



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Sistema Solar Fotovoltaico y su Eficiencia en el Suministro  
Eléctrico Para Una Vivienda Unifamiliar, en la Ciudad  
Quillabamba – Cusco, 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental**

**AUTOR:**

Suca Céspedes, Saúl (ORCID: 0000-0002-9864-3113)

**ASESOR:**

Mgtr. Honores Balcázar, Cesar Francisco (ORCID: 0000-0003-3202-1327)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios por darme sabiduría y guiarme en este camino de la vida, a mis padres: Suca Castillo, Celestino y Céspedes Huamán, Miguelina por haberme apoyado incondicionalmente en todo lo que pudieron durante este largo proceso de mi formación académica, quienes siempre confiaron en mí y estuvieron presente ante las adversidades y dificultades que me ha tocado vivir a lo largo de esta travesía.

## **Agradecimiento**

Agradezco siempre en primer lugar a Dios, por permitirme hacer realidad mis sueños y guiarme en el camino correcto de la vida.

Agradezco a toda mi familia, mis padres, hermanos, tíos, primos, sobrinos y amigos por haberme apoyado en todas las formas, para poder lograr y alcanzar mis objetivos.

A la universidad Alas Peruanas por haberme dado la oportunidad de realizar mi estudio superior universitario y brindarme una educación de calidad durante los cinco años de formación académica y hacerme un profesional de bien.

Agradezco a los docentes de la Universidad Alas Peruanas por brindarme su enseñanza, basadas en la exigencia y vocación de servicio que me han motivado seguir este reto hasta el final del camino.

A la Universidad Cesar Vallejo, por acogerme en su prestigiosa institución para poder continuar con la obtención de mi grado académico de ingeniero ambiental.

A mi asesor, Magister Samuel Carlos Reyna Mandujano, por la orientación y asesoramiento en la elaboración de mi proyecto de investigación, por la experiencia, conocimiento y más que todo paciencia brindada.

Agradecer por su conocimiento y ayuda incondicional al Ing. Enver Alfredo Limachi Challco, un amigo que me ha apoyado en todo momento durante mi formación profesional.

A todas las personas que forman parte de mi vida, en especial para mis compañeros de la universidad quienes compartieron muchos momentos durante mi formación profesional.

## Índice de contenidos

	Página
Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2. Variables y operacionalización.....	20
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis .....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Método de análisis de datos .....	24
3.7. Aspectos éticos .....	24
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN.....	38
VI. CONCLUSIONES .....	42
VII. RECOMENDACIONES .....	43
REFERENCIAS .....	44
ANEXOS.....	50

## Índice de tablas

	Pagina
Tabla 1: mediciones de parámetros eléctricos para cero ( $0^\circ$ ) grados de inclinación .....	26
Tabla 2: mediciones de parámetros eléctricos para $17^\circ$ grados de inclinación. ....	26
Tabla 3: mediciones de parámetros eléctricos para $10^\circ$ grados de inclinación. ....	27
Tabla 4: mediciones de parámetros eléctricos para $30^\circ$ grados de inclinación. ....	27
Tabla 5: eficiencia diaria de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de $0^\circ$ .....	28
Tabla 6: eficiencia diaria de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de $17^\circ$ .....	30
Tabla 7: eficiencia diaria de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de $10^\circ$ .....	32
Tabla 8: eficiencia diaria de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de $30^\circ$ .....	34
Tabla 9: potencia media y desviación estándar de los diferentes ángulos en estudio.....	36

## Índice de gráficos y figuras

	Página
Figura 1: panel solar monocristalino.....	8
Figura 2: Panel solar policristalino.....	8
Figura 3: Inversor hibrido multifunción de onda senoidal pura .....	9
Figura 4: radiación solar incidente diaria en el departamento del Cusco.....	11
Figura 5: huerto solar en el departamento de Tacna - Moquegua .....	12
Figura 6: tipos de radiación solar .....	13
Figura 7: sistema fotovoltaico autónomo .....	15
Figura 8: sistema fotovoltaico interconectado con la red convencional.....	16
Figura 9: sistema fotovoltaico de instalación hibrida. ....	17
Figura 10: irradiación y horas solares pico (insolación) durante un día soleado. ....	18
Figura 11: instalación de los componentes del sistema fotovoltaico de instalación hibrida. .....	24
Figura 12: desviación estándar de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 0°.....	29
Figura 13: desviación estándar de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 17° .....	31
Figura 14: desviación estándar de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 10° .....	33
Figura 15: desviación estándar de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 30° .....	35

## Resumen

El objetivo principal del presente trabajo de investigación denominado “**sistema solar fotovoltaico y su eficiencia en el suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar, en la ciudad Quillabamba – cusco, 2021**”, como un sistema interconectado mediante un inversor híbrido sin vertimiento hacia la red pública, fue evaluar la eficiencia del sistema solar fotovoltaico, para una demanda de consumo básico de 0.5 kwh/día.

esta investigación obtuvo un diseño experimental, transversal y explicativo, se realizó la recopilación de datos, con la aplicación de la Ficha de Observación.

En este proyecto de investigación se realizó mediciones de parámetros eléctricos del sistema fotovoltaico durante 28 días continuos bajo diferentes condiciones climáticas, ambientales de orientación e inclinación, durante el día se realizaron cinco mediciones eléctricas, cada dos horas a partir de las 08:am hasta las 04:00 pm, para cada semana con un Angulo de inclinación diferente.

Los resultados alcanzados para un óptimo rendimiento e instalación del sistema fotovoltaico fueron con un Angulo de inclinación de 17° respecto al horizontal y una orientación hacia el norte geográfico, en otras palabras, los paneles fotovoltaicos mirando y apuntando hacia el norte geográfico, es en esa ubicación la que se captó la mayor cantidad de energía eléctrica, comparada con las otras pruebas bajo las mismas condiciones climáticas y ambientales.

Este sistema fotovoltaico consiste en la instalación de dos paneles fotovoltaicos monocristalinos de 22 voltios y 150 watts cada uno, conectados en paralelo, un banco de baterías consistentes en dos acumuladores cada una de 12 voltios y 100 Ah conectados en paralelo, un inversor híbrido multifuncional de 1000 watts de potencia, finalmente un tablero eléctrico de distribución de 06 polos.

El abastecimiento del suministro eléctrico de la vivienda con este sistema fotovoltaico es eficiente, para los casos extremos de ineficiencia en la producción por el sistema fotovoltaico se cuenta con la energía convencional de respaldo interconectado mediante el inversor híbrido que reemplaza el suministro de manera eficiente.

**Palabras Clave:** sistema solar fotovoltaico, suministro eléctrico, inversor híbrido.

## Abstract

The main objective of this research work called "photovoltaic solar system and its efficiency in the electricity supply for a single-family home, in the city of Quillabamba - Cusco, 2021", as an interconnected system through a hybrid inverter without discharge to the public grid, was to evaluate the efficiency of the photovoltaic solar system, for a basic consumption demand of 0.5 kwh / day.

This research obtained an experimental, cross-sectional and explanatory design, the data was collected, with the application of the Observation Sheet.

In this research project, measurements of electrical parameters of the photovoltaic system were carried out for 28 continuous days under different climatic conditions, environmental orientation and inclination, during the day five electrical measurements were made, every two hours from 08:00 a.m. to 10:00 p.m. 04:00 pm, for each week with a different Inclination Angle.

The results achieved for optimum performance and installation of the photovoltaic system were with an angle of inclination of  $17^\circ$  with respect to the horizontal and an orientation towards the geographical north, in other words, the photovoltaic panels looking and pointing towards the geographical north, is in that location the one that captured the highest amount of electrical energy, compared to the other tests under the same climatic and environmental conditions.

This photovoltaic system consists of the installation of two monocrystalline photovoltaic panels of 22 volts and 150 watts each, connected in parallel, a battery bank consisting of two accumulators each of 12 volts and 100 Ah connected in parallel, a multifunctional hybrid inverter of 1000 watts of power, finally a 06-pole electrical distribution board.

The supply of the electricity supply of the house with this photovoltaic system is efficient, for extreme cases of inefficiency in the production by the photovoltaic system, there is conventional interconnected backup energy through the hybrid inverter that replaces the supply efficiently.

**Keywords:** photovoltaic solar system, electricity supply, hybrid inverter.



## **I. INTRODUCCIÓN**

El planeta tierra atraviesa una emergencia climática a consecuencia de la contaminación ambiental a nivel global, principalmente por la contaminación atmosférica con gases de efecto invernadero, por ello es hora de tomar medidas y acciones que controlen o mitiguen los impactos adversos del medio ambiente, con un enfoque basado en las buenas prácticas ambientales en la producción de bienes y servicios y en las diferentes actividades cotidianas, utilizando tecnologías verdes o limpias.

Según, Nogar, Clementi y Decunto (2021), En la actualidad los contaminantes principales para que se produzca el calentamiento global son los gases de efecto invernadero, contaminantes comunes que toda la humanidad lo produce en el mundo, una de ellas es con el uso de combustibles de origen fósil y carbón en la generación de electricidad para la satisfacción de las grandes demandas energéticas de electricidad los que ocasionan el calentamiento global de manera significativa, a todo ello sumado las malas gestiones ambientales o sobre explotación de los recursos naturales renovables y no renovables agravan a un más todavía este problema ambiental.

Debido a la crisis energética actual en todo el mundo, particularmente también en el Perú, expresados en los altos costos que se paga en el importe de la tarifa eléctrica y el elevado precio de los combustibles de origen fósil, es indispensable contar con una fuente de energía renovable y autónoma, para así no depender energéticamente al 100% de una empresa distribuidora que presta un pésimo servicio en provincias alejadas de la amazonia de nuestro país.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación denominado sistema solar fotovoltaico y su eficiencia en el suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, promueve el uso de la tecnología fotovoltaica como una nueva forma de aprovechamiento de la energía solar, cuyo recurso natural energético es limpia y abundante en todo el territorio del país.

La finalidad de este proyecto es motivar e incentivar a la población el uso de la energía solar fotovoltaica en zonas rurales y urbanas donde el servicio prestado por

parte las empresas concesionarias son ineficiente, y los costos a pagar por el servicio muy caros para ello actualmente existen tecnologías fotovoltaicas de instalación hibrida, los que permiten reducir significativamente los consumos de energía eléctrica convencionales, lo que significa un ahorro económico para el usuario a la vez un suministro eléctrico que garantiza un servicio eficiente y de calidad.

En base a todo lo indicado anteriormente se realiza el siguiente problema general: ¿Cómo es la eficiencia del sistema solar fotovoltaico en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021? y los problemas específicos: ¿Cuál será la eficacia del sistema solar fotovoltaico en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico en la ciudad de Quillabamba, la Convención – Cusco, 2021?, ¿Cuál será la potencia del sistema solar fotovoltaico en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico en la ciudad de Quillabamba, la Convención – Cusco, 2021?, ¿Cuál será la característica del sistema solar fotovoltaico en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico en la ciudad de Quillabamba, la Convención – Cusco, 2021?.

La justificación del proyecto de investigación está desarrollada de la siguiente manera.

**Justificación teórica**, se pretende dar solución al deficiente servicio eléctrico que se presta por parte de la empresa distribuidora, utilizando otra fuente de matriz energética que es renovable (sistema fotovoltaico) una energía limpia que no contamina el medio ambiente y garantizar la sostenibilidad a mediano y largo plazo.

**Justificación práctica**, al finalizar la investigación, la vivienda de consumo básico contará con el suministro de energía eléctrica del sistema fotovoltaico de instalación hibrida (fotovoltaico y convencional) tomándose como fuente de alimentación principal el sistema fotovoltaico y como energía de respaldo la red eléctrica convencional de esa manera garantizando el suministro eléctrico a la vivienda en todo momento. Los beneficiarios de este proyecto serán los integrantes de la familia quienes gozarán de esta energía eficiente que garantiza el futuro energético, los

vecinos de la ciudad podrán utilizar este estudio como guía para otra investigación similar, por otro lado, la presente investigación también pretende despertar el interés de población y las autoridades en utilizar esta medida de solución para garantizar un servicio o suministro eléctrico eficiente y a menor costo.

**Justificación metodológica**, el presente estudio de investigación es un proyecto piloto a pequeña escala, con ello se busca aprovechar los recursos naturales disponibles y abundantes del lugar y motivar a la población el uso de las fuentes de energía renovable, gracias a las condiciones climáticas favorables del lugar fue posible hacer realidad esta investigación ya que se cuenta con una alta incidencia de radiación solar en la zona de estudio.

Otros factores importantes que motivan la utilización de estos sistemas fotovoltaicos es la tendencia en la disminución de los costos de todo el sistema fotovoltaico y el perfeccionamiento en la tecnología que garantiza su mejor funcionamiento a medida que pasan los años.

**Justificación ambiental**, Con la implementación de este sistema fotovoltaico en una vivienda unifamiliar de bajo consumo energético en la ciudad de Quillabamba, se logra un impacto ambiental significativo en lo positivo, en vista de que es un modelo a seguir el uso de tecnologías limpias para el desarrollo sostenible, ya que presenta grandes beneficios a favor del medio ambiente, así como la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, la culturización de los usuarios en el buen uso y aprovechamiento de la energía eléctrica, etc.

**Relevancia Social**, Con el presente proyecto de investigación se busca promover el uso de la energía solar fotovoltaico en la ciudad de Quillabamba, con la finalidad de dar solución al deficiente servicio de energía eléctrica que se presta en esta ciudad y los altos costos tarifarios que se paga a la compañía eléctrica ELECTRO SUR ESTE S.A.A. por dicho servicio.

También incentivar a la población el aprovechamiento y gestión adecuada de los recursos naturales renovables y no renovables de esta región, en vista de que esta provincia es una zona amazónica con mucha riqueza ecológica y/o de recursos naturales que hoy por hoy están siendo explotados de manera inadecuada.

El objetivo general de la presente investigación es: evaluar la eficiencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021 y los objetivos específicos: determinar la eficacia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021; establecer la potencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021; detallar la característica del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021, frente a ello se plantea la hipótesis general: la eficiencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida, interviene positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021 y las hipótesis específicas: la eficacia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida interviene positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021; la potencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida interviene positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021; la característica del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida interviene positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Como antecedentes nacionales del proyecto de investigación se mencionan a, Huamán (2020), quien realizó su proyecto de investigación basada en energía fotovoltaica, con el propósito de disminuir el consumo excesivo de electricidad de la compañía distribuidora.

Con esta investigación se prevé una futura implementación del centro de salud Haquira – Apurímac con nuevos equipos eléctricos y electrónicos de alto consumo lo que ocasionaría un alto importe a pagar por el consumo eléctrico a la empresa distribuidora de electricidad, por lo tanto, se busca atenuar el consumo eléctrico de la red convencional con el sistema fotovoltaico, sincronizando ambas fuentes de electricidad mediante un inversor de red, cuya función es convertir la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna, el sistema fotovoltaico tomaría el suministro durante el día sin inyectar electricidad a la red pública y durante la noche sería la red convencional el que suministre, de esa manera generando un ahorro energético y una disminución considerable en el importe a pagar por el consumo, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, además impulsando el uso de energía renovable en Perú.

Según Reyes (2019), en su trabajo de investigación, enfoca el uso y aprovechamiento de energía renovable solar mediante una propuesta de diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro eléctrico en tres niveles del edificio D de la universidad ESAN, situada en Lima distrito de Santiago de Surco.

El estudio se realizó con la finalidad de mejorar la eficiencia energética y minimizar la emisión del CO<sub>2</sub> en el inmueble antes mencionado de la universidad ESAN, mediante el uso de la energía fotovoltaica para el suministro eléctrico desde el año 2020, en vista de que la institución tiene a su disponibilidad el recurso energético de radiación solar.

En el dimensionamiento se logró calcular una cantidad de 155 módulos fotovoltaicos, 374 baterías, dos reguladores de corriente y 79 inversores de corriente, que cubren un 18.6% de la energía total consumida por las tres plantas elegidas del edificio.

En los antecedentes internacionales se consideran la afirmación de, Hermoso (2017), quien realizó el trabajo de investigación consistente en el diseño de una instalación del sistema fotovoltaico con conexión a red, pero sin vertimiento de la energía excedente del sistema fotovoltaico, situada al sur de la provincia de Valencia, quien para realizar dicha instalación tuvo que antes analizar bajo un estudio previo la calidad de servicio eléctrico de la red del sector española y la demanda del consumo eléctrico de la vivienda, de esta manera para que se pudiera instalar dicho sistema fotovoltaico, con el objetivo de lograr una reducción del consumo eléctrico, con una eficiente instalación del sistema fotovoltaico.

El objetivo de este trabajo de investigación es el diseño de un sistema fotovoltaico para el autoconsumo de una vivienda unifamiliar, para de este modo depender en menor instancia de la red eléctrica pública. La motivación principal para la elección de un proyecto de esta naturaleza, es el hecho de la previsión de la futura tendencia en cuanto a redes eléctricas.

En cuanto a las teorías relacionadas al tema, según Rivera (2019), realizó el diseño e implementación de un prototipo para encontrar la orientación e inclinación perfecta de los módulos solares monocristalinos en condiciones fijas o estáticas, para captar la máxima energía eléctrica, de esa forma aprovechar eficientemente este recurso energético renovable que no contamina el medio ambiente. Realizó este estudio para obtener el título de magister, el cual fue sustentado en la UNIVERSIDAD TECNOLOGÍA ISRAEL, escuela de postgrados.

La finalidad de esta investigación, con el diseño e implementación de este prototipo fue encontrar la orientación e inclinación óptima de un módulo fotovoltaico para de esta manera aprovechar la máxima eficiencia del sistema fotovoltaico en la ciudad de Quito Ecuador.

En la investigación realizada se procedió a tomar mediciones de los parámetros eléctricos en diferentes horarios del día y diferentes ángulos de inclinación respecto a la horizontal todo este estudio se realizó en un periodo de tiempo de 30 días, obteniéndose como resultado de la investigación para el Angulo de inclinación de 15° respecto a la horizontal y orientación hacia norte geográfico También indica que las orientaciones de los módulos fotovoltaicos a considerarse para las

instalaciones realizadas en el hemisferio norte deben apuntar o mirar hacia el sur y para las instalaciones en el hemisferio sur, hacia el norte geográfico.

Según, Moyano y Rowlands (2020), realizaron un interesante proyecto de investigación, ubicada en el Municipio de Zipaquirá en la zona rural del páramo de Guerrero Colombia, con la finalidad de dar solución al pésimo servicio eléctrico mediante la red convencional.

Con esta investigación se brindó un importante aporte como alternativa energética con la implementación de energías renovables como solar, eólica y biogás en un lugar donde se cuenta con la red eléctrica convencional, un servicio intermitente e inestable que genera molestia y malestar en los usuarios.

Para una mejor y óptima producción de electricidad el modulo del panel solar de 300 W de potencia se instaló con una inclinación coincidente a la latitud del lugar a instalar 5° de inclinación y una orientación hacia el sur para poder captar de forma más perpendicular posible los rayos solares durante todas las estaciones del año.

A continuación, se describen algunas definiciones conceptuales donde se enmarca la investigación:

**Panel o modulo solar fotovoltaico**, según Plasencia (2018), es el elemento o componente más importante del sistema fotovoltaico, están constituidas por células fotovoltaicas capaces de captar la energía solar por medio de los fotones que excitan el material semiconductor de silicio, luego este efecto libera electrones de los átomos de silicio, creando dos cargas una positiva y otra negativa, transformando así la energía solar electromagnética en energía eléctrica.

**Paneles monocristalinos**, se caracteriza por tener sus celdas de un color azul oscuro con unos bordes recortados, su eficiencia aproximada es de 17%, en su composición están fabricadas de un solo cristal de silicio monocristalino por ende son de mejor pureza.



**Figura 1:** Panel solar monocristalino

**Fuente:** (Auto solar, 2018)

**Paneles policristalinos**, tienen un color azul, más claro que los monocristalinos, están compuestos de células policristalinos y no poseen cortes en las esquinas como las que tienen los monocristalinos, tienen una eficiencia de 14% aproximadamente.



**Figura 2:** Panel solar policristalino.

**Fuente:** (Auto solar, 2018)

**Baterías**, según diccionario de informática y tecnología (2020) son encargadas de almacenar o acumular energía captada durante la irradiación solar, en vista de que los módulos fotovoltaicos producen energía solo durante las horas del día con radiación solar, por ello es necesario almacenarlo en estos dispositivos para los usos posteriores a la radiación solar, (durante la noche o días sin brillo solar).

**Controlador de carga**, dispositivo electrónico encargado de controlar la carga y descarga excesiva de corriente hacia las baterías, su función es dejar pasar la corriente proveniente de los módulos fotovoltaicos mientras la carga no haya completado al 100%, una vez que ya está completo la carga, el regulador abre



circuito o desconecta el paso de la corriente hacia las baterías, evitando de esta manera el deterioro o desgaste anticipado de las baterías. En vista de que este componente del sistema solar fotovoltaico es el más caro y vulnerable a sufrir daños antes de cumplir su vida útil en el trabajo.

**Inversor híbrido**, es un dispositivo electrónico polifacético utilizada en el sistema fotovoltaico conectado a red, tiene incorporado en un solo dispositivo varias funcionalidades: el regulador de carga solar MPPT controlando la carga y descarga excesiva del banco de baterías. invierte la corriente continua de los paneles fotovoltaico y el banco de baterías en corriente alterna de onda senoidal pura, que es el tipo de energía comúnmente utilizada para el consumo doméstico e industrial. Abastece la energía eléctrica de manera eficiente tanto con cualquiera de las dos matrices energéticas, tomando siempre la matriz de energía renovable como primordial y como recurso de respaldo la energía de la red convencional según configuración de este dispositivo, impide en vertimiento o inyección de la energía fotovoltaico hacia el exterior de la red pública, su funcionamiento es similar a un dispositivo conmutador no puede trabajar con las dos fuentes al mismo tiempo, por ello cuando suministre energía el sistema fotovoltaico, la fuente de la red convencional permanece en circuito abierto.

Este dispositivo por concentrar varias funciones en uno solo, permite un ahorro económico o menor costo en la inversión.



**Figura 3:** Inversor híbrido multifunción de onda senoidal pura

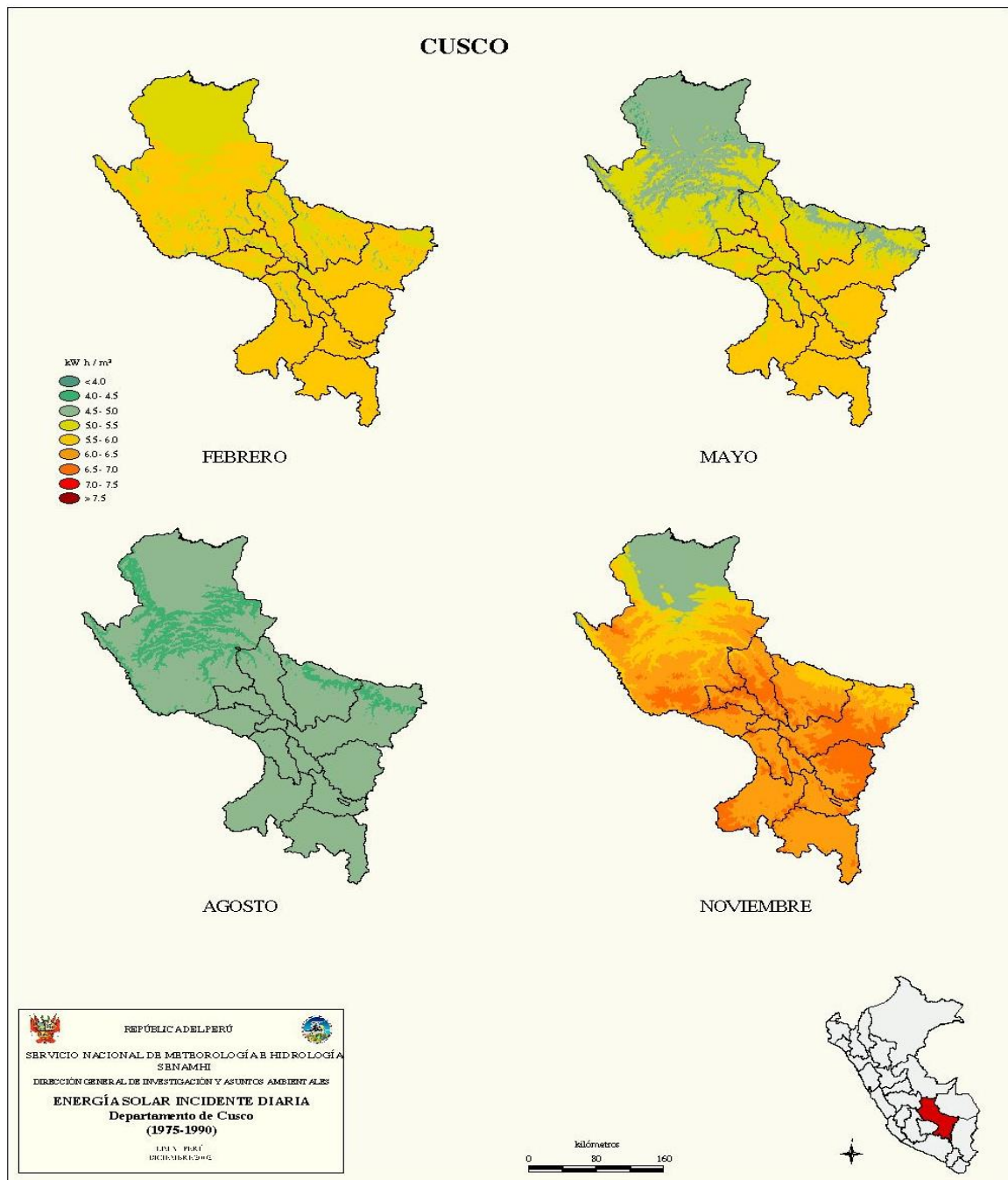
**Fuente:** (Auto Solar, 2018)

**Energías renovables en el mundo**, para Aquino (2019), las energías renovables utilizados en el mundo representan solamente el 10% del total de las energías producidas, un 65% son provenientes en base a la utilización de combustibles fósiles como es (el carbón, gas y petróleo) el resto es generado por las centrales hidroeléctricas y nucleares.

Cabe reconocer que los países pioneros, más preocupados en insertar dentro su matriz energética las energías renovables son Estados Unidos, China, Alemania y España, países que siguen apostando cada año en la repotenciación de su capacidad instalada de energías renovables ya que el crecimiento poblacional exige mayor demanda de energía para la satisfacción de sus necesidades.

**Energías renovables en el Perú**, el Perú cuenta con una diversidad climática y topográfica a lo largo y ancho de todo su territorio, estas condiciones permiten el uso, aprovechamiento y utilización de estos sistemas de energía renovables tales como el solar, eólico, mareomotriz, geotérmico y entre otros, aunque los más utilizados de estas son la solar y eólica, debido a la abundancia masiva de estos recursos de manera sostenible y disponible durante cualquier época del año.

La zona sur de nuestro territorio peruano cuenta con las radiaciones solares más favorables para la instalación de sistemas fotovoltaicos, donde efectivamente se cuentan los huertos solares más grandes de Sudamérica, con una capacidad de producción mayor a 36 mega vatios, estas energías renovables son las que están generando gran expectativa en esta parte de la región sureña abasteciendo energía eléctrica para el consumo domiciliario e industrial de manera más eficiente que las matrices energéticas convencionales, por otro lado el país por su extenso territorio no puede electrificar al 100% las zonas rurales alejadas de las redes eléctricas, por ello este sistema renovable solar fotovoltaico también es muy bien utilizado por la población rural ya que es demasiado sencillo la instalación, operación y mantenimiento.



**Figura 4:** Radiación solar incidente diaria en el departamento del Cusco.

**Fuente:** (Senamhi, 2003)

**Energía solar fotovoltaica**, de acuerdo a, Plasencia (2018), la energía solar fotovoltaica es una fuente energética renovable producida por el sol, el principio de

funcionamiento consiste en captar la luz solar mediante módulos fotovoltaicos, y que estos a su vez están diseñados para convertir la radiación solar electromagnética en energía eléctrica mediante células semiconductoras de material silicio que poseen en su fabricación.

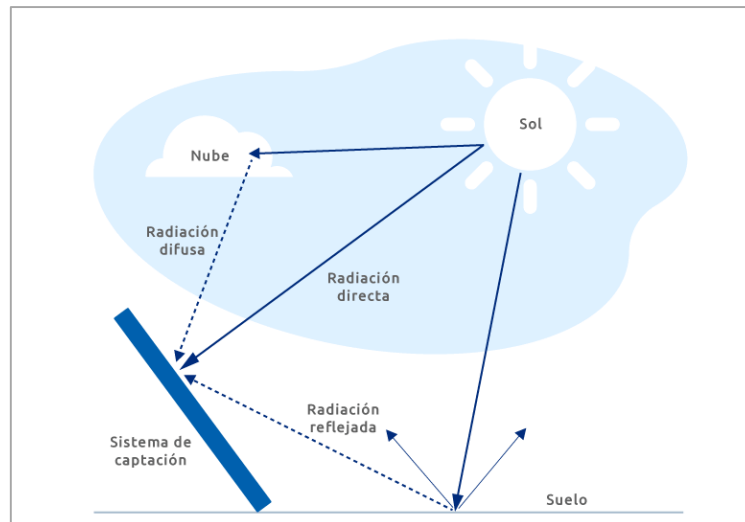
Los fotones al impactar en las células semiconductoras de silicio son los que excitan y desprenden electrones, produciendo un flujo de corriente eléctrica capaz de producir trabajo.



**Figura 5:** Huerto solar en el departamento de Tacna - Moquegua

**Fuente:** (Mesones, 2019, p. 20)

**Radiación solar**, Aquino (2019), afirma que la radiación solar es el conjunto de ondas electromagnéticas producidas por el sol, y es fundamental para el desarrollo de la vida en el planeta tierra.



**Figura 6:** Tipos de radiación solar

**Fuente:** (Reyes, 2019, p.27)

**Radiación directa,** es aquella radiación electromagnética que llega directamente desde el sol a la tierra, sin sufrir algún tipo de cambio en su dirección y recorrido.

**Radiación reflejada,** es la radiación reflejada por la superficie terrestre, este fenómeno es a causa de que la superficie de la tierra tiene un porcentaje de claridad o valores de albedo de 37% a 39% quiere decir que la tierra no tiene un color oscuro al 100%, la radiación reflejada la devuelve al universo ya que no toda la radiación es atrapada por la superficie terrestre.

**Radiación difusa,** es la radiación perturbada poco tenue que se percibe en la superficie de la tierra a consecuencia de la reflectancia principalmente por las nubes y montañas, la radiación solar al atravesar las diferentes capas atmosféricas es dispersada ocasionando la disminución de la intensidad luminosa del sol.

**Radiación global,** es el resultante de la suma total de los tres tipos de radiación mencionadas anteriormente

**Temperatura,** la temperatura es uno de los factores importantes que tiene que ver con la eficiente producción de electricidad de los paneles fotovoltaicos, gran parte de la radiación solar captada por los módulos fotovoltaicos son convertidas en calor ya que no toda radiación es convertida en energía eléctrica.

La temperatura que alcanzan los módulos fotovoltaicos en los días normalmente soleados superan los 30°, es por ello que se debe evaluar antes de la instalación y colocación de los paneles fotovoltaicos un punto apropiado donde exista ventilación natural donde circule aire que lo mantenga fresco. La producción de electricidad por los módulos fotovoltaicos de manera correcta depende de su temperatura de trabajo a mayor temperatura menor eficiencia, a menor temperatura mayor eficiencia.

**Sombras y reflejo**, es importante que la ubicación de la instalación fotovoltaica sea en un lugar libre de cualquier obstáculo que impida la llegada de la radiación solar a lo largo de todo el día y todas las estaciones del año, es importante conocer el recorrido del sol a lo largo de todas las estaciones del año para prever inconvenientes de sombra en los meses posteriores a la instalación.

Una mala ubicación, de los módulos fotovoltaicos con sombras que ocasionen el normal funcionamiento del sistema, puede dañar todo el sistema fotovoltaico generando pérdidas económicas para el usuario.

**Polvo y suciedad**, para que un sistema fotovoltaico trabaje de manera óptima es importante realizar actividades de limpieza de manera progresiva según sea necesario dependiendo del lugar, la suciedad se acumula o adhiere generando sombras en las celdas fotovoltaicas y haciendo disminuir la producción óptima del sistema.

**Inclinación y orientación**, de acuerdo a, Plasencia (2018), tanto la inclinación como la orientación de los paneles o módulos fotovoltaicos son importantes para lograr el rendimiento y eficiencia del sistema fotovoltaico esperados, la determinación de la inclinación y orientación se procede a partir de la toma de coordenadas geográficas del lugar exacto a instalarse el sistema, para la orientación se considera siempre el hemisferio contrario en la que se ubica el lugar a instalar el sistema, si es el hemisferio sur en la que se ubica la instalación, se instalara con cara o mirando hacia el hemisferio norte o norte geográfico y viceversa para las instalaciones que se ubiquen en el hemisferio norte. Para la inclinación se considera la coordenada de la latitud exacta del lugar añadiendo más cinco grados, para de esa manera recibir los rayos solares a lo largo de todas las estaciones del

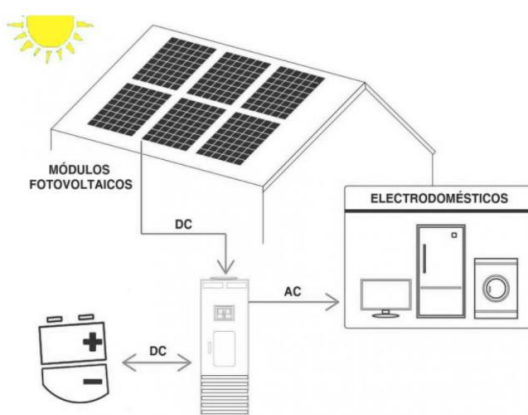
año de forma más perpendicular posible al sol, ya que el recorrido solar varía para todas las estaciones del año.

**Tipos de sistemas solares fotovoltaicos**, Plasencia (2018), afirma que el concepto de sistemas solares fotovoltaicos consiste en el proceso de transformación de la energía solar mediante una serie de mecanismos y componentes eléctricos y electrónicos para la obtención en energía eléctrica convencional aprovechable, desde la captación de la radiación solar hasta su aprovechamiento, como producto final en la satisfacción de las necesidades cotidianas de las personas y/o población en una determinada zona.

Los sistemas fotovoltaicos según su potencia y configuración se clasifican en:

- Sistemas Aislados o Autónomos
- Sistemas de conexión a la Red
- Sistemas híbridos

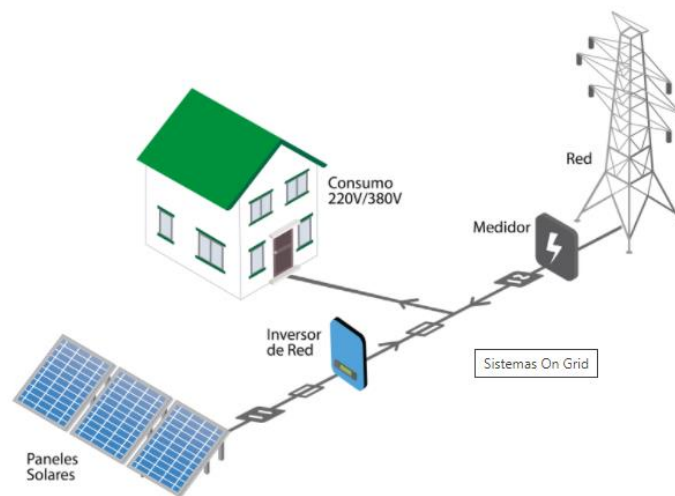
**Sistemas aislados o autónomos**, de acuerdo a, Aquino (2019), este sistema es aprovechado en lugares alejados donde no se cuenta con ningún tipo de energía eléctrica, principalmente de la red eléctrica convencional, su aprovechamiento puede ser para usos comunes de consumo domiciliario como para el bombeo solar, bombeo de agua para el abastecimiento de riego en la agricultura, este tipo de sistemas para viviendas aisladas resulta demasiado conveniente para el usuario como para el estado, en vista de que se evita inversiones muy costosas en el abastecimiento de energía eléctrica mediante redes convencionales.



**Figura 7:** Sistema fotovoltaico autónomo

**Fuente:** (Wega lighting, 2020)

**Sistemas de conexión a la red**, Aquino (2019), indica que este sistema consiste en el vertimiento de la energía eléctrica producida por el sistema fotovoltaico hacia el exterior (red pública convencional) una vez abastecida la demanda interna necesaria, el excedente es inyectado a la red pública previo un acuerdo con la compañía eléctrica. Lo contrario ocurre cuando el sistema fotovoltaico produce energía insuficiente para satisfacer su demanda interna se abastece con la matriz convencional de esta manera dotando de manera más eficiente y segura el suministro eléctrico para los usuarios de una población.

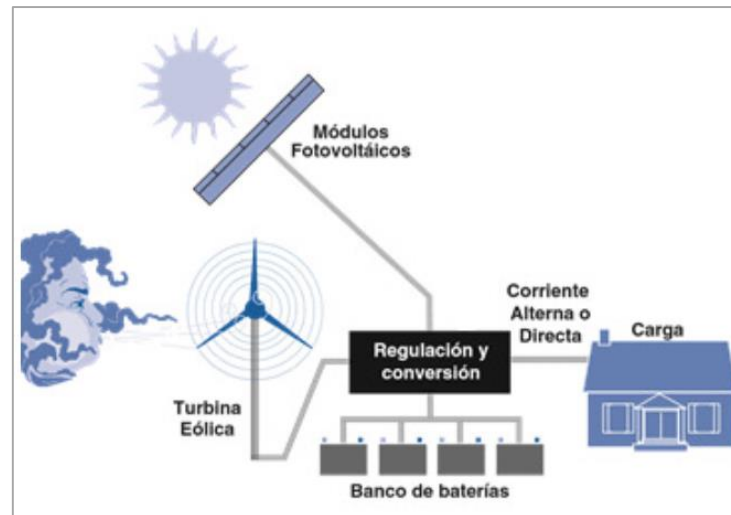


**Figura 8:** Sistema fotovoltaico interconectado con la red convencional

**Fuente:** (Wega lighting, 2020)

**sistemas híbridos**, Aquino (2019), menciona que en este tipo de sistema el abastecimiento del suministro eléctrico para cualquier tipo de uso, funciona con dos fuentes diferentes de matriz energética, puede ser el fotovoltaico con otra fuente de generación eléctrica (eólica, térmica, mareomotriz, grupo electrógeno u otro tipo de matriz eléctrica), esto con la finalidad de evitar la dependencia única de una fuente eléctrica, en este caso una de ellas funciona como energía de respaldo esperando que la fuente principal presente deficiencias en el normal abastecimiento y/o generación eléctrica.





**Figura 9:** Sistema fotovoltaico de instalación híbrida.

**Fuente:** (Aquino, 2019, p.61)

**Eficiencia energética,** la eficiencia energética consiste en las formas de generación y consumo de energía eléctrica sin provocar el cambio climático con gases de efecto invernadero de manera significativa, por ello el futuro energético debe ser considerado con la utilización de energías renovables, para satisfacer las grandes demandas energéticas conforme se va dando el crecimiento poblacional. El consumo racional y consciente de energía eléctrica es fundamental para evitar el diseño de grandes plantas generadoras de electricidad de manera innecesaria, ya que existen en estos tiempos gracias a la tecnología equipos eléctricos y electrónicos domésticos e industriales de muy bajo consumo, por ello un aporte importante para la eficiencia energética es nuestra actitud adoptando nuevas prácticas favorables al cuidado y protección del medio ambiente para las futuras generaciones.

**Ahorro energético,** consiste en utilizar la energía eléctrica de manera más consciente, tomando dicho servicio solo cuando sea necesario con una finalidad provechosa, de lo contrario cualquier dispositivo o carga eléctrica debe permanecer apagado o desconectado.

**Constante solar,** es la radiación solar que incide en la superficie terrestre en un determinado tiempo y área, medida de manera perpendicular con respecto a la

radiación del sol, actualmente el valor aceptado es de 1.36 kw/m<sup>2</sup>, las unidades de medida para para esta medición son 1m<sup>2</sup>/segundo.

**Consumo eléctrico**, su unidad de medida esta expresado en w/h o kw/h utilizado por una carga eléctrica en un determinado tiempo.

**Eficiencia o rendimiento**, relación existente entre la potencia de entrada y salida del inversor.

**Horas solar pico**, de acuerdo a, Aquino (2019), es la cantidad de energía solar captada por un metro cuadrado de superficie, por decir si en un determinado lugar la radiación solar es de 6 HSP, entonces está transmitiendo 6 horas de radiación solar a 1000 Wh/m<sup>2</sup>, por otro lado, las horas de radiación solar en todo el mundo no son constantes, varían según las estaciones del año.



**Figura 10:** Irradiación y horas solares pico (insolación) durante un día soleado.

**Fuente:** (Aquino, 2019, p.41)

**Corriente eléctrica**, es el desplazamiento de la electricidad a través de un circuito eléctrico desde la fuente de generación hasta la carga receptora que se cuenta para dar uso, este desplazamiento se realiza mediante conductores eléctricos de cobre, aluminio o cualquier material que no presenta mucha resistencia al paso de la corriente.

**Corriente continua (DC)**, Aquino (2019), afirma que la corriente eléctrica que fluye de manera constante en una dirección y que no varía en el tiempo, como ejemplo las tenemos en la electricidad generada por las baterías, pilas alcalinas el polo positivo y negativo.

**Corriente alterna (CA)**, Aquino (2019), afirma que la corriente eléctrica que fluye de forma variada a través del tiempo con una onda senoidal de 60 veces por segundo, es la más fácil de producir y de transportar por ello es habitual su utilización en el consumo doméstico, comercial e industrial.

**Energía**, es la capacidad de la materia para generar trabajo

**Sistema**, conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a un determinado objetivo.

**Intensidad de corriente**, es la cantidad de electrones que desplazan en un circuito por una unidad de tiempo determinado, su unidad de medida es el amperio.

**Resistencia eléctrica**, es la dificultad que ofrece un determinado conductor eléctrico al paso de la corriente, su unidad de medida es el ohmio

**Tensión o voltaje**, es la fuerza electromotriz que permite el origen de la corriente eléctrica, que crea una diferencia de potencial o voltaje en los terminales de cada fase o polo, se mide en voltios.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** esta investigación es aplicada, porque se busca una mejora en la calidad de vida de la población, transformando tecnológicamente un recurso natural renovable y abundante de la zona, a la vez tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se recopilan datos de campo para determinar hipótesis, con base en las mediciones numéricas y análisis estadístico con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Hernández, Fernández y Baptista 2014). en esta investigación se realizaron mediciones de parámetros eléctricos en un periodo de tiempo y diferentes condiciones ambientales y climáticas para determinar la eficiencia del sistema fotovoltaico.

**Diseño de investigación:** es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento (Hernández, Fernández y Baptista 2014). El diseño empleado para esta investigación es el tipo experimental, se realizó análisis durante 28 días consecutivos en el periodo de tiempo de agosto a setiembre del año 2021, ver (tablas N° 01, 02, 03 y 04)

Según su temporalidad el estudio es de tipo transversal, porque se han recolectado datos en 28 días consecutivos en el periodo de 09 de agosto al 05 de setiembre del presente año.

#### 3.2. Variables y operacionalización

Para este proyecto de investigación se identifican las siguientes variables:

- **Variable independiente:** eficiencia del sistema solar fotovoltaico
- **Variable dependiente:** suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar.

La variable independiente: eficiencia de un sistema fotovoltaico de instalación híbrida responde a dimensiones como: eficacia, potencia, características del sistema fotovoltaico con sus respectivos indicadores. Por otro lado, la variable dependiente, suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar de consumo básico responde a las siguientes dimensiones:

rendimiento y demanda de energía eléctrica, con sus respectivos indicadores, en ese sentido se presenta la matriz de operacionalización de variables, (ver anexo N° 02).

### **3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis**

Según Hernández (2014) población es un conjunto de elementos o individuos con ciertas características o propiedades en común que son las que se desea estudiar.

La población de estudio para este caso vendría a ser la totalidad de las viviendas unifamiliares de consumo básico de energía eléctrica en la ciudad de Quillabamba.

Muestra es una parte pequeña de una población que los representa a todas en el sometimiento a un análisis, estudio y/o experimentación.

Está determinado por una vivienda unifamiliar de consumo básico de energía eléctrica, que será suministrado con una matriz de energía fotovoltaica híbrida.

Según Hernández (2014) muestreo consiste en la selección de las unidades de estudio, de una determinada población.

Unidad de análisis, es cada una de los elementos que componen una población, por lo tanto, la muestra.

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

La técnica utilizada en la presente investigación fue la de observación, en la evaluación de la eficiencia del sistema fotovoltaico de instalación híbrida, para suministro de energía eléctrica de una vivienda de consumo básico.

El motivo por la cual se escogió esta técnica fue porque es una investigación experimental, en la que la recopilación de datos de campo estuvo vigilada por el investigador, en vista de que las variables se pueden manipular. Hernández, Fernández y Baptista (2014), afirman que la observación consiste en el registro metódico, válido y confiable de los procedimientos o conductas que muestra el estudio.

Características básicas del sistema fotovoltaico de instalación híbrida:

- Cuenta con un subsistema que realiza la transformación de energía solar en energía eléctrica. Consistente en dos paneles fotovoltaicos de tipo monocristalino de 150 Watts cada uno, con una potencia máxima de salida 210 Watts, tensión máxima de 20 a 22 voltios, cantidad de celdas igual a 36, tamaño del módulo fotovoltaico de 1.48 cm / 68 cm / 3.5 cm.
- Cuenta con un subsistema de banco de baterías, encargado de almacenar energía eléctrica producida por los paneles fotovoltaicos durante el día. Consistente en dos baterías de 100 Ah cada uno.
- Tiene un subsistema multifunción todo en uno de 1000 watts (inversor híbrido), encargado de regular las cargas y descargas excesivas del banco de baterías, encargado también de invertir la corriente continua en corriente alterna finalmente encargado de realizar transferencia de alimentación eléctrica según configuración del dispositivo.
- Tiene un subsistema de distribución, encargado de distribuir energía eléctrica para el consumo doméstico de manera eficiente, consiste en un tablero de distribución de seis polos, tres interruptores termomagnéticos de 2x15 amperios uno general y dos para circuitos derivados de luz y tomacorriente, cables de energía de 2.5 mm.
- Tiene cables de tipo AWG calibre N° 06 color rojo y negro, para el conexionado de las baterías y el inversor híbrido mediante terminales tipo ojo de 10 mm<sup>2</sup>.

### **3.5. Procedimientos**

Una vez disponible de todos los materiales necesarios para la instalación definitiva de los componentes del sistema fotovoltaico, para luego tomar los datos o mediciones eléctricas se procedieron con:

- Se dio inicio con la colocación de los módulos fotovoltaicos en el techo de la vivienda del beneficiario.
- Luego, una vez instalada en la posición correcta el módulo fotovoltaico se procede a realizar la conexión en paralelo entre módulos con un cable vulcanizado calibre N° 12 AWG de 10 metros de largo.

- Posteriormente el cable vulcanizado conectado de los módulos fotovoltaicos se conecta por el otro extremo con el inversor híbrido multifuncional en su entrada y polaridad correspondientes.
- Después es conectado el inversor híbrido multifuncional con el banco de baterías, teniendo en cuenta la polaridad de carga positivo y negativo, con cable de batería AWG N° 06 y sus respectivos terminales de conexión en las borneras correspondientes.
- Por último una vez que se tiene todas las conexiones revisadas de todo el sistema por un técnico o profesional con vasto conocimiento en el tema, se procede a conectar la salida del inversor híbrido con el tablero de distribución de energía, lista para ser aprovechado en el consumo doméstico.

Se tomaron datos de campo para su evaluación durante 28 días continuos, tomándose los datos durante el día en los siguientes horarios: 08:00 AM, 10:00 AM, 12:00 PM, 02:00 PM, 04:00 PM, para cada semana con un ángulo de inclinación diferente, los datos que se tomaron consistieron en la medición de los parámetros eléctricos como voltaje e intensidad de corriente, con ello determinar la eficiencia del sistema fotovoltaico de instalación híbrida para una demanda energética de 0.5 Kwh/día.

Una vez los datos obtenidos mediante la ficha de observación se procedieron con el análisis de datos en el programa Excel, con la finalidad de obtener resultados reales y verídicos, por último, se procedió con la interpretación de resultados.

El sistema fotovoltaico está compuesto de dos módulos solares monocristalinos de 36 celdas solares con una potencia nominal de 150 Watts y máxima de 200 Watts, tensión de salida máxima de 22 voltios, medidas de 148 cm de largo x 68 cm de ancho y 3.5 cm espesor, ambos módulos conectados en paralelo, colocados e instalados en una parte adecuada del techo de la vivienda que garantiza todas las condiciones favorables para su óptimo funcionamiento.

Por otro lado, el banco de baterías consistente en dos acumuladores cada una de 12 voltios y 100 Ah conectados en paralelo para mantener el voltaje y conectar al inversor híbrido multifuncional de 1000 watts cuya tensión de trabajo es de 12 voltios.

Ambos subsistemas se encuentran instalados en un lugar adecuado y seguro que garantiza un óptimo y eficiente funcionamiento, así como se observa en la figura.



**Figura 11:** instalación de los componentes del sistema fotovoltaico de instalación híbrida.

**Fuente:** elaboración propia

### **3.6. Método de análisis de datos**

El análisis realizado de los datos recolectados, mediante fichas de observación fueron con el programa Excel, de esa manera demostrar los resultados más exactos y alcanzar los objetivos deseados.

### **3.7. Aspectos éticos**

Tarajano, Lorena (2019), afirma que la humanidad ha degradado la naturaleza enormemente en todas las formas que haya podido, a consecuencia de ello en estos últimos años se produce el cambio climático irreversible, desastres naturales trágicos con la intensidad nunca antes vistas en lugares sin antecedentes catastróficos, todos estos sucesos comprometen significativamente el destino de las nuevas generaciones, por otro lado el modelo neoliberal consistente en la globalización basada en las competencias económicas injustas generan una tendencia aún más catastrófica para la humanidad.

Bajo esas consideraciones, con el presente proyecto de investigación se busca incentivar a la población el cuidado y la protección del medio ambiente, no solamente con el uso de energías renovables para mejorar la calidad del suministro eléctrico y reducción del costo de la tarifa eléctrica en los usuarios, si no que el mensaje es aportar desde cualquier posición o circunstancia en la que nos



encontremos con las buenas prácticas ambientales que garanticen el futuro de las generaciones venideras, para que ellos puedan gozar de un planeta mejor o igual del que nos ha tocado vivir a nosotros.

Por otro lado, los datos obtenidos para el desarrollo de este proyecto de investigación son verídicos y reales, así como lo evidencian las fotografías, de esta manera se garantiza la originalidad del producto con la intención de que también sirva de referencia a otros investigadores que coincidan con el tema.

#### IV. RESULTADOS

Evaluaciones realizadas de las mediciones eléctricas del sistema fotovoltaico del 09/08/2021 hasta el 05/09/2021, en diferentes ángulos de inclinación.

**Tabla 1:** Mediciones de parámetros eléctricos para cero (0°) grados de inclinación

Inclinación de 0° grados respecto al horizontal, orientación norte geográfico								
FECHA	DIAS	08:00 am	10:00 am	12:00 pm	02:00 pm	04:00 pm	POTENCIA PROMEDIO/DIA	POTENCIA PROMEDIO/SEMANA
09/08/2021	1	99	269	333	253	81	207	200
10/08/2021	2	113	260	324	249	84	206	
11/08/2021	3	109	250	331	257	87	207	
12/08/2021	4	103	249	327	250	75	201	
13/08/2021	5	33	248	321	247	27	175	
14/08/2021	6	114	243	331	254	76	204	
15/08/2021	7	108	246	330	258	74	203	

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 2:** Mediciones de parámetros eléctricos para 17° grados de inclinación.

Inclinación 17° grados respecto al horizontal, orientación norte geográfico								
FECHA	DIAS	08:00 am	10:00 am	12:00 pm	02:00 pm	04:00 pm	POTENCIA PROMEDIO/DIA	POTENCIA PROMEDIO/SEMANA
16/08/2021	8	109	283	341	288	47	214	224
17/08/2021	9	116	292	348	300	119	235	
18/08/2021	10	121	193	353	305	124	239	
19/08/2021	11	131	294	351	299	43	224	
20/08/2021	12	119	293	345	296	89	228	
21/08/2021	13	54	149	355	302	95	191	
22/08/2021	14	138	292	347	296	95	234	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 3:** Mediciones de parámetros eléctricos para 10° grados de inclinación.

Inclinación 10° grados respecto al horizontal, orientación norte geográfico								
FECHA	DIAS	08:00 am	10:00 am	12:00 pm	02:00 pm	04:00 pm	POTENCIA PROMEDIO/ DIA	POTENCIA PROMEDIO/ SEMANA
23/08/2021	15	150	298	353	284	94	236	181
24/08/2021	16	138	298	345	275	31	217	
25/08/2021	17	86	299	308	303	123	224	
26/08/2021	18	42	118	257	34	24	95	
27/08/2021	19	156	318	430	105	151	232	
28/08/2021	20	47	90	295	267	71	154	
29/08/2021	21	43	76	174	208	60	112	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4:** Mediciones de parámetros eléctricos para 30° grados de inclinación.

Inclinación 30° grados respecto al horizontal, orientación norte geográfico								
FECHA	DIAS	08:00 am	10:00 am	12:00 pm	02:00 pm	04:00 pm	POTENCIA PROMEDIO/ DIA	POTENCIA PROMEDIO/ SEMANA
30/08/2021	22	51	102	253	331	167	181	216
31/08/2021	23	110	312	367	321	135	249	
01/09/2021	24	140	306	355	299	101	240	
02/09/2021	25	102	309	360	304	109	237	
03/09/2021	26	33	298	359	293	86	214	
04/09/2021	27	52	272	290	263	70	189	
05/09/2021	28	111	264	332	250	53	202	

Fuente: Elaboración propia.

Según el procesamiento de los datos recolectados, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 5:** Eficiencia diaria de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 0°

Fecha	Potencia	Eficiencia	Porcentaje
09/08/2021	207.04	0.6901	69%
10/08/2021	206.03	0.6868	69%
11/08/2021	206.73	0.6891	69%
12/08/2021	200.82	0.6694	67%
13/08/2021	175.03	0.5834	58%
14/08/2021	203.68	0.6789	68%
15/08/2021	203.31	0.6777	68%

**Fuente:** Elaboración propia

Rendimiento promedio

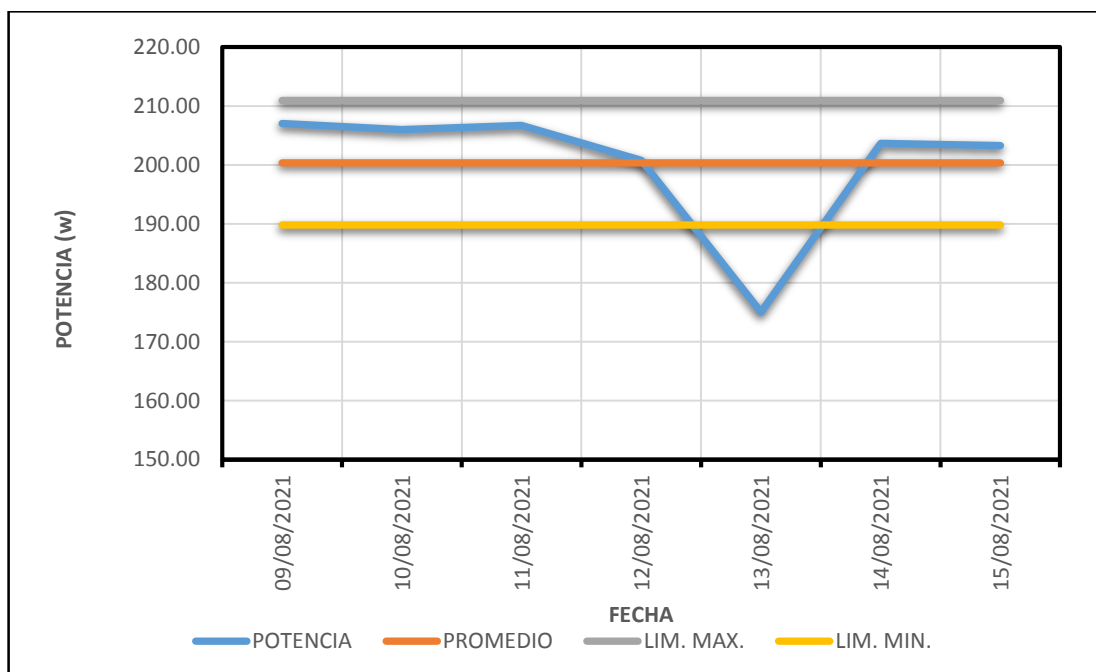
Potencia	Eficiencia	Porcentaje
200.38	0.67	67%

### **Análisis e Interpretación**

El presente resultado nos indica que la eficiencia de nuestro panel con una inclinación de 0° es de 67%, que viene a ser la eficiencia promedio para dicho ángulo de elevación.

### Cálculo de la desviación estándar para una inclinación de 0°

$\rho$  : 10.55  
Promedio: 200.38  
Lim Max : 210.92  
Lim Min : 189.83



**Figura 12:** Desviación estándar de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 0°.

**Fuente:** Elaboración propia

### Análisis e Interpretación

En este gráfico podemos ver que la mayoría de resultados se hallan entorno a la desviación estándar que posee un valor de 10.55W, este grado de dispersión nos garantiza que podremos tener la potencia promedio, así este valor nos garantiza el promedio energético mensual, lo que conllevaría a tener un mejor ahorro de energía.

**Tabla 6:** Eficiencia diaria de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 17°

Fecha	Potencia	Eficiencia	Porcentaje
16/08/2021	213.78	0.7126	71%
17/08/2021	234.90	0.7830	78%
18/08/2021	239.46	0.7982	80%
19/08/2021	223.51	0.7450	75%
20/08/2021	228.23	0.7608	76%
21/08/2021	191.04	0.6368	64%
22/08/2021	233.63	0.7788	78%

**Fuente:** Elaboración propia

#### **Rendimiento promedio**

Potencia	Eficiencia	Porcentaje
223.51	0.75	75%

#### **Análisis e Interpretación**

El presente resultado nos indica que la eficiencia de nuestro panel con una inclinación de 17° es de 75%, que viene a ser la eficiencia promedio para dicho ángulo de elevación.

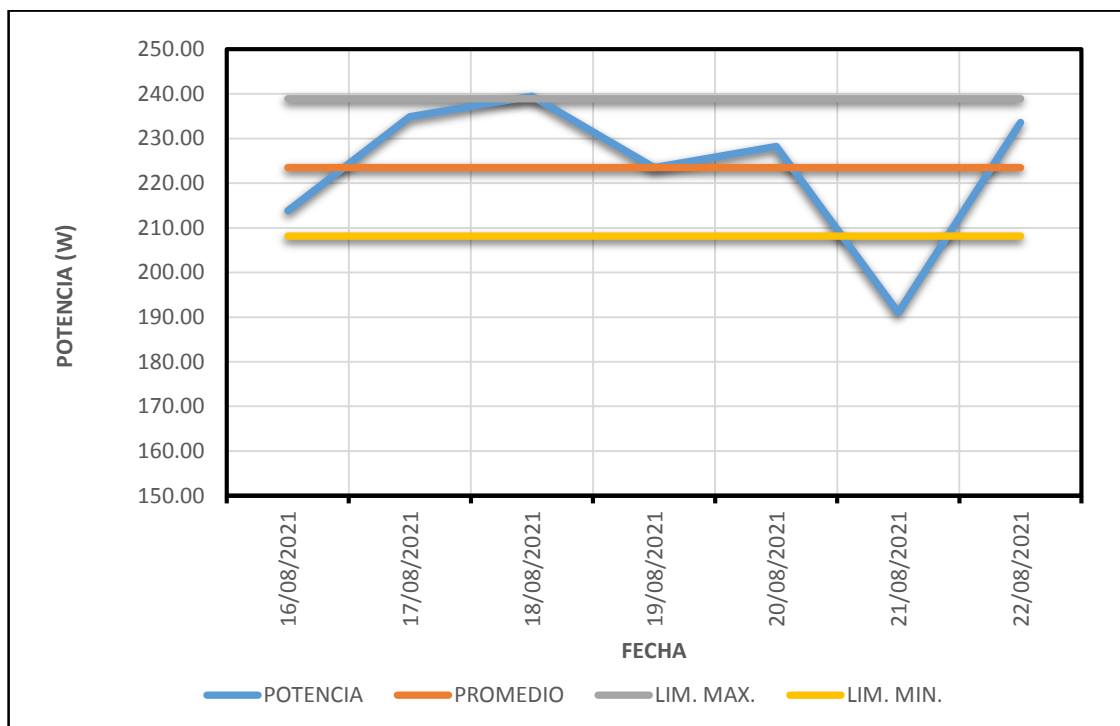
### Cálculo de la desviación estándar para una inclinación de 17°

$\rho$  : 15.39

Promedio: 223.51

Lim Max : 238.90

Lim Min : 208.12



**Figura 13:** Desviación estándar de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 17°

**Fuente:** Elaboración propia

#### Análisis e Interpretación

En este gráfico podemos ver que la mayoría de resultados se hallan entorno a la desviación estándar que posee un valor de 15.39W, este grado de dispersión nos garantiza que podremos tener la potencia promedio en este rango de potencia, así este valor nos garantiza el promedio energético mensual, lo que conllevaría a tener un mejor ahorro de energía.

**Tabla 7:** Eficiencia diaria de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 10°

Fecha	Potencia	Eficiencia	Porcentaje
23/08/2021	235.96	0.7865	79%
24/08/2021	217.17	0.7239	72%
25/08/2021	223.91	0.7464	75%
26/08/2021	94.79	0.3160	32%
27/08/2021	231.76	0.7725	77%
28/08/2021	154.12	0.5137	51%
29/08/2021	112.27	0.3742	37%

**Fuente:** Elaboración propia

#### **Rendimiento promedio**

Potencia	Eficiencia	Porcentaje
181.43	0.60	60%

#### **Análisis e Interpretación**

El presente resultado nos indica que la eficiencia de nuestro panel con una inclinación de 10° es de 60%, que viene a ser la eficiencia promedio para dicho ángulo de elevación.



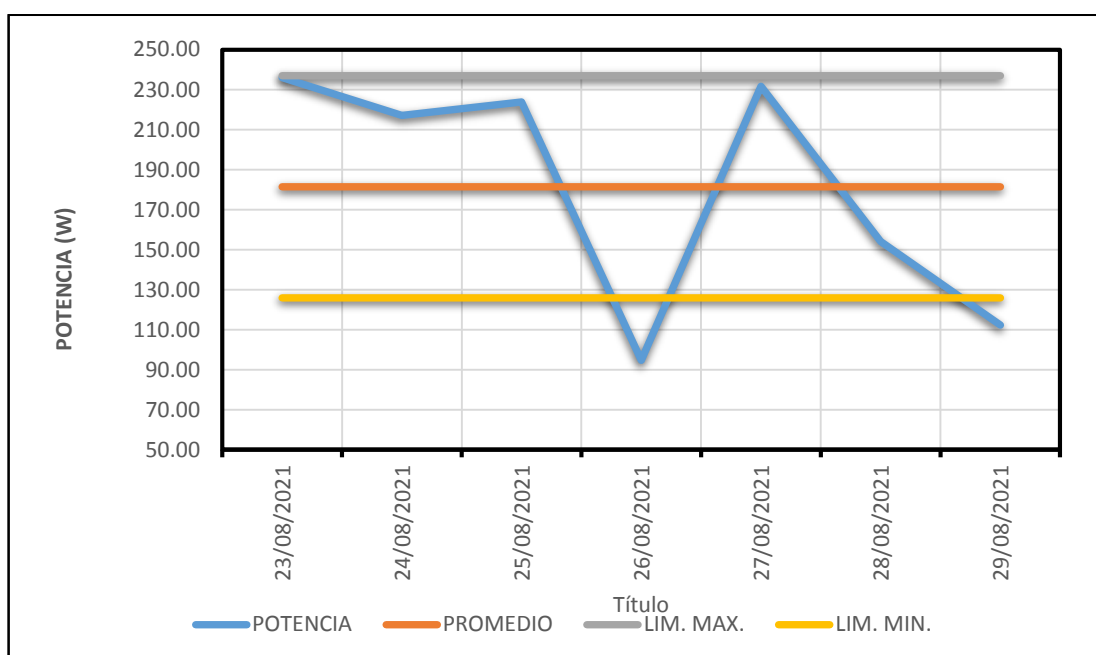
### Cálculo de la desviación estándar para una inclinación de 10°

$\rho$  : 55.58

Promedio: 181.43

Lim Max : 237.00

Lim Min : 125.85



**Figura 14:** Desviación estándar de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 10°.

**Fuente:** Elaboración propia

### Análisis e Interpretación

En este gráfico podemos ver que la mayoría de resultados se hallan entorno a la desviación estándar que posee un valor de 55.58W, este grado de dispersión es bastante amplio la que nos garantiza que podremos tener la potencia promedio en este rango de potencia, no muy conveniente para nuestro sistema fotovoltaico.

**Tabla 8:** Eficiencia diaria de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de 30°

Fecha	Potencia	Eficiencia	Porcentaje
30/08/2021	180.79	0.6026	60%
31/08/2021	248.73	0.8291	83%
01/09/2021	240.20	0.8007	80%
02/09/2021	236.74	0.7891	79%
03/09/2021	213.74	0.7125	71%
04/09/2021	189.32	0.6311	63%
05/09/2021	202.09	0.6736	67%

**Fuente:** Elaboración propia

#### **Rendimiento promedio**

Potencia	Eficiencia	Porcentaje
215.95	0.72	72%

#### **Análisis e Interpretación**

El presente resultado nos indica que la eficiencia de nuestro panel con una inclinación de 30° es de 67%, que viene a ser la eficiencia promedio para dicho ángulo de elevación.

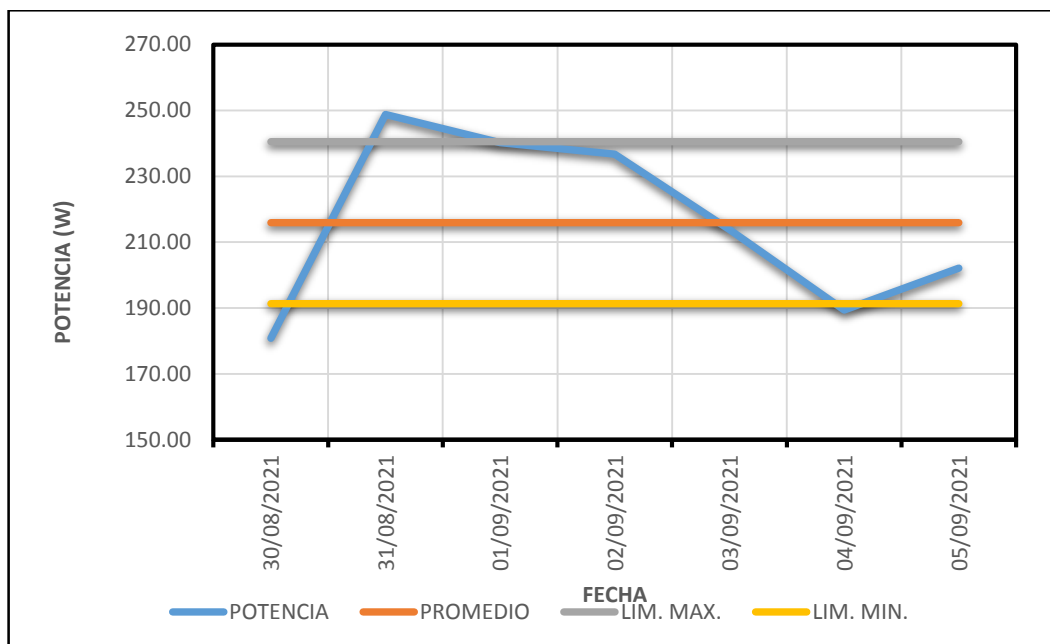
### Cálculo de la desviación estándar para una inclinación de

$30^\circ \rho$  : 24.60

Promedio: 215.95

Lim Max : 240.55

Lim Min : 191.34



**Figura 15:** Desviación estándar de un panel solar en la ciudad de Quillabamba para una inclinación de  $30^\circ$

**Fuente:** Elaboración propia

#### Análisis e Interpretación

En este gráfico podemos ver que la mayoría de resultados se hallan entorno a la desviación estándar que posee un valor de 24.6W, este grado de dispersión es medianamente amplio la que nos garantiza que podremos tener la potencia promedio en este rango de potencia, no muy conveniente para nuestro sistema fotovoltaico.

Finalmente, de todos los gráficos realizados, podemos ver en nuestro cuadro final. El siguiente cuadro nos ayudara a determinar el ángulo que debemos utilizar en esta parte de la región.

**Tabla 9:** Potencia media y desviación estándar de los diferentes ángulos en estudio

	Potencia Media	Eficiencia	Desviación Estándar
Angulo 0°	200.38	67%	10.55
Angulo 17°	223.51	75%	15.39
Angulo 10°	181.43	60%	55.58
Angulo 30°	215.95	72%	24.60

**Fuente:** Elaboración propia

### **Análisis y Conclusión**

Podemos indicar de la siguiente tabla que se ha obtenido una potencia promedio más efectiva con un ángulo de 17°, y una desviación estándar de 15.39W, siendo una amplitud aceptable, ya que este valor nos garantizará una potencia más uniforme, vemos que la amplitud es menor con 0° siendo esta de 10.55W, pero con una potencia menor. Debemos agregar que hubo días nublados los que han hecho que nuestro estudio tenga dificultades. Además de ser estos también los que afectan al normal desempeño de los paneles solares.

El ángulo más efectivo es el de 17°, siendo este el que debemos utilizar en esta zona, el panel solar será instalado de forma fija, este estudio nos ayuda a ver que en esta zona de estudio es nuestra opción más valedera.

### **Potencia que genera el sistema fotovoltaico en estudio**

La respuesta a cuántos kwh produce un panel solar es que depende, en nuestro caso de la potencia promedio.

Nuestros paneles nos proporcionan un promedio de 223.5W de energía. Sin embargo, es cada vez más habitual ver que ese es un valor medio ya que nuestros paneles llegaron a superar el valor indicado en su placa.

De este modo, si calculamos para un promedio de 5 horas, el cálculo sería:

$223.5 \times 8$  horas de sol al día = 1788.00W o lo que es lo mismo, 1,79 kW-h al día.

Si suponemos que esas 8 horas son la media de sol anual, nos daría:

$1,79 \text{ kW-h al día} \times 365 \text{ días del año} = 653.35 \text{ kW-h al año}$  por nuestro sistema de panel solar típico de 300W.

Entonces la energía consumida en este lapso de tiempo será el siguiente:

$653.35 \text{ kW-h} \times S/ 0.67 = S/ 457.35$

Se tendría un ahorro anual de 457.35 soles anuales.

## V. DISCUSIÓN

El objetivo general de la presente investigación es evaluar la eficiencia del sistema solar fotovoltaico como abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico en diferentes condiciones de orientación y ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos, según los análisis realizados de todos los datos recopilados basada en las mediciones de parámetros eléctricos del sistema fotovoltaico el ángulo de inclinación con mayor rendimiento para el suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar de consumo básico fue en  $17^\circ$  respecto a la horizontal. Podemos indicar de la siguiente tabla que se ha obtenido una eficiencia promedio de 75% con un ángulo de inclinación de  $17^\circ$  respecto a la horizontal, teniendo en cuenta este resultado para una instalación fija de módulos fotovoltaicos y también considerando que el recorrido del sol a lo largo de las cuatro estaciones del año son distintas, debemos entender que en verano el sol en su recorrido alcanza su mayor altura lo que significa una mayor incidencia de radiación solar, ocurriendo contrariamente en el invierno, en este estudio se respeta el ángulo con mayor rendimiento obtenido, debido a que los meses de estudio realizados son estratégicos, en donde el sol en su recorrido está tomando la altura media. en base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis general planteada en vista de que la eficiencia del sistema solar fotovoltaico influye positivamente en el suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar de consumo básico. los resultados obtenidos coinciden con Rivera, (2019), en su artículo científico, indica que para lograr el máximo provecho o rendimiento energético de los módulos fotovoltaicos es importante la orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos para ello diseñó e implemento un prototipo cuya función fue monitorear de manera inalámbrica los parámetros eléctricos como, la corriente, voltaje y potencia. Corroborando que la orientación de los módulos fotovoltaicos para instalaciones en el hemisferio norte debe apuntar o mirar hacia el sur y para las instalaciones en el hemisferio sur, hacia el norte geográfico, de la misma forma los ángulos de inclinación de los módulos fotovoltaicos con respecto al horizontal deben coincidir exactamente con la latitud del lugar. Sugiriendo para las estaciones de invierno más  $10^\circ$  y para las estaciones de verano menos  $10^\circ$  esto debido a que en invierno el sol no toma la mayor altura en su recorrido y en verano sí efectivamente, provocando que las horas del día

durante el invierno duren menos, que las horas de la noche. Por ello la importancia de estas consideraciones para cualquier tipo de instalación fotovoltaica. todas estas consideraciones del autor, no se está tomando en cuenta al 100%, para esta investigación, respecto a la latitud del lugar se está incrementando solo 5° más, esto para una instalación fija, sin lugar a cambios y variaciones en su orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos finalmente colocando y/o instalándose los módulos fotovoltaicos en 17° respecto a la horizontal, un Angulo que no queda muy plano tampoco demasiado inclinado lo que garantiza el óptimo rendimiento del sistema bajo cualquier condición climatológico o ambiental del lugar.

Según los objetivos específicos.

Al establecer la eficacia del sistema solar fotovoltaico como abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, los resultados indican que el mayor rendimiento del sistema fotovoltaico es para el ángulo de 17°, alcanzando en este ángulo de inclinación una eficacia al 75% un nivel muy bueno de rendimiento gracias a la alta incidencia de radiación solar de la zona y otras condiciones como la orientación e inclinación correcta de los módulos fotovoltaicos. El presente resultado nos indica que la eficacia de nuestro sistema fotovoltaico con una inclinación de 17° es de 75%, lo que garantiza el suministro eléctrico de una vivienda de consumo básico sin mayores inconvenientes en condiciones normales de irradiación. en base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada, en vista de que la eficiencia del sistema solar fotovoltaico influye positivamente en el suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar de consumo básico. Según Rivera, (2019), estos resultados obtenidos coinciden totalmente, indica que la orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos a la hora de instalar son fundamentales para obtener el mayor beneficio de esta energía renovable, en vista de que se pudo comprobar fácilmente con las mediciones de parámetros eléctricos en diferentes ángulos de elevación. en estos últimos años se ha podido observar el grado de contaminación ambiental por diferentes sectores de producción empleando tecnologías que muchas veces no son amigables con el medio ambiente, es por ello que esta investigación motiva a prever la crisis energética ya vivida en nuestro país expresados en los altos costos que se paga por este servicio

Al establecer la potencia del sistema solar fotovoltaico como abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en cuanto a la potencia promedio proporcionada por el sistema fotovoltaico para el ángulo más favorable de 17° de inclinación según datos obtenidos es de 223.5 wh de energía. según resultados analizados para esta condición de 17° de inclinación de los módulos fotovoltaicos la producción de energía por el sistema fotovoltaico es de 223.5 wh, suponiendo que durante el día se tenga una radiación solar por ocho horas se tendría una potencia de 1788 watts, más que suficiente para abastecer el suministro de una vivienda unifamiliar de consumo básico. en base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada, en vista de que la potencia del sistema solar fotovoltaico influye positivamente en el suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar de consumo básico. la potencia generada por el sistema fotovoltaico para el suministro de una vivienda unifamiliar de consumo básico queda garantizada asegurando el buen funcionamiento del sistema, según Reyes, (2019) afirma que es bueno sobredimensionar los componentes indispensables del sistema fotovoltaico. un buen dimensionamiento en su capacidad de todos los componentes del sistema fotovoltaico es importante para garantizar la durabilidad de componentes del sistema fotovoltaico, por otro lado, realizar el uso eficiente de la energía eléctrica, basado en hábitos de buena conducta.

Al detallar la característica del sistema solar fotovoltaico como abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, el sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida, sus componentes y/o subsistemas garantizan su buen funcionamiento a largo plazo. según los resultados obtenidos las características del sistema fotovoltaico con las que se implementaron esta instalación para el suministro de una vivienda unifamiliar de consumo básico son las apropiadas en vista de que en su producción sobrepasa la demanda de consumo requerido, esto gracias a la alta incidencia de radiación solar en la zona y los dispositivos eléctricos y electrónicos de calidad con que cuenta dicho sistema. en base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada, en vista de que las características del sistema solar fotovoltaico influyen positivamente en el suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar de consumo básico. según Plasencia, (2018) los módulos fotovoltaicos monocristalinos son los más eficientes



en su rendimiento hasta el día de hoy alcanzando una eficiencia promedio de 17 % por metro cuadrado de superficie, con respecto a los policristalinos que tienen una eficiencia de 14%, una eficiencia máxima que la tecnología pudo lograr en su diseño y fabricación. a la hora de elegir un sistema fotovoltaico para la implementación de una vivienda es importante saber las especificaciones técnicas de cada componente del sistema fotovoltaico y tener un conocimiento básico sobre energías renovables, ya que el mercado ofrece diferentes productos para diferentes fines es por ello se recomienda informarse bien antes de elegir un sistema o kit fotovoltaico.

el sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida, sus componentes y/o subsistemas garantizan su buen funcionamiento a mediano y largo plazo, según los resultados obtenidos las características del sistema fotovoltaico con las que se implementaron esta instalación para el suministro de una vivienda unifamiliar de consumo básico son las apropiadas en vista de que en su producción sobrepasa la demanda de consumo requerido, esto gracias a la alta incidencia de radiación solar de la zona, en base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada, en vista de que las características del sistema solar fotovoltaico influyen positivamente en el suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar de consumo básico, según Plasencia, (2018) los módulos fotovoltaicos monocristalinos son los eficientes en su rendimiento hasta el día de hoy alcanzando una eficiencia promedio de 17 % por metro cuadrado de superficie, con respecto a los policristalinos una eficiencia de 14%, una eficiencia máxima que la tecnología pudo lograr en su diseño y fabricación, a la hora de elegir un sistema fotovoltaico para la implementación de una vivienda es importante saber las especificaciones técnicas de cada componente del sistema fotovoltaico y tener un conocimiento básico sobre energías renovables, ya que el mercado ofrece diferentes productos para diferentes fines es por ello se recomienda informarse bien antes de elegir un sistema o kit fotovoltaico.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se evaluó la eficiencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico de (0.5 kwh/día) resultando eficiente en el ángulo de inclinación de 17° con respecto a la horizontal alcanzando un rendimiento del 75%, tomados como datos durante 28 días consecutivos con diferentes ángulos de inclinación para cada semana de estudio.
2. se determinó la eficacia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico logrando alcanzar una eficiencia del 75% con una potencia promedio de 223.51 wh y una desviación estándar bastante aceptable de 15.39 W, opción más conveniente para una instalación fotovoltaica en esta parte de la región.
3. la potencia promedio obtenido con el ángulo de inclinación de mayor eficiencia fue de 223.51 wh, lo que quiere decir que durante el día por ocho horas de radiación solar se obtuvo una potencia de 1788W.
4. según los resultados obtenidos las características del sistema fotovoltaico con las que se implementaron esta instalación para el suministro de una vivienda unifamiliar de consumo básico son las apropiadas en vista de que en su producción sobrepasa la demanda de consumo requerido, esto gracias a la alta incidencia de radiación solar en la zona y los dispositivos eléctricos y electrónicos de calidad con que cuenta dicho sistema.
5. Finalmente, la eficiencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida, interviene positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021, habiéndose obtenido un ahorro anual de 457.35 soles anuales, y este sistema puede operar por un lapso promedio de 20 años.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los usuarios hacer un uso racional y responsable de energía eléctrica adoptando una conciencia de respeto hacia el medio ambiente, al mismo tiempo los buenos hábitos en el consumo eléctrico significan un ahorro económico en los hogares y un alivio para el ambiente.
2. Frente al deficiente servicio eléctrico por parte de la compañía eléctrica en esta zona y los altos costos tarifarios a pagar, es sustentable migrar a un sistema fotovoltaico de instalación híbrida (fotovoltaica – red convencional) para así depender en lo mínimo de la red eléctrica convencional, esta zona de estudio cuenta con una alta incidencia de radiación solar diaria lo que garantiza el buen rendimiento de una instalación fotovoltaica.
3. Realizar periódicamente mantenimiento del sistema solar fotovoltaico, consistente principalmente en la limpieza de los módulos fotovoltaicos, en vista que frecuentemente se asienta material particulado como la polvareda, el smog y el estiércol de las aves sobre los paneles, estos al hacer un efecto sombra, perjudican la normal producción de energía, se debe elaborar un plan de mantenimiento para realizar limpieza y otras actividades inherentes de tal forma se conserve el buen funcionamiento del sistema.
4. Mantener siempre las instalaciones de componentes del sistema fotovoltaico en un lugar seguro, fresco, libre de humedad y fuera del alcance de personas no autorizadas, más que todo niños, en vista de que la electricidad siempre es un peligro permanente mientras no se tenga las consideraciones necesarias de seguridad.

## REFERENCIAS

- CORDERO, Paula; VANEGAS, Sebastián; HERMIDA, María Augusta. La biodiversidad urbana como síntoma de una ciudad sostenible. Estudio de la zona del Yanuncay en Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 2015, vol. 6, no 1, p. 107-130.
- PLASENCIA CORONEL, Juan Carlos. Diseño de un Sistema Fotovoltaico Interconectado a Red de 4.5 Kw en el Complejo Policial la Despensa-en el Distrito de José Leonardo Ortiz-Provincia de Chiclayo-Lambayeque. 2018.
- AQUINO NUÑEZ, Luis Enrique. Sistema fotovoltaico conectado a la red para el puesto de salud del caserío Totoras Pampaverde distrito de Kañaris, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. 2019.
- HUAMÁN MENDOZA, Gonzalo Felipe. Diseño de un sistema fotovoltaico on grid de autoconsumo e inyección 0 conectado a la red eléctrica del centro de salud Haquira, Apurímac 2020. 2020.
- MESONES ABANTO, Pedro Fernando. Dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico de conexión a red para el restaurante “El zarco” ubicado en la ciudad de Cajamarca. 2019.
- MESONES ABANTO, Pedro Fernando. Dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico de conexión a red para el restaurante “El zarco” ubicado en la ciudad de Cajamarca. 2019.
- RAMÍREZ, Edwin Blasnilo Rúa; SIABATO, Andrea Isabel Barrera; ORDUZ, Martín Gómez. Analisis tecnico, socioeconomico y ambiental de la electrificación con energía solar fotovoltaica aislada para vivienda rural en Hato Corozal, Casanare, Colombia. *RIAA*, 2017, vol. 8, no 1, p. 239-248.
- ÑURINDA CANO, Nelson José; DÍAZ LÓPEZ, Manuel Alejandro. *Propuesta de diseño de un sistema solar fotovoltaico para iluminación en la industria textil SACSA*. 2018. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Ingeniería.
- REYES ANGELES, Elizabeth Cristina. Propuesta de uso de energía solar para el suministro de energía eléctrica y mejora de la eficiencia energética en la Universidad ESAN. 2019.

- PONCE VALDIVIA, Brian Gilmar; RAMOS MENDOZA, Vivianyeli Garlet. Mejora de la eficiencia de un sistema solar fotovoltaico autónomo aplicado a viviendas rurales de zonas aisladas del Perú 2020. 2021.
- MURCIA HERNÁNDEZ, Andrés David. *Instalación fotovoltaica para autoconsumo de una vivienda unifamiliar*. 2019. Tesis Doctoral.
- HERMOSO ESPÍ, Pedro. *Instalación fotovoltaica en vivienda unifamiliar*. 2017. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.
- ASMAT CÁCERES, Cindy Pierine. Determinación de la eficiencia de un sistema de bombeo fotovoltaico en el distrito de Yaurisque-Cusco. 2018.
- RIVERA LIGER, Carlos Germánico. Diseño de un prototipo solar fotovoltaico telemétrico para evaluar la eficiencia energética en diferentes condiciones de orientación. 2019.
- BARRETO ARANDA, Pedro. SUMINISTRO ALTERNATIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE PANELES SOLARES, PARA AUTOCONSUMO DOMICILIARIO EN EL SECTOR URBANO DE CHIMBOTE. 2018.
- AULESTIA MARTÍNEZ, Luis Antonio; CELI PANATA, Miguel Stalin. *Implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos con capacidad de 20 kw/mes para ser utilizados en instalaciones industriales*. 2017. Tesis de Licenciatura.
- ORDÓÑEZ ROSALES, Paúl Darío. Diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos en locales comunales, como respaldo energético, ante el corte del suministro eléctrico, provincia de Huarochirí. 2020.
- QUISPE ROLDÁN, Pablo Alberto Alonso. Eficiencia de un Panel Solar de Energía Limpia para la carga de Equipos Portátiles a nivel Laboratorio, 2017. 2017.
- GÓMEZ GIL, Oscar Javier, et al. Diseño de un sistema de suministro eléctrico haciendo uso de energía solar fotovoltaica, para una vivienda unifamiliar rural en la vereda el frisol del municipio de la Mesa Cundinamarca.
- FRANCO AVENDAÑO, Marcos Antonio. Diseño e implementación de un sistema alterno de suministro eléctrico mediante energía solar fotovoltaica en iluminación y térmica en calentamiento de agua en una casa rural en el municipio de Icononzo Tolima. 2017.

- ESCAMILLA ROJAS, Daniel Fernando; ROMERO SÁNCHEZ, David Steven. *Diseño e implementación de un prototipo de suministro de energía fotovoltaica a una vivienda ubicada en la vereda golconda (anapoima cundinamarca)*. 2017. Tesis Doctoral.
- GUERRERO, Franco Eduardo; OBREGÓN TORREZ, Jeniffer Andrea. *Propuesta de instalación de sistema solar fotovoltaico para uso domiciliar en vivienda y complejo de apartamento, localizado en el departamento de Managua, Nicaragua*. 2020. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Ingeniería.
- NIETO GUTIÉRREZ, Luisa María, et al. Manual práctico de condiciones para instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos para suplir cargas demandadas de estrato 3 a 6 en viviendas unifamiliares de Bogotá.
- ORTIZ QUINTERO, Tatiana Andrea, et al. Factibilidad de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la vereda de El Blanquecino, La Argentina (Huila).
- NOVOA RODRÍGUEZ, Jenife Yorlady, et al. Análisis de viabilidad ambiental de la implementación de un Sistema Solar Fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica de la finca Cardón del Municipio Iconozo-Tolima. 2020.
- ARRIAGADA, Sánchez, et al. Diseño de un sistema auxiliar fotovoltaico para casa habitación. 2019.
- CUESTA LEDESMA, Jonathan Bayron. *Diseño de solución de energía fotovoltaica para viviendas indígenas del Vaupés*. 2021. Tesis de Licenciatura. Corporación Universidad de la Costa.
- MOYANO PALACIO, Jose Miguel, et al. Implementación de energías renovables a escala piloto, para abastecimiento eléctrico con un sistema híbrido eólico-solar y de biogás en una vivienda rural ubicada en Zipaquirá, Cundinamarca.
- GUTIÉRREZ, Cristian, et al. Energía solar fotovoltaica en la Isla de San Andrés, Colombia Propuesta para viviendas unifamiliares. *Letras ConCiencia TecnoLógica*, 2018, p. 48-53.

- FLORES RODRÍGUEZ, Edinson Germán. Diseño de un Sistema fotovoltaico para el suministro de Energía Eléctrica a la localidad de Paruque Bajo-Sector La Tuna, Distrito de Julcán. 2018.
- MURCIA HERNÁNDEZ, Andrés David. *Instalación fotovoltaica para autoconsumo de una vivienda unifamiliar*. 2019. Tesis Doctoral.
- MAMANI MAMANI, Yhonson Kenndy; MAMANI YANA, Cristian Oliver. Determinación experimental de la eficiencia de un panel fotovoltaico marca sunbe solar tipo slp 60-12 de 60 w bajo las condiciones ambientales de Puno con énfasis en la intensidad de radiación solar. 2019.
- JAMJACHI ROJAS, Juan Jesús. Diseño de un sistema eléctrico híbrido para una vivienda residencial. 2021.
- PUENTES RESTREPO, Brigitte Yuliana, et al. Diseño de un sistema solar fotovoltaico para la comunidad indígena Pijao ubicada en el Resguardo Pocharco. 2021.
- LJUBETIC VACAREZZA, LUKAS. EVALUACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR HÍBRIDO EN EL NORTE DE CHILE APLICADO A LA MINERÍA. 2018.
- INFANTE REYES, Jean Simons Jesús. Diseño de sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío Choruro en Huambos departamento de Cajamarca. 2019.
- GUALOTO IZA, Milton Roberto. Evaluación de sistemas híbridos de generación de energía eléctrica. Caso Islas Galápagos. 2020.
- LIZANA RIVERA, Cristian Ralph. Dimensionamiento de un sistema con recursos energéticos renovables conectado a red en el Distrito de Tarapoto, San Martín. 2020.
- SÁNCHEZ GARCÍA, Gandhi. Dimensionamiento de un sistema híbrido con energía renovable para el caserío Victor Raúl en Jayanca, provincia y departamento de Lambayeque. 2020.
- NOGAR, Ada Graciela; CLEMENTI, Luciana Vanesa; DECUNTO, Elías Valentín. Argentina en el contexto de crisis y transición energética. *Revista Universitaria de Geografía*, 2021, vol. 30, no 1, p. 107-131.

- TARAJANO, Lorena Morales, et al. Ética ambiental en la educación política e ideológica para el desarrollo sostenible en Salud. *Humanidades Médicas*, 2019, vol. 19, no 3, p. 486-503.
- TAN, Lippong, et al. Efficiency gains of photovoltaic system using latent heat thermal energy storage. *Energy Procedia*, 2017, vol. 110, p. 83-88.
- GULKOWSKI, Slawomir; ZDYB, Agata; DRAGAN, Piotr. Experimental efficiency analysis of a photovoltaic system with different module technologies under temperate climate conditions. *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, no 1, p. 141.
- CUI, Yuanlong, et al. Energy assessment and economic sensitivity analysis of a grid-connected photovoltaic system. *Renewable Energy*, 2020, vol. 150, p. 101-115.
- GHATAK, Sriparna Roy; SANNIGRAHI, Surajit; ACHARJEE, Parimal. Optimised planning of distribution network with photovoltaic system, battery storage, and DSTATCOM. *IET Renewable Power Generation*, 2018, vol. 12, no 15, p. 1823-1832.
- KUMAR, Sonu; SETHURAMAN, C. Instrumentation for Solar Photovoltaic System Efficiency Monitoring through Modbus Protocol. En *2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*. IEEE, 2018. p. 232-240.
- KABIR, Ehsanul; KIM, Ki-Hyun; SZULEJKO, Jan E. Social impacts of solar home systems in rural areas: A case study in Bangladesh. *Energies*, 2017, vol. 10, no 10, p. 1615.
- ERAS-ALMEIDA, Andrea A., et al. Lessons learned from rural electrification experiences with third generation solar home systems in latin America: Case studies in Peru, Mexico, and Bolivia. *Sustainability*, 2019, vol. 11, no 24, p. 7139.
- EL-HOUARI, Haytham, et al. Design, simulation, and economic optimization of an off-grid photovoltaic system for rural electrification. *Energies*, 2019, vol. 12, no 24, p. 4735.



- EL-HOUARI, Haytham, et al. Design, simulation, and economic optimization of an off-grid photovoltaic system for rural electrification. *Energies*, 2019, vol. 12, no 24, p. 4735.
- LI, Hong Xian, et al. Informed decision making of battery storage for solar-PV homes using smart meter data. *Energy and Buildings*, 2019, vol. 198, p. 491-502.
- ZHAO, Pengfei, et al. Optimal home energy management under hybrid photovoltaic-storage uncertainty: A distributionally robust chance-constrained approach. *IET Renewable Power Generation*, 2019, vol. 13, no 11, p. 1911-1919.
- CHOUDHARY, Piyush; SRIVASTAVA, Rakesh Kumar. Sustainability perspectives-a review for solar photovoltaic trends and growth opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 2019, vol. 227, p. 589-612.
- THIAUX, Yaël, et al. Demand-side management strategy in stand-alone hybrid photovoltaic systems with real-time simulation of stochastic electricity consumption behavior. *Applied Energy*, 2019, vol. 253, p. 113530.
- STRIELKOWSKI, Wadim, et al. Innovative policies for energy efficiency and the use of renewables in households. *Energies*, 2019, vol. 12, no 7, p. 1392.
- MBUNGU, Nsilulu T.; BANSAL, Ramesh C.; NAIDOO, Raj M. Smart energy coordination of autonomous residential home. *IET Smart Grid*, 2019, vol. 2, no 3, p. 336-346.
- MBUNGU, Nsilulu T.; BANSAL, Ramesh C.; NAIDOO, Raj M. Smart energy coordination of autonomous residential home. *IET Smart Grid*, 2019, vol. 2, no 3, p. 336-346.
- RIANA, Aryani Dwi, et al. Implementation of talis and dc house system for rural areas in indonesia. En *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018. p. 01006.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO Y SU EFICIENCIA EN EL SUMINISTRO ELECTRICO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CIUDAD DE QUILLABAMBA – CUSCO,2021				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cómo es la eficiencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <p>¿Cuál será la eficacia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba, ¿la Convención – Cusco, 2021?</p> <p>¿Cuál será la potencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba, ¿la Convención – Cusco, 2021?</p> <p>¿Cuál será la característica del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba, la Convención – Cusco, 2021?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Evaluar la eficiencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida como abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>establecer la eficacia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida como abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.</p> <p>establecer la potencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida como abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.</p> <p>detallar la característica del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida como abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La eficiencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida influye positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.</p> <p><b>Hipótesis Específica:</b></p> <p>La eficacia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida influye positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.</p> <p>La potencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida influye positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.</p> <p>La característica del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida influye positivamente en el abastecimiento del suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar de consumo básico, en la ciudad de Quillabamba la Convención – Cusco, 2021.</p>	<p><b>V.I:</b></p> <p><b>eficiencia del sistema solar fotovoltaico</b></p> <p><b>V.D:</b></p> <p><b>Suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar</b></p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Es aplicada</p> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>es experimental</p>

## ANEXO 2: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I Eficiencia del sistema solar fotovoltaico	<p>Según AQUINO, Luis Enrique (2020) la tecnología en sistemas fotovoltaicos se va perfeccionando cada vez mejor, incursionando en el mercado sistemas más eficientes que dan confianza a los consumidores a seguir implementando de esta energía renovable limpia, sostenible y sobre todo muy fácil de instalar y aprovecharlo. (p.06).</p> <p>Según PLASENCIA, J. Carlos (2018) Los módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino son considerados como los más eficientes con un 12.5% - 15%, seguido de los policristalinos con una eficiencia de 11% - 14% y finalmente los paneles amorfos con 5% - 7%. (p. 27). Aunque otros autores afirman algo más para cada tipo según tecnología empleada en su fabricación y diseño.</p> <p>Por otro lado la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos dependen de la intensidad de radiación solar que recibe una superficie por m<sup>2</sup>, por ende esto varía según las estaciones del año y las particularidades de potencial energético de radiación solar con que cuentan cada zona geográfica.</p>	<p>la medición de los parámetros eléctricos del sistema fotovoltaico de instalación híbrida para determinar la eficiencia se realizó durante 28 días consecutivos, durante el día realizándose 5 mediciones en los horarios siguiente 08:00 am, 10:00 am, 12:00 pm, 02:00 pm y 04:00 pm, bajo distintas condiciones ambientales, climáticas, de orientación e inclinación de módulos fotovoltaicos.</p> <p>tomando en cuenta su eficacia, potencia y las características del sistema fotovoltaico.</p>	Eficacia	costo	Nominal
				Horas de suministro	Nominal
				Eficiencia panel	Nominal
			Potencia	Voltaje	Nominal
				Corriente	Nominal
			Características del sistema fotovoltaico	Cantidad de módulos solares	Nominal
				Numero de inversores	Nominal
Numero de baterías	nominal				
	Numero de Tableros de distribución	Nominal			
V.D Suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar	<p>Según PONCE, B. Gilmar y RAMOS, V. Garlet (2021) El suministro eléctrico de una vivienda mediante el sistema fotovoltaico para la implementación y mejora energética resulta beneficioso frente a la utilización de combustibles de origen fósil en la producción de energías convencionales, al mismo tiempo es amigable con el medio ambiente, lo cual garantiza la sostenibilidad de los recursos naturales a largo plazo.</p>	<p>Para cada día de estudio realizado se suministró a la vivienda energía fotovoltaica para cubrir una demanda o potencia instalada de 500 w/h, un consumo básico habitual que se tiene caracterizado y dimensionado según equipos eléctricos y/o electrónicos de consumo por el inmueble.</p>	Rendimiento	Tamaño de carga requerida por la vivienda	Nominal
				Tiempo de suministro (H)	Nominal
			Demanda de energía eléctrica	Potencia instalada	Nominal
				Calidad de energía	Nominal

## **ANEXO 3: Expediente para validación de instrumentos de medición**



EXPEDIENTE PARA VALIDAR LOS  
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN A  
TRAVES DE JUICIO DE EXPERTOS

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a): **ING. PABLO APAZA HUANCA**

**Presente:**

**Asunto: “VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS”**

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos cordiales al mismo tiempo poner de su conocimiento que, siendo estudiante de pregrado en la educación de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede Lima Este, y siendo requisito la validación de los instrumentos con las cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi proyecto de investigación, gracias a la cual optare el grado académico de ingeniero ambiental.

El título de mi investigación es **“Sistema Solar Fotovoltaico y su Eficiencia en el Suministro Eléctrico de Una Vivienda Unifamiliar en la Ciudad De Quillabamba – Cusco, 2021”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su distinguida experiencia en temas ambientales y/o investigación ambiental

El expediente de validación que hago llegar contiene:

1. **Anexo N° 01:** Matriz de operacionalización de variables
2. **Anexo N° 02:** Instrumentos de recolección de datos, (ficha de observación)
3. **Anexo N° 03:** Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole mi sentido de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,



-----  
**Firma**

**Apellidos y nombre:**

Suca Céspedes Saúl

**DNI N°:** 42793618

**Anexo I: Matriz de Operacionalización**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I Eficiencia del sistema solar fotovoltaico	<p>Según Aquino (2020), la tecnología en sistemas fotovoltaicos se va perfeccionando cada vez mejor, incursionando en el mercado sistemas más eficientes que dan confianza a los consumidores a seguir implementando de esta energía renovable limpia, sostenible y sobre todo muy fácil de instalar y aprovecharlo. (p.06).</p> <p>Según Plasencia (2018), Los módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino son considerados como los más eficientes con un 12.5% - 15%, seguido de los policristalinos con una eficiencia de 11% - 14% y finalmente los paneles amorfos con 5% - 7%. (p. 27). Aunque otros autores afirman algo más para cada tipo según tecnología empleada en su fabricación y diseño.</p> <p>Por otro lado la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos dependen de la intensidad de radiación solar que recibe una superficie por m<sup>2</sup>, por ende esto varía según las estaciones del año y las particularidades de potencial energético de radiación solar con que cuentan cada zona geográfica.</p>	<p>La medición de los parámetros eléctricos del sistema fotovoltaico de instalación híbrida para determinar la eficiencia se realizó durante 28 días consecutivos, durante el día realizándose 5 mediciones en los horarios siguiente 08:00 am, 10:00 am, 12:00 pm, 02:00 pm y 04:00 pm, bajo distintas condiciones ambientales, climáticas, de orientación e inclinación de módulos fotovoltaicos.</p> <p>tomando en cuenta su eficacia, potencia y las características del sistema fotovoltaico.</p>	Eficacia	Costo	Nominal
				Horas de suministro	Nominal
				Eficiencia panel	Nominal
			Potencia	Voltaje	Nominal
				Corriente	Nominal
			Características del sistema fotovoltaico	Cantidad de módulos solares	Nominal
				Numero de inversores	Nominal
Numero de baterías	nominal				
Numero de tableros de distribución	Nominal				
V.D Suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar	<p>Según Ponce y Ramos (2021), El suministro eléctrico de una vivienda mediante el sistema fotovoltaico para la implementación y mejora energética resulta beneficioso frente a la utilización de combustibles de origen fósil en la producción de energías convencionales, al mismo tiempo es amigable con el medio ambiente, lo cual garantiza la sostenibilidad de los recursos naturales a largo plazo.</p>	<p>Para cada día de estudio realizado se suministró a la vivienda energía fotovoltaica para cubrir una demanda o potencia instalada de 500 w/h, un consumo básico habitual que se tiene caracterizado y dimensionado según equipos eléctricos y/o electrónicos de consumo por el inmueble.</p>	Rendimiento	Tamaño de carga requerida por la vivienda	Nominal
				Tiempo de suministro (H)	Nominal
			Demanda de energía eléctrica	Potencia instalada	Nominal
				Calidad de energía	Nominal

**ANEXO II: Instrumento de recolección de datos para determinar la eficiencia del sistema solar fotovoltaico de instalación híbrida para el suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar de consumo básico, en diferentes condiciones de inclinación de los módulos fotovoltaicos.**

**Inclinación de 0° grados respecto al horizontal, orientación norte geográfico**

FECHA	DIAS	08:00 am	10:00 am	12:00 pm	02:00 pm	04:00 pm	POTENCIA PROMEDIO/DIA	POTENCIA PROMEDIO/SEMANA
09/08/2021	1	99	269	333	253	81	207	200
10/08/2021	2	113	260	324	249	84	206	
11/08/2021	3	109	250	331	257	87	207	
12/08/2021	4	103	249	327	250	75	201	
13/08/2021	5	33	248	321	247	27	175	
14/08/2021	6	114	243	331	254	76	204	
15/08/2021	7	108	246	330	258	74	203	

**Inclinación 17° grados respecto al horizontal, orientación norte geográfico**

FECHA	DIAS	08:00 am	10:00 am	12:00 pm	02:00 pm	04:00 pm	POTENCIA PROMEDIO/DIA	POTENCIA PROMEDIO/SEMANA
16/08/2021	8	109	283	341	288	47	214	224
17/08/2021	9	116	292	348	300	119	235	
18/08/2021	10	121	193	353	305	124	239	
19/08/2021	11	131	294	351	299	43	224	
20/08/2021	12	119	293	345	296	89	228	
21/08/2021	13	54	149	355	302	95	191	
22/08/2021	14	138	292	347	296	95	234	

**Inclinación 10° grados respecto al horizontal, orientación norte geográfico**

FECHA	DIAS	08:00 am	10:00 am	12:00 pm	02:00 pm	04:00 pm	POTENCIA PROMEDIO/ DIA	POTENCIA PROMEDIO/ SEMANA
23/08/2021	15	150	298	353	284	94	236	181
24/08/2021	16	138	298	345	275	31	217	
25/08/2021	17	86	299	308	303	123	224	
26/08/2021	18	42	118	257	34	24	95	
27/08/2021	19	156	318	430	105	151	232	
28/08/2021	20	47	90	295	267	71	154	
29/08/2021	21	43	76	174	208	60	112	

**Inclinación 30° grados respecto al horizontal, orientación norte geográfico**

FECHA	DIAS	08:00 am	10:00 am	12:00 pm	02:00 pm	04:00 pm	POTENCIA PROMEDIO/ DIA	POTENCIA PROMEDIO/ SEMANA
30/08/2021	22	51	102	253	331	167	181	216
31/08/2021	23	110	312	367	321	135	249	
01/09/2021	24	140	306	355	299	101	240	
02/09/2021	25	102	309	360	304	109	237	
03/09/2021	26	33	298	359	293	86	214	
04/09/2021	27	52	272	290	263	70	189	
05/09/2021	28	111	264	332	250	53	202	



### ANEXO III: CERTIFICADO DE VALIDACION DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES:

1.1. **Apellidos y Nombres del validador:** *Apaza Huanca Pablo*

1.2. **Cargo o Institución donde labora:** *Docente Asociado en la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*

1.3. **Especialidad del Validador:** *Energías renovables y calidad de energía*

1.4. **Nombre del Instrumento:** *Ficha de observación*

1.5. **Título de investigación:**

*“Sistema solar fotovoltaico y su eficiencia en el suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar en la ciudad Quillabamba – Cusco, 2021”.*

1.6. **Autor del instrumento:** *Bach. Suca Céspedes Saúl*

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00 - 20%	Regular 21 - 40%	Buena 41 – 60%	Muy Buena 61 – 80%	Excelente 81 - 100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.			X		
2. objetividad	Esta expresado en conductas observables.				X	
3. actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. organización	Existe una organización lógica.			X		
5. suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					X
6. intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				X	
7. consistencia	Basados en aspectos teóricos científicos.			X		
8. coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				X	
9. metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					X
10. pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
<b>PROMEDIO DE VALIDACION</b>						X

**III. PERTINENCIA DE LOS ITEMS**
**PRIMERA VARIABLE:** Eficiencia del sistema solar fotovoltaico

DIMENSION	INDICADORES	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Eficacia	Costo	X		
	Horas suministro	X		
	Eficiencia panel		X	
Potencia	Voltaje	X		
	Corriente	X		
Características del sistema fotovoltaico	Cantidad de módulos solares	X		
	Numero de inversores	X		
	Numero de baterías	X		
	Numero de tableros de distribución	X		

**SEGUNDA VARIABLE:** Suministro eléctrico de una vivienda unifamiliar.

DIMENSION	INDICADORES	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Rendimiento	Tamaño de carga requerida por la vivienda	X		
	Tiempo de suministro (H)	X		
Demanda de energía eléctrica	Potencia instalada	X		
	Calidad de energía		X	

**PROMEDIO DE VALORACION: 83%.**

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
- ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

*Cusco, 15 de noviembre del 2021.*



*Firma del experto informante*

DNI. N° 23842746    Teléfono N° 984667858

## **ANEXO 4: Marco Legal**

entre las más importantes se mencionan:

- Constitución política del estado 1993.
- Política Energética de Estado Peruano 2010-2040 (Decreto Supremo N° 064-2010- EM).
- Ley N° 27345, Ley de promoción de uso eficiente de la energía y su reglamento.
- Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (Decreto Legislativo N° 1002).
- Reglamento de la Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables (D.S. N° 012-2011-EM).
- Plan energético Nacional 2014-2025.

## ANEXO 5: Panel Fotográfico



Componentes del sistema fotovoltaico lista para ser instalados

**Solar Plus ENERGY**

Model Type	SPM-15056			
Solar Cell type	Monocrystalline			
Pm	Vmp	Imp	Voc	Isc
150W	18.21V	8.24A	22.35V	9.09A
Maximum System Voltage	1000 V(IEC)			
Maximum Series Fuse Rating	15A			
Size	1480*680*35mm			
Weight	11.0KGS			
Output Tolerance	0~5w			
Standard Test condition	1000W/m <sup>2</sup> ,AM 1.5,25°C			
Operating Temperature	-40°C to+ 85°C			
Grade	Class A			

Warning! Electrical hazard  
Do not connect or disconnect under load.  
Please read this installation and user manual prior to installing, Operating or servicing this unit.

ISO TUV NORD CE IEC

Ficha técnica de los módulos fotovoltaicos a instalarse.



Banco de baterías de 12 voltios y 100 Ah de capacidad cada uno.



Inversor híbrido de onda sinusoidal pura de 1000 watts de potencia y tablero de distribución de energía eléctrica.



Instrumentos utilizados en la medición de los parámetros eléctricos del SF, multímetros marca PRASEK y TRUPER.



Pruebas realizadas del rendimiento de módulos fotovoltaicos en  $0^{\circ}$  grados de inclinación respecto a la horizontal.



Pruebas realizadas del rendimiento de los módulos fotovoltaicos en 10°grados de inclinación respecto a la horizontal.



Pruebas realizadas del rendimiento de los módulos fotovoltaicos en 17°grados de inclinación respecto a la horizontal.



Recopilación y/o toma de datos de las diferentes mediciones.



Medición de la intensidad de corriente eléctrica del panel solar en hora punta.

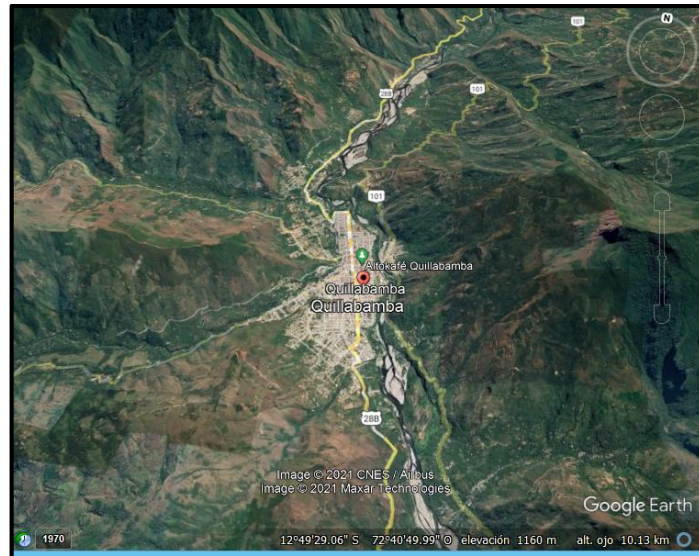




Vista de los módulos fotovoltaicos al atardecer después de un día soleado.



Vista de la salida del sol al amanecer en la ciudad de Quillabamba.



Vista de la ciudad de Quillabamba, mediante Google Earth



### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, Suca Céspedes Saúl egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado: "sistema solar fotovoltaico y su eficiencia en el suministro eléctrico para una vivienda unifamiliar, en la ciudad Quillabamba – Cusco, 2021", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 12 de Enero del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Autor</b>	<b>Firma</b>
Suca Céspedes Saúl <b>DNI:</b> 42793618 <b>ORCID:</b> 0000-0002-9864-3113	