 W (Figura 27).

Figura 27.

Generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS y del balance de energía en batería de noviembre del 2021.



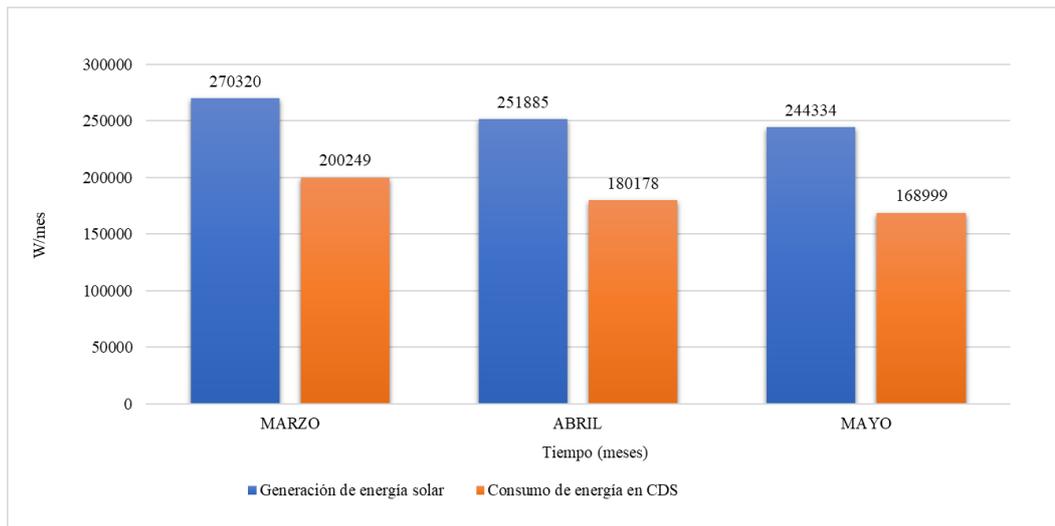
Fuente: propia

e. Análisis comparativo de 3 meses año 2022 y 3 meses del año 2021

A continuación, se realizó un análisis consolidado de marzo, abril y mayo del 2022 en comparación con los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2021, en relación a la generación de energía solar y el consumo de energía del CDS. Se presentan los valores totales mensuales de generación de energía solar, consumo del CDS (Figura 28 y 29).

Figura 28.

Consolidado de generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS.

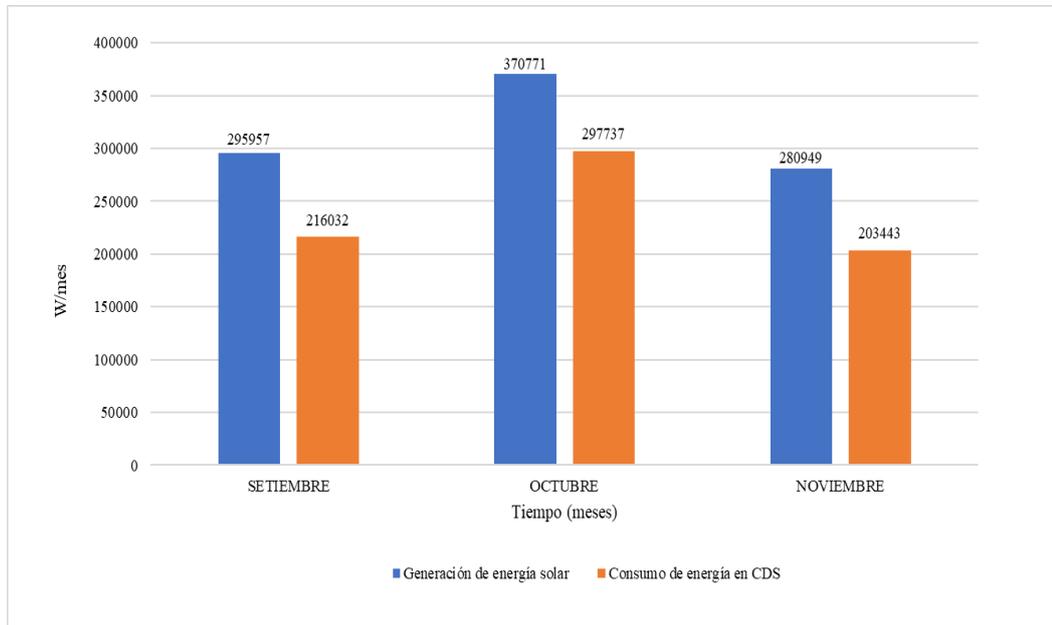


Fuente: propia

Se observó que la generación de energía solar fue mayor en marzo, en comparación con abril y mayo, que presentó cifras menores y similares. El consumo de energía fue mayor en marzo, seguido de abril y mayo (Figura 28). Esto nos muestra que el balance de generación contra consumo de energía fue positivo, utilizándose el exceso de energía para almacenarse en las baterías.

Figura 29.

Consolidado de generación de energía solar en función del consumo de energía de CDS



Fuente: propia

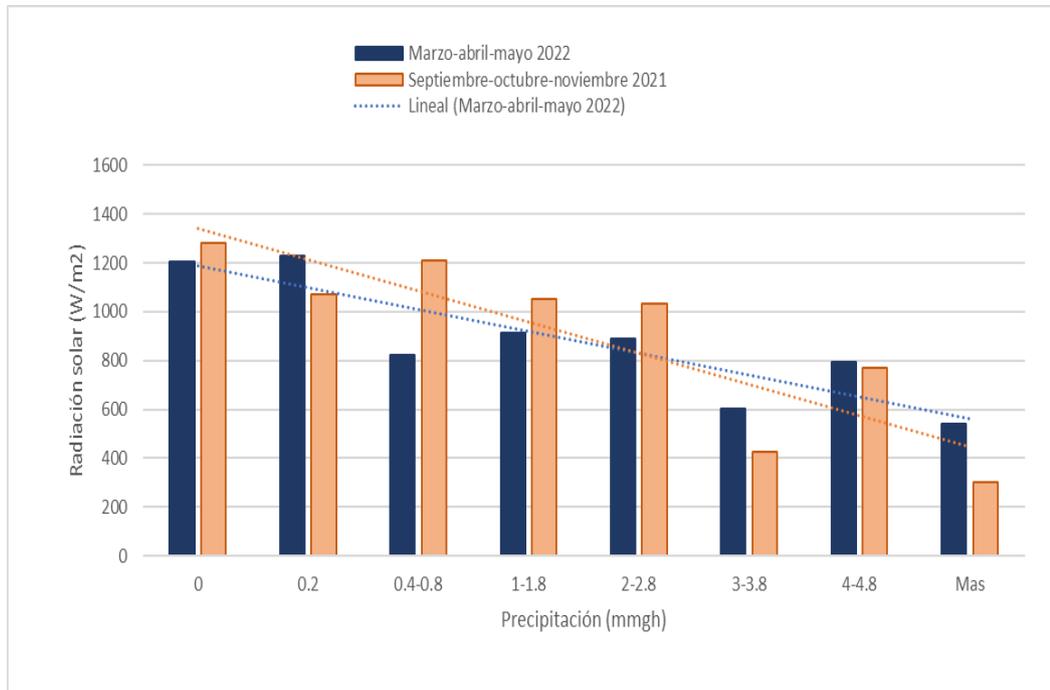
Se observó que la generación de energía solar fue mayor en octubre, en comparación con septiembre y noviembre, que presenta cifras menores y similares. El consumo de energía fue mayor en octubre, en comparación con septiembre y noviembre, que presentó cifras menores y similares (Figura 29).

4.2.3. Análisis de la relación de la precipitación y la generación de energía solar

A continuación, se realizó un análisis mensual de la precipitación vs la radiación solar para lo cual se seleccionaron tres meses consecutivos del 2022 (marzo, abril y mayo del 2022) y del 2021 (septiembre, octubre y noviembre del 2021) (Figura 31).

Figura 31.

Comparación de generación de precipitación en función de la radiación solar de marzo a mayo del 2022 con septiembre a noviembre del 2021.



Fuente: propia

Se observó que la precipitación y la radiación solar presentaron valores contrarios, a menor precipitación se observó mayor radiación, y a mayor precipitación se observó menor radiación entre los meses comparados del 2022 y 2021.

4.2.4. Análisis del desempeño del sistema fotovoltaico en el CDS

Se presenta el balance mensual entre la generación y el consumo de energía en los periodos analizados (Tablas 8 y 9). Se puede observar con el análisis mensual, que los balances en todos los meses han sido positivos, tanto en la transición de la época lluviosa a seca como en la transición de la época seca a la lluviosa.

Tabla 8

Generación de energía solar total (Watts/mensual), el consumo de energía del sistema fotovoltaico del CDS (watts/mensual) y balance entre ambos valores (watts/mensual para los meses entre marzo - mayo del 2022

	Generación de energía (W/mes)	Consumo de energía (W/mes)	Balance de energía (W/mes)
Marzo 2022	270 320 W	200 249 W	70 071 W
Abril 2022	251 885 W	180 178 W	71 707 W
Mayo 2022	244 334 W	168 999 W	75 335 W

Fuente: propia

Tabla 9

Generación de energía solar total (Watts/mensual), el consumo de energía del sistema fotovoltaico del CDS (watts/mensual) y balance entre ambos valores (watts/mensual) para los meses entre septiembre - noviembre del 2021.

	Generación de energía (W/mes)	Consumo de energía (W/mes)	Balance de energía (W/mes)
Septiembre 2021	295 957 W	216 032 W	79 925 W
Octubre 2021	370 771 W	297 737 W	73 034 W
Noviembre 2021	280 949 W	203 443 W	77 506 W

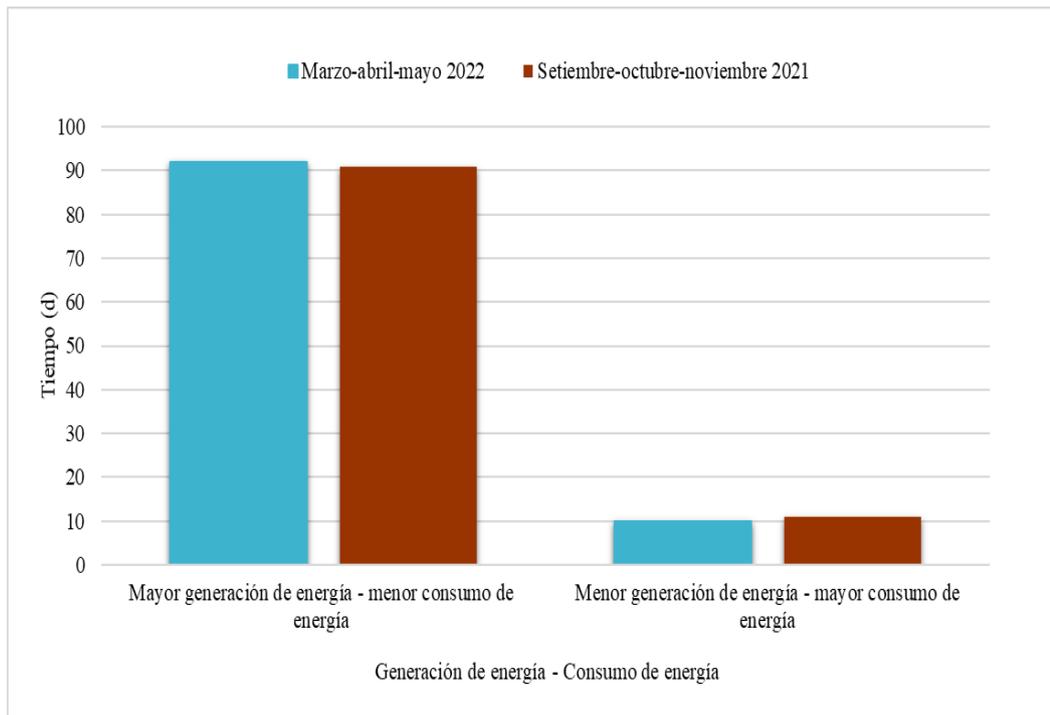
Fuente: propia

En base a los resultados mensuales mostrados anteriormente, se procedió a realizar el análisis a un nivel diario para ver si se observaban diferencias. Se

evaluó la cantidad de días en que el consumo fue menor que la producción y los días en que el consumo fue mayor que la producción obteniéndose la figura 32.

Figura 32.

Comparación entre días de mayor producción que consumo y días de mayor consumo que producción.



Fuente: propia

En la figura 32, se aprecia que alrededor del 90% de los días de los dos periodos evaluados, tuvieron una mayor producción energética que de consumo. Sin embargo, alrededor del 10% de los días tuvieron un mayor consumo que producción de energía.

En la tabla 10, podemos ver los días extremos de ambos períodos evaluados en que se tuvo un mayor consumo que producción. El día más extremo, el 17 de octubre de 2021, se consumió el doble de energía que la que se produjo.

Tabla 10

Días de mayor consumo energético en cada periodo evaluado.

Periodos	Día extremo (W/mes)	Generación de energía solar (W/mes)	Consumo de energía (W/mes)
M-A-M 2022	10/04/2022	5 592 W	7 055 W
S-O-N 2021	17/10/2021	6 957 W	13 389 W

Fuente: propia

4.2.5. Análisis de viabilidad económica del sistema de Energía Solar

Para realizarse el análisis de viabilidad de la Energía Solar con el sistema actual en el CDS, se han determinado ciertos parámetros, los cuales serán detallados a continuación:

Tabla 11

Parámetros para el análisis de viabilidad económica de la Energía Solar

Parámetros	Descripción	Valores definidos para el proyecto
Radiación Media Diaria Anual HSP (W/m ² /día)	Radiación media diaria anual en la hora solar pico (HSP)	3.6
Producción FV anual (kWh/año)	Producción de energía anual con el equipo instalado.	1561.032
Pérdida anual de Potencia PV	Pérdida de potencia del panel fotovoltaico.	0.67%
PVP kWh Sustituido (S/. /kWh)	Costo de producir 1 kWh usando gasolina.	2.5
Inflación Anual		4.3%
Mantenimiento S/. /año	Representa acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado	0

	<p>en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Para el caso del proyecto el mantenimiento anual es básico (limpieza), por lo cual no se han considerado costos.</p> <p>Es una medida porcentual de la cantidad de energía solar que se convierte en electricidad en el sistema instalado. Se considera que en el proceso de conversión de la energía de 24 voltios a 220 voltios, se pierde un 10% de la energía obtenida por los paneles.</p>	90%
Eficiencia total del sistema		
	<p>Es la cantidad de energía solar que son convertidas en energía eléctrica por los paneles en un metro cuadrado.</p>	17.52%
Eficiencia de los paneles		
	<p>Es la capacidad nominal de los dispositivos, el cual viene definido por el equipo adquirido.</p>	330
Potencia Panel Solar Wp		
	<p>Representan el número de equipos con la función de captar la energía de la radiación solar para su aprovechamiento.</p>	4
Número de Paneles		
	<p>Es el producto obtenido del número de paneles del sistema por la potencia de cada panel solar.</p>	1.32
Potencia Instalada kWp		
	<p>Representa el monto total (S/.) de la inversión para la instalación del sistema de energía solar (equipos)</p>	25725.86
Inversión Inst. Solar S/.		
	<p>Representa el reemplazo de ciertos equipos o partes de ellos en el periodo de 5 años, después del inicio del funcionamiento del sistema. Para el caso del proyecto se va a requerir la renovación de equipos a los 10 años.</p>	6 000
Renov. Equipos 10 años S/.		
(Recomendación)		
	<p>Representa el reemplazo de ciertos equipos o partes de ellos en el periodo de 20 años, después del inicio del funcionamiento del sistema.</p>	10 000
Renov. Equip. 20 años S/.		
(Recomendación)		

Fuente: propia

A partir de los parámetros definidos se realizaron los cálculos de viabilidad de la Energía Solar; a continuación, se presentan los resultados:

Tabla 12

*Cálculos de viabilidad económica de la Energía Solar desarrollado en el CDS
(expresada en soles)*

Inversión Fotovoltaica						
Año	Generación	Mantenimiento FV/año	Ahorro Fotovoltaico	Beneficio /año	Rédito %/año	Acumulado
0	0	S/. -	S/. -	-S/.25,725.86	0	-S/.25,725.86
1	1561.03	S/. -	S/.3,902.58	S/.3,902.58	15%	S/.3,902.58
2	1550.57	S/. -	S/.4,012.11	S/.4,012.11	16%	S/.7,914.69
3	1540.18	S/. -	S/.4,124.71	S/.4,124.71	16%	S/.12,039.40
4	1529.87	S/. -	S/.4,240.47	S/.4,240.47	16%	S/.16,279.87
5	1519.61	S/. -	S/.4,359.48	S/.4,359.48	17%	S/.20,639.35
6	1509.43	S/. -	S/.4,481.83	S/.4,481.83	17%	S/.19,121.19
7	1499.32	S/. -	S/.4,607.62	S/.4,607.62	18%	S/.23,728.80
8	1489.27	S/. -	S/.4,736.93	S/.4,736.93	18%	S/.28,465.74
9	1479.3	S/. -	S/.4,869.88	S/.4,869.88	19%	S/.33,335.62
10	1469.39	S/. -	S/.5,006.55	S/.5,006.55	19%	S/.32,342.17
11	1459.54	S/. -	S/.5,147.07	S/.5,147.07	20%	S/.37,489.24
12	1449.76	S/. -	S/.5,291.52	S/.5,291.52	21%	S/.42,780.76
13	1440.05	S/. -	S/.5,440.03	S/.5,440.03	21%	S/.48,220.78
14	1430.4	S/. -	S/.5,592.71	S/.5,592.71	22%	S/.53,813.49
15	1420.82	S/. -	S/.5,749.67	S/.5,749.67	22%	S/.59,563.16
16	1411.3	S/. -	S/.5,911.04	S/.5,911.04	23%	S/.65,474.20

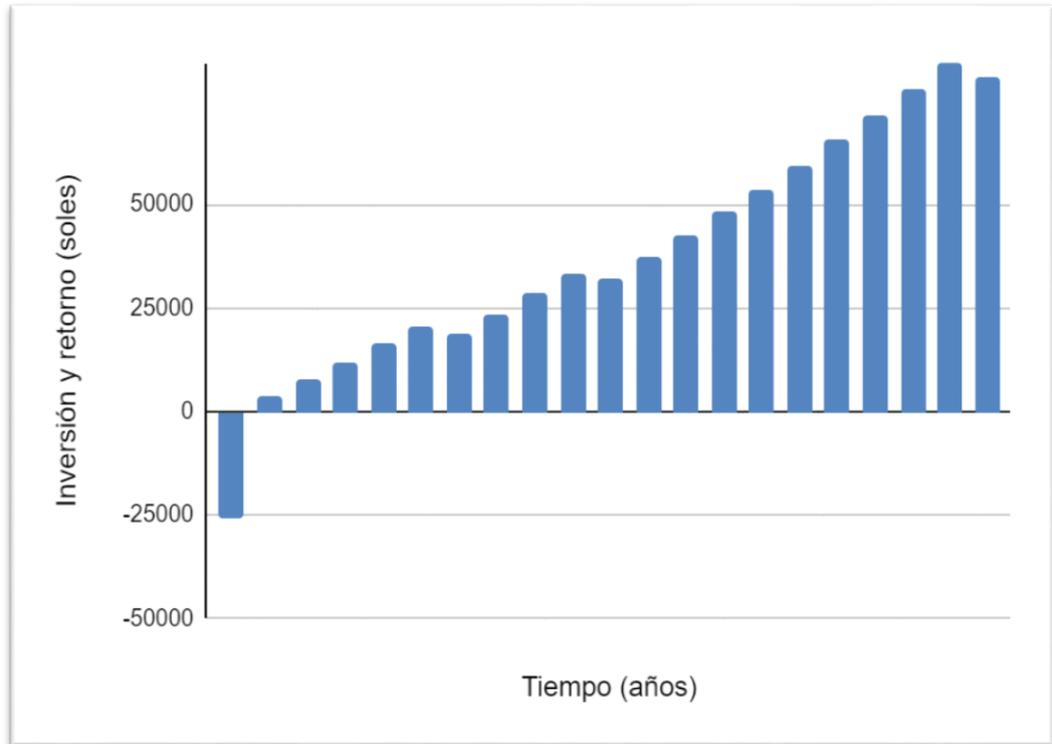
17	1401.84	S/. -	S/6,076.93	S/6,076.93	24%	S/71,551.13
18	1392.45	S/. -	S/6,247.48	S/6,247.48	24%	S/77,798.61
19	1383.12	S/. -	S/6,422.82	S/6,422.82	25%	S/84,221.43
20	1373.85	S/. -	S/6,603.08	S/6,603.08	26%	S/80,824.52
21	1364.65	S/. -	S/6,788.40	S/6,788.40	26%	S/87,612.92
22	1355.5	S/. -	S/6,978.92	S/6,978.92	27%	S/94,591.84
23	1346.42	S/. -	S/7,174.79	S/7,174.79	28%	S/101,766.63
24	1337.4	S/. -	S/7,376.15	S/7,376.15	29%	S/109,142.78
25	1328.44	S/. -	S/7,583.17	S/7,583.17	29%	S/116,725.95

Fuente: propia

Los resultados obtenidos nos permiten determinar que el retorno total de la inversión del sistema de Energía Solar, S/ 25,725.86, sería recuperado durante el periodo comprendido entre el año 1 y el año 8, lo que representa una rentabilidad neta del sistema fotovoltaico desde el año 8 al año 25, lo cual puede observar en la (Figura 33).

Figura 33.

Inversión y retorno por año en el sistema de Energía Solar instalado (expresado en soles S/)



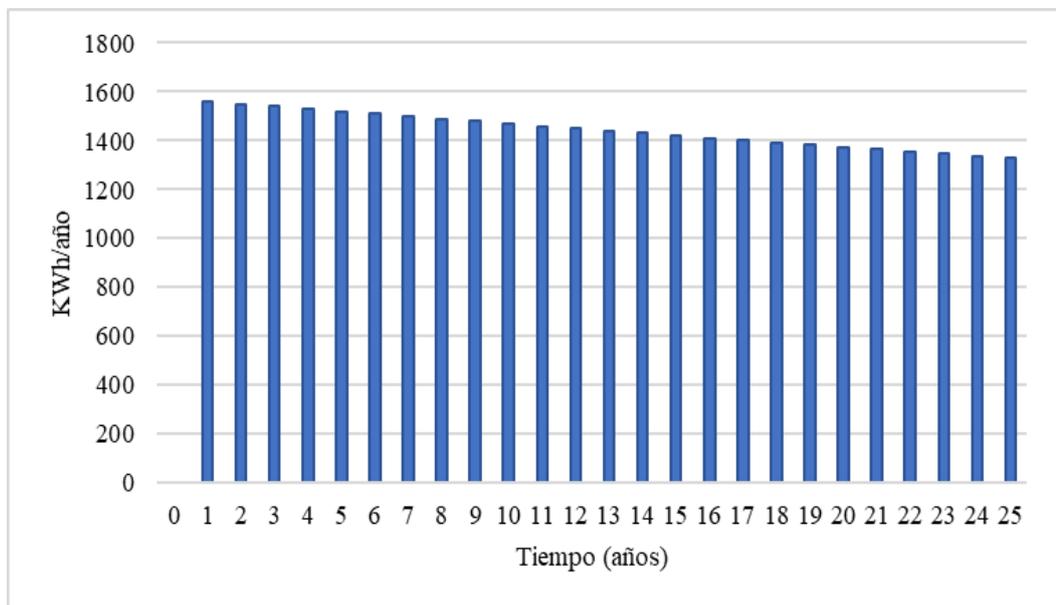
Fuente: propia

De lo anterior se observa que el beneficio acumulado asciende a S/116,725.95, lo que representa un rédito del 454% es decir la utilidad o beneficio renovable de la inversión realizada para el desarrollo de la Energía Solar; lo que significa que existe una viabilidad económica del sistema de Energía Solar en el CDS.

A continuación, la figura 34, presenta la generación de energía por parte del sistema de Energía Solar, en el cual se observa una ligera disminución por año, el cual se debe a la pérdida anual de potencia que experimentan los paneles solares el cual es equivalente a 0,67%. A pesar de ello se observa una buena generación de energía por parte del sistema.

Figura 34.

Generación de energía en el sistema de Energía Solar (expresado en kWh/año)



Fuente: propia

Por otro lado, el análisis de viabilidad se realizó considerando el precio de 1 kWh que se debería pagar al sistema de la red eléctrica y por otro lado si se comprara gasolina para un generador. Si quisiéramos generar los 1,561.032 kWh que producen los 4 paneles instalados se debería gastar S/. 3902.6 en un año (considerando gasolina) y S/. 2341.5 (considerando el pago a la red). Es decir que en 25 años de vida media del sistema fotovoltaico el gasto en gasolina sería S/. 195,129.9 y el pago a la red de S/. 117,078.3.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Comparación estadística

De acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis la radiación solar fue mayor en la transición de época seca a lluviosa (2021) en comparación con la transición de la época lluviosa a seca (2022) pero no significativamente ($H=0.9005$, $P=0342$)

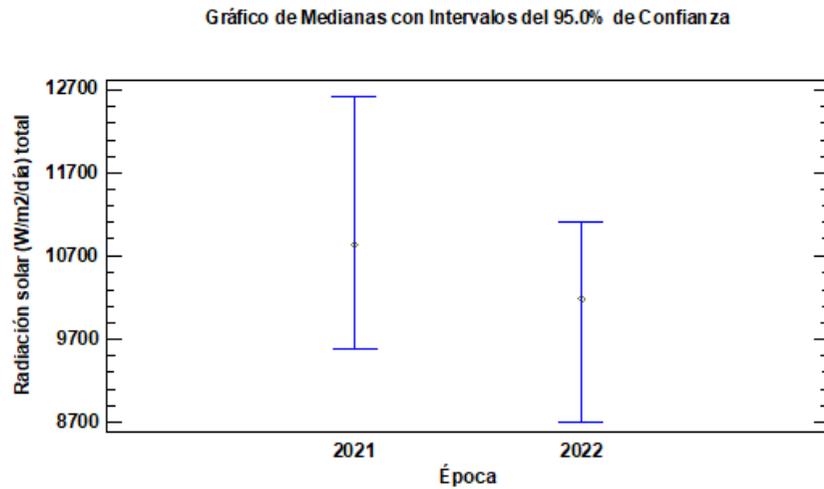
(Figura 30a). Asimismo, se observó que dentro de las dos épocas los meses de septiembre, octubre y noviembre tuvieron mayor radiación solar y presentaron diferencias de forma significativa ($H=10.79$, $P=0.00452$) (Figura 30b) mientras que marzo, abril y mayo presentaron menor radiación solar y con diferencias significativas entre algunos de los meses ($H=10.8026$, $P=0.00451$) (Figura 30c).

Sin embargo, y a pesar que la radiación solar no mostró diferencias significativas entre épocas, la generación de energía solar entre épocas fue diferente y mayor en la época seca a lluviosa ($H=31.347$, $P=0.0000000215$) (Figura 30d).

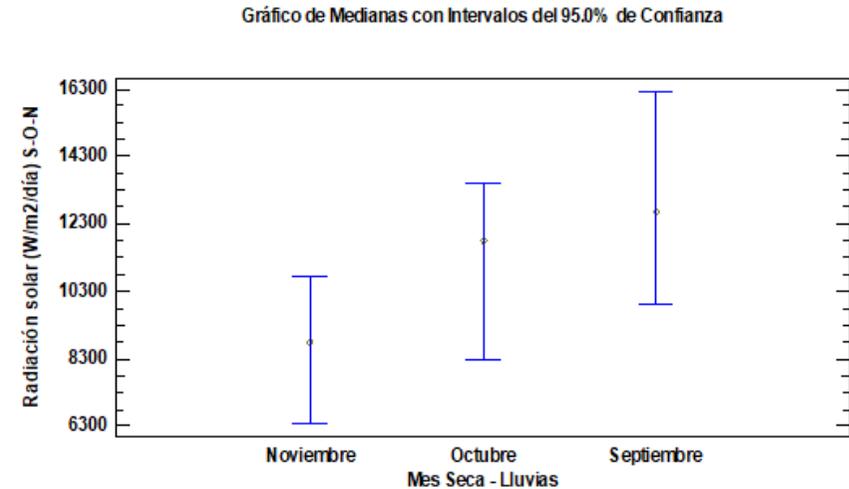
Asimismo, se observaron diferencias significativas entre algunos de los meses para la generación de energía solar dentro de la época seca-lluviosa ($H=6.32$, $P=0.0027$) (Figura 30e) y lluviosa-seca ($H=3,46$, $P=0.0356$) (Figura 30f).

Figura 30.

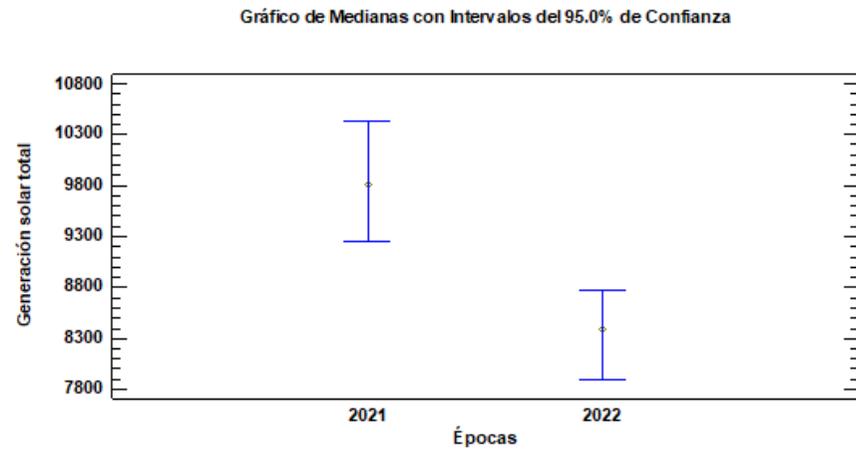
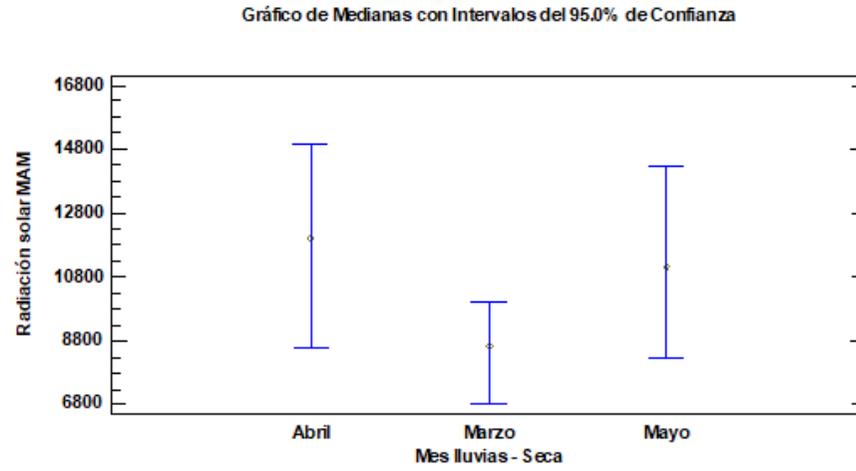
Comparación estadística de la radiación solar entre épocas (a), entre meses dentro de las épocas (b y c) y de la generación de energía solar entre épocas (c), entre meses dentro de las épocas (b y e).



a. Radiación solar entre épocas

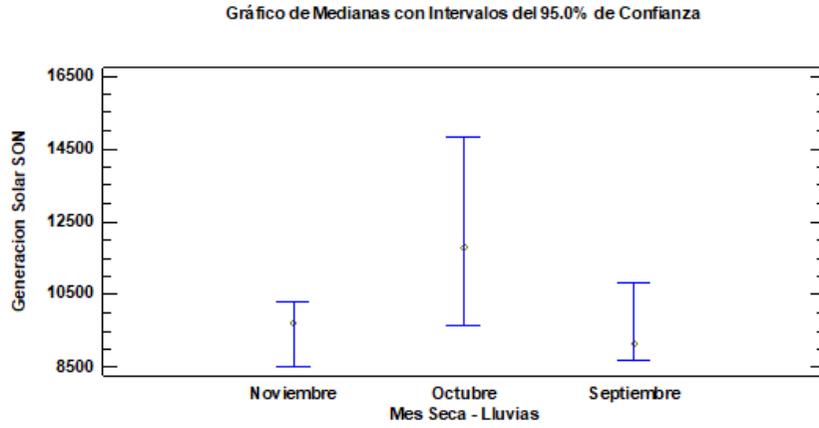


b. Radiación solar en la transición de época seca a lluviosa

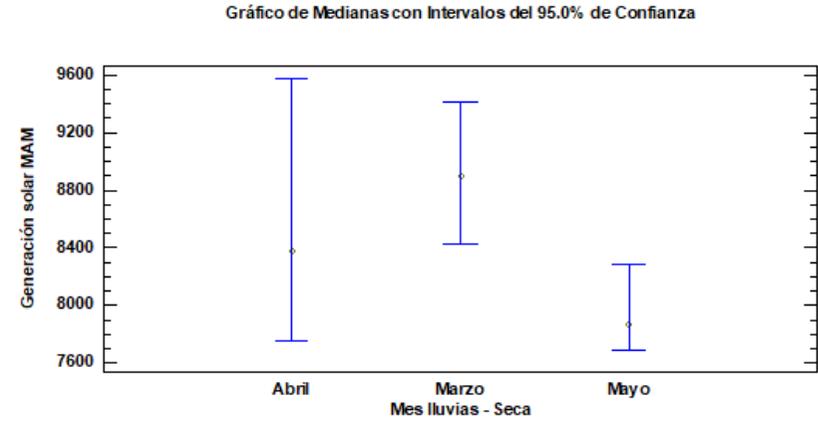


c. Radiación solar en la transición de época lluviosa a seca

d. Generación de energía solar entre épocas



e. Generación de energía solar época seca-lluviosa



f. Generación de energía solar época lluviosa-seca

Fuente: propia

Para los análisis estadísticos se tiene una población de datos de 30 a más valores, con lo cual se podría trabajar inicialmente alguna prueba paramétrica. Sin embargo, haciendo la comprobación de la distribución normal de los datos en una campana gaussiana, mediante la prueba con el estadístico W de Shapiro-Wilk (Pedrosa et al., 2015; Sokal & Rohlf, 1981), se comprueba que los valores se distribuyen de forma no normal. Los resultados del estadístico W para cada análisis realizado se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13

Prueba de Shapiro-Wilk para comprobar normalidad

Datos	Estadístico	Valor-P	Cantidad de valores	Nivel de Confianza
Prueba de Normalidad para Generación solar total (W/día)	0.926472	5.06351E-12	183	95%
Prueba de Normalidad para Consumo CDS (W/día) total	0.871137	0.00000E+00	183	95%
Prueba de Normalidad para Generación Solar (W/día) SON	0.954287	1.08466E-02	91	95%
Prueba de Normalidad para Consumo CDS (W/día) SON	0.907158	3.26235E-07	91	95%
Prueba de Normalidad para Generación solar (W/día) MAM	0.982704	6.89365E-01	92	95%
Prueba de Normalidad para Consumo CDS (W/día) MAM	0.938826	4.04965E-04	92	95%

Fuente: propia

Salvo la Prueba de Normalidad para Generación solar (W/día) MAM, el resto de datos, al no ajustarse a una curva normal, violan uno de los supuestos para realizar un análisis paramétrico. Sin embargo, al no existir manipulación de datos sino utilizarlos conforme han sido tomados por los equipos de medición, se considera que hay independencia. Al tener muestras independientes y ser más de

dos muestras, siendo variables cuantitativas continuas, se procede con el uso de la prueba de Kruskal Wallis (Gómez et al., 2003). Sin embargo, se decidió utilizar la prueba de Kruskal Wallis para todos los casos para mantener una igualdad en los análisis.

Se comprueba la primera hipótesis específica que indica que la radiación solar está determinada por la época climática. Eso implica que cuando la época lluviosa se acerca (transición de época seca a lluviosa), aumentan la lluvia y nubosidad, por lo tanto la radiación disminuye y como consecuencia la generación de energía solar es menor. Por el contrario, cuando la época seca se acerca (transición de época lluviosa a seca), disminuyen la lluvia y nubosidad, por lo tanto la radiación aumenta y como consecuencia la generación de energía solar en aumento.

La segunda hipótesis específica establece que el rendimiento energético del sistema fotovoltaico de 1,32 kWp es suficiente para suplir la energía requerida en el CDS. De acuerdo con los resultados de producción de energía y consumo diario, mensual y trimestral con 4 paneles solares, se ha comprobado la hipótesis y el sistema como está establecido al momento, es suficiente para suplir la energía requerida en el CDS. Es por ello que el sistema ofrece una alternativa de energía renovable para cubrir la demanda energética en zonas rurales.

La tercera hipótesis afirma que la implementación del sistema fotovoltaico de 1,32 kWp es viable económicamente. Se comprueba la hipótesis, luego de la evaluación del costo-beneficio de instalar un sistema fotovoltaico en comparación con el uso de gasolina y concluir que es positivo. Esto debido a que los paneles

actuales tienen una duración de unos 20-25 años y a los 8 años el sistema se ha pagado completamente.

De esta forma, la comprobación de las hipótesis específicas apoya la hipótesis general en la cual se considera viable la instalación de un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp en la cuenca San Alberto del distrito de Oxapampa, considerando la cantidad de energía consumida en cada caso.

4.4. Discusión de resultados

Claramente, de acuerdo con los datos obtenidos por los piranómetros, la radiación solar disminuyó al pasar desde la época seca a la lluviosa (septiembre a noviembre) mientras que tendió a aumentar en la transición desde la época lluviosa a la seca (marzo a mayo). Sin embargo, la producción de energía solar no siempre se correlacionó de la misma forma con la radiación solar que podía ser utilizada para producir energía eléctrica. Esto estaría relacionado a los factores climáticos, principalmente nubosidad y lluvia que ha aumentado hacia la época lluviosa y disminuida hacia la época seca. Sin embargo, no siempre se observa el mismo comportamiento debido a que la nubosidad no siempre está asociada a lluvia, pero sí generalmente a una menor radiación.

Esto es explicado por lo mencionado por Böhme et al. (2003), en donde durante el verano austral (diciembre a marzo) el sol se encuentra irradiando el hemisferio sur con mayor intensidad, sin embargo, este hecho no se traduce en los mapas, especialmente en la parte norte y central de la sierra y selva. El Sistema de Alta presión del Océano Pacífico Sur (APS), el Sistema de Alta presión del Atlántico Sur (AAS); la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) muy activa en este hemisferio en estos meses, la Alta de Bolivia y la Cordillera de los Andes, determinan la llegada y/o formación en el territorio peruano de sistemas nubosos

que originan las lluvias en esta época “época lluviosa”, lo que genera una sustancial disminución de la transmisividad atmosférica sobre toda la región (Böhme et al. 2003).

Asimismo, de acuerdo con Sulca y Paulino (2019), la radiación solar se incrementa de un 10% a 12 % por cada mil metros de aumento de altitud, lo que implica que al encontrarse a una mayor altitud la radiación solar será también mayor. Sin embargo, los mismos autores afirman que las nubes influyen en la cantidad de radiación que llega a la tierra por lo que las nubes densas y las precipitaciones limitan la incidencia de radiación solar. Esto se ha observado en los meses cercanos a la época lluviosa (noviembre y marzo principalmente).

En lo que respecta al dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el CDS, del análisis mensual del balance entre la generación y el uso de la energía, se desprende que el sistema fotovoltaico instalado, es capaz de suplir la demanda energética actual. Por otro lado, analizando los datos a una escala diaria, se pudo ver que hay días en que el balance es negativo. Sin embargo, el sistema continuó en funcionamiento, lo cual nos indica que las baterías cumplieron su función de almacenar y proveer energía en estas situaciones de baja producción energética. Esto coincide con lo mencionado por Arrieta et al. (2012) que menciona que el sistema fotovoltaico debe de estar diseñado para suplir de energía en las condiciones climáticas más desfavorables respecto a los niveles de radiación. Asimismo, de acuerdo a Nuñez y Cruz (2013), los sistemas fotovoltaicos para la sierra y selva del Perú deben de tener una autonomía de 5 días en base al banco de baterías. Además, también mencionan que el banco de baterías no debe de disminuir su carga energética más del 50% de su capacidad, para no perder un ciclo o vida de la batería. En los análisis realizados de consumo contra producción

de energía, se aprecia que los días en que se tuvo un mayor consumo que producción, son puntuales y solo en una oportunidad se dieron dos días juntos de mayor consumo que producción, evidenciándose que el sistema fotovoltaico del CDS está dimensionado de acuerdo a los parámetros mencionados para la zona.

En esta evaluación diaria se ubicó un caso extremo, el cual se podría utilizar como referencia para redimensionar el sistema fotovoltaico del CDS. En este caso se vio que el consumo fue el doble que la producción. Si este caso se repitiera por más de 5 días, entonces se debería incrementar la cantidad de paneles al doble para que el balance energético entre la producción y el consumo sea cero o positivo, coincidiendo con lo mencionado por Arrieta et al. (2012) en que se debería de usar un caso extremo como este para el dimensionamiento inicial del sistema. Sin embargo, en base a la autonomía que mencionan Nuñez y Cruz (2013), que debe de tener un sistema fotovoltaico, un caso extremo como este estaría considerado dentro de los posibles días de uso de la energía almacenada en las baterías, quedando fuera de discusión hasta el momento, un posible redimensionamiento del sistema del CDS.

De acuerdo con Banda (2017), la energía fotovoltaica está comenzando a jugar un rol cada vez más importante a nivel mundial. La reducción en los costos de producción de los sistemas fotovoltaicos está haciendo que estos sean más competitivos con respecto a los costos de producción de los sistemas convencionales como el de los generadores a gasolina. Sin embargo, en el estudio que realizó para la implementación de un sistema fotovoltaico en la ciudad de Arequipa, la implementación del sistema fotovoltaico propuesto no fue viable. Esto debido a que el costo de instalación fue de más de 26000 dólares americanos y el análisis a 25 años no llegaba a ser positivo. Sin embargo, el análisis realizado

a 25 años para el sistema del CDS si llega a ser positivo al octavo año lo cual puede ser debido a que el dimensionamiento del sistema del CDS se realizó en base a los consumidores específicos a ser utilizados en dicho sistema. En la comparación entre el sistema fotovoltaico y la generación de energía con un generador a gasolina. Alvarado (2014) menciona que una de las ventajas es la no producción de sonido y también la cero contaminación gaseosa del lugar. Esas son dos ventajas que se agregan ya que el CDS está ubicado en una zona de reserva junto a un parque nacional.

Coincidiendo con lo que menciona Leones (2010), el CDS está consciente que la producción de paneles solares y otros componentes del sistema fotovoltaico, tiene un impacto sobre el ambiente. Sin embargo, al igual que el mismo autor se generarán durante aproximadamente 30 años se producirán watts limpios. En el CDS, se trata de realizar actividades más amigables con el ambiente, considerando que no todo puede ser perfecto, pero se puede hacer mejor.

CONCLUSIONES

- 1) La producción de energía fotovoltaica está estrechamente relacionada a la radiación solar; asimismo, varía dependiendo de la nubosidad y de la época del año evaluada, siendo mayor en la transición de época seca a lluviosa que de época lluviosa a seca.
- 2) La producción de energía fotovoltaica y el consumo están estrechamente relacionados y se ha determinado que el sistema instalado en el CDS permite en los días de menor radiación solar suplir energéticamente todas las necesidades del lugar. En los días de menor producción de energía solar, el banco de baterías cumple con proporcionar la energía necesaria para que el sistema siga en funcionamiento. En este sentido se puede recomendar la instalación de paneles solares en otras zonas de la misma cuenca en Oxapampa.
- 3) Económicamente, el sistema fotovoltaico instalado, es viable comparado con un generador a gasolina que proporcione la energía necesaria para mantener el mismo consumo energético en ambas épocas evaluadas.
- 4) El uso de un sistema fotovoltaico en el CDS cuenta con beneficios adicionales sobre la generación a gasolina como es la generación de energía libre de contaminación sonora y gaseosa.

RECOMENDACIONES

Concluida la investigación se recomienda considerar que:

- 1) Un sistema fotovoltaico debe de ser diseñado en base al periodo de menor radiación solar para poder suplir energéticamente todas las necesidades del lugar. Debe evaluarse periódicamente para determinar si se deben adicionar más paneles en el caso que sea necesario.
- 2) La viabilidad económica y energética del sistema fotovoltaico debe ser difundida a nivel local para que más personas e instituciones puedan utilizar los beneficios del sistema por sobre el uso de generadores a gasolina.
- 3) Se recomienda seguir analizando los datos producidos y completar todo un año para evaluar un ciclo completo y ver el comportamiento del sistema a nivel anual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva Silva, j. (2016). Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el caserío de vigaspampa, celendín, cajamarca, 2016. Celedín : ucv.
- Alvarado, A. (2014). Análisis, diseño y simulación de sistema solar fotovoltaico para suministro eléctrico en apoyo al programa nutricional en la escuela rural el cardonal, Tibaná (Boyacá-Colombia). Universidad Libre. Facultad de Ingeniería. Instituto de Posgrados.
- Ambelu, T., Falayi, E. O., Elemo, E. O., & Oladosu, O. (2011). Estimation of total solar irradiance from sunspot number. *Am. J. Phys. Educ*, 5(4), 741-745.
<http://www.lajpe.org>
- Arandes, J. A. T. (2013). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de origen. *Provincia*, (29), 135-173.
- Banda Toma, A. R. (2017). Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en las instalaciones de la UCSP.
- Bardales Espino, j. L. (2016). Estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de shungun región amazonas, 2016. Shungun: ucv.
- Benavides, H. (2010). Información técnica sobre la radiación ultravioleta, el índice UV y su pronóstico. Consultado en línea el 02 de septiembre del 2019. Disponible en:

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022454/NotatecnicaIUV>
PaginaWEBfinal.pdf

Böhme, D. A. L. D. M., Molina, M. F. W. G., Cruzado, C. F. R. C., Salmón, J. Q., Arnao, J. E., & Chamochumbi, F. M. (2003). Atlas De Energía Solar Del Perú.

Caicedo vargas, j. S., torres ortega, j. A. (2020). Evaluación técnico ambiental para la implementación de un sistema fotovoltaico. Revista especializada en ciencia, tecnología e ingeniería unad, 16.

Camayo Lapa, B. F. (2013). Energía solar y calidad ambiental de la Región Junín.

Campen, D. (2011). Energía Solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. Consultado en línea el 04 de agosto del 2019. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3935/Salazar%20Espinoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ccanto Mallma, G. (2015). Metodología de la Investigación (Vol. I). Lima, Perú: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Casallo, O. T. (2011). Energía Solar Fotovoltaico en el Distrito de Orcotuna Región Junín. Universidad Nacional del Callao. Consultado en línea el 04 de agosto del 2019. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3935/Salazar%20Espinoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castro, K. C., Palomino, A. C., Ladera, G. F., Rojas, A. P., & Aburto, N. M. (2022). Analysis of the influence of solar cycles on meteorological variables in the central

inter-Andean valley of Peru in the period 1986–2019. *Energy Reports*, 8, 89-94.

<https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.01.084>

Collazos Perez, A. (15 de Enero de 2021). Tipos de sistemas solares fotovoltaicos.

Obtenido de MONSOLAR.COM: <https://www.monsolar.com/blog/tipos-sistemas-solares-fotovoltaicos/>

Consultado en línea el 03 de agosto del 2019. Disponible en:

<http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/11163/Manual%20de%20instalacion%20sistemas%20fotovoltaicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Data.org. (2022). Clima Oxapampa: Temperatura, Climograma y Tabla climática para

Oxapampa - Climate. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/pasco/oxapampa-4353/>

Decreto Supremo No 012-2011-EM. (2011). REGLAMENTO DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON ENERGÍAS RENOVABLES Decreto Supremo No 012-2011-EM (pp. 1-13).

Delgado, M. L. (2004). Energías renovables, Una Alternativa Racional. *Revista Cuenta y Razón*. España Número 135. ISSN. Consultado en línea el 01 de octubre del 2019. Disponible en: <http://www.cuentayrazon.org/revista/pdf/135/>

Donaduzzi Rigo, P., Rediske, G., Peres Lorenzoni, L., Cantorski da Rosa, L., & Mairesse Siluk, J. C. (2021, octubre 18). Controle Estatístico de Processos na área de Energia Fotovoltaica: Uma Revisão de Literatura. https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_357_1842_41553.pdf

- Flores Azcanio, L. N. (2020). Evaluación técnica para el uso de energía fotovoltaica en la extracción de agua subterránea en la Ciudad de México (Master's thesis, Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco. Coordinación de Servicios de Información.).
- García Lozada, H. M. (2010). Combustibles fósiles, ambiente y salud pública: ensayos críticos (No. Doc. 26478) CO-BAC, Bogotá).
- Goldstein, E. B. (2008). The BlackWell Handbook of Sensation and Perception. John Wiley & Sons Eds.
- Gómez, M., Danglot, C., Vega, L. (2003) Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. Revista Mexicana de Pediatría. Vol. 70 (2). 91-99.
- Gómez Sócola, s. M. (2019). Estudio de un sistema fotovoltaico: caracterización, simulación y evaluación de diversos métodos de análisis y predicción. Lima: pucp.
- Gómez-Gil, F. J., Wang, X., & Barnett, A. (2012). Energy production of photovoltaic systems: Fixed, tracking, and concentrating. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 306-313. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2011.07.156>
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación. *On line*(27/03/2.000). Revisado el, 14.
- Gutiérrez, M. (2002). Manual de instalación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos.
- Guzmán, R., Barreno, E., Medina, R. (2016). Sistema de información de emisiones de CO2. *Rev. Int. n.º9*. 117 – 147. Consultado en línea el 02 de octubre del 2019. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es>
- Henry, J.; Heinke, W. (1999). Ingeniería Ambiental. México D.F.: PRENTINCE HALL.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación (6.^a ed.). México D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE. C.V. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Horn, M. (2006). El estado actual del uso de la energía solar en el Perú: situación y perspectivas de la energía solar en el Perú. *Perú Económico*, 29(11).
- International Bioethics Committee. World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology. (2001). *Ethics of Energy. Proceedings, Second Session UNESCO, Division of the Ethics of Science and Technology, Berlín, diciembre de 2001.*
- Jacoby, K.-D. (2009). Energy Security: Conceptualization of the International Energy Agency (IEA). 345-354. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68488-6_23
- Jiménez, R. M. G., Vereau, E. V. B., & Merino, R. F. M. (2016). Sistema de información de emisiones de CO₂. *Interfases*, (9), 117-147.
- Kymakis, E., Kalykakis, S., & Papazoglou, T. M. (2009). Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the island of Crete. *Energy Conversion and Management*, 50(3), 433-438.
- Kymakis, E.; Kalykakis, S. (2009). Performance analysis of a grid connected photovoltaic park on the island of Crete. *Energy Convers Management*, Volumen 50, n° 3. 433-438 p. Consultado en línea el 30 de julio del 2019. Disponible en:

[http://www.physics.arizona.edu/~cronin/Solar/References/Shade%20effects/sarticle%20\(16\).pdf](http://www.physics.arizona.edu/~cronin/Solar/References/Shade%20effects/sarticle%20(16).pdf)

Leones, W. (2010). Estudio Tecnológico, Viabilidad Energética y Económico para la Generación Eléctrica Sostenible a través de la Energía Solar, con Aporte al medio ambiente. Revista Técnica "energía", 6(1), 95-105.

Linares, P. (2009). Aspectos éticos en el uso de las distintas energías. Ponencia, Universidad Pontificia de Comillas.

Manfred Horn. (2006). El estado actual del uso de la energía solar en el Perú. Consultado en línea el 04 de agosto del 2019. Disponible en: <http://fc.uni.edu.pe/mhorn/Energia%20solar%20en%20Peru%20perueconomico.pdf>

Marcos R.; Massagués LL. (2001). Proyecto de aprovechamiento de la energía solar para la producción de electricidad en el nuevo edificio de la E.T.S.E. Departamento de ingeniería electrónica, eléctrica y automática. Consultado en línea el 04 de agosto del 2019. Disponible en: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/103pub.pdf>

Mejía, A. E., Torres, C. A., & Isaza, R. A. H. (2009). Conexión de un sistema fotovoltaico a la red eléctrica. Scientia et technica, 15(43), 31-36.

Osinergmin. (2019). Normas relacionadas con la promoción de energías renovables. Consultado el 04 de agosto del 2019. Disponible en: <http://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/marco-normativo>

- Oswald, Ú. (2017). Seguridad, disponibilidad y sustentabilidad energética en México. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 62(230), 155-195. [https://doi.org/10.1016/S0185-1918\(17\)30020-X](https://doi.org/10.1016/S0185-1918(17)30020-X)
- Oviedo-Salazar, J.L.; Badii, M.; Guillen A.; Lugo Serrato, O. (2015). Historia y Uso de Energías Renovables. Consultado en línea el 04 de agosto del 2019. Disponible en: [http://www.spentamexico.org/v10-n1/A1.10\(1\)1-18.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n1/A1.10(1)1-18.pdf)
- Paternina, M. A., Villalba, L. C. O., Nuñez, J. L. I., & López, R. A. Á. (2012). Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares. *Prospectiva*, 10(1), 97-107.
- Pedrosa, I., Juarros, J., Robles, A., Basteiro, J. & García, E. (2015) Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? *Universitas Psychologica*, 14(1), 245-254. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.upsy13-5.pbad>
- Peñaranda C. (2019). Perú apuesta por las energías renovables. Cámara de Lima. Consultado el 04 de agosto del 2019. Disponible en: https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r874_1/informe%20econo mico.pdf
- Rojas, H. D., Riveros, A. C., & Benites, W. A. (2017). Generación de energía eléctrica con paneles solares y un dispositivo seguidor de la luz del sol en Perú. *UCV-Scientia*, 68-98. <https://www.semanticscholar.org/paper/CONTROLE-ESTADÍSTICO-DE-PROCESSOS-NA-ÁREA-DE-UMA-DE-Rigo-Rediske/5a5fba9c63272839b6808b17f1fa02b0797d8d13>

Salazar J. (2017). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecimiento eficiente de energía en el ámbito rural. Consultado en línea el 03 de agosto del 2019. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3935/Salazar%20Espinoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salcedo, M. T., Portugal, A. M., Tejada, E. P., & Trigo, F. M. (2015). Evaluación del desempeño de un sistema fotovoltaico conectado a red de 3,3 KW en la ciudad de Arequipa. In XXII Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XXII-SPES).

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación (Sexta ed.). México, México: McGrawHill.

Schallenberg Rodríguez, J. C., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., & Unamunzaga Falcón, P. (2008). Energías renovables y eficiencia energética.

Sidrach-de-Cardona, M.; Mora López, L. (1999). Performance analysis of a grid connected photovoltaic system. Energy 1999 Volumen 24, nº 2, 93–102p. Consultado el 25 de julio del 2019. Disponible en: <http://www.biblioteca.uma.es/bbl/doc/articulos/16692251.pdf>

Sokal, R. & Rolf F. (1981) Introducción a la bioestadística. De Reverte, S. A. España. 362 pp.

Solis Alacantara, F. (14 de Junio de 2018). energía solar. Obtenido de Panel solar: <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/panel-solar>

Sulca, L., & Paulino, C. (2019). Estimación de la radiación solar global mediante temperaturas extremas, aplicando el modelo Bristow–Campbell en la región Pasco.

Statgraphics, C. X. (2009). Manual de usuario. USA: Statpoint Technologies.

Tinajeros, M.; Montoya, A.; Palo, E.; Morante, F. (2015). Evaluación del desempeño de un sistema fotovoltaico conectado a red de 3.3 kW en la ciudad de Arequipa. Consultado el 20 de Julio del 2019. Disponible en: <http://cer.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2017/10/8.pdf>

Trebejo, I.; Baigorria, G. (2003) Atlas de energía solar del Perú. Consultado en línea el 02 de septiembre del 2019. Disponible en: http://cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/80bib_arch.pdf

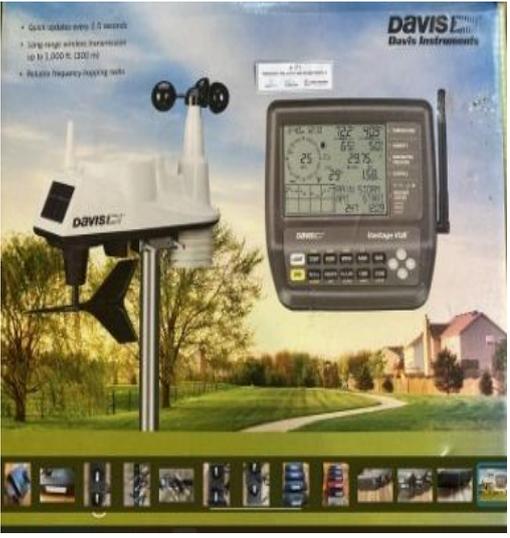
Umbarila, L; Alfonso F; Rivera J. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. Rev. Inv. Agraria y Ambiental. 6 (2). 231 – 241. Consultado en línea el 01 de octubre del 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315989842_Importancia_de_las_energias_renovables_en_la_seguridad_energetica_y_su_relacion_con_el_crecimiento_economico

Valdés-González, G. D., Rodríguez-Ponce, E. R., Miranda-Visa, C., & Lillo-Sotomayor, J. (2020). Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile. Información tecnológica, 31(3), 249-256.

- Valdiviezo Salas, p. D. (2014). Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la pucp. Lima: Pontificia universidad católica del Perú.
- Valencia, L. P. U., Moreno, F. L. A., & Rodríguez, J. C. R. (2015). Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 6(2), 231-242.
- Valle, J; Ortega, H. (2012) *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*. Consultado en línea el 01 de octubre del 2019. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2012-2026.pdf
- Vallejo, S. (2019). La considerabilidad moral: fundamento ético del reconocimiento de la naturaleza como sujeto de derecho. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (26), 11-34.
- Van Campen, B., Guidi, D., & Best, G. (2000). *Energía solar fotovoltaica para la agricultura y el desarrollo rural sostenibles*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Vasalle, J. (2012). Tipos de sistemas fotovoltaicos. *Sciendirect*, 8.
- Weather Spark (2019). El clima promedio en Oxapampa Perú. Consultado en línea el 03 de agosto del 2019. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/22337/Clima-promedio-en-Oxapampa-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Zúñiga, T. N., & Ornetta, V. M. C. (2013). Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica-aplicación en el Perú. *Paideia XXI*, 3(4), 160-170.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

<p>Imagen 1: Estación Meteorológica Davis Vantage</p>	<p>Imagen 2: Inversor Phoenix</p>
 A photograph of a Davis Vantage weather station. On the left is the outdoor sensor assembly with a wind cup, anemometer, and rain gauge. On the right is the indoor display unit showing a digital readout of weather data. The background is a scenic landscape with trees and a house under a clear sky. Text on the image includes 'Davis Vantage', 'Davis Instruments', and 'Phoenix Inverter Compact'.	 A photograph of a blue Phoenix Inverter Compact unit. It is a rectangular device with a blue front panel and a red stripe. The text 'Phoenix Inverter Compact' is visible on the front. It is mounted on a wall with various electrical wires connected to it.
<p>Fuente: Davis Instrument</p>	<p>Fuente: Propia</p>
<p>Imagen 3: Controlador de Carga Blue Solar MPPT 100/50</p>	<p>Imagen 4: Piranómetros Apogee</p>
 A photograph of a blue BlueSolar charge controller. The device is rectangular with a blue front panel. The text 'BlueSolar charge controller MPPT 100 50' is printed on the front. There are also logos for 'victor', 'PS', and 'ORIGINAL ELECTRONIC EQUIPMENT'. The device is mounted on a wall.	 A photograph of two Apogee pyranometers. They are cylindrical devices with a white, dome-shaped top and a black base. They are mounted on a black frame outdoors.
<p>Fuente: Propia</p>	<p>Fuente: Propia</p>

SIATEMA FOTOVOLTAICO

Imagen 1: Paneles Solares	Imagen 2: Sistema fotovoltaico
	
Fuente: Propia	Fuente: Propia
Imagen 3: Baterías	
	
Fuente: Propia	

PROCEDIMIENTO DE VALIDACION Y CONFIABILIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Nombres y apellidos del profesional experto: Florencia Trama
1.2. Grado académico: Doctorado
1.3. Institución donde labora y cargo que desempeña: CNEH-PERU Directora
1.4. Nombre del Proyecto de Investigación: Evaluación del Desempeño de un Sistema Fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en un Bosque de Neblina, en la Provincia de Oxapampa, Región Pasco.
1.5. Autor del instrumento: Yajayra Violeta Schutte Malpartida
1.6. Nombre de instrumento:
-Determinación de la cantidad de radiación captada.
-Determinación de la cantidad de generación de energía fotovoltaica y el consumo.
-Determinación de la viabilidad económica del sistema fotovoltaico.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Buena	May buena	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado y formulas exactas				X	
Objetividad	Cumple su fin de determinar cómo están relacionadas la radiación solar, la generación de energía fotovoltaica y el consumo de energía. Así como la viabilidad económica.					X
Actualidad	Usa instrumentos y métodos actuales					X
Organización	Existe una organización lógica.				X	
Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad.					X
Intencionalidad	Adecuado para abordar el estudio.					X
Consistencia	Basados en aspectos teóricos y científicos.					X
Coherencia	Entre los items indicadores y las dimensiones.					X
Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
Pertinencia	El instrumento es adecuada.					X

III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: % 90

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Los instrumentos utilizados fueron idóneos para alcanzar los objetivos de la tesis planteada

Oxapampa, 30 de agosto de 2022	000727981		979771812
Lugar y fecha	C.I.	Firma del experto	N° Celular



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Nombres y apellidos del profesional experto: Federico Rizo Pazón Viale
- 1.2. Grado académico: Doctorado
- 1.3. Institución donde labora y cargo que desempeña: CNEH-PERU Presidente
- 1.4. Nombre del Proyecto de Investigación: Evaluación del Desempeño de un Sistema Fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en un Bosque de Neblina, en la Provincia de Chazapampa, Región Pasco.
- 1.5. Autor del instrumento: Yajayra Violeta Schutze Malpartida
- 1.6. Nombre de instrumento:
 - Determinación de la cantidad de radiación captada.
 - Determinación de la cantidad de generación de energía fotovoltaica y el consumo.
 - Determinación de la viabilidad económica del sistema fotovoltaico.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Buena	May buena	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado y formas exactas				X	
Objetividad	Cumple su fin de determinar cómo están relacionadas la radiación solar, la generación de energía fotovoltaica y el consumo de energía. Así como la viabilidad económica.					X
Actualidad	Usa instrumentos y métodos actuales					X
Organización	Existe una organización lógica.				X	
Suficiencia	Comprende los aspectos en calidad y cantidad.					X
Intencionalidad	Adecuado para abordar el estudio.					X
Consistencia	Basados en aspectos teóricos y científicos.					X
Coherencia	Entre los ítems indicadores y las dimensiones.					X
Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
Pertinencia	El instrumento es adecuado.					X

III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: % 95

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Los instrumentos utilizados fueron idóneos para alcanzar los objetivos de la tesis planteada

Oxapampa, 28 de agosto de 2022	10813635		993471366
Lugar y fecha	DNI	Firma del experto	N° Celular

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. **Nombres y apellidos del profesional experto:** Grecia Yoseli Witting Köhler
 1.2. **Grado académico:** Magister
 1.3. **Institución donde labora y cargo que desempeña:** Ministerio del Ambiente. Cargo: Gestor social III de la Unidad Ejecutora 003 Gestión Integral de la Calidad Ambiental
 1.4. **Nombre del Proyecto de Investigación:** Evaluación del Desempeño de un Sistema Fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en un Bosque de Neblina, en la Provincia de Oxapampa, Región Pasco.
 1.5. **Autor del instrumento:** Yajayra Violeta Schütze Malpartida
 1.6. **Nombre de instrumento:**
 -Determinación de la cantidad de radiación captada.
 -Determinación de la cantidad de generación de energía fotovoltaica y el consumo.
 -Determinación de la viabilidad económica del sistema fotovoltaico.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
Claridad	Están formulados con lenguaje apropiado y fórmulas exactas				x	
Objetividad	Cumple su fin de determinar cómo están relacionados la radiación solar, la generación de energía fotovoltaica y el consumo de energía. Así como la viabilidad económica.					x
Actualidad	Usa instrumentos y métodos actuales					x
Organización	Existe una organización lógica.				x	
Suficiencia	Cubre los aspectos en calidad y cantidad.					x
Intencionalidad	Adecuado para abordar el estudio.					x
Consistencia	Basados en aspectos teóricos y científicos.					x
Coherencia	Entre los ítems indicadores y las dimensiones.					x
Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					x
Pertinencia	El instrumento es adecuado.					x
III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 95%						
IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN: Utilizó los instrumentos adecuados para analizar cada una de las variables y estas permitieron cumplir con los objetivos propuestos.						
Oxapampa, 07 de noviembre de 2022	70584466					983551308
Lugar y fecha	DNI	Firma del experto				N° Celular

Tabla 14. Matriz de consistencia

Título del proyecto: Evaluación del desempeño de un Sistema Fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en un Bosque de Neblina, en la Provincia de Oxapampa, Región Pasco

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Aspectos importantes
¿Cómo están relacionadas la radiación solar, la generación de energía fotovoltaica y el consumo de energía mediante la instalación de un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en el CDS y su viabilidad durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa?	Determinar cómo están relacionadas la radiación solar, la generación de energía fotovoltaica y el consumo de energía con un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en el CDS y su viabilidad durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa	La relación de la radiación solar, la generación de energía solar y el consumo de energía con un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en el CDS permite su viabilidad durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa	Vi: radiación solar Vd: energía fotovoltaica Vd: consumo de energía Vo: precipitación	Tipo de investigación: Aplicada Por su alcance temporal: Sincrónica
Problema específico 1	Objetivo específico 1	Hipótesis específica 1	Variables:	Método de Investigación:
¿Cuál es la relación entre la radiación solar y la generación de energía	Determinar la relación entre la radiación solar y la generación de	La radiación solar y la energía fotovoltaica producida en el CDS durante la época de	Vi: radiación solar Vd: energía fotovoltaica	deductivo-inductivo

fotovoltaica con un sistema de 1,32 kWp en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa?	energía fotovoltaica con un sistema de 1,32 kWp en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa.	transición lluviosa a seca son menores que en la época de transición de seca a lluviosa		
¿Cuál es la relación entre la generación de energía fotovoltaica con un sistema de 1,32 kWp y el consumo de energía en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa?	Determinar la relación entre la generación de energía fotovoltaica con un sistema de 1,32 kWp y el consumo de energía en el CDS durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa.	La generación de energía del sistema fotovoltaico de 1,32 kWp instalado en el CDS suple el consumo de energía durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa.	Vd: energía fotovoltaica Vd: consumo de energía Vo: precipitación	Diseño de investigación: No experimental Por su dimensión temporal: Longitudinal Tipo: Aplicativa
¿Cuál es la viabilidad económica de implementar un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp en el CDS?	Determinar la viabilidad económica de implementar un sistema fotovoltaico de 1,32 kWp en el CDS	La implementación del sistema fotovoltaico de 1,32 kWp es viable económicamente durante la época de transición lluviosa a seca y de seca a lluviosa.	Vd: energía fotovoltaica Vd: consumo de energía	Población: Información total Muestra: Información de las variables durante seis meses

Fuente: propia