



**UPA** Universidad  
Politécnica Amazónica

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TESIS**

**Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la  
demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito  
Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**Autor: León Ramírez, Percy**

**<https://orcid.org/0000-0002-1698-4783>**

**Asesor: Ing. Mejía Vásquez, Eduar Jamis**

**<https://orcid.org/0000-0002-9018-9569>**

**Registro: UPA-PITIM0029**

**Bagua Grande – Perú**

**2023**

## **Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada principalmente a mis padres por su apoyo incondicional durante toda mi vida ya que sin ellos no serían posible todos mis logros. También a mis hermanos quienes, con su aliento, sus motivaciones siempre inculcaron los valores a lo largo de mi formación.

## **Agradecimiento**

En primer lugar agradecer Dios por darme el entendimiento, las fuerzas y la sabiduría para hacer realidad mis metas. Por otro lado, agradecer a mis compañeros quienes durante cinco años compartimos conocimientos dentro y fuera de la universidad.

### **Autoridades universitarias**

Rector : Dr. Ever Salome Lázaro Bazán  
Coordinador de escuela : Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

### **Visto bueno del asesor**

Yo Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez, identificado con DNI 40695828, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica, dejo constancia de haber asesorado al Tesista Bach. Percy León Ramírez, en su tesis titulada “Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín”. Asimismo, dejo constancia que se ha levantado las observaciones señaladas en la revisión previa a esta presentación.

Por lo indicado, doy fe y visto bueno.

Bagua Grande, 03 de julio de 2023.



---

Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Asesor

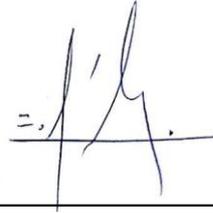
**Jurado evaluador**



---

Mg. Ing. Juan José Castañeda León

Vocal



---

Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán

Secretario



---

Mg. Ing. Emilio Periche Chunga

Presidente

## Declaración jurada de no plagio

Yo, Percy León Ramírez, identificado con DNI 75498122, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la Tesis titulada: “Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín”.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.
6. Se ha respetado las consideraciones éticas en la investigación.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir todas las cargas pecuniarias que pudiera derivarse para la Universidad Politécnica Amazónica en favor de terceros por motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del cumplimiento de lo declarado, y que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias o sanciones civiles y penales que de mi acción deriven.

Bagua Grande, 03 de julio de 2023.



---

Bach. Percy León Ramírez

DNI 75498122

# Resultado del análisis

Archivo: Tesis Percy León Ramírez.docx



## Estadísticas

**Sospechosas en Internet: 9,14%**

Porcentaje del texto con expresiones en internet.

**Sospechas confirmadas: 7,54%**

Confirmada existencia de los tramos en las direcciones encontradas.

**Texto analizado: 73,12%**

Porcentaje del texto analizado efectivamente (no se analizan las frases cortas, caracteres especiales, texto roto).

**Éxito del análisis: 99,92%**

Porcentaje de éxito de la investigación, indica la calidad del análisis, cuanto más alto mejor.

## Direcciones más relevantes encontradas:

Dirección (URL)	Ocurrencias	Semejanza
<a href="https://www.academia.edu/29155058/Gu%C3%ADa_para_la_formulaci%C3%B3n_de_proyectos_de_inversi%C3%B3n_exitosos">https://www.academia.edu/29155058/Gu%C3%ADa_para_la_formulaci%C3%B3n_de_proyectos_de_inversi%C3%B3n_exitosos</a>	34	8,37 %
<a href="https://docplayer.es/8542181-Turismo-guia-para-la-formulacion-de-proyectos-de-inversion-exitosos.html">https://docplayer.es/8542181-Turismo-guia-para-la-formulacion-de-proyectos-de-inversion-exitosos.html</a>	27	7,79 %
<a href="https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_eccf50c3525b4a51a2bdaae03d643a93/Details">https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_eccf50c3525b4a51a2bdaae03d643a93/Details</a>	27	3,98 %
<a href="https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_eccf50c3525b4a51a2bdaae03d643a93">https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_eccf50c3525b4a51a2bdaae03d643a93</a>	26	3,98 %
<a href="https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario.aspx?id=40000">https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario.aspx?id=40000</a>	25	1,26 %
<a href="https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_120ea560a89b615fdd7b326d0619be26/Details">https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_120ea560a89b615fdd7b326d0619be26/Details</a>	18	2,9 %

## Texto analizado:

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

MECÁNICO

Autor: León Ramírez Percy

ORCID: 0000-0002-1698-4783

Asesor: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

ORCID: 0000-0002-9018-9569

Registro: UPA-PITIM0029

Bagua Grande Perú

2023

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada principalmente a mis padres por su apoyo incondicional durante toda mi vida ya que sin ellos no sería posible todos mis logros. También a mis hermanos quienes, con su aliento, sus motivaciones siempre inculcaron los valores a lo largo de mi formación.

Agradecimiento

En primer lugar agradecer Dios por darme el entendimiento, las fuerzas y la sabiduría para hacer realidad mis metas. Por otro lado, agradecer a mis compañeros quienes durante 5 años compartimos conocimientos dentro y fuera de la universidad

Autoridades universitarias

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Autoridades universitarias .....	iv
Visto bueno del asesor.....	v
Jurado evaluador.....	vi
Declaración jurada de no plagio .....	vii
Índice .....	ix
Índice de tablas .....	xii
Índice de figuras .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
I. Introducción .....	17
1.1. Realidad problemática.....	17
1.2. Formulación del problema .....	18
1.3. Justificación.....	18
1.4. Hipótesis.....	19
1.5. Objetivos .....	19
1.5.1. Objetivo general .....	19
1.5.2. Objetivos específicos.....	19
II. Marco teórico .....	20
2.1. Antecedentes de la investigación .....	20
2.2. Bases teóricas.....	22
2.2.1. Electrificación rural .....	22
2.2.2. Demanda eléctrica .....	22
2.2.3. Alumbrado público.....	22
2.2.4. Electrificación rural fotovoltaica.....	23
2.2.5. Energía fotovoltaica solar.....	23

2.2.6. Sistema fotovoltaico .....	24
2.2.7. Tipos de sistemas fotovoltaicos .....	24
2.2.8. Módulos fotovoltaicos .....	25
2.2.9. Baterías .....	25
2.2.10. Controlador de carga .....	25
2.2.11. Inversor de carga .....	26
2.3. Definición de términos .....	26
III. Materiales y métodos .....	27
3.1. Diseño de investigación .....	27
3.2. Población, muestra y muestro .....	27
3.2.1 Población .....	27
3.2.2 Muestra .....	27
3.2.3 Muestreo .....	28
3.3. Determinación de las variables .....	28
3.4. Fuentes de información .....	28
3.5. Métodos .....	28
3.6. Técnicas e instrumentos .....	29
3.7. Procedimiento .....	29
3.8. Análisis estadístico .....	30
3.9. Consideraciones éticas .....	30
IV. Resultados .....	31
4.1. Determinación de la demanda eléctrica del Caserío La Victoria .....	31
4.2. Características de radiación en el Caserío La Victoria para la generación de energía .....	37
4.3. Dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico para el Caserío La Victoria .....	38
4.3.1 Dimensionamiento del campo solar .....	38
4.3.2 Dimensionamiento y selección de inversor .....	39

4.3.3 Dimensionamiento, selección y configuración de los módulos fotovoltaicos .....	41
4.3.4 Dimensionamiento del banco de baterías .....	45
4.3.5 Calculo de protecciones eléctricas .....	46
4.3.6 Cables eléctricos.....	47
4.3.7 Estructura de soporte para montaje de los paneles fotovoltaicos .....	48
4.3.8 Topología del sistema fotovoltaico dimensionado .....	49
4.4. Evaluación económica del sistema fotovoltaico para la demanda eléctrica del caserío La Victoria.....	50
4.4.1 Costo Nivelado de Energía.....	52
4.4.2 Costo de potencia pico instalada .....	53
4.4.3 Indicadores economicos .....	53
V. Discusión .....	56
Conclusiones.....	58
Recomendaciones .....	59
Referencias bibliográficas .....	60
Anexos .....	65

## Índice de tablas

Tabla 1 Cargas para alumbrado público en zonas rurales .....	22
Tabla 2 Coordenadas del caserío La Victoria.....	31
Tabla 3 Habitantes por vivienda del caserío La Victoria año 2021.....	31
Tabla 4 Parámetros de la población según guía para la formulación de proyectos exitosos .....	32
Tabla 5 Características eléctricas para la población según guía para la formulación de proyectos exitosos.....	32
Tabla 6 Promedio del consumo por abonado .....	33
Tabla 7 Crecimiento de demanda de energía eléctrica servicio particular para el caserío La Victoria .....	33
Tabla 8 Consumo mensual de alumbrado público en kWh .....	34
Tabla 9 Puntos de iluminación para el año 20.....	35
Tabla 10 Parámetros eléctricos de consumo para el alumbrado público.....	35
Tabla 11 Demanda de energía total para el caserío La Victoria .....	36
Tabla 12 Máxima demanda de potencia para el caserío La Victoria.....	36
Tabla 13 Angulo óptimo de inclinación .....	37
Tabla 14 Datos de radiación en la ubicación del caserío La Victoria .....	37
Tabla 15 Parámetros estadísticos de radiación solar en el caserío La Victoria .....	38
Tabla 16 Potencia pico mínima de generación requerida para el campo solar.....	39
Tabla 17 Resultados de cálculos de potencia para seleccionar el inversor.....	40
Tabla 18 Características técnicas principales del inversor seleccionado .....	40
Tabla 19 Características del panel solar monocristalino .....	41
Tabla 20 Cantidad de paneles del campo fotovoltaico .....	41
Tabla 21 Calculo rango máximo y mínimo de paneles fotovoltaicos a conectar en serie al inversor .....	42
Tabla 22 Calculo rango máximo de paneles fotovoltaicos a conectar en paralelo a cada MPPT del inversor .....	42
Tabla 23 Resultados de cálculo del rango máximo y mínimo de paneles a conectar al inversor por cada MPPT, y la selección del mejor arreglo fotovoltaico .....	44
Tabla 24 Parámetros eléctricos de la batería seleccionada.....	45
Tabla 25 Resultados de cálculo de la capacidad del banco de baterías y cantidad de baterías .....	46

Tabla 26	Resultados de cálculo de protecciones eléctricas del sistema fotovoltaico.....	47
Tabla 27	Resultados de cálculo de cables eléctricos del sistema fotovoltaico.....	48
Tabla 28	Presupuesto referencial .....	50
Tabla 29	Costos anuales de mantenimiento del sistema fotovoltaico.....	51
Tabla 30	Costos de reinversión sistema fotovoltaico.....	51
Tabla 31	Resultados de cálculo del LCOE para la instalación fotovoltaica.....	52
Tabla 32	Resultados de cálculo de indicadores económicos.....	55

## Índice de figuras

Figura 1	Diseño de investigación descriptivo con propuesta .....	27
Figura 2	Procedimiento de cálculo para desarrollar la investigación .....	29
Figura 3	Soporte inclinado para terreno para una fila de módulos (1x 9).....	48
Figura 4	Topología del sistema fotovoltaico dimensionado .....	49

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín, de acuerdo a la orientación es una investigación básica, no experimental (campo y gabinete), con un nivel de investigación descriptiva. El diseño de la investigación es descriptivo con propuesta. La demanda eléctrica se determinó para 29 viviendas proyectadas a 20 años, resultó que la demanda de energía eléctrica es de 24.84 kWh/día, y la máxima demanda de potencia total requerida es de 6.59 kW. La radiación solar en el caserío La Victoria fue evaluada para el periodo 2020-2021 se encontró que la radiación de diseño en el mes más desfavorable es de 3.98 kWh/m<sup>2</sup>/día que se da en el mes de marzo para el ángulo óptimo calculado de 7.93°. Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para la demanda eléctrica, se tuvo en cuenta las tensiones de generación homologadas en el país para sistemas de distribución eléctrica 380/220 o 440/220 V para zonas netamente rurales, por disponibilidad de inversores en el mercado, se seleccionó la tensión de 380/220 V. Por último para la evaluación económica, se determinó que el LCOE de generación fotovoltaica, con una tasa de descuento del 7 % resultando 1.277 S/./kWh. El proyecto resultó no rentable para tasas de interés para el VAN de 7, 8, 9, 10 y 12%. Luego se evaluó para un escenario, tomando un interés para el VAN de 6 %, el VAN resulta positivo S/. 12 420.86, y el TIR 7%, y se hace rentable al largo plazo, tiempo de recuperación 20.63 años.

**Palabras clave:** Diseño, sistema fotovoltaico, radiación solar, demanda eléctrica.

## ABSTRACT

This research aimed to design a photovoltaic system to satisfy the electrical demand of the La Victoria hamlet, Pinto Recodo district, Lamas - San Martin province, according to the orientation, it is a basic, non-experimental research (field and office), with a level descriptive research. The research design is descriptive with a proposal. The electrical demand was determined for 29 homes projected for 20 years, it turned out that the demand for electrical energy is 24.84 kWh/day, and the maximum total power demand required is 6.59 kW. Solar radiation in the La Victoria hamlet was evaluated for the period 2020-2021, it was found that the design radiation in the most unfavorable month is 3.98 kWh/m<sup>2</sup>/day, which occurs in the month of March for the calculated optimal angle of 7.93°. For the sizing of the photovoltaic system for the electrical demand, the generation voltages approved in the country for electrical distribution systems 380/220 or 440/220 V for purely rural areas were taken into account, due to the availability of investors in the market, it was The voltage of 380/220 V was selected. Finally, for the economic evaluation, it was determined that the LCOE of photovoltaic generation, with a discount rate of 7%, resulted in 1.277 S/./kWh. The project turned out to be unprofitable for VAN interest rates of 7, 8, 9, 10 and 12%. Then it was evaluated for a scenario, taking an interest for the VAN of 6%, the VAN is positive S/. 12420.86, and the TIR 7%, and it becomes profitable in the long term, recovery time 20.63 years.

**Keywords:** Design, photovoltaic system, solar radiation, electrical demand.

## I. Introducción

### 1.1. Realidad problemática

La vida en las grandes ciudades y zonas urbanas del planeta tiene una constancia en la demanda eléctrica del servicio de energía eléctrica y vivir sin ella es un escenario inimaginable en la actualidad debido a que sin esta muchas de las áreas de la sociedad quedan sin efecto o mínimo limitan su actividad a lo esencial que se pueda producir sin esta energía (Ronda , 2020).

La electrificación rural requiere recursos considerables. Los proyectos de producción basados en energías renovables podrían permitir que la explotación de este mercado se convierta en un motor clave de crecimiento económico y prosperidad. Sin embargo, el acceso al suministro de electricidad sigue siendo un sueño lejano para la mayoría de la población que vive en zonas rurales. El acceso limitado a la electricidad sigue siendo un importante obstáculo para el desarrollo en muchas partes del mundo. La energía renovable ofrece una gran oportunidad para acelerar el acceso a la electricidad a través de proyectos independientes, de minirredes y de pequeña escala, así como oportunidades de generación de ingresos para las poblaciones rurales. La electrificación de áreas que no son accesibles a la red eléctrica principal se puede lograr fácilmente mediante la generación descentralizada utilizando sistemas autónomos de turbinas fotovoltaicas y eólicas. En la electrificación rural, las densidades de carga siguen siendo relativamente bajas. Varios estudios han demostrado que la radiación solar es elevada durante todo el año en la mayoría de los países de América del Sur, suficiente para alimentar proyectos de energía solar. Además, la implementación de la energía fotovoltaica aumenta la calidad de los servicios energéticos, reduce la dependencia de los combustibles fósiles y, en consecuencia, reduce los impactos ambientales asociados al uso de estos combustibles (Mbinkar et al., 2021).

A nivel nacional también se cuenta con falta de energía para satisfacer la demanda eléctrica en diferentes sectores sobre todo en los poblados alejados de las ciudades en su último reporte el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) el 4.3% de la población no cuenta con servicio eléctrico, y en ella el 17.8% son poblados que se encuentran en el sector rural y carecen de energía eléctrica lo que conlleva a no cubrir todas las necesidades como el desarrollo de industrias, comercios, confort, recreación ,etc. Aunque actualmente el Perú continúa con la lucha de cerrar esta brecha que enmarca un subdesarrollo de los poblados no logra cerrarla al 100% (ComexPerú, 2020).

El caserío La Victoria es uno de los poblados que pertenecen al sector rural, y a la fecha de recojo de datos se verificó que no cuenta con energía para satisfacer su demanda eléctrica, la planificación de cualquier actividad no se puede concretizar y las actividades se limitan a las que pueden aprovechar solamente la luz natural, además que los beneficios sociales en educación, salud, vivienda y demás solo se ven beneficiados si salen del caserío haciendo que la posibilidad de crecimiento del caserío esté paralizado o en el mejor de los casos sea limitado.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Se podrá diseñar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación tecnológica**

La justificación tecnológica se da debido a que se generará una tecnología específica que se dirige a la producción de energía eléctrica por medio de energías renovables según las condiciones del lugar donde está ubicado el caserío La Victoria, este sistema es original debido a que la selección de sus componentes será adecuada a las necesidades del diseño para el caserío.

### **1.3.2. Justificación social**

La justificación social se da debido a que la energía eléctrica es actualmente la base para el desarrollo social, cuando el poblado cuenta con energía eléctrica recién podrá tener una oportunidad para poder desarrollarse y que se desarrolle dentro de ella todas las actividades que se requieren para que una sociedad pueda brindar bienestar a sus habitantes como la mejora de la educación, mejora en centros de salud, en implementación de iluminación artificial en parques y calles, implementación de pequeñas industrias y negocios con alimentos, etc.

### **1.3.3. Justificación ambiental**

La justificación ambiental se da debido a que se diseñará un sistema que aprovecha la energía renovable del sol hasta que pueda conectarse a la red teniendo como principal objetivo

producir energía eléctrica a partir de un sistema amigable con el ambiente y así poder disminuir la contaminación ambiental que se producen al entrar en funcionamiento generadores por medio de residuos fósiles.

#### **1.3.4. Justificación científica**

La justificación científica se da debido a que se ha concretado un nuevo conocimiento al contrastar la hipótesis realizando un sistema viable técnicamente y factible al encontrar indicadores económicos positivos.

#### **1.4. Hipótesis**

Se puede diseñar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar la demanda eléctrica del caserío La Victoria.
- Establecer las características de radiación en la zona del caserío La Victoria para la generación de energía.
- Dimensionar los componentes del sistema fotovoltaico para el caserío La Victoria.
- Evaluar económicamente el sistema fotovoltaico propuesto para el caserío La Victoria.

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Internacional

Guayazan et al (2020) en su investigación “Diseño de un sistema solar fotovoltaico para la comunidad indígena Pijao ubicada en el resguardo Pocharco” en Bogotá – Colombia, cuyo objetivo fue brindar alternativas de diseño para solución fotovoltaica en pro de lo que sea más viable y óptimo para lograr la aprobación y realización del proyecto, se analizó una unidad residencial la carga mecánica que debe soportar el sistema es por las corrientes de viento de 2.15 m/s se desarrolló el análisis para las 29 viviendas planteándose dos alternativas de solución una que era un modelo centralizado de generación fotovoltaica y el segundo un modelo independiente para cada residencia estableciendo el segundo como el modelo más viable por medio de una evaluación de ventajas y desventajas siendo sus ponderados de 63 para la alternativa 2 sobre 53 de la alternativa 1, el sistema se desarrolló para cada casa encontrándosele que al día consume un total de 7 005.00 kWh con una demanda de 1 556.67 W lo que requirió 3 paneles fotovoltaicos se utilizó el módulo 505 Wp con 21% de eficiencia, teniendo un costo total de \$ 337'869,636.00

Cuñas y Villao (2021) en su investigación “Rediseño del sistema de generación fotovoltaica para una comunidad aislada del Golfo de Guayaquil” cuyo objetivo fue rediseñar el sistema de generación fotovoltaica utilizando el modelo de optimización de micro energía del programa HOMER para una comunidad aislada en el golfo de Guayaquil, como conclusiones sugiere un sistema centralizado que cubra la demanda energética requerida de las 29 edificaciones de la comunidad. El capital inicial del sistema centralizado es de \$ 16,742.50 con una tasa interna de retorno del 104%, y una producción energética de 156 001 kWh/año. Cubriendo así toda la demanda energética y un futuro aumento de las cargas eléctricas del 20 %. Este proyecto aporta para el correcto dimensionamiento de sistemas de energización híbridos aislados, que permitan garantizar la electrificación de las diferentes islas localizadas en el golfo de Guayaquil.

### **2.1.2. Nacional**

Cayotopa (2019) en su investigación “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas”, cuyo objetivo fue dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar el caserío Flor del Valle en Yambrasbamba, provincia de Bongará, departamento de Amazonas, esta tesis se planteó como aplicada, en sus resultados se concluyó que se requieren 20 paneles de 320 Wp, con un banco de baterías formado por 16 unidades de 260 Ah con dos reguladores y dos inversores de la misma marca, este sistema tubo un valor referencial de S/. 206,019.36.

Vásquez (2019) en su investigación “Dimensionamiento de un Sistema Eléctrico Fotovoltaico Aislado con Pvsyst 6.7 en el Centro Poblado Boca Chinganaza en Condorcanqui-Amazonas”, cuyo objetivo fue dimensionar un sistema eléctrico fotovoltaico aislado con el software PVSYST 6.7 en el centro poblado Boca Chinganaza en Condorcanqui perteneciente al departamento de Amazonas, esta tesis se planteó del tipo aplicada y de diseño no experimental. En sus resultados se concluyó que el crecimiento en la zona fue del 2.08% con lo que se proyectó 43 viviendas con una energía también proyectada de 19.178 kWh y una potencia instalada de 5.891 kW. Mediante el software PVSYST se obtuvo que se requieren 24 paneles de 330 Wp, 2 controladores de 4 kW cada una y un banco de baterías con 16 unidades de 290 Ah, la eficiencia del sistema fotovoltaico en total fue de 55.586 % se dimensiono también la red eléctrica secundaria de dos circuitos en baja tensión donde se obtuvo caída de tensión de 3.94% y 5.16% para los C-I y C-II respectivamente. El precio referencial de este diseño fue de S/. 228,535.92.

### **2.1.3. Regional y local**

A la fecha no existen antecedentes regionales y locales, que hayan realizado investigaciones sobre diseño de sistemas fotovoltaicos para la demanda eléctrica en caseríos, centros poblados en la zona de estudio. Solo se tiene referencias de sistemas fotovoltaicas para suministro de energía eléctrica a cargas específicas.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Electrificación rural

En el sector rural la normativa en el Perú establece que existen dos diferentes tipos de localidades asignadas por I y II las localidades del primer tipo son aquellas que tienen una configuración ya establecida o con tendencia urbana donde se pueden ver calles y áreas para parques o instituciones comunales, mientras que para las localidades tipo II, las viviendas que se tienen no presentan una configuración urbana o es incipiente. La calificación de potencia para cada localidad es de 600 W para la primera y de 400W para la segunda. Así mismo se considera un factor de simultaneidad de 0.5 y 1 para respectivamente (DGER, 2003).

### 2.2.2. Demanda eléctrica

Se entiende por demanda eléctrica la cantidad de electricidad que una serie de consumidores necesitan para abastecer sus necesidades. Por tanto, la demanda eléctrica nacional es el resultado de la suma de toda la electricidad necesaria para dar suministro a todos los consumidores del territorio nacional: industrias, empresas, oficinas, comercios, hogares, centros públicos, alumbrado, lo mismo pasa en las comunidades la demanda eléctrica viene a ser el requerimiento eléctrico del centro poblado bajo la normativa legal y técnica del país al que pertenece (Vera, 2016)

### 2.2.3. Alumbrado público

Según DGER (2003), para poder establecer la carga de lámparas de alumbrado se debe tener en cuenta la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Cargas para alumbrado público en zonas rurales*

<b>Tipo de Lámpara</b>	<b>Pot. de Lámpara (W)</b>	<b>Perdidas (W)</b>	<b>Total (W)</b>
Vapor de Sodio	50	10	60
Vapor de Sodio	70	11.6	81.60
Vapor de Sodio	150	18.6	168.6

*Nota.* Reproducido de “Lámparas de alumbrado y sus cargas” de DGER, 2003

Así mismo según DGER (2003), el consumo mensual del alumbrado se calcula con la Ecuación 1.

$$\text{CMAP} = \text{KALP} \times \text{NU} \quad (1)$$

Donde:

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh

KALP : Factor de AP en kWh/usuario-mes

NU : Número de usuarios de la localidad

Por otra parte la DGER (2003), indica que los puntos de iluminación para los sistemas rurales se calculan utilizando la Ecuación 2.

$$\text{PI} = \frac{(\text{CMAP} \times 1000)}{(\text{NHMAP} \times \text{PPL})} \quad (2)$$

Donde:

PI : Puntos de iluminación

CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes)

PPL : Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público en watts.

El número de horas que trabaja el servicio de alumbrado público está comprendido para los 30 días de un mes entre 8 a 12 horas de funcionamiento (DGER, 2003).

#### **2.2.4. Electrificación rural fotovoltaica**

Tener un pueblo totalmente electrificado en un país es un objetivo muy desafiante debido a que la zona rural es un lugar aislado para la conectividad de los sistemas eléctricos existentes la energía fotovoltaica surge en este caso como un aliado en cualquier parte del mundo mostrando los beneficios de sus sistemas aislados de la red, los países apuntan a mega proyectos tratando de beneficiar a la mayor cantidad de pobladores registrando inversiones millonarias para poder lograr la mejora social de los pobladores de zonas rurales (Córdova, 2021).

#### **2.2.5. Energía fotovoltaica solar**

La energía solar fotovoltaica es una energía que brinda el sol en forma de luz que sirve para genera energía eléctrica a partir de la excitación de los electrones en un material por medio

de los fotones emitidos a la tierra por parte del sol, este fenómeno se llama efecto fotoeléctrico y se trata de un sistema de energía renovable inagotable considerando al sol como una fuente infinita de energía (Iberdrola, 2017).

#### **2.2.6. Sistema fotovoltaico**

Este es un conjunto de equipos que realiza cuatro funciones fundamentales, la primera es transformar de manera directa la energía lumínica del sol en energía eléctrica, la segunda es almacenar adecuadamente la energía eléctrica que se genera, proveer adecuadamente la energía que almacena y por último utilizar eficientemente la energía producida y almacenada (Focer, 2002).

#### **2.2.7. Tipos de sistemas fotovoltaicos**

Se puede englobar los sistemas fotovoltaicos en dos en general el primero es el que tiene almacenamiento de energía o autónomo, aunque tiene otros nombres es el sistema fotovoltaico que cuenta con un sistema acumulador de energía formado por un conjunto de baterías, las cuales brindan energía cuando se requiere utilizar dicha energía, en este tipo de sistemas también ingresan los sistemas de bombeo fotovoltaico pero a diferencia del sistema en general el sistema de bombeo fotovoltaico almacena el fluido durante su periodo de trabajo que es durante los periodos de radiación solar, y esta se utiliza por medio de gravedad en el momento que se requiera (Sun-Supply, 2021).

El otro sistema fotovoltaico es el híbrido este se caracteriza por que tiene un sistema de alimentación de energía aparte de los paneles, utilizan un inversor que contiene la característica de poder tener dos ingresos de energía la del campo solar y la del sistema de respaldo, en general estos sistemas se utilizan para aprovechar otra fuente de energía primaria que exista en la zona a parte de la radiación solar (Bautista , 2022).

Por último existen los sistemas conectados a la red, estos sistemas fotovoltaicos son acondicionados a trabajar a la par que se conectan a la red interconectada de la ciudad, su peculiaridad es brindar energía durante las horas de radiación en el día y tomar energía de la red durante la noche que no se cuenta con radiación solar, estos sistemas no utilizan acumuladores y son más baratos que lo que utilizan baterías ya que este elemento es el que encarece el sistema en gran proporción (Martin y Fernandez, 2007).

### **2.2.8. Módulos fotovoltaicos**

Es un módulo que se encarga de transformar de forma directa la energía del sol en energía eléctrica, está formado por un conjunto de celdas que se llaman células fotovoltaicas, encapsuladas y montadas en un marco de aluminio. La célula fotovoltaica es en sí la que realmente capta la energía solar emitida por radiación y la convierte en energía eléctrica, debido a la composición del material con el que se constituyen que son materiales semiconductores N y P que se dopan de electrones o de huecos, este material tiene la propiedad conducir energía eléctrica según determinadas condiciones ambientales y en este caso el cuándo incide la luz solar sobre él (Focer, 2002).

Existen varios tipos de paneles fotovoltaicos estos se determinan según la fabricación de las células, lo monocristalinos son los de mayor eficiencia y más caros debido a esta características, ya que para su fabricación se requiere un proceso más estable y como resultado da un panel con gran confiabilidad y duración, el que sigue son los policristalinos que son paneles cuyas células solares se forman por varios cristales son de menor eficiencia que los monocristalinos pero su costo también es más barato y por último en el otro extremo están los amorfos que son paneles que tienen células fotovoltaicas con una constitución amorfa y tienen una eficiencia y vida útil de bajas condiciones pero el precio es mucho más barato que los otros mencionados (Asmat, 2018).

### **2.2.9. Baterías**

Este componente en un sistema fotovoltaico aislado es aquel encargado de almacenar la energía que se genera por el campo solar, para luego utilizarla en el momento que se requiera, estas en general cumplen con tres funciones la primera es almacenar energía cuando existe radiación suficiente para que el panel lo genere, proporcionar energía cuando esta es requerida aunque no exista radiación solar y por ultimo mantener almacenada la energía cuando hasta cuando se requiera utilizar (Giz, 2013).

### **2.2.10. Controlador de carga**

Es un dispositivo que se encarga de controlar la carga de las baterías cuando el campo solar está generando energía para así estas no se sobrecarguen y disminuyan su vida útil, y también se encarga de dar paso para que las cargas conectadas al sistema se puedan alimentar de la energía almacenada en la batería sin permitir que esta se descargue a un nivel que perjudique

a la misma batería, este dispositivo debe contar con protecciones como sobreintensidad, polaridad inversa, corto circuito y diodos de bloqueo (Calderon, 2018).

Existen varias variables como temperatura y radiación solar que inciden de manera directa en los amperajes y voltajes que se producen al generar energía en el panel solar, el controlador es el encargado de controlar estas variables para poder cargar la batería sin dañarla así cuando la batería tiene una carga muy baja proporciona la mayor cantidad de corriente y la mantiene estable durante la carga, al final esta decrece hasta desaparecer conforme se va cargando la batería (Villegas y Alcivar, 2020).

### **2.2.11. Inversor de carga**

Llamado también convertidor de carga este dispositivo se utiliza casi siempre debido a que la energía que se genera y almacena en un sistema fotovoltaico es una energía en corriente continua y las cargas utilizan energía alterna para funcionar se debe convertir esta corriente continua CD en alterna AC, es donde entra en funcionamiento el inversor, estos existen de diferentes tipos según sus ondas que proporcionan pueden ser de onda cuadrada, de onda cuadrada modificada y por último y los más comunes de onda sinusoidal que es la corriente AC que utilizan todos los dispositivos en la actualidad (Cuñas y Villao, 2021).

## **2.3. Definición de términos**

**Fotovoltaico.** Proporción del espectro electromagnético que se puede apreciar por medio de los ojos, es la porción de radiación solar más asequible, es la que llega a la tierra con mayor intensidad (Lechner, 2007).

**Demanda eléctrica.** Es la cantidad de electricidad que se consume para abastecer las necesidades del ser humano (Espina, 2017).

**Energía.** Es la capacidad para poder realizar un cambio que implique algún movimiento, variación, transmisión o trabajo (Gencat, 2017).

**Potencia.** Es la variación que tiene la energía con respecto al tiempo que está siendo consumida se mida en watts (Alexander y Sadiku, 2000).

### III. Materiales y métodos

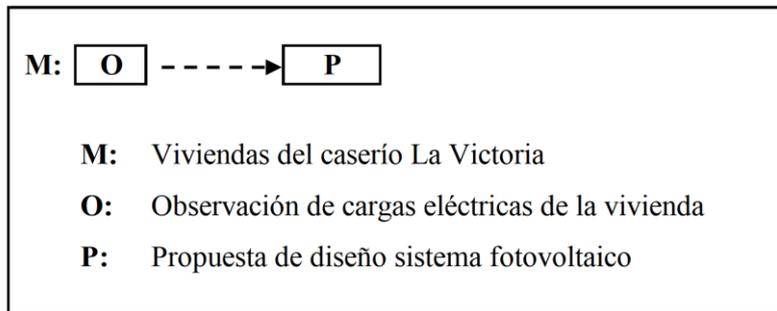
#### 3.1. Diseño de investigación

Según Ñaupas (2018), la investigación no experimental se caracteriza por no contar con un experimento que manipule las variables para generar los datos, y descriptiva por que se utiliza para describir las características de una población o fenómeno que se está estudiando.

Dado el contexto de los objetivos planteados y la metodología establecida, de acuerdo a la orientación es una investigación básica, con un nivel de investigación descriptiva, no experimental (campo y gabinete). El diseño de la investigación es descriptivo con propuesta.

**Figura 1**

*Diseño de investigación descriptivo con propuesta*



#### 3.2. Población, muestra y muestro

##### 3.2.1 Población

La población es la cantidad de elementos que se tomaran para la investigación (Hernández, 2014). La población referida para la investigación es:

- Viviendas del caserío La Victoria.

##### 3.2.2 Muestra

La muestra es la porción de la población que mantiene todas sus características (Hernández, 2014). Para esta investigación la muestra se restringió en el tiempo:

- Viviendas del caserío La Victoria en el año 2021.

### **3.2.3 Muestreo**

Según Hernández (2014), el muestreo es la manera en que se tomara la muestra. Para investigación se consideró no probabilística bajo el criterio del investigador.

### **3.3. Determinación de las variables**

- Variable independiente : Sistema fotovoltaico
- Variable dependiente : Demanda eléctrica

### **3.4. Fuentes de información**

Las fuentes de información primaria, es la recolección de datos de la investigación de campo, como los datos de las cargas eléctricas por vivienda en el caserío, número de usuarios. En el mismo contexto, las fuentes de información para la investigación de gabinete, se obtuvieron datos de radiación solar del aplicativo NASA. Las fuentes de información secundaria, se obtuvieron de repositorios de Universidades, Scielo, Science Direct y libros.

### **3.5. Métodos**

El método inductivo-deductivo está conformado por dos procedimientos inversos: Inducción y deducción. La inducción es una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales (Pérez y Rodríguez, 2017). Por lo tanto, el método inductivo se refiere al primer vistazo con lo que se plantea el problema, para este estudio el problema es demanda eléctrica del caserío La Victoria y la deducción que permitió afirmar que una situación producirá determinado resultado.

Método analítico-sintético se refiere a dos procesos intelectuales inversos que operan en unidad. El análisis es un procedimiento lógico que posibilita descomponer un todo en sus partes y cualidades, en sus múltiples relaciones, propiedades y componentes. Permite estudiar el comportamiento de cada parte. La síntesis es la operación inversa, que establece la unión o combinación de las partes previamente analizadas y posibilita descubrir relaciones y características generales entre los elementos de la realidad (Pérez y Rodríguez, 2017). Por lo tanto, el análisis y síntesis, se trata de descomponer el objeto de estudio en sus componentes, a fin de conocer la naturaleza del fenómeno, sus causas y efectos; para este

estudio permite conocer el funcionamiento de las partes del sistema eléctrico fotovoltaico para la demanda eléctrica del caserío La Victoria.

### 3.6. Técnicas e instrumentos

Según Hernández (2014), existen cuatro técnicas de recolección de datos, la observación directa, la entrevista, la encuesta y el análisis de documentos. Para la investigación se utilizó las técnicas de observación directa y técnica de análisis documental. Los instrumentos utilizados se muestran a continuación.

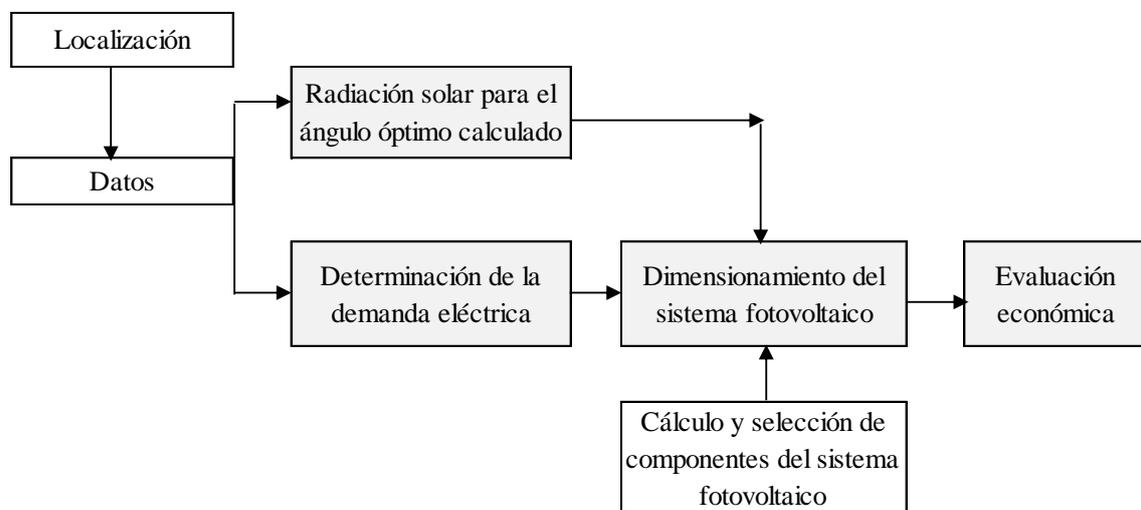
- Guía de registro del número de viviendas y habitantes por vivienda.
- Ficha de registro de radiación solar

### 3.7. Procedimiento

Para desarrollar la investigación primero se determinó la demanda eléctrica del Caserío La Victoria por medio de la normativa vigente en el Perú, después se determinó las características de radiación en la zona para la generación de energía, con estos datos se dimensionó los componentes del sistema fotovoltaico que satisfaga la demanda del caserío, y por último se realizó una evaluación económica del sistema fotovoltaico diseñado, el procedimiento se muestra de manera resumida en la Figura 2.

**Figura 2**

*Procedimiento de cálculo para desarrollar la investigación*



*Nota.* Procedimiento tomando los objetivos planteados.

### **3.8. Análisis estadístico**

El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva basado en tendencias de medida central como la varianza y mediana. Se utilizó el programa Excel para la manipulación de los datos.

### **3.9. Consideraciones éticas**

Se han seguido normas internacionales de citación y referencias de fuentes para sustentar la tesis con investigaciones previas que sirvieron de antecedente. Las investigaciones consultadas se respetan los derechos de autor. También se tomó en cuenta el Reglamento del Instituto de Investigaciones de la Universidad Politécnica Amazónica que ha fijado el formato del informe. Los viajes al caserío La Victoria se realizaron con educación, respeto y sin infringir los derechos de los pobladores del lugar.

## IV. Resultados

### 4.1. Determinación de la demanda eléctrica del Caserío La Victoria

El caserío la Victoria queda ubicado en la región de San Martín en las coordenadas que se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Coordenadas del caserío La Victoria*

<b>Tipo</b>	<b>Coordenadas</b>	
Cartesianas	Latitud	-6°08'12"
	Longitud	-76°47'26"
	Latitud	-6.13
	Longitud	-76.79
UTM	Este	302025.8
	Oeste	9322094.8

El caserío cuenta con un total de 23 viviendas de las cuales se determinaron sus características de población durante el año 2021. En la Tabla 3, se muestra el resumen de habitantes por vivienda según el recojo de datos que se realizó en el caserío.

**Tabla 3**

*Habitantes por vivienda del caserío La Victoria año 2021*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Viviendas	23
Número de habitantes	114
Promedio de habitantes por vivienda	4.96
Redondeo del promedio de habitantes por vivienda	5

En la Tabla 3 se observa que se determinó un promedio de habitantes por vivienda esto es debido a que la demanda eléctrica está condicionada por la cantidad de viviendas que a su vez está condicionado por la cantidad de población que existe en el poblado, lo que se entiende que durante el paso del tiempo el poblado irá aumentando o disminuyendo lo que condicionara a las viviendas para un tiempo futuro. Según la ley N° 25844 – Ley de concesiones eléctricas el mercado de generación para sistemas fotovoltaicos debe asegurar una oferta de energía para sistemas fotovoltaicos de 20 años como mínimo es por lo tanto

que la demanda se establece a 20 años teniendo en consideración el año que se inicia las construcciones como 0.

La proyección de la población se determina por medio del coeficiente de crecimiento poblacional el cual se obtuvo de la página del Instituto Nacional de Estadística e Informática el coeficiente de crecimiento poblacional del departamento de San Martín es del 1.1% al considerar que este es el ritmo de crecimiento para la población y el promedio de personas por vivienda se establece cuantas viviendas existirán para el año 20.

Según la “Guía para la formulación de proyectos exitosos” establecida por la Dirección General de Política de Inversiones del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) peruano que ahora denominado Invierte Perú, establece los parámetros a considerar para la electrificación rural.

**Tabla 4**

*Parámetros de la población según guía para la formulación de proyectos exitosos*

<b>Parámetro</b>	<b>Característica</b>
Localidad	Tipo II
Región geográfica	Selva

Como se parecía en la Tabla 4 la localidad se toma como tipo II, las viviendas están distribuidas de forma irregular sin obedecer a los parámetros de una zona urbana donde se agrupan las casas formando calles o zonas específicas, además de estar en la región geográfica selva. Según esto en la guía se determinan los parámetros eléctricos para las viviendas que se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Características eléctricas para la población según guía para la formulación de proyectos exitosos*

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>	
Consumo por abonado	12 - 20	kWh/mes
Tasa de crecimiento de consumo de la energía	1 - 1.5	%/anual
Potencia	400	W/vivienda
Factor de simultaneidad	0.5	

En la Tabla 5 se muestra el consumo de energía que se propone para vivienda que la guía menciona como abonado, el consumo depende al nivel de adquisición que tenga la comunidad, pero debido a la zona tan alejada y la pobreza que se ha observado en el tema material se tomó el promedio de ambos valores para el cálculo como se muestra en Tabla 6.

**Tabla 6**

*Promedio del consumo por abonado*

<b>Consumo por abonado</b>	<b>Valores</b>
Mínimo	12 kWh/mes
Máximo	20 kWh/mes
Promedio	16 kWh/mes

La tasa de crecimiento de consumo de la energía es un valor establecido con la información de las concesionarias de distribución de energía en todo el territorio peruano, que se referencia para poblados de características similares, esta tasa involucra que tanto aumentara el consumo de acuerdo al avance del tiempo para poblados que empiezan a utilizar energía eléctrica. Para el poblado en mención en este informe se tomó el mayor valor de tasa de crecimiento de consumo de la energía considerando un criterio de criticidad para el cálculo de la demanda, con los valores establecidos en la Tabla 5 y 6 se determina la demanda para cada año proyectado, y los resultados se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Crecimiento de demanda de energía eléctrica servicio particular para el caserío La Victoria*

<b>Año</b>	<b>Número de viviendas</b>	<b>Consumo de energía eléctrica</b>		
		<b>kWh/mes- usuario</b>	<b>kWh/mes</b>	<b>kWh/día</b>
0	23.00	20	460.00	15.33
1	23.25	20	465.06	15.50
2	23.51	20	470.18	15.67
3	23.77	20	475.35	15.84
4	24.03	20	480.58	16.02
5	24.29	20	485.86	16.20
6	24.56	20	491.21	16.37
7	24.83	20	496.61	16.55
8	25.10	20	502.07	16.74
9	25.38	20	507.60	16.92
10	25.66	20	513.18	17.11
11	25.94	20	518.82	17.29

12	26.23	20	524.53	17.48
13	26.52	20	530.30	17.68
14	26.81	20	536.13	17.87
15	27.10	20	542.03	18.07
16	27.40	20	547.99	18.27
17	27.70	20	554.02	18.47
18	28.01	20	560.12	18.67
19	28.31	20	566.28	18.88
20	28.63	20	572.51	19.08

Al contar con energía en el poblado es un derecho y obligación de la concesionaria que exista alumbrado público, este se determina según la población del año 20 debido a que la instalación debe hacerse en el primer año que se cuenta con energía considerándolo en la inversión inicial, este no debe ser aumentativo de acuerdo al año así se calcula para las viviendas del año 20. Según DGER para el cálculo de las luminarias se establece primero el consumo mensual de alumbrado público (CMAP) mediante la Ecuación 1.

$$CMAP = KALP \times NU$$

Donde:

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh

KALP : Factor de AP en kWh/usuario-mes

NU : Número de usuarios de la localidad

El KALP se determinó según el sector típico para el sector rural donde se ubica el caserío La Victoria es un sector típico 4 y su KALP será de 6.3, en la Tabla 9 se muestra el consumo mensual de alumbrado público en kWh.

**Tabla 8**

*Consumo mensual de alumbrado público en kWh*

Parámetros	Valores
CMAP	182.70 kWh
KALP	6.3
UN	29

Así mismo para el cálculo de los puntos de iluminación se determinó mediante la Ecuación 2.

$$PI = \frac{(CMAP \times 1000)}{(NHMAP \times PPL)}$$

Donde:

PI : Puntos de iluminación

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes)

PPL : Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público en watts

La potencia promedio de la lámpara de alumbrado público se determinó según las bases de cálculo para redes secundarias establecidas por el DGER (2003), que es de 60 W, mientras las horas mensuales de servicio se registran por el funcionamiento que se espera de la luminaria que requiere estar funcionando desde las 6.00 pm hasta las 6.00 am haciendo un total de 12 horas diarias y 360 horas al mes, en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Puntos de iluminación para el año 20*

Parámetros	Valores
PI	8 Puntos
CAMP	182.70 kWh
NHMAP	360 h
PPL	60 W

Las características eléctricas del alumbrado público se muestran en la Tabla 10 considerando 8 puntos de iluminación.

**Tabla 10**

*Parámetros eléctricos de consumo para el alumbrado público*

Parámetros	Valores
Cantidad	8 Luminarias
Potencia	60 W
Horas día	12 h
Potencia total	480.00 W
Energía	5.96 kWh/día

Considerando el consumo de energía en el año 20 tanto de energía para las viviendas como la energía para el alumbrado público se establece la energía total que se requiere en el caserío La Victoria, en la Tabla 11 se muestra la evolución de la energía durante los 20 años.

**Tabla 11**

*Demanda de energía total para el caserío La Victoria*

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Servicio particular	19.08 kWh/día
Alumbrado público	5.76 kWh/día
<b>Total</b>	<b>24.84 kWh/día</b>

La máxima demanda del caserío se establece considerando la potencia de las cargas eléctricas, la cantidad de cargas en el año proyectado que sería el año 20 y el factor de simultaneidad. En este aspecto se consideran dos tipos de cargas la primera es para las viviendas (servicio particular) y la segunda es para el alumbrado público. En la tabla 12 se muestra el cálculo de la máxima demanda para las cargas del caserío La Victoria.

**Tabla 12**

*Máxima demanda de potencia para el caserío La Victoria*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>FS</b>	<b>Máxima demanda parcial (W)</b>
1	Viviendas (Servicio particular)	29	400	0.5	5800
2	Alumbrado público	8	60	1	480
	MD (kW)				6.28
	Pd (5%)				0.31
	<b>Total MD (kW)</b>				<b>6.59</b>

De acuerdo a cálculos mostrados en Tabla 11, la demanda de energía eléctrica resultó 24.84 kWh/día. La máxima demanda de potencia total requerida es de 6.59 kW, para las viviendas 5.8 kW, alumbrado público 0.48 kW, y 0.31 kW por pérdidas de distribución de energía eléctrica.

#### 4.2. Características de radiación en el Caserío La Victoria para la generación de energía

Según coordenadas de ubicación del caserío primeramente se determinó el ángulo de inclinación óptimo para todo el año que deben tener los paneles el cual se determina mediante la Ecuación 3 como lo menciona Acuña (2022).

$$\beta = 3.7 + 0.69 |\varphi| \quad (3)$$

Donde:

$\beta$  : Angulo de inclinación óptimo

$\varphi$  : Latitud del lugar

El ángulo de inclinación como se aprecia en la Ecuación 3, hace referencia a la ubicación de la localidad, el resultado de cálculo se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Angulo óptimo de inclinación*

Parámetro	Valores
$\beta$	7.93 Inclinación
$\varphi$	-6.13 Latitud

Para la radiación de la zona se utilizó la página web de la NASA en su página interactiva Power Data Access Viewer, en donde se recogió la radiación según las coordenadas del caserío La Victoria. En la Tabla 14 se muestran los datos de radiación recogidos para diferentes ángulos de inclinación e interpolado para el ángulo óptimo (7.93°).

**Tabla 14**

*Datos de radiación en la ubicación del caserío La Victoria*

Mes	Ángulo 0°	Ángulo 6.13°	Ángulo 7.93°	Ángulo 8.87°	Ángulo 21.13°	Ángulo 90°
Ene	4.83	4.72	4.85	4.92	4.32	1.68
Feb	4.24	4.20	4.23	4.25	3.98	1.69
Mar	4.02	4.01	3.98	3.97	3.89	1.66

Abr	4.22	4.27	4.15	4.09	4.25	2.11
May	4.23	4.33	4.12	4.01	4.46	2.59
Jun	4.17	4.33	4.03	3.88	4.57	2.88
Jul	4.70	4.88	4.54	4.36	5.15	3.18
Ago	4.88	4.99	4.75	4.63	5.11	2.68
Sep	5.16	5.20	5.08	5.02	5.11	2.01
Oct	5.09	5.04	5.07	5.08	4.78	1.67
Nov	4.85	4.76	4.87	4.92	4.39	1.68
Dic	4.97	4.85	5.01	5.09	4.39	1.68

*Nota.* Radiación solar en kWh/m<sup>2</sup>/día. Periodo 2021-2022.

Como se observa en la Tabla 14, la radiación depende de la inclinación del panel aparte de su dependencia de la ubicación del caserío, así la radiación requerida para el ángulo de inclinación óptimo se interpola según las inclinaciones más cercanas obtenidas de la página web de la NASA. Resulta que la radiación más desfavorable es 3.98 kWh/m<sup>2</sup>/día que da en el mes de marzo. En la Tabla 15, se muestra los parámetros estadísticos de radiación solar para el ángulo óptimo calculado.

**Tabla 15**

*Parámetros estadísticos de radiación solar en el caserío La Victoria*

Parámetro	Valores
Máximo	5.08 kWh/m <sup>2</sup> /día
Mínimo	3.98 kWh/m <sup>2</sup> /día
Promedio	4.56 kWh/m <sup>2</sup> /día

### 4.3. Dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico para el Caserío La Victoria

#### 4.3.1 Dimensionamiento del campo solar

Se determina la potencia nominal mínima del campo solar que es la requerida por la generación para poder suministrar la potencia demandada al caserío en el año 20. Se utilizó la Ecuación 4 proporcionada en según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red proporcionado por IDAE (2022).

$$P_{mp,min} = \frac{E_D G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) RE} \quad (4)$$

Donde:

$P_{mp,min}$  : Potencia pico mínima del campo fotovoltaico

$E_D$  : Consumo de energía al día

$G_{CEM}$  : Irradiancia estándar del panel

$G_{dm}(\alpha, \beta)$  : Radiación en el ángulo óptimo

$RE$  : Rendimiento energético de la instalación

La radiación que se toma es la de menor cantidad debido a que el diseño se realiza para el mes más crítico en este caso sería para el mes de menor radiación. Según IDAE (2022), el rendimiento energético de la instalación según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red se debe utilizar en sistemas con conectados a la red 0.7, y para sistemas fotovoltaicos aislados con inversor y batería 0.6. En la Tabla 16 se muestra el resultado de la potencia de pico mínima de generación requerida por el campo solar.

**Tabla 16**

*Potencia pico mínima de generación requerida para el campo solar*

<b>Parámetro</b>	<b>Valores</b>
$P_{mp,min}$	10.4 kW
$E_D$	24.84 kWh
$G_{CEM}$	1 kW/m <sup>2</sup>
$G_{dm}(\alpha, \beta)$	3.98 kWh/m <sup>2</sup> /día
$RE$	60 %

#### 4.3.2 Dimensionamiento y selección de inversor

Para seleccionar el inversor se tomó el criterio de considerar la máxima demanda del caserío La Victoria 6.59 kW aplicado por un factor de seguridad de 1.20, la potencia de selección requerida como mínimo para seleccionar el inversor al realizar el producto de la máxima demanda por el factor de seguridad, resultó de 7.91 kW (Tabla 17).

**Tabla 17***Resultados de cálculos de potencia para seleccionar el inversor*

Parámetros	Valores
Potencia (MD)	6.59 kW
Factor de seguridad	1.2
Potencia de selección	7.91 kW

Un sistema de distribución eléctrica dependiendo de la densidad de carga corresponde a las tensiones homologadas en el Perú de 380/220 V, 440/220 V, esta última es la más utilizada en sistemas de distribución rural, de acuerdo a inversores disponibles en el mercado se encontró inversores trifásicos con una configuración 380/220 V, y se seleccionó un inversor FRONIUS/SYMO GEN24 8.0 PLUS, de 8 kW, 380/220 V (3F +N) que no necesita utilizar autotransformador. La potencia fotovoltaica máxima recomendada es de 12 kWp, el inversor incluye dos controladores MPPT y un cargador de baterías que permite conectar las baterías directamente al inversor. Los datos técnicos del inversor seleccionado se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18***Características técnicas principales del inversor seleccionado*

parámetros	Características -Valores	
Marca/Modelo	FRONIUS/SYMO GEN24 8.0 PLUS	
Entrada (CD)	- Potencia máxima (Wp)	12000
	- Máx. corriente de entrada ( $I_{CD}$ máx MPPT1/MPPT2) (A)	25 /12.5
	- Rango de tensión MPPT (V)	80 - 800
	- Número de entradas CD (MPPT1 / MPPT2)	2 / 1
Salida (CA)	- Potencia nominal (W)	8000
	- Máx. corriente de salida ( $I_{CA}$ máx) (A)	16.4
	- Acoplamiento a la red (rango de tensión) (V)	3~ 380/220 (+20 % / - 30%)
	- Frecuencia (rango de frecuencia) (Hz)	50/60 (45 – 66 )
	- Eficiencia (%)	98.2
Salida batería (CD)	- Máx. corriente de entrada ( $I_{CD}$ máx) (A)	22
	- Rango de tensión de entrada CD ( $V_{CD}$ mín - $V_{CD}$ máx) (V)	160 - 500

*Nota.* Datos adaptados de ficha técnica de fabricantes.

### 4.3.3 Dimensionamiento, selección y configuración de los módulos fotovoltaicos

Para el dimensionamiento y configuración de paneles fotovoltaicos, se seleccionó como referencia seleccionó el panel monocristalino ESPSC- 400Wp debido a que es el más accesible por los proveedores de la zona, cuyos parámetros eléctricos del panel fotovoltaico se muestran en Tabla 19.

**Tabla 19**

*Características del panel solar monocristalino*

Características del panel	Valores
Potencia	400 W
$V_{mpp}$	41.7 V
$I_{mpp}$	9.6 A
$V_{OC}$	49.8 V
$I_{sc}$	10.36 A

*Nota.* Datos adaptados de ficha técnica de fabricantes. ESPSC- 400Wp

Según Pareja (2016), el número de paneles del campo solar se determinó mediante la Ecuación 5. En la Tabla 20, se muestra los resultados de cálculo, la cantidad de paneles que debería tener el campo solar es de  $25.98 \approx 26$  paneles.

$$N_{p, totales} \geq \frac{P_{g-FV}}{P_{m\acute{a}x, panel}} \quad (5)$$

Donde:

$N_{p, totales}$  : Número de paneles totales

$P_{g-FV}$  : Potencia de campo fotovoltaico

$P_{m\acute{a}x, panel}$  : Potencia del panel fotovoltaico

**Tabla 20**

*Cantidad de paneles del campo fotovoltaico*

Parámetros	Valores
Potencia generación ( $P_{g-FV}$ )	10.39 kW
Potencia panel ( $P_{m\acute{a}x, panel}$ )	0.4 kW
Número de paneles ( $N_{p, totales}$ )	25.98 $\approx$ 26

Así como indica Florián (2022), para determinar el rango máximo y mínimo de paneles fotovoltaicos a conectar en serie al inversor, se tomó en cuenta datos técnicos del inversor, como el rango de tensión de operación MPPT que varía de 80-800V (Tabla 18), y de los paneles fotovoltaicos (Tabla 19). Los cálculos se realizaron con las Ecuaciones (6) y (7) respectivamente.

$$N_{p,serie-max MPPT} \leq \frac{V_{DCmax-MPPT Inv}}{V_{m\acute{a}x, panel}} \quad (6)$$

$$N_{p,serie,-min MPPT} \geq \frac{V_{DCmin-MPPT Inv}}{V_{m\acute{a}x, panel}} \quad (7)$$

**Tabla 21**

*Calculo rango máximo y mínimo de paneles fotovoltaicos a conectar en serie al inversor*

Parámetros	Valores
$N_{p,serie-max MPPT}$	19.18 $\approx$ 19 Paneles serie
$N_{p,serie-min MPPT}$	1.92 $\approx$ 2 Paneles serie

Por otra parte Florián (2022), para determinar la cantidad de paneles en paralelo por cada MPPT del inversor, se tomó la Intensidad máxima por MPPT del inversor y la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico. Los cálculos se realizaron con las Ecuación (8).

$$N_{p,paralelo-Max} \leq \frac{I_{DCmax-Inv}}{I_{sc-Panel}} \quad (8)$$

**Tabla 22**

*Calculo rango máximo de paneles fotovoltaicos a conectar en paralelo a cada MPPT del inversor*

Parámetros	Valores
$N_{p,paralelo-max MPPT 1}$	2.41 $\approx$ 2 Paneles paralelo
$N_{p,paralelo-max MPPT 2}$	1.21 $\approx$ 1 Paneles paralelo

Según Pareja (2016), la cantidad de paneles serie, paralelo, y la potencia de generación fotovoltaica se realiza se calculó con las Ecuación (9, 10 y 11).

$$N_{p, serie} \geq \frac{V_{n, generador}}{V_{n, panel}} \quad (9)$$

$$N_{p, paralelo} \geq \frac{N_{p, totales}}{N_{p, serie}} \quad (10)$$

$$P_{g, FV} = N_{p, serie} \times N_{p, paralelo} \times P_{m\acute{a}x, panel} \quad (11)$$

Para determinar el arreglo de los paneles del campo fotovoltaico por cada MPPT del inversor/controlador, se tuvo en cuenta la máxima corriente de entrada ( $I_{dc}$  máx MPPT1/MPPT2) y la potencia de generación fotovoltaica, y así poder alimentar a cada entrada del MPPT del inversor/controlador. Debido a que el inversor debe tener una tensión en un intervalo específico se realizaron los arreglos de paneles en serie ( $N_{p, serie}$ ) para el voltaje  $V_{mp}$ , y también el arreglo fotovoltaico en paralelo ( $N_{p, paralelo}$ ).

Los resultados de cálculo, se muestran en la Tabla 23, donde puede verificar que el mejor arreglo es 9 paneles en serie por dos en paralelo para el MPPT1; y 9 paneles en serie por uno en paralelo para el MPPT2 haciendo un total de 27 paneles. La potencia de generación del MPPT1 es de 7.20 kW, y para el MPPT2 es de 3.60 kW, y la potencia total de generación fotovoltaica es de 10.80 kW un poco mayor a la potencia de generación pico calculada (10.40 kW), el voltaje de generación de máxima potencia es de 375.30 V, también se verifica que el arreglo aparte de cumplir con el diseño, es el que muestra menor sobredimensionamiento.

**Tabla 23**

*Resultados de cálculo del rango máximo y mínimo de paneles a conectar al inversor por cada MPPT, y la selección del mejor arreglo fotovoltaico*

Paneles en serie	Voltaje máxima potencia	Paneles en paralelo		Paneles totales	Pg,real
Np,serie	Vmp	Np,paralelo		Np,total	kW
<b>MPPT1</b>					
2	83.40	9.00	9.00	18	7.20
3	125.10	6.00	6.00	18	7.20
4	166.80	4.50	5.00	20	8.00
5	208.50	3.60	4.00	20	8.00
6	250.20	3.00	3.00	18	7.20
7	291.90	2.57	3.00	21	8.40
8	333.60	2.25	3.00	24	9.60
9	375.30	2.00	2.00	18	7.20
10	417.00	1.80	2.00	20	8.00
11	458.70	1.64	2.00	22	8.80
12	500.40	1.50	2.00	24	9.60
13	542.10	1.38	2.00	26	10.40
14	583.80	1.29	2.00	28	11.20
15	625.50	1.20	2.00	30	12.00
16	667.20	1.13	2.00	32	12.80
17	708.90	1.06	2.00	34	13.60
18	750.60	1.00	1.00	18	7.20
19	792.30	0.95	1.00	19	7.60
<b>MPPT2</b>					
2	83.40	4.50	5.00	10	4.00
3	125.10	3.00	3.00	9	3.60
4	166.80	2.25	3.00	12	4.80
5	208.50	1.80	2.00	10	4.00
6	250.20	1.50	2.00	12	4.80
7	291.90	1.29	2.00	14	5.60
8	333.60	1.13	2.00	16	6.40
9	375.30	1.00	1.00	9	3.60
10	417.00	0.90	1.00	10	4.00
11	458.70	0.82	1.00	11	4.40
12	500.40	0.75	1.00	12	4.80
13	542.10	0.69	1.00	13	5.20
14	583.80	0.64	1.00	14	5.60
15	625.50	0.60	1.00	15	6.00
16	667.20	0.56	1.00	16	6.40
17	708.90	0.53	1.00	17	6.80
18	750.60	0.50	1.00	18	7.20
19	792.30	0.47	1.00	19	7.60
<b>Total</b>				<b>27</b>	<b>10.80</b>

*Nota.* Muestra los cálculos del mejor arreglo fotovoltaico para cada entrada MPPT del Inversor.

#### 4.3.4 Dimensionamiento del banco de baterías

Según Pareja (2016) y Mejía (2019), para determinar los Ah de demanda de energía eléctrica ( $L_D$ ), y la capacidad nominal del banco de baterías ( $C_{baterias}$ ), se realizó con las Ecuaciones (12 y 13); y el número de baterías serie y paralelo se calcula con las Ecuaciones (14 y 15).

$$L_D = \frac{E_{diaria}}{V_{n,bateria}} \quad (12)$$

$$C_{baterias} = \frac{D_{aut} \times L_D}{PD_{max} \times R_{Global}} \quad (13)$$

$$N_{b,paralelo} \geq \frac{C_{bateria}}{C_{n,bateria}} \quad (14)$$

$$N_{b,serie} \geq \frac{V_{B,bateria}}{V_{n,bateria}} \quad (15)$$

Las baterías que se seleccionaron, son las baterías LG Chem RESU7H, 63 Ah, rango de voltaje 350-450 V. Con estas baterías se consigue sencillez en el diseño de la instalación. Los parámetros de la batería seleccionada se muestran en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Parámetros eléctricos de la batería seleccionada*

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Rango de voltaje	350-450 V
Energía total	7 kWh
Capacidad nominal	63 Ah

*Nota.* Adaptado de ficha técnica de fabricante. LG Chem RESU10H tipo R

Para los cálculos del banco de baterías se consideró un factor de profundidad de descarga máxima diaria de la batería del 80 %, un día de autonomía de acuerdo a condiciones climatológicas en la localidad, con la finalidad de no sobredimensionar y optimizar costos; también se tuvo en cuenta datos de la ficha técnica del inversor, donde se indica el rango de tensión para la batería es 160–500 V.

**Tabla 25***Resultados de cálculo de la capacidad del banco de baterías y cantidad de baterías*

Baterías en serie	Energía diaria	Voltaje nominal	Demanda energía	Capacidad del banco baterías	Baterías en paralelo	Baterías totales	Capacidad del banco baterías real
N <sub>b,serie</sub>	(kWh/día)	V <sub>nom</sub>	LD (Ah/día)	C <sub>baterías</sub> (Ah)	N <sub>b,paralelo</sub>	N <sub>b,total</sub>	C <sub>baterías</sub> (Ah)
1	24.84	350	70.98	147.88	2.35	3	189.0
1	24.84	360	69.01	143.77	2.28	3	189.0
1	24.84	370	67.14	139.88	2.22	3	189.0
1	24.84	380	65.38	136.20	2.16	3	189.0
1	24.84	390	63.70	132.71	2.11	3	189.0
1	24.84	400	62.11	129.39	2.05	3	189.0
1	24.84	410	60.59	126.24	2.00	3	189.0
1	24.84	420	59.15	123.23	1.96	2	126.0
1	24.84	430	57.78	120.37	1.91	2	126.0
1	24.84	440	56.46	117.63	1.87	2	126.0
1	24.84	450	55.21	115.02	1.83	2	126.0

El mejor arreglo del banco de baterías resultó una batería serie por 2 paralelo con un voltaje nominal de 420 V, la capacidad del banco de baterías real resultó 126 Ah. Si la batería trabaja en rangos menores a 420 V requiere de más baterías. Los cálculos se muestran en la Tabla 25.

#### 4.3.5 Cálculo de protecciones eléctricas

##### Sistemas de puesta a tierra

Los sistemas fotovoltaicos con tensiones nominales mayores a 48 voltios deben tener al menos una conexión a tierra (Pareja, 2016). La puesta a tierra tiene que cumplir con lo indicado en el Código Nacional de Electricidad (CNE) de Perú. Varilla de cobre 16 mm Ø x 2.40 metros, conector de cobre, caja de registro, y cable de cobre 16 mm<sup>2</sup>.

##### Fusibles y termo magnéticos

Las principales componentes de protección incluyen los fusibles y termomagnéticos, que ofrecen protección contra cortocircuitos y sobretensiones. Para el cálculo de fusibles y termo magnético se realiza con las Ecuaciones (16, 17 y 18) (Pareja, 2016). Los cálculos se muestran en la Tabla 13.

$$I_{fusible(GFV-Inv)} > I_{sc} \times N_{p,paralelo} \quad (16)$$

$$I_{fusible(B-Inv)} > \frac{P_{CD-Inv}}{V_{n,B-bat.}} \quad (17)$$

$$I_{term.} = \frac{P_{CA-Carga}}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos \phi} \quad (18)$$

**Tabla 26**

*Resultados de cálculo de protecciones eléctricas del sistema fotovoltaico*

Parámetros	Voltaje (V)	Tipo	Corriente fusible (A)		Corriente termomagneticos (A)	
			Calculado	Estand.	Calculado	Estand.
▪ Fusible GFV 1 - MPPT 1	375.30	CC	20.72	25	...	...
▪ Fusible GFV 2 - MMPT 2	375.30	CC	10.36	16	...	...
▪ Fusible Inversor -Batería	420.00	CC	19.40	20	...	...
▪ Termomagneticos inversor – Carga eléctrica.	380	CA	...	...	11.79	16

*Nota.* Cálculos, y selecciones protecciones eléctricas estandarizadas.

De acuerdo a cálculos de fusibles y termomagneticos, para los tramos en corriente continua, se seleccionó fusibles estandarizados del tipo gl cilíndricos de 25, 16 y 20 A; y un termo magnético monofásico de 16A para el tramo inversor-carga eléctrica.

#### 4.3.6 Cables eléctricos

Según Florián (2022), la sección de los conductores en cada tramo del sistema fotovoltaico, se determinó con las Ecuaciones (19 y 20). Para los cálculos se tomó la resistividad del cobre igual a  $\rho_{Cu \ 75^\circ C} = 0.022 \ \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ . Resultados en la Tabla 27.

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\Delta V} \quad (19)$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \phi}{\Delta V} \quad (20)$$

Donde:

$\rho$  : Resistividad del conductor ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ).

$S$ : Sección ( $\text{mm}^2$ )

$\Delta V$  : Caída de tensión (V)

$L$ : Longitud del cable (m)

**Tabla 27**

*Resultados de cálculo de cables eléctricos del sistema fotovoltaico*

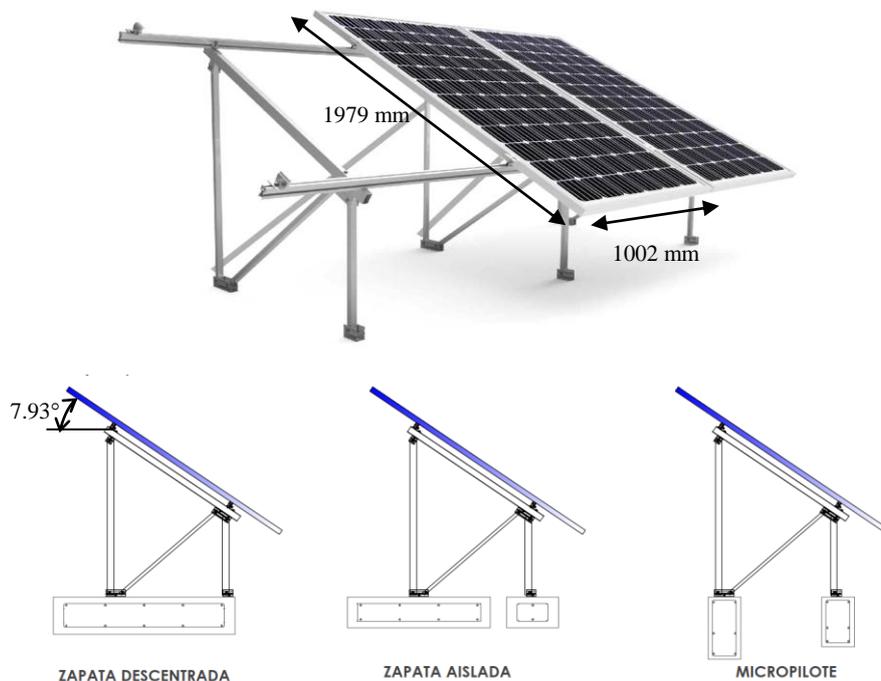
Tramo entre componentes	Longitud (m)	Máxima caída de tensión admisible	I (A)	Voltaje (V)	S (mm <sup>2</sup> )	AWG	Tipo
▪ GFV 1 - MPPT 1	50	3.0%	20.72	375.30	4.05	12	CD
▪ GFV 2 - MPPT 2	25	3.0%	10.36	375.30	1.01	16	CD
▪ Batería-Inversor	25	1.5%	19.40	420.00	3.39	12	CD
▪ Inversor - Carga eléctrica	40	1.5%	11.79	380.00	2.68	12	CA

### 4.3.7 Estructura de soporte para montaje de los paneles fotovoltaicos

Para el montaje de los paneles, se ha considerado tres (3) soportes inclinado para terreno cimentadas en concreto, cada Kit de estructuras es para 9 paneles serie (1979 x 1002 x 40mm).

**Figura 3**

*Soporte inclinado para terreno para una fila de módulos (1x 9)*



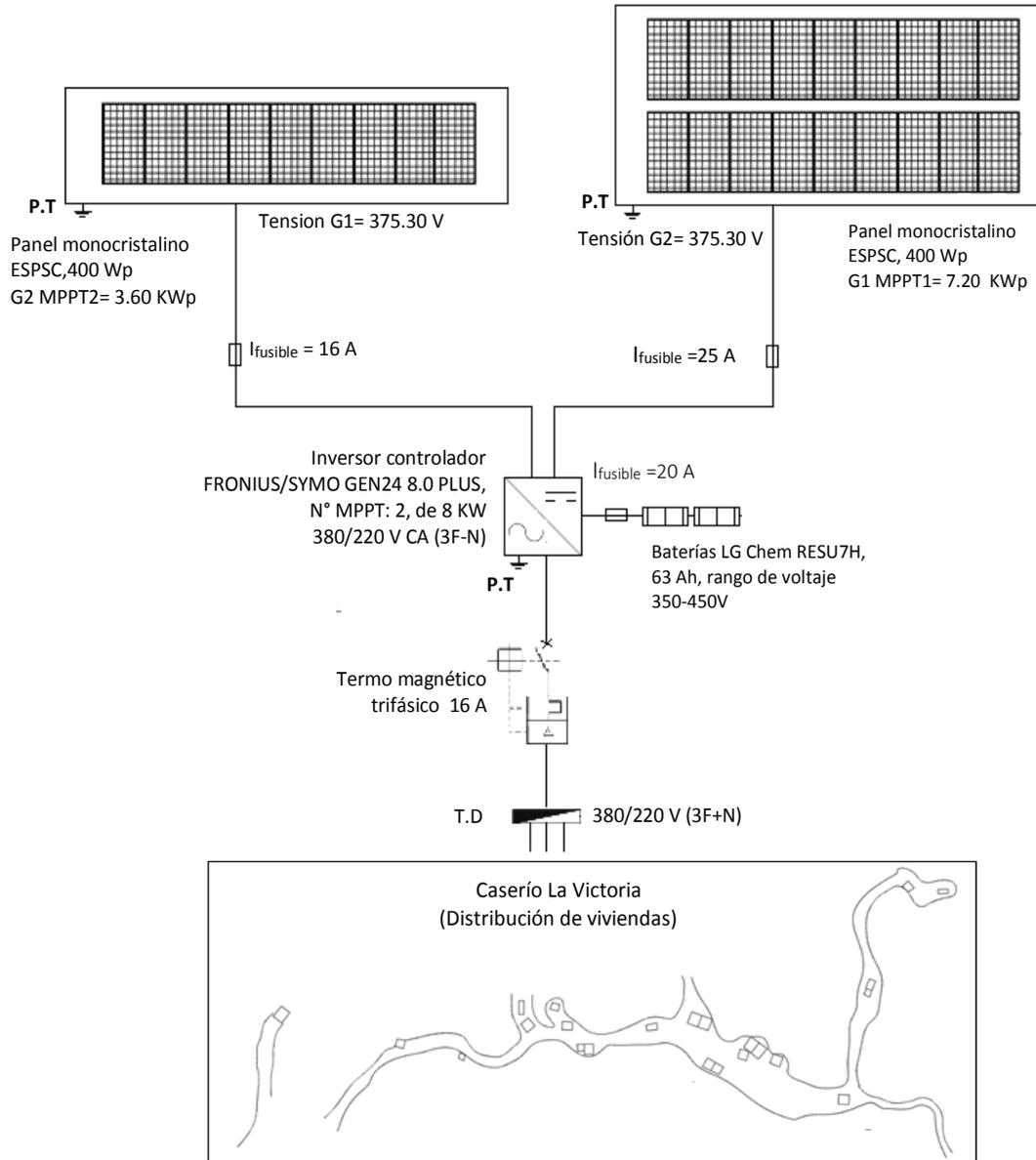
*Nota.* Muestra las alternativas de cimentación a utilizar.

### 4.3.8 Topología del sistema fotovoltaico dimensionado

La Figura 4, muestra la topología del sistema fotovoltaico dimensionado para la demanda eléctrica del caserío La Victoria.

**Figura 4**

*Topología del sistema fotovoltaico dimensionado*



*Nota.* Muestra configuración del sistema fotovoltaico.

#### 4.4. Evaluación económica del sistema fotovoltaico para la demanda eléctrica del caserío La Victoria.

Para la evaluación económicamente del sistema fotovoltaico, primero se determinó un presupuesto referencial para al suministro de materiales, equipos, e instalación fotovoltaica. El presupuesto es de S/. 128227.13. En la Tabla 28, se muestra el costo de inversión para la implementación del sistema fotovoltaico.

**Tabla 28**  
*Presupuesto referencial*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Sub total (S/.)
<b>I</b>	<b>Suministro de materiales y equipos</b>				<b>103309.00</b>
1.1	Panel mono cristalino ESPSC, 400 Wp	Und.	27	822.00	22194.00
1.2	Inversor FRONIUS/SYMO GEN24 8.0 PLUS, MPPT: 2, de 8 kW, 380/220 V CA	Und.	1	13500.00	13500.00
1.3	Baterías LG Chem RESU7H, 63 Ah, rango de voltaje 350-450V	Und.	2	31000.00	62000.00
1.4	Cable 16 AWG	m	80	5.00	400.00
1.5	Cable 12 AWG	m	115	6.00	690.00
1.6	Portafusibles cilíndrico gl, 16 A	Und.	1	65.00	65.00
1.7	Portafusibles cilíndrico gl, 25A	Und.	1	70.00	70.00
1.8	Portafusibles cilíndrico gl, 20 A	Und.	1	65.00	65.00
1.9	Termomagnético 16 A, monofásico	Und.	1	85.00	85.00
1.10	Tablero de distribución F°G° para inversor y termomagnéticos	Und.	1	280.00	280.00
1.11	Soporte inclinado para terreno para una fila de módulos (1x 9)	Und.	3	1100.00	3300.00
1.12	Puesta a tierra de acuerdo a CNE, incluye accesorios y conductor de cobre	Glb	1	660.00	660.00
<b>II</b>	<b>Instalación y pruebas</b>				<b>16529.44</b>
2.1	Instalación del sistema fotovoltaico y pruebas eléctricas	Glb	1	16529.44	16529.44
	<b>Total costo directo</b>				<b>S/. 119,838.44</b>
	<b>Transporte de materiales</b>				<b>S/. 2 396.77</b>
	<b>Gastos generales</b>				<b>S/. 5991.92</b>
	<b>Total</b>				<b>S/. 128227.13</b>

Los costos de mantenimiento por año y la vida útil del sistema a 25 años, se toma como el 2 % del costo total de los paneles fotovoltaicos. Además los costos de operación y mantenimiento durante la vida del sistema fotovoltaico son bajos, en comparación de las centrales térmicas convencionales (Derbie,2019).

Para el proyecto los costos de operación y mantenimiento durante la vida del sistema fotovoltaico son bajos porque su consumo real de combustible es prácticamente cero, los resultados se muestran en la Tabla 29, que resultó S/. 443.80.

**Tabla 29**

*Costos anuales de mantenimiento del sistema fotovoltaico*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Sub total (S/.)
1	Mantenimiento del sistema fotovoltaico (2 % Costo total de PFV)	Und.	1	443.88	443.88
<b>Total</b>					<b>S/. 443.880</b>

Asimismo en la Tabla 30, se muestran los costos de reinversión del sistema fotovoltaico para el inversor (S/. 13500.00), no se consideró reinversión de baterías con la finalidad de hacer más rentable el proyecto desde el punto de vista económico, además las baterías seleccionadas son de litio y de larga vida útil que trabajan con una eficiencia del 95 %, que después del año 10 siguen trabajando con una eficiencia del 80 %. Por otra parte, no se consideró reinversión en el año 20, ya que inversor seleccionado, pueden seguir operando después del año de reemplazo previsto.

Los costos de inversión de los sistemas fotovoltaicos aislados siguen siendo altos, a pesar de las recientes reducciones de precios de los módulos fotovoltaicos debido a los avances tecnológicos y las economías de escala. Las razones principales son los mayores costos de inversión y reemplazo. Además, el coste de los inversores aislados, especialmente los que vienen con controladores de carga, sigue siendo elevado (International Energy Agency-IEA, 2014).

**Tabla 30**

*Costos de reinversión sistema fotovoltaico*

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio (S/.)	Sub total (S/.)
1	Inversor FRONIUS/SYMO GEN24 8.0 PLUS, MPPT: 2, de 8 kW, 380/220 V CA	Und.	1	13500.00	13500.00
<b>Total</b>					<b>S/. 13500.00</b>

#### 4.4.1 Costo Nivelado de Energía

El LCOE es la energía producida por el sistema solar fotovoltaico durante la vida útil, trasladando tanto los costos generados por su operación durante el mismo período de funcionamiento como la cantidad de producción a valor actual, gracias a la tasa de descuento  $d$  (García et al., 2015). Los costos de producción de electricidad generalmente usan tasas de descuento del 5% y 7%, para estudios internacionales de que son tasas de descuento basadas en precios reales, pero se pueden usar tasas de descuento más altas para proyectos de inversión privada (Guillen, 2015). El LCOE, está definido por Ecuación (21), para cada año  $t$ .

$$\text{LCOE} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + O \& M_t}{(1+d)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_{G,t}}{(1+d)^t}} \quad (21)$$

Donde:

$I_t$  : Inversión inicial (S/.)

$d$  : Tasa de descuento (%)

$t$  : Tiempo de vida útil (años).

$O \& M_t$  : Operación y mantenimiento (S/.)

$E_{G,t}$  : Generación energía eléctrica (kWh)

Para el proyecto, el LCOE de generación fotovoltaica, se ha determinado con una tasa de descuento del 7 %. La Tabla 31, muestran los resultados de cálculo del LCOE. Resultando que el LCOE Para el sistema fotovoltaico propuesto es 1.277 S/./kWh.

**Tabla 31**

*Resultados de cálculo del LCOE para la instalación fotovoltaica*

Año	Inversión	Producción Energía	Costos O&M	Costos recurrentes	Costos anuales totales	Producción a valor presente	Costos anuales a valor presente
	(S/.)	(kWh)	(S/.)	(S/.)	(S/.)	(kWh)	(S/.)
0	128227.13				128227.13		128227.13
1		9422.31	443.88		443.88	8805.90	414.84
2		9422.31	443.88		443.88	8229.81	387.70
3		9422.31	443.88		443.88	7691.41	362.34

4	9422.31	443.88		443.88	7188.24	338.63
5	9422.31	443.88		443.88	6717.98	316.48
6	9422.31	443.88		443.88	6278.48	295.78
7	9422.31	443.88		443.88	5867.74	276.43
8	9422.31	443.88		443.88	5483.87	258.34
9	9422.31	443.88		443.88	5125.11	241.44
10	9422.31	443.88	13500.00	13943.88	4789.83	7088.36
11	9422.31	443.88		443.88	4476.47	210.88
12	9422.31	443.88		443.88	4183.62	197.09
13	9422.31	443.88		443.88	3909.92	184.19
14	9422.31	443.88		443.88	3654.13	172.14
15	9422.31	443.88		443.88	3415.08	160.88
16	9422.31	443.88		443.88	3191.66	150.36
17	9422.31	443.88		443.88	2982.86	140.52
18	9422.31	443.88		443.88	2787.72	131.33
19	9422.31	443.88		443.88	2605.35	122.74
20	9422.31	443.88		443.88	2434.90	114.71
21	9422.31	443.88		443.88	2275.61	107.20
22	9422.31	443.88		443.88	2126.74	100.19
23	9422.31	443.88		443.88	1987.61	93.64
24	9422.31	443.88		443.88	1857.58	87.51
25	9422.31	443.88		443.88	1736.05	81.78
				<b>Totales:</b>	<b>109 803.69</b>	<b>140 262.64</b>
				<b>LCOE (S/./kWh):</b>	<b>1.277</b>	

#### 4.4.2 Costo de potencia pico instalada

De acuerdo a evaluación del costo local del sistema fotovoltaico es alto en comparación con el mercado internacional. El costo total del sistema instalado, que incluye el capital y el costo de instalación, es de 3191.64USD/kWp (tipo de cambio 3.72); debido a que los distribuidores de equipos de sistemas fotovoltaicos proporcionan componentes a costos todavía elevados, y también por la misma topología del sistema fotovoltaico propuesto, que corresponde a un sistema fotovoltaico trifásico para demanda eléctrica del caserío La Victoria.

#### 4.4.3 Indicadores economicos

Según Kumar (2015), el indicador Valor Actual Neto (VAN) se determina con la Ecuación 22.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i_t)^t} - I_0 \quad (22)$$

Donde:

$FC_t$ : Flujo de caja en el  $t$ -ésimo año (S/.)

$I_0$ : Inversión inicial (S/.)

$t$ : Tiempo de vida útil (años).

$1/(1+i_j)^j$ : Factor de descuento

Además Kumar (2015), indica que la Tasa Interna de Retorno (TIR) a la tasa de interés  $R$  para que su valor neto sea igual a cero, y se determina mediante la Ecuación 23.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+R)^t} - I_0 = 0 \quad (23)$$

Donde:

$n$ : Años que dura la inversión

$R$ : Tipo de interés o tasa de retorno

El Tiempo de Recuperación (TR) es un indicador económico que puede dar indicaciones demasiado optimistas ya que no tiene en cuenta la duración de la inversión y el coste del capital, y la relación entre la inversión inicial y el flujo de caja efectivo. (Kumar, 2015).

El proyecto resultó no rentable con tasas de interés para el VAN de 7, 8, 9, 10 y 12%. Luego se evaluó para un escenario, tomando un interés para el VAN de 6 %, el VAN resulta positivo S/. 12 420.86, y el TIR 7%, y se hace rentable al largo plazo, tiempo de recuperación 20.63 años. En la Tabla 19 se presentan los resultados de la evaluación económica para una tasa de interés para el VAN del 6%.

Considerando que la ley N° 28749 “Ley general de electrificación rural” en su artículo 4 el rol del estado en la electrificación rural refiere que “En el proceso de ampliación de la frontera eléctrica en las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país, el Estado asumirá un rol subsidiario, a través de la ejecución de los Sistemas Eléctricos Rurales (SER), así como promocionará la participación privada, incluso desde las etapas de planeamiento y diseño de los proyectos”. Por lo tanto se debe buscar financiamiento del estado, ONG, u otras empresas privadas para la ejecución.

**Tabla 32***Resultados de cálculo de indicadores económicos*

Año	Inversión (S/.)	Energía		Resultados						
		Producción Energía (kWh)	LCOE (S./kWh)	Ingresos (S/.)	Pagos (S/.)	Flujo Neto Caja (S/.)	FNC Actualizado (Cálculo del VAN) (S/.)	Flujo Neto Caja Acumulado (S/.)	Tiempo Recuperación (TR) (Años)	
0	128227.13					-128227.13	-128227.13	-128227.13		
1		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	10935.97	-117291.16		
2		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	10316.95	-106974.21		
3		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	9732.98	-97241.23		
4		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	9182.05	-88059.18		
5		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	8662.31	-79396.86		
6		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	8171.99	-71224.87		
7		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	7709.43	-63515.44		
8		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	7273.05	-56242.40		
9		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	6861.36	-49381.03		
10	13500.00	9422.31	1.277	12036.01	13943.88	-1907.87	-1065.34	-50446.38		
11		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	6106.59	-44339.79		
12		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	5760.93	-38578.85		
13		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	5434.84	-33144.01		
14		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	5127.21	-28016.80		
15		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	4836.99	-23179.81		
16		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	4563.20	-18616.61		
17		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	4304.90	-14311.71		
18		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	4061.23	-10250.48		
19		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	3831.35	-6419.13		
20		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	3614.48	-2804.65	20.63	
21		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	3409.89	605.24		
22		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	3216.88	3822.12		
23		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	3034.79	6856.90		
24		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	2863.01	9719.91		
25		9422.31	1.277	12036.01	443.88	11592.13	2700.95	12420.86		
				<b>TIR (%)</b>			<b>7.00%</b>	<b>S/. 12420.86</b>		
				<b>TR (años)</b>			<b>20.63</b>			
				<b>Interés para VAN</b>			<b>6%</b>			
				<b>VAN</b>			<b>S/. 12 420.86</b>			

Nota. Interés para el VAN del 6%.

## V. Discusión

La demanda eléctrica se determinó para 29 viviendas proyectadas a 20 años, resultó que la demanda de energía eléctrica es de 24.84 kWh/día. La máxima demanda de potencia total requerida es de 6.59 kW, para las viviendas 5.80 kW, alumbrado público 0.48 kW, y 0.31 kW por pérdidas de distribución de energía eléctrica. Cayotopa (2019) trabajo con 33 viviendas y 1 local comunal sin proyección a crecimiento con lo cual utilizo 3 luminarias de alumbrado público obteniendo un requerimiento de energía de 13 511 Wh/día. Cuñas y Villao (2021) tomaron en cuenta la potencia diaria que requiere las 29 edificaciones para su investigación teniendo una demanda de energía de 119.2 kWh/día. Por otra parte Vásquez (2019) en el centro poblado Boca Chinganaza ubicada en el distrito de Rio Santiago proyectó el número de viviendas con una tasa de crecimiento de 2.08 % obteniéndose 43 viviendas y la energía promedio diaria proyectada es de 19.178 kWh. No existe una cercanía entre los datos de los autores debido a que los poblados son diferentes en características y ubicación.

La radiación solar en el caserío La Victoria fue evaluada para el periodo 2020-2021 se encontró que la radiación de diseño en el mes más desfavorable es de 3.98 kWh/m<sup>2</sup>/día que se da en el mes de marzo para el ángulo óptimo calculado de 7.93°. Cayotopa (2019) la radiación solar que se consideró para el caserío Flor del Valle es de 3.64 kWh/m<sup>2</sup>/día. Por otra parte Cuñas y Villao (2021) encontró que el mes de menor radiación es julio con 4.01 kWh/m<sup>2</sup>/día para el Golfo de Guayaquil. Existe un poco de variación con los resultados encontrados en otras investigaciones, debido a que son ubicaciones diferentes y la radiación es una variable específica que depende de la ubicación geográfica, por lo que es de importancia seleccionar el método para encontrar la radiación de diseño para el ángulo óptimo.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para la demanda eléctrica del caserío La Victoria, se tuvo en cuenta las tensiones de generación homologadas en el país para sistemas de distribución 380/220 o 440/220 V para zonas netamente rurales, por disponibilidad de inversores en el mercado, se seleccionó la tensión de 380/220 V. Para la generación se determinó 27 paneles mono cristalino ESPSC de 400 Wp, dividido en dos grupos de generación de acuerdo a capacidad del inversor en cada MPPT. El mejor arreglo es 9 paneles en serie por dos en paralelo para el MPPT1; y 9 paneles en serie por uno en paralelo para el MPPT2 haciendo un total de 27 paneles. La potencia de generación del MPPT1 es de 7.20 kW, y para el MPPT2 es de 3.60 kW. Así mismo, para el almacenamiento

se seleccionó 02 baterías LG Chem RESU7H, 63 Ah, rango de voltaje 350-450V. Cayotopa (2019) calculó y seleccionó paneles 2 x 10 serie paralelo, 2 reguladores de carga 150/70, 16 baterías conectadas en 6x6 serie paralelo, 2 inversores de 3 kW. Cuñas y Villao (2021) utilizó 65 paneles fotovoltaicos de 150 Wp, 1 inversor de 2 kW, y 44 baterías de 260 Ah. Por otra parte Vásquez (2019) utilizó 24 paneles fotovoltaicos de la marca Jinko Solar de 330 Wp; 02 controladores Studer Vario Track de 4 kW de 65 A; el banco de baterías estarán conformado por 16 de la Marca ROLLS de 290 Ah de capacidad. No se aprecian resultados cercanos debido a que las selecciones de tecnologías son diferentes en cada caso, aunque el método y las fórmulas para todas las investigaciones es el mismo lo que concluye que la selección según las teorías fotovoltaicas es adecuada y se conservan en la normativa de diferentes países. A diferencia que en la presente investigación el diseño y los equipos seleccionados en el sistema fotovoltaico son adecuados para sistemas de distribución de energía en baja tensión.

El sistema requiere una inversión de S/. 128227.13 para suministro de materiales e instalación. Para el proyecto, el LCOE de generación fotovoltaica, se ha determinado con una tasa de descuento del 7 % resultando 1.277 S/./kWh. El costo total del sistema instalado, que incluye el capital y el costo de instalación, es de 3191.64 USD/kWp. El proyecto resultó no rentable para tasas de interés para el VAN de 7, 8, 9, 10 y 12%. Luego se evaluó para un escenario, tomando un interés para el VAN de 6 %, el VAN resulta positivo S/. 12 420.86, y el TIR 7%, y se hace rentable al largo plazo, tiempo de recuperación 20.63 años. Cayotopa (2019) determinó que el costo del sistema fotovoltaico es S/. 102 472.80. Cuñas y Villao (2021) el capital inicial para el proyecto es de \$ 16 742.50, con una tasa interna de retorno del 104 % y un pago simple de 1.1 años. Vásquez (2019) el presupuesto para suministrar energía eléctrica al centro poblado es de S/ 228535.92. Los resultados de evaluación económica varían debido a que el suministro y montaje es diferente por los precios de equipos, precios de energía, tipos de tecnología, tiempo de ejecución y ubicación de la instalación.

## Conclusiones

La demanda eléctrica se determinó para 29 viviendas proyectadas a 20 años, resultó que la demanda de energía eléctrica es de 24.84 kWh/día. La máxima demanda de potencia total requerida es de 6.59 kW, para las viviendas 5.80 kW, alumbrado público 0.48 kW, y 0.31 kW por pérdidas de distribución de energía eléctrica.

La radiación solar en el caserío La Victoria fue evaluada para el periodo 2020-2021 se encontró que la radiación de diseño en el mes más desfavorable es de 3.98 kWh/m<sup>2</sup>/día que se da en el mes de marzo para el ángulo óptimo calculado de 7.93°.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para la demanda eléctrica del caserío La Victoria, se tuvo en cuenta las tensiones de generación homologadas en el país para sistemas de distribución 380/220 o 440/220 V para zonas netamente rurales, por disponibilidad de inversores en el mercado, se seleccionó la tensión de 380/220 V. Para la generación se determinó 27 paneles mono cristalino ESPSC de 400 Wp, dividido en dos grupos de generación de acuerdo a capacidad del inversor en cada MPPT. El mejor arreglo es 9 paneles en serie por dos en paralelo para el MPPT1; y 9 paneles en serie por uno en paralelo para el MPPT2 haciendo un total de 27 paneles. La potencia de generación del MPPT1 es de 7.20 kW, y para el MPPT2 es de 3.60 kW. Así mismo, para el almacenamiento se seleccionó 02 baterías LG Chem RESU7H, 63 Ah, rango de voltaje 350-450V.

Para la evaluación económica, se determinó que el sistema requiere una inversión de S/. 128227.13 para suministro de materiales e instalación. Para el proyecto, el LCOE de generación fotovoltaica, se ha determinado con una tasa de descuento del 7 % resultando 1.277 S/./kWh. El proyecto resultó no rentable para tasas de interés para el VAN de 7, 8, 9, 10 y 12%. Luego se evaluó para un escenario, tomando un interés para el VAN de 6 %, el VAN resulta positivo S/. 12 420.86, y el TIR 7%, y se hace rentable al largo plazo, tiempo de recuperación 20.63 años.

## **Recomendaciones**

Realizar mediciones de radiación solar de manera puntual justo en la ubicación de la central fotovoltaica para optimizar costos en el diseño.

Diseñar las redes de distribución secundaria, motivo que el alcance del presente proyecto de investigación solo fue diseñar la central fotovoltaica.

Los pobladores del caserío La Victoria deben buscar financiamiento en una entidad gubernamental o privada para la implementación de la central fotovoltaica, ya que el proyecto es viable desde el punto de vista ambiental, y económica a largo plazo.

## Referencias bibliográficas

- Acuña, A. (2022). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la demanda eléctrica de la Institución Educativa N° 17309 Nueva Esperanza, Distrito de Cajaruro - Amazonas* [Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica]. <http://hdl.handle.net/20.500.12897/115>
- Alexander, K., & Sadiku, N. (2000). *Fundamentos de Circuitos Electricos*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Asmat, C. C. (2018). *Determinación de la eficiencia de un sistema de bombeo fotovoltaico en el distrito de Yaurisque –Cusco*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3141>
- Bautista , F. B. (2022). *Implementacion de una herramienta de monitorizacion y control para un sistema híbrido eólico-fotovoltaico con integracion a la red eléctrica*. Tesis Pregrado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra. Obtenido de <http://201.159.223.64/handle/123456789/12513>
- Calderon, M. C. (2018). *Sistema Solar Fotovoltaico para el edificio de Patología y Citología del Hospital Nacional Rosales de la Republica de el Salvador*. Tesis de Maestria, Universidad Politecnica de Madrid, Escuela Tecnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, Madrid. Obtenido de <https://oa.upm.es/52950/>
- Cayotopa, M. J. (2019). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas*. Tesis de grado, Lambayeque. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/7996/BC-4370%20CAYOTOPA%20MEDINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ComexPerú. (14 de Febrero de 2020). *comexperu.org.pe*. Obtenido de Electrificación Rural: No Perdamos Las Energías: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/electrificacion-rural-no-perdamos-las-energias>
- Cuñas Reyes, J. B., & Villao Neira, G. J. (2021). *Rediseño del sistema de generación fotovoltaica para una comunidad aislada del Golfo de Guayaquil*. Tesis Pregrado, Escuela Superior Politecnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53168>

- Derbie, S. (2019). Design of a Standalone Photovoltaic System for a Typical Household around Dessie City-Ethiopia. *American Journal of Electrical and Electronic Engineering*, 7(1), 1-7. <https://doi.org/10.12691/ajeec-7-1-1>
- DGER. (2003). Bases para el Diseño de Líneas y Redes Secundarias con Conductores Autoportantes para la Electrificación Rural. 1-21. Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas.
- Espina, A. J. (30 de Abril de 2017). *Carga, demanda y energía eléctrica: Conceptos fundamentales para la distribución de electricidad*. Obtenido de [sectorelectricidad.com](https://www.sectorelectricidad.com): <https://www.sectorelectricidad.com/17597/carga-demanda-y-energia-electrica-conceptos-fundamentales-para-la-distribucion-de-electricidad/>
- Florián, H. (2022). Dimensionamiento de un sistema eléctrico fotovoltaico para la demanda eléctrica del Taller de Procesos de Manufactura de la Universidad Politécnica Amazónica [Universidad Politecnica Amazonica]. En *Universidad Politecnica Amazonica*. <http://hdl.handle.net/20.500.12897/92>
- Focer. (2002). *Solar Fotovoltaica*. San José, Costa Rica: Copyright.
- Gencat. (2017). *¿Qué es y de dónde proviene la energía?* Obtenido de [icaen.gencat.cat](https://icaen.gencat.cat): [https://icaen.gencat.cat/es/energia/que\\_es/#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20es%20la%20capacidad,la%20intervenci%C3%B3n%20de%20la%20energ%C3%ADa](https://icaen.gencat.cat/es/energia/que_es/#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20es%20la%20capacidad,la%20intervenci%C3%B3n%20de%20la%20energ%C3%ADa)
- Giz. (2013). *Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario*. (R. Vela , Ed.) Lima: Proyecto EnDev/GIZ.
- Guayazan Pinto, T. J., Mendivelso Moreno, J. D., Puentes Restrepo, B., & Villamil Vargas, J. (2020). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico para la comunidad indígena Pijao ubicada en el resguardo Pocharco*. Tesis Pregrado, Universidad EAN, Facultad de Ingeniería, Bogotá. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/10666/GuayazanTania2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/10666/GuayazanTania2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Guillen, O. (2015). *Energía eólica para generación eléctrica* (Editorial Trillas (ed.); 1era Ed.).
- Hernández Sampieri, R., Fernando Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

- Iberdrola. (2017). *¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?* Obtenido de berdrola.com: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>
- INEI. (2017). *Crecimiento Poblacional*. Obtenido de <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
- International Energy Agency-IEA. (2014). PV Systems for Rural Health Facilities in Developing Areas. En *Researchgate.Net*. <https://www.researchgate.net/publication/273762878>
- Kumar, D. (2015). Economic Assessment of Photovoltaic Energy Production Prospects in India. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 425-436. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.042>
- Lechner, N. (Octubre de 2007). Iluminacion: Conceptor Generales. *Tectonia* 24: *Ilumiancion Artificial*, 5-15.
- Martin Chivelet, N., & Fernandez Solla, I. (2007). *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura*. Barcelona, España: Editorial Reverte. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=l6eIDwAAQBAJ&pg=PA50&dq=sistema+fotovoltaico+conectado+ala+red&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiG9Z7ayML4AhWNi7kGHfjiC-UQ6AF6BAGHEAI#v=onepage&q=sistema%20fotovoltaico%20conectado%20ala%20red&f=false>
- Mejía, E. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Científica Pakamuros*, 7(2), 73-88. <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/95/89>
- Acuña, A. (2022). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la demanda eléctrica de la Institución Educativa N° 17309 Nueva Esperanza, Distrito de Cajaruero - Amazonas* [Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica]. <http://hdl.handle.net/20.500.12897/115>
- Derbie, S. (2019). Design of a Standalone Photovoltaic System for a Typical Household around Dessie City-Ethiopia. *American Journal of Electrical and Electronic Engineering*, 7(1), 1-7. <https://doi.org/10.12691/ajeee-7-1-1>
- Florián, H. (2022). Dimensionamiento de un sistema eléctrico fotovoltaico para la demanda eléctrica del Taller de Procesos de Manufactura de la Universidad Politécnica Amazónica [Universidad Politecnica Amazonica]. En *Universidad Politecnica*

- Amazonica*. <http://hdl.handle.net/20.500.12897/92>
- García, M. F., Marino, I., Hernández, I., y Valdés, J. (2015). Cálculo del costo nivelado de la energía para una planta fotovoltaica en el noroeste de la república Mexicana. *Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana* *Unidad* *Iztapalapa*.  
<https://www.researchgate.net/publication/342433294%0ACÁLCULO>
- Guillen, O. (2015). *Energía eólica para generación eléctrica* (Editorial Trillas (ed.); 1era Ed.).
- International Energy Agency-IEA. (2014). PV Systems for Rural Health Facilities in Developing Areas. En *Researchgate.Net*.  
<https://www.researchgate.net/publication/273762878>
- Kumar, D. (2015). Economic Assessment of Photovoltaic Energy Production Prospects in India. *Procedia Earth and Planetary Science*, *11*, 425-436.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.042>
- Mbinkar, E. N., Asoh, D. A., Tchuidjan, R., y Baldeh, A. (2021). Design of a Photovoltaic Mini-Grid System for Rural Electrification in Sub-Saharan Africa. *Energy and Power Engineering*, 91-110. <https://doi.org/10.4236/epe.2021.133007>
- Mejía, E. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Científica Pakamuros*, *7(2)*, 73-88.  
<http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/95/89>
- Pareja, M. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica. Cálculo de una Instalación Aislada*. (Marcombo (ed.); 3era Ed.).
- Pareja, M. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica. Cálculo de una Instalación Aislada*. (Marcombo (ed.); 3era Ed.).
- Perez Martinez, M., Morales Rodriguez, I. C., & Castro, E. (2017). The hour equivalent solar pick, definition and interpretation. *Revista de Ingenieria Energetica*, *XXXVIII(2)*, 124-131. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/La-hora-solar-pico-equivalente%2C-definici%C3%B3n-e-%2FThe-Mart%C3%ADnez-Rodr%C3%ADguez/dfaf24149ce9909c2427ab9b2e978f4f204d95ad>

- Ronda , C. (30 de Marzo de 2020). *La importancia de la electricidad en nuestras vidas*. Obtenido de rondasomontano.com: <https://rondasomontano.com/revista/144242/la-importancia-de-la-electricidad-en-nuestras-vidas/>
- Sun-Supply. (2021). *Diferentes tipos de sistemas solares fotovoltaicos*. Obtenido de unsupplyco.coms: <https://www.sunsupplyco.com/diferentes-tipos-de-sistemas-solares-fotovoltaicos/>
- Vasquez, D. A. (2019). *Dimensionamiento de un Sistema Electrico Fotovoltaico Aislado con Pvsyst 6.7 en el Centro Poblado Boca Chinganaza en Condorcanqui-Amazonas*. Tesis Pregrado, Universida Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Lambayeque. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8713>
- Villegas Tapia, E. S., & Alcivar Tello, L. E. (2020). *Diseño de un sistea fotovoltaico para la escuela de educación básica Simon Bolívar en la comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil*. Colombia. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19525/1/UPS-GT003047.pdf>

## **Anexos**

### Anexo 01. Matriz de consistencia

1. TÍTULO:	4. VARIABLE DE ESTUDIO	8. INSTRUMENTOS
Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín	<p><b>a) Variable independiente (VI)</b> Sistema fotovoltaico</p> <p><b>b) Variable dependiente: (VD)</b> Demanda eléctrica</p>	<p>Para la investigación se utilizó los siguientes instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guía de registro de número de viviendas y habitantes por vivienda.</li> <li>- Ficha de registro de radiación solar.</li> </ul>
<b>2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>5. HIPÓTESIS</b>	
¿Se podrá diseñará un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín?.	Se puede diseñar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín.	
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>6. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>9. ANÁLISIS DE DATOS</b>
<p><b>3.1. Objetivo general</b> Diseñar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín.</p> <p><b>3.2. Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar la demanda eléctrica del caserío La Victoria.</li> <li>- Establecer las características de radiación en la zona del caserío La Victoria para la generación de energía.</li> <li>- Dimensionar los componentes del sistema fotovoltaico para el caserío La Victoria.</li> <li>- Evaluar económicamente el sistema fotovoltaico propuesto para el caserío La Victoria.</li> </ul>	<p>De acuerdo a la orientación es una investigación básica, con un nivel de investigación descriptiva, no experimental (campo y gabinete). El diseño de la investigación es descriptivo con propuesta.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p><b>M:</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">O</span> - - - - -&gt; <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">P</span></p> <p><b>M:</b> Viviendas del caserío La Victoria</p> <p><b>O:</b> Observación de cargas eléctricas de la vivienda</p> <p><b>P:</b> Propuesta de diseño sistema fotovoltaico</p> </div> <p><i>Nota.</i> Diseño de la investigación es descriptivo con propuesta.</p>	<p>El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva basado en tendencias de medida central como la varianza y mediana. Se utilizó el programa Excel para la manipulación de los datos.</p>

	<p><b>7.POBLACIÓN Y MUESTRA</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Población</b> Viviendas del caserío La Victoria.</li><li>- <b>Muestra</b> Viviendas del caserío La Victoria en el año 2021.</li><li>- <b>Muestreo</b> Para investigación se consideró no probabilística bajo el criterio del investigador.</li></ul>	
--	---	--



**Instrumento: Ficha de registro de radiación solar**

**Proyecto de tesis:**

**Tesista:**

**Fecha:**

**Latitud:**

**Longitud:**

Mes	Ángulo 0°	Ángulo Latitud	Ángulo Latitud -15	Ángulo Latitud +15	Ángulo 90°
Ene					
Feb					
Mar					
Abr					
May					
Jun					
Jul					
Ago					
Sep					
Oct					
Nov					
Dic					

### Anexo 03. Validez y confiabilidad

#### Constancia de evaluación

Yo, Eduar Jamis Mejía Vásquez, con DNI 40695828, de profesión Ingeniero Mecánico Electricista, con Registro CIP 86534; desempeñándome como Coordinador de Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica, hago constar:

Por medio de la presente he revisado con fines de validación los instrumentos: “Guía de registro de número de viviendas y habitantes por vivienda”, y “Ficha de registro de radiación solar”; de la tesis del Bachiller en Ingeniería Mecánica Percy León Ramírez, titulada **“Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío La Victoria, distrito Pinto Recodo, provincia Lamas - San Martín”**.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, se puede formular las siguientes apreciaciones:

Ítem	Criterio	Muy adecuado	Adecuado	Poco adecuado	Inadecuado
1	Congruencia de ítems	X			
2	Aptitud de contenido	X			
3	Redacción de ítems		X		
4	Metodología	X			
5	Pertinencia	X			
6	Coherencia	X			
7	Organización	X			
8	Objetividad	X			
9	Claridad	X			

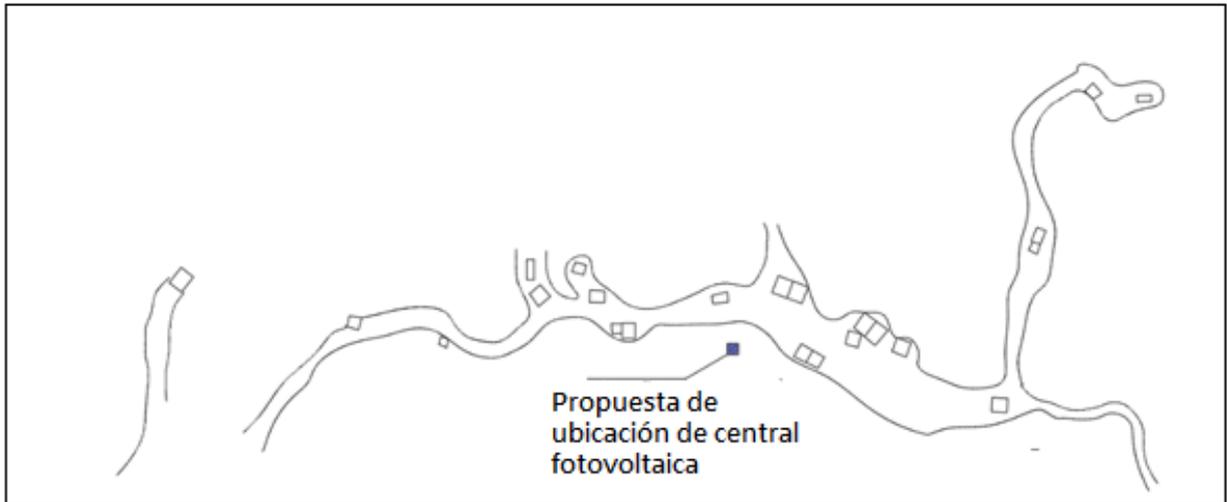
**Conclusión:** El instrumento es: Muy adecuado.

Muy adecuado ( X )    Adecuado (   )    Poco adecuado (   )    Inadecuado (   )

En señal de conformidad firmo la presente, en la ciudad de Bagua Grande a los 03 días del mes de julio del 2023.

**Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez**  
Coordinador Escuela Profesional  
Ingeniería Mecánica -UPA

#### Anexo 04. Distribución de viviendas en el caserío La Victoria



## Anexo 05. Fichas técnicas

# FRONIUS SYMO GEN24 PLUS

El inversor híbrido con función de energía de emergencia



Comunicación de datos integrada



Seguimiento Inteligente GMPPT



Tecnología Multi Flow



Diseño SuperFlex



Función de energía de emergencia



Red de emergencia básica del PV Point

Con categorías de potencia de 6,0 a 10,0 kW, el Fronius Symo GEN24 Plus es el inversor híbrido ideal para el hogar. Con numerosas características integradas de serie, este inversor trifásico satisface las necesidades individuales de cada usuario.

El Fronius Symo GEN24 Plus destaca gracias a las diferentes funciones integradas como la gestión de energía, la conexión WLAN, la conectividad Ethernet y la fácil integración de componentes de otros fabricantes. Además, garantiza la más alta fiabilidad en el suministro de energía con varias opciones de energía de emergencia (PV Point, energía de emergencia).

### DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO GEN24 PLUS (6.0, 8.0 Y 10.0)

DATOS DE ENTRADA	SYMO GEN24 6.0 PLUS	SYMO GEN24 8.0 PLUS	SYMO GEN24 10.0 PLUS
Número de seguidores MPP		2	
Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ max}$ MPPT1 / MPPT2)		25 A / 12,5 A	
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPPT1/MPPT2)		37,5 A / 18,75 A	
Rango de tensión de entrada ( $U_{dc\ min} - U_{dc\ max}$ )		80 V - 1.000 V	
Tensión nominal de entrada ( $U_{dc\ r}$ )		610 V	
Tensión de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )		80 V	
Rango de tensión MPP		80 V - 800 V	
Número de entradas CC (MPPT1 / MPPT2)		2 / 1	
Máx. salida del generador FV ( $P_{dc\ max}$ )	9 kWpico	12 kWpico	15 kWpico
DATOS DE SALIDA	SYMO GEN24 6.0 PLUS	SYMO GEN24 8.0 PLUS	SYMO GEN24 10.0 PLUS
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	6.000 W	8.000 W	10.000 W
Máx. potencia de salida	6.000 VA	8.000 VA	10.000 VA
Máx. corriente de salida ( $I_{ac\ max}$ )		16,4 A	
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V ó 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / - 30%)		
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 Hz - 66 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3,5 %		
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,r}$ )	0,7 - 1 ind. / cap.		
Energía de emergencia	3-NPE 400 V / 230 V		
DATOS DE SALIDA PV POINT/ ENERGÍA DE EMERGENCIA	SYMO GEN24 6.0 PLUS	SYMO GEN24 8.0 PLUS	SYMO GEN24 10.0 PLUS
Potencia de salida nominal PV Point / energía de emergencia	3.000 VA / 6.000 VA	3.000 VA / 8.000 VA	3.000 VA / 10.000 VA
Potencia en fase nominal de energía de emergencia	3,68 kVA		
Acoplamiento a la red (rango de tensión) PV Point	1 - NPE 220 V / 230 V		
Acoplamiento a la red (rango de tensión) Energía de emergencia	3-NPE 400V/230V ó 3-NPE 380V/220V		
Tiempo de transición	< 90 segundos		
CONEXIÓN A BATERÍA	SYMO GEN24 6.0 PLUS	SYMO GEN24 8.0 PLUS	SYMO GEN24 10.0 PLUS
Número de entradas CC	1		
Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ max}$ )	22 A		
Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ min} - U_{dc\ max}$ )	160 V - 500 V		
Máx. potencia de entrada / salida <sup>1)</sup>	6.220 W	8.260 W	10.300 W
Máx. potencia de carga CA	6.000 W	8.000 W	10.000 W

## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO GEN24 PLUS (6.0, 8.0 Y 10.0)

DATOS GENERALES	SYMO GEN24 6.0 PLUS	SYMO GEN24 8.0 PLUS	SYMO GEN24 10.0 PLUS
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	594 x 527 x 180 mm		
Peso (inversor / con embalaje)	24 / 28,5 kg		
Tipo de protección	IP 66		
Clase de protección	1		
Pérdida de potencia durante la noche	< 10 W		
Categoría de sobretensión (CC/CA) <sup>2)</sup>	2 / 3		
Concepto de inversor	Sin transformador		
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada		
Instalación	Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C		
Humedad de aire admisible	0 - 100 %		
Máx. altitud	3.000 m / 4.000 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)		
Tecnología de conexión CC	3x CC+ y 3x CC bornes de conexión rápida 2,5 - 10 mm <sup>2</sup>		
Tecnología de conexión principal	1x BATERÍA+ y 1x BATERÍA bornes de conexión rápida 2,5 - 10 mm <sup>2</sup>		
Tecnología de conexión CA	Conector de resorte push-in de 3 polos AC 1,5 - 10 mm <sup>2</sup> Conector de resorte push-in de 3 polos para función backup 1,5 - 10 mm <sup>2</sup> 5x PE bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>		
Certificados y cumplimiento de normas	IEC 62109, IEC 62116, IEC 61727, IEC 62909, VDE 0126, VDE AR-N4105, AS/NZS 4777.2, EN 50549, CEI 0-21, G 98, R25 <sup>4)</sup>		
Funciones de la energía de emergencia	PV Point o energía de emergencia		
Baterías compatibles	BYD Battery-Box Premium HVS/HVM <sup>3)</sup>		

RENDIMIENTO	SYMO GEN24 6.0 PLUS	SYMO GEN24 8.0 PLUS	SYMO GEN24 10.0 PLUS
Máximo rendimiento	98,2 %		
Rendimiento europeo (ηEU)	97,7 %	97,8 %	97,9 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %		

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO GEN24 6.0 PLUS	SYMO GEN24 8.0 PLUS	SYMO GEN24 10.0 PLUS
Medición del aislamiento CC	Sí		
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo. Limitación de potencia		
Seccionador CC	Sí		
Protección contra polaridad inversa	Sí		

INTERFACES	SYMO GEN24 6.0 PLUS	SYMO GEN24 8.0 PLUS	SYMO GEN24 10.0 PLUS
WLAN / 2x Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs/outputs digitales y 6 inputs digitales	Interface receptor del control de onda, gestión de energía		
USB 2.0 (Tipo A)	Suministro de 1 A		
Parada de emergencia (WSD)	Sí		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
2x RS485	Modbus RTU SunSpec (de otros fabricantes) / Fronius Smart Meter, batería, Fronius Ohmpilot		

<sup>1)</sup> Dependiendo de la batería conectada <sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1 <sup>3)</sup> Excepto HVS 12,8 y HVM 8,3

<sup>4)</sup> Estos son los certificados previstos. Para los certificados actuales, por favor haga clic en: [www.fronius.com/primo-gen24-plus-cert](http://www.fronius.com/primo-gen24-plus-cert)  
Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

# RESU

Change Your Energy, Charge Your Life

## 48V



Modelos	RESU3.3	RESU6.5	RESU10
Energía total [kWh]	3.3	6.5	9.8
Energía utilizable [kWh]	2.9	5.9	8.8
Capacidad [Ah]	63	126	189
Tensión nominal [V]	51.8	51.8	51.8
Rango de voltaje [V]	42.0-58.8	42.0-58.8	42.0-58.8
Potencia máxima [kW]	3.0	4.2	5.0
Pico de potencia [kW] (durante 3 seg)	3.3	4.6	7.0
Dimensión [H x A x P, mm]	452 x 401 x 120	452 x 654 x 120	452 x 483 x 227
Peso [kg]	31	52	75
Clasificación de protección hermética	IP55		
Comunicación	CAN 2.0 B		
Certificación	Célula	UL1642	
	Producto	UL1973 / TUV (IEC 62619) / CE / FCC / RCM	

Marcas de inversores compatibles : SMA, SolaX, Sungrow, Schneider Electric, Ingeteam, GoodWe, Redback, Victron Energy  
(A partir del tercer trimestre de 2016 se agregarán más) Inversor compatible

### RESU PLUS



**RESU Plus es un kit de expansión diseñado especialmente para los modelos 48V de la nueva serie de RESU. Con RESU Plus, todos los modelos 48V pueden ser interconectados entre sí.**

- Dimensiones: 385 x 240 x 65 (HxAxP, mm)
- Unidad de baterías expandibles: máx. 2 unidades.
- Clasificación IP55

## 400V



Modelos	RESU7H	RESU10H
Energía total [kWh]	7.0	9.8
Energía utilizable [kWh]	6.6	9.3
Capacidad [Ah]	63	63
Rango de voltaje [V]	350-450	350-450   385-550
Potencia máxima [kW]	3.5	5.0
Pico de potencia [kW] (durante 10 seg)	5.0	7.0
Dimensión [H x A x P, mm]	744 x 692 x 206	744 x 907 x 206
Peso [kg]	76	97   99.8
Clasificación de protección hermética	IP55	
Comunicación	RS485	RS485   CAN 2.0 B
Certificación	Célula	UL 1642
	Producto	TUV (IEC 62619) / CE / RCM   UL1973 / TUV (IEC 62619) / CE / FCC / RCM

# ESPSC

## Monocrystalline Solar Module

### SPECIFICATIONS

Dimensions	1979 x 1002 x 40mm
Weight	22.5 kg
Frame	Aluminium hollow-chamber frame on each side
Glass	Low-iron and tempered glass 3.2 mm
Cells	72 pcs Mono PERC (158.75 x 158.75 mm)
Cell Embedding	EVA
Back-Foil	FEVE / PET / FEVE
Junction Box	TÜV certified
Cable	4 mm <sup>2</sup> solar cable 2 x 900 mm or Customized Length
Temperature Range	-40°C ... +85°C
Load Capacity	5400 Pa(IEC61215),40mm

Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C
Product warranty	10 years
Power Guarantee	10 years 90% 25 years 80%

Packaging Configuration  
(Two pallets = One stack)  
27pcs/pallet, 54pcs/stack,  
594pcs/40'HQ Container

### CHARACTERISTICS

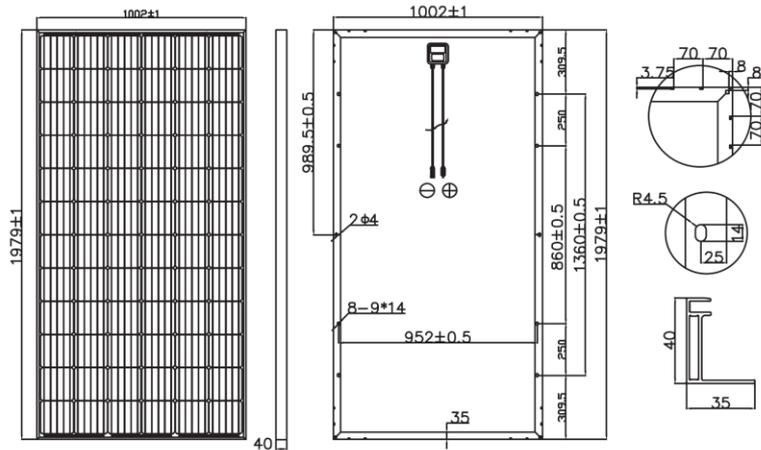
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient $I_{sc}$	+0.02973%/°K
Temperature-Coefficient $V_{oc}$	-0.38038%/°K
Temperature-Coefficient $P_{mpp}$	-0.57402%/°K
NOCT***	45°C

### CERTIFICATES

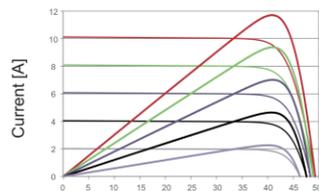
IEC 61215 edition 2 (TÜV Nord)  
(TÜV Rheinland)  
IEC 61730 MCS INMETRO  
CE CEC SALT-MIST  
UL1703 CSA  
PID Resistant

### INSURANCE

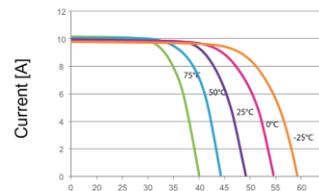
Chubb



### CURRENT-VOLTAGE CURVES



Module characteristics at constant module temperatures of 25°C and variable levels of irradiance



Module characteristics at variable module temperatures and constant module irradiance of 1.000 W/m<sup>2</sup>

ESPSC TYPE	380M	385M	390M	395M	400M
Power Class	380Wp	385Wp	390Wp	395Wp	400Wp
Max. Power Voltage ( $V_{mpp}$ )* at STC**	40.5V	40.8V	41.1V	41.4V	41.7V
Max. Power Current ( $I_{mpp}$ ) at STC	9.39A	9.44A	9.49A	9.55A	9.60A
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) at STC	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.8V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) at STC	9.75A	9.92A	10.12A	10.23A	10.36A
Module Efficiency	19.16%	19.42%	19.67%	19.92%	20.17%

\* MPP: Maximum Power Point

\*\* STC (Standard Test Conditions): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

\*\*\* Normal Operating Cell Temperature



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.  
© October 2019 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

## Anexo 06. Panel fotográfico



*Nota.* Recojo de datos en la localidad (caserío La Victoria)