

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO
FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA
ELÉCTRICA EN EL SECTOR LAS PIÑAS, CASERIO
CRUCE DE LAMBAYEQUE, CHIRINOS-CAJAMARCA**

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

**Autor(es) : Bach. Gilmer Alberto Lozano Larriategui
Bach. Heisson Kalin Quinde Flores**

**Asesor(es) : Dr. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez
Mg. Jaime Odar Honorio Acosta**

Línea de investigación: Energías Renovables

JAÉN – PERÚ

2025

Gilmer A. Lozano Larriategui; Heisson K. Quinde Flo...

DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO FOTVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA E...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3208217007

120 Páginas

Fecha de entrega

7 abr 2025, 11:00 a.m. GMT-5

20.972 Palabras

112.032 Caracteres

Fecha de descarga

7 abr 2025, 11:10 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

NO_LARRIATEGUI_-_INFORME_-_GILMER_ALBERTO_LOZANO_LARREATEGUI.pdf

Tamaño de archivo

4.8 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

9% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Small Matches (less than 15 words)

Top Sources

- 8% Internet sources
- 1% Publications
- 6% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



LEY DE CREACIÓN No. 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo No. 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la Ciudad de Jaén el día 23 de Abril del año 2025, siendo las 9:00 horas se reunieron los Integrantes del jurado:

Presidente: **OSCAR NÚÑEZ MORI**

Secretario: **JANNIER ALBERTO MONTENEGRO JUÁREZ**

Vocal: **MARIO FELIX OLIVERA ALDANA**

Para evaluar la sustentación del Informe Final

() Trabajo de Investigación (X) Tesis () Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado "**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR LAS PIÑAS, CASERÍO CRUCE DE LAMBAYEQUE, CHIRINOS -**

CAJAMARCA" Presentado por el/(los) Estudiante(s) / egresado(s) O Bachiller(es) **Gilmer Alberto**

Lozano Larriateguá y Heisson Kalin Quinde Flores, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

y Eléctrica. Después de la Sustentación y Defensa el Jurado Acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

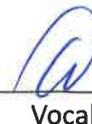
Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	(15)
Regular	13	()
Desaprobado	12 o menos	()

Siendo las 10:08 horas del mismo día el jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Presidente


Secretario


Vocal

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Gilmer Alberto Lozano Larriategui, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería mecánica y eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 47766942.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR LAS PIÑAS, CASERIO CRUCE DE LAMBAYEQUE, CHIRINOS-CAJAMARCA”.

Asesorado por Dr. Freddi Roland Rodriguez Ordoñez.

Para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero mecánico electricista.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén 06 de junio del 2025



Gilmer Alberto Lozano Larriategui

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Heisson Kalin Quinde Flores, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería mecánica y eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 71071652.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR LAS PIÑAS, CASERIO CRUCE DE LAMBAYEQUE, CHIRINOS-CAJAMARCA”.

Asesorado por Dr. Freddi Roland Rodriguez Ordoñez.

Para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero mecánico electricista.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén 06 de junio del 2025



Heisson Kalin Quinde Flores

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Antecedentes.....	2
1.1.1.	A nivel internacional.....	2
1.1.2.	A nivel Nacional.....	4
1.1.3.	A nivel regional.....	7
1.2.	Planteamiento del problema.....	10
1.3.	Formulación del problema.....	13
1.4.	Justificación.....	13
1.4.1.	Justificación económica.....	13
1.4.2.	Justificación social.....	14
1.4.3.	Justificación ambiental.....	14
1.4.4.	Justificación tecnológica.....	14
1.5.	Hipótesis.....	15
II.	OBJETIVOS.....	15
2.1.	Objetivo general.....	¡Error! Marcador no definido. 15
2.2.	Objetivos específicos.....	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1	Objeto de estudio.....	16
3.2	Ubicación del área de estudio:.....	16
3.3	Tipos de Investigación.....	17
3.4	Variables.....	18
3.4.1.	Variable Independiente.....	18
3.4.2.	Variable Dependiente.....	18
3.5	Materiales.....	18
3.5.1.	Equipos.....	18
3.5.2.	Software.....	19
3.6.	Procedimiento para cumplir con cada objetivo específico.....	19
3.7.	Metodos.....	20
3.8	Poblacion, Muestra y Muestreo.....	20
3.8.1.	Población.....	20
3.8.2.	Muestra.....	20
3.8.3.	Muestreo.....	20

3.9.	Metodología	21
3.9.1	Diagnostico de la Disponibilidad de Energia solar en el Sector 2	¡Error! Marcador no definido.
3.9.2	Proyección de la población	23
3.9.3	Demanda energetica de Alumbrado Público	¡Error! Marcador no definido.
3.9.4	Determinar los parametros de diseño del sistema fotovoltaico	215
3.9.5	Evaluacion del impacto en el medio ambiente	¡Error! Marcador no definido.
3.9.6	Evaluación Económica de la Implementación del SFV.....	41
3.9.7	Flujo de Caja Economica Proyectado para el SFV.....	42
IV.	RESULTADOS	444
4.1	Diagnóstico de la Disponibilidad de Energía Solar en el Sector Las Piñas	44
4.2	Determinación de los Parámetros de Diseño del Sistema Eléctrico Fotovoltaiico	445
4.3	Demanda energética actual y proyectada para el sector Las Piñas....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.1	Estimación de la demanda energética para el año 2023	48
4.3.2	Proyección de la demanda energética a 20 años	48
4.4	Determinación del tamaño del sistema fotovoltaico.....	¡Error! Marcador no definido.
4.5	Parámetros de diseño energético del SFV.....	51
4.6	Parámetros de diseño para el control y almacenamiento del SFV.....	55
4.7	Evaluación del Impacto en el medio ambiente.....	67
4.8	Evaluación Económica de la implementación del SFV.....	¡Error! Marcador no definido.
V.	DISCUSIÓN.....	77
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
6.1.	Conclusiones	79
6.2.	Recomendaciones	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	811
	AGRADECIMIENTO.....	86

DEDICATORÍA.....	87
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	18
Tabla 2 Poblacion y vivientas del sector Las Piñas	22
Tabla 3 Factor KALP Según sector típico	24
Tabla 4 <i>Tramos del Sistema Fotovoltaico</i>	36
Tabla 5 <i>Intensidad por tramo en el sistema fotovoltaico</i>	37
Tabla 6 <i>Caida de tensión permisible</i>	37
Tabla 7 <i>Radiación solar del sector Las Piñas</i>	44
Tabla 8 <i>Población y viviendas del sector Las Piñas</i>	46
Tabla 9 <i>Puntos de Iluminación para el sector Las Piñas</i>	48
Tabla 10 Consumo energético registrado en el sector Las Piñas	48
Tabla 11 <i>Crecimiento de la demanda energética a 20 años</i>	49
Tabla 12 <i>Demanda energética actual y proyectada para el sector Las Piñas</i> .	51
Tabla 13 <i>Parámetros de diseño energético del Sistema Fotovoltaico</i>	54
Tabla 14 <i>Parametros de diseño para el control y almacenamiento de energía en el Sistema Fotovoltaico</i>	60
Tabla 15 <i>Sección de conductores por caída de tensión</i>	63
Tabla 16 <i>Intensidades de los cables seleccionados</i>	64
Tabla 17 <i>Amperaje de fusibles seleccionados</i>	65
Tabla 18 <i>Características para selección del transformador</i>	67
Tabla 19 <i>Costo total del sistema fotovoltaico</i>	69
Tabla 20 <i>Datos requeridos para determinar el LCOE</i>	71
Tabla 21 <i>Venta de energía durante los 20 años</i>	72
Tabla 22 Flujo de caja del proyecto	74

Tabla 23 *Evaluación económica de la implementación del sistema fotovoltaico.*
..... 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ubicación Geográfico del Sector Las Piñas</i>	17
Figura 2. <i>Procedimiento</i> de desarrollo de la investigación.....	19
Figura 3. <i>Diagrama</i> de bloques para obtener la radiación solar.....	22
Figura 4. Esquema de instalación aislada.....	25
Figura 5. <i>Paneles Solares</i>	29
Figura 6.- Controlador MPPT	31
Figura 7.- Baterías Solares	34
Figura 8.- Inversor.....	36

RESUMEN

El objetivo principal de nuestra tesis es Dimensionar un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al sector Las Piñas ubicado en el caserío Cruce Lambayeque, distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, aprovechando la radiación solar disponible en la región, podremos mejorar la calidad de vida de sus habitantes. La investigación se centra en diagnosticar la disponibilidad de energía solar, determinar los parámetros de diseño del sistema y evaluar su viabilidad económica. Se realizó un análisis de la radiación solar de 5 años utilizando datos de la NASA, seleccionando el mes más bajo de esos 5 años obteniendo un valor de 3.65 kWh/m², de igual manera, llevamos a cabo el cálculo de la demanda proyectada a 20 años para 25 viviendas y 06 puntos de iluminación, se han seleccionado 52 paneles solares de 340 W cada uno, 96 baterías de 200 Ah, 03 controladores de 100 A, 05 inversores de 5 kW y cables de hasta 70 mm². Por último, se elaboró un presupuesto total para el proyecto el cual fue de S/ 271,423.43. Realizando la evaluación económica mediante un flujo de caja y aplicando una tasa de descuento del 10%, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN), negativo de -S/ 87,386.91 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 5%. En conclusión, aunque el proyecto no resulta económicamente viable, su implementación tendrá un impacto positivo en el medio ambiente, ya que se evitará la emisión de 7.53 toneladas de CO₂, equivalentes a gases de efecto invernadero (GEI), cada año.

Palabras Clave: Sistema Fotovoltaico, Radiación solar, contaminación ambiental

ABSTRACT

The main objective of our thesis is to dimension a photovoltaic system to supply electric energy to the sector Las Piñas located in the hamlet Cruce Lambayeque, district of Chirinos, province of San Ignacio, taking advantage of the solar radiation available in the region, we will be able to improve the quality of life of its inhabitants. The research focuses on diagnosing the availability of solar energy, determining the design parameters of the system and evaluating its economic viability. A 5-year solar radiation analysis was carried out using NASA data, selecting the lowest month of those 5 years obtaining a value of 3.65 kWh/m². Similarly, we carried out the calculation of the projected 20-year demand for 25 houses and 06 lighting points, 52 solar panels of 340 W each, 96 batteries of 200 Ah, 03 controllers of 100 Ah, 05 inverters of 05 kW and cables of up to 70 mm² were selected. Finally, a total budget for the project was prepared, which was S/ 271,423.43. The economic evaluation using a cash flow and applying a discount rate of 10%, we obtained a negative Net Present Value (NPV) of -S/ 87,386.91 and an Internal Rate of Return (IRR) of 5%. In conclusion, although the project is not economically viable, its implementation will have a positive impact on the environment, since it will avoid the emission of 7.53 tons of CO₂, equivalent to greenhouse gases (GHG), each year.

Keywords: Photovoltaic System, Solar radiation, environmental pollution

I. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía eléctrica en áreas rurales y aisladas, como el sector “Las Piñas” en Cajamarca, Perú, ha generado una necesidad urgente de soluciones energéticas sostenibles. La falta de acceso confiable a fuentes de energía moderna limita el desarrollo económico y social de estas comunidades. En este contexto, la energía solar fotovoltaica surge como una alternativa viable para satisfacer las necesidades energéticas de estas áreas.

Sin embargo, la implementación de sistemas fotovoltaicos en contextos rurales enfrenta desafíos significativos, como la viabilidad económica y técnica de estos sistemas. La literatura existente no aborda en profundidad la adaptación de los sistemas fotovoltaicos a condiciones locales específicas ni la evaluación detallada de su rentabilidad en contextos rurales.

Investigaciones previas han demostrado la eficacia de los sistemas fotovoltaicos en diferentes contextos. Estudios como el de Lozada (2019) destacan que la radiación solar en regiones similares puede alcanzar niveles suficientes para la generación de electricidad mediante paneles solares. Sin embargo, en el caso de áreas específicas como la de nuestro estudio, se han identificado brechas en la evaluación de la viabilidad económica y técnica de estos sistemas.

Esta investigación busca llenar estas lagunas, proporcionando un análisis detallado de la configuración en un sistema fotovoltaico adecuado y su viabilidad económica en el sector “Las Piñas”. El objetivo principal es dimensionar y evaluar un sistema fotovoltaico que satisfaga las demandas energéticas del caserío, mejorando la calidad de vida de sus habitantes y contribuyendo a los objetivos globales de sostenibilidad.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 A nivel internacional

Aksakal et al., (2022) realizaron una investigación titulada "Optimum sizing and performance analysis of a standalone solar photovoltaic system in Ankara, Turkey", cuyo objetivo fue diseñar y analizar el rendimiento de un sistema fotovoltaico autónomo para satisfacer la demanda energética de un edificio en Ankara, Turquía. Utilizaron simulación y modelado del sistema mediante el software HOMER. La población de estudio incluyó datos meteorológicos y de radiación solar de la región de Ankara. La técnica empleada fue la recolección y análisis de datos meteorológicos, y el instrumento utilizado fue el software de simulación. Los resultados mostraron que el sistema fotovoltaico óptimo para el edificio consistía en 18 paneles solares y 12 baterías, con una capacidad de generación de 6,3 kW. Concluyeron que el sistema fotovoltaico autónomo propuesto puede satisfacer de manera confiable y rentable la demanda energética del edificio en Ankara.

Sánchez et al., (2021) realizaron una investigación titulada "Photovoltaic energy production under different weather conditions in central Spain", cuyo objetivo fue evaluar la producción de energía fotovoltaica bajo diferentes condiciones meteorológicas en la región central de España. La investigación consistió en la instalación y monitoreo de un sistema fotovoltaico de 5 kW, junto con la recolección de datos meteorológicos. La población de estudio incluyó datos de producción de energía del sistema fotovoltaico y las condiciones meteorológicas de la región. La técnica empleada fue la medición y registro de datos, utilizando sensores y equipos de medición instalados. Los resultados indicaron que la producción de energía fotovoltaica se ve afectada significativamente por factores como la radiación solar, la temperatura ambiente y la velocidad del viento. Concluyeron que la optimización del ángulo de inclinación de los paneles solares y el

mantenimiento adecuado del sistema son cruciales para maximizar la producción de energía en la región.

Núñez (2020), en su investigación “Comparación tecno-financiera entre sistemas fotovoltaicos con tecnología bifacial y monofacial en la localidad de Naco y Marcovia, Honduras”, evaluó la factibilidad de la tecnología fotovoltaica bifacial mediante una comparación tecno-financiera con la tecnología monofacial. La investigación buscó determinar qué sistema es más conveniente para las localidades de Naco y Marcovia en base al LCOE más bajo. Se diseñaron instalaciones fotovoltaicas bifaciales y monofaciales, considerando tres tipos de terreno: pasto, tierra y grava blanca, para analizar el aumento en el albedo y, por ende, la producción energética. La metodología empleada fue cuantitativa con un alcance correlacional. Se encontró que el LCOE más bajo es presentado por el sistema monofacial para ambas localidades, con valores de 0.0602 [\$/kWh] sin financiamiento y 0.0799 [\$/kWh] con financiamiento para Naco, y 0.0417 [\$/kWh] sin financiamiento y 0.0541 [\$/kWh] con financiamiento para Marcovia. Sin considerar el valor del terreno, el LCOE más bajo fue presentado por el sistema bifacial. Para Naco, el LCOE fue de 0.0364 [\$/kWh] sin financiamiento y 0.0462 [\$/kWh] con financiamiento; para Marcovia, de 0.0347 [\$/kWh] sin financiamiento y 0.0441 [\$/kWh] con financiamiento. Concluyó que, considerando el valor del terreno, el sistema monofacial ofrece el LCOE más bajo, mientras que, sin considerar el valor del terreno, el sistema bifacial es más ventajoso.

Moreno & Echevarría (2020), en su investigación “Implementación de un sistema fotovoltaico para el empleo de energía solar en una vivienda en la localidad de Suba, Colombia”, analizaron la viabilidad del uso de energía fotovoltaica mediante el diseño e instalación de un sistema fotovoltaico en la localidad de Suba. La investigación incluyó un análisis técnico, económico y ambiental del proyecto, con un presupuesto de \$2,016,100 m/cte. El sistema fue diseñado para una mínima hora solar pico promedio

mensual de 3.3 HSP y un consumo promedio diario de 0.627 kWh. Se determinó que el sistema compensaría la inversión en 13 años y reduciría las emisiones de GEI en 4,288.32 kilogramos de CO2 equivalente, lo que se duplicaría con un panel adicional. Concluyeron que la generación de electricidad mediante energía fotovoltaica en pequeña escala es viable y puede contribuir al cambio en el modelo energético del país.

Ticona (2019), en su investigación "Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para el hospital de la localidad de Coripata, Provincia Nor Yungas", Bolivia, diseñó un sistema fotovoltaico para el hospital de Coripata. La investigación demostró que el suministro eléctrico se puede mejorar mediante un sistema fotovoltaico en una localidad a 3,600 m.s.n.m., que presenta deficiencias en el servicio eléctrico interconectado. Los cálculos mostraron que la radiación solar mínima recibida por los paneles, inclinados a 16° y orientados hacia la línea ecuatorial, se da en junio. El sistema diseñado incluyó 8 paneles solares, 6 baterías, 1 regulador, 1 inversor, y dispositivos de seguridad eléctrica. La investigación destacó la importancia de dimensionar adecuadamente los componentes del sistema para garantizar un suministro mínimo de energía durante todo el año.

1.1.2 A nivel Nacional

Vidal et al., (2023) realizaron una investigación titulada "Evaluación técnica y económica de sistemas fotovoltaicos para electrificación rural en Perú". El objetivo fue evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar sistemas fotovoltaicos para la electrificación de comunidades rurales en diversas regiones del Perú. El método consistió en el diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, junto con el análisis de costos y beneficios. La investigación utilizó datos meteorológicos, de radiación solar y de demanda energética de las comunidades rurales seleccionadas. La técnica empleada fue la recolección y análisis de datos, y el instrumento utilizado fueron softwares de dimensionamiento y análisis financiero. Los resultados indicaron que los

sistemas fotovoltaicos son una alternativa viable y rentable a largo plazo para la electrificación rural en Perú, especialmente en regiones con altos niveles de radiación solar. Se concluyó que la implementación de estos sistemas contribuye al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida en las comunidades rurales del país.

Alonso et al., (2021) realizaron una investigación titulada "Impacto socioeconómico de los sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales del Perú". El objetivo fue evaluar el impacto socioeconómico de la implementación de sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales de diferentes regiones del Perú. El método utilizado fue el estudio de casos múltiples, con investigación cualitativa y cuantitativa. La población estuvo conformada por las comunidades rurales donde se implementaron los sistemas fotovoltaicos. Las técnicas empleadas incluyeron observación, entrevistas, grupos focales y encuestas, y los instrumentos fueron guías de entrevista, observación y cuestionarios. Los resultados mostraron que los sistemas fotovoltaicos han mejorado significativamente la calidad de vida en las comunidades rurales, proporcionando acceso a electricidad y facilitando el desarrollo de actividades productivas y educativas. Se concluyó que la implementación de estas tecnologías renovables, junto con programas de capacitación y empoderamiento comunitario, contribuye al desarrollo sostenible y a la reducción de la pobreza en las áreas rurales del Perú.

Gutiérrez et al., (2020) realizaron una investigación titulada "Participación comunitaria en proyectos de energía renovable en zonas rurales: un estudio de caso en el sur de Perú". El objetivo fue analizar la importancia de la participación comunitaria en la implementación de proyectos de energía renovable en zonas rurales del sur de Perú. El método utilizado fue el estudio de caso, con una investigación cualitativa. La población estuvo conformada por las comunidades rurales del sur de Perú donde se implementaron los proyectos de energía renovable. Las técnicas empleadas incluyeron observación participante, entrevistas y grupos focales, y los instrumentos fueron guías

de entrevista y observación. Los resultados mostraron que la participación activa de la comunidad, la capacitación local y la apropiación de la tecnología son factores clave para el éxito y sostenibilidad de los proyectos de energía renovable en zonas rurales. Se concluyó que los enfoques participativos y el empoderamiento de las comunidades son esenciales para el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida en estas áreas.

Huamaní et al., (2020) realizaron una investigación titulada "Evaluación del potencial solar fotovoltaico en la región andina del Perú". El objetivo fue evaluar el potencial de la energía solar fotovoltaica en diferentes zonas de la región andina del Perú. El método consistió en el análisis de datos de radiación solar y la modelización del rendimiento de sistemas fotovoltaicos. La población estuvo conformada por datos meteorológicos y de radiación solar de las zonas de estudio en la región andina. La técnica empleada fue la recolección y análisis de datos, y el instrumento utilizado fueron softwares de simulación y cálculo de radiación solar. Los resultados indicaron que la región andina del Perú presenta niveles adecuados de radiación solar para el aprovechamiento fotovoltaico, especialmente en áreas de la sierra y el altiplano. Se concluyó que la implementación de sistemas fotovoltaicos en estas zonas es una opción viable y sostenible para satisfacer la demanda energética de las comunidades rurales y contribuir al desarrollo local.

Gamarra (2019) realizó una investigación titulada "Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica del centro poblado Siete Techos, ubicado en el distrito de Reque, Chiclayo – Lambayeque". El objetivo fue elegir y dimensionar un sistema híbrido eólico-fotovoltaico que proporcione energía eléctrica fiable al centro poblado de Siete Techos, con el fin de resolver el problema del suministro insuficiente de electricidad. El método consistió en el dimensionamiento y cálculo del sistema híbrido eólico-fotovoltaico. La población estuvo conformada por el

centro poblado de Siete Techos, compuesto por 50 viviendas, un edificio común y un centro educativo. La técnica empleada fue la recolección y análisis de datos meteorológicos y de consumo energético, y el instrumento utilizado fueron softwares de dimensionamiento y cálculo del sistema. Los resultados indicaron que el consumo energético medio diario previsto del centro poblado de Siete Techos es de 35,308 kWh/día, y la potencia total disponible por el sistema híbrido es de 10,440 kW, utilizando datos de viento de la estación meteorológica automática de Lambayeque para los meses de junio y noviembre, a partir de los cuales se obtuvieron los parámetros de la distribución Weibull. Se concluyó que el sistema híbrido eólico-fotovoltaico dimensionado puede satisfacer de manera confiable y sostenible la demanda energética del centro poblado de Siete Techos.

1.1.3 A nivel regional

Correa & Alva, (2023) realizaron una investigación titulada "Evaluación del potencial solar fotovoltaico en zonas rurales de Cajamarca, Perú". El objetivo fue evaluar el potencial de la energía solar fotovoltaica en diferentes zonas rurales de la región de Cajamarca. El método empleado consistió en el análisis de datos de radiación solar y la modelización del rendimiento de sistemas fotovoltaicos. La investigación utilizó datos meteorológicos y de radiación solar de las zonas rurales de Cajamarca. La técnica fue la recolección y análisis de datos, y el instrumento utilizado fueron softwares de simulación y cálculo de radiación solar. Los resultados indicaron que gran parte de la región de Cajamarca presenta niveles adecuados de radiación solar para el aprovechamiento fotovoltaico, especialmente en áreas de la sierra y valles interandinos. Se concluyó que la implementación de sistemas fotovoltaicos en estas zonas es una opción viable y sostenible para satisfacer la demanda energética de comunidades rurales.

Alata et al., (2021) realizaron una investigación titulada "Análisis de la viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico para electrificación rural en Cajamarca, Perú". El objetivo fue evaluar la factibilidad técnica y económica de implementar un sistema fotovoltaico para la electrificación de una comunidad rural en Cajamarca. El método consistió en el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico, junto con el análisis de costos y beneficios. La investigación utilizó datos meteorológicos, de radiación solar y de demanda energética de la comunidad rural. La técnica fue la recolección y análisis de datos, y el instrumento utilizado fueron softwares de dimensionamiento y análisis financiero. Los resultados indicaron que el sistema fotovoltaico propuesto, con una capacidad de 10 kW, es técnicamente factible y económicamente rentable a largo plazo. Se concluyó que la implementación de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales de Cajamarca es una solución viable y sostenible para la electrificación.

Malca & Núñez, (2021) realizaron una investigación titulada "Análisis de factibilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico para una institución educativa rural en Cajamarca". El objetivo fue evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema fotovoltaico para una institución educativa en una zona rural de Cajamarca. El método consistió en el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico, junto con el análisis de costos y beneficios. La investigación se centró en la institución educativa rural seleccionada en Cajamarca. La técnica empleada fue la recolección y análisis de datos, y el instrumento utilizado fueron softwares de dimensionamiento y análisis financiero. Los resultados indicaron que el sistema fotovoltaico propuesto, con una capacidad de 5 kW, es técnicamente factible y económicamente rentable a largo plazo para la institución educativa. Se concluyó que la implementación de sistemas fotovoltaicos en instituciones rurales de Cajamarca es una solución viable y sostenible para satisfacer sus necesidades energéticas.

Díaz & Sánchez, (2020) realizaron una investigación titulada "Evaluación del impacto ambiental de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales de Cajamarca". El objetivo fue evaluar el impacto ambiental de la implementación de sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales de la región de Cajamarca. El método consistió en el análisis del ciclo de vida y la evaluación de impacto ambiental. La investigación se centró en los sistemas fotovoltaicos instalados en comunidades rurales de Cajamarca. La técnica fue la recolección y análisis de datos, y el instrumento utilizado fueron herramientas de análisis de ciclo de vida y evaluación de impacto ambiental. Los resultados mostraron que los sistemas fotovoltaicos tienen un impacto ambiental positivo a largo plazo al evitar la emisión de gases de efecto invernadero y reducir la dependencia de combustibles fósiles. Sin embargo, se identificaron impactos potenciales durante la fabricación de componentes y la disposición final de los mismos. Se concluyó que es necesario implementar estrategias de gestión ambiental y reciclaje para mitigar los impactos negativos y maximizar los beneficios ambientales de los sistemas fotovoltaicos en zonas rurales de Cajamarca.

Lozada (2019) realizó una investigación titulada "Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al caserío La Ciruela, Cutervo-Cajamarca". El objetivo fue evaluar la producción y suministro de energía al caserío La Ciruela, utilizando la energía solar como fuente de energía y electrificar las viviendas cercanas mediante paneles fotovoltaicos. El método consistió en el dimensionamiento y diseño del sistema de generación fotovoltaica. La investigación se centró en el caserío La Ciruela, compuesto por 22 viviendas y 119 residentes. La técnica fue la recolección y análisis de datos de consumo energético y radiación solar, y el instrumento utilizado fueron equipos de medición de radiación solar y softwares de dimensionamiento. Los resultados indicaron que la demanda máxima del caserío es de 4,300.42 vatios-hora, el consumo de energía, incluyendo pérdidas, es de 15,412.1 vatios-hora, y el nivel de radiación solar de la zona es de 6.26 kWh/m², obtenido mediante el método de Weibull.

Se concluyó que el sistema de generación fotovoltaica diseñado puede satisfacer la demanda energética del caserío La Ciruela de manera sostenible y confiable.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel internacional, la energía eléctrica es un componente esencial para el desarrollo contemporáneo, siendo fundamental para la conectividad, el progreso industrial y el crecimiento poblacional. En este contexto, las fuentes de energía renovable, especialmente la solar, se destacan como una opción abundante y respetuosa con el medio ambiente. Según un informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables IRENA, (2023) la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica a nivel global ha experimentado un crecimiento exponencial en la última década, alcanzando los 942 GW en 2022. Este aumento se debe, en gran parte, a la disminución de los costos de la tecnología y a las políticas de incentivo implementadas por diversos gobiernos Sánchez et al., (2021).

Para aprovechar eficientemente la energía convertida, es imperativo contar con un sistema que no solo implique la instalación de paneles fotovoltaicos, sino también su mantenimiento adecuado. Esto se debe a que la generación de energía mediante este sistema está directamente vinculada a factores como la radiación solar incidente, la temperatura y el ángulo de incidencia solar a lo largo del día (Grossi & Raichijk, 2018)

En Perú, el acceso a la energía eléctrica en zonas rurales continúa siendo un desafío significativo que impacta de manera adversa el desarrollo socioeconómico y la calidad de vida de las poblaciones alejadas. Esta carencia energética exacerba la pobreza, limita las oportunidades de desarrollo y dificulta el acceso a servicios básicos como la educación y la salud (Valer et al., 2020). Según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) en el año (2020) , aproximadamente el 14% de la población rural peruana aún

carecía de acceso a la electricidad, lo que representa alrededor de 1,2 millones de personas.

La ausencia de electricidad en estas zonas rurales ha obligado a los habitantes a recurrir a métodos de iluminación precarios, como linternas de pilas, generadores a base de gasolina, mecheros o lámparas de alcohol o queroseno (Organización Latinoamericana de Energía [OLADE], 2022). Estos métodos no solo son costosos y poco eficientes, sino que también contribuyen a la contaminación ambiental y a la emisión de gases de efecto invernadero, exacerbando aún más los problemas relacionados con el cambio climático (Banco Mundial, 2021).

Ante esta problemática, el Gobierno de Perú ha implementado medidas para promover la electrificación rural. La Ley N° 28749, conocida como la "Ley General de Electrificación Rural" (Congreso de la República del Perú, 2006), establece que el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), a través de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER), es el encargado de llevar la energía eléctrica a las áreas rurales. Esta ley busca facilitar el acceso a la electricidad en localidades rurales, aisladas y fronterizas, en colaboración con los gobiernos regionales y locales, así como con entidades públicas y privadas.

La DGER tenía como objetivo principal alcanzar un coeficiente de electrificación rural del 98% para el año 2023 (MINEM, 2021). Este ambicioso objetivo se alinea con la meta de eliminar la pobreza y mejorar la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales, aisladas y fronterizas de Perú como parte del proceso de inclusión social. Un aspecto fundamental de esta estrategia es promover el uso de fuentes de energía renovable, como la energía solar fotovoltaica, en sistemas de generación distribuida incorporados a las redes de distribución eléctrica (MINEM, 2021).

El Gobierno ha asignado recursos financieros significativos para la electrificación rural. Por ejemplo, en el presupuesto institucional del MINEM para el 2021, se destinaron fondos para la electrificación rural con el propósito de impulsar la conectividad energética, incluyendo S/216 millones para llevar energía a 22,400 viviendas en zonas rurales (MINEM, 2021)

En este contexto, la electrificación mediante sistemas de energía solar fotovoltaica se presenta como una solución viable y sostenible para zonas rurales como el sector Las Piñas, que cuenta con 21 viviendas sin acceso a la electricidad. La implementación de un proyecto de energía solar no solo proporcionará electricidad para iluminación, sino que también permitirá la construcción de infraestructuras clave, como parques, escuelas, centros de salud y lugares de culto, mejorando significativamente la calidad de vida de los residentes locales y fomentando el desarrollo sostenible en la región (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos gubernamentales y las iniciativas de electrificación rural, aún existen desafíos significativos que deben abordarse. Según Valer et al., (2020) algunos de los principales obstáculos incluyen la falta de financiamiento adecuado, la dispersión geográfica de las comunidades rurales, la falta de capacitación técnica local y la limitada participación comunitaria en los proyectos de electrificación.

Además, es crucial considerar los impactos ambientales y sociales que pueden surgir durante la implementación de proyectos de energía renovable en zonas rurales. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 2022) destaca la importancia de realizar evaluaciones de impacto ambiental y social, así como

de involucrar activamente a las comunidades locales en el proceso de toma de decisiones.

El caserío Las Piñas se enmarca dentro de la zona rural del país y comparte la problemática de la falta de acceso a la energía. Esto conlleva, como se menciona en párrafos anteriores, que el desarrollo socioeconómico de la localidad se vea truncado. Aunque existen tecnologías como la fotovoltaica que se presentan como solución para ubicaciones lejanas a las redes que no son viables económicamente, el caserío aún no cuenta con ningún tipo de suministro y sigue menguando sus impulsos de desarrollo, optando en algunos casos por el abandono de sus hogares para refugiarse en localidades con energía que permitan mejorar las condiciones de vida de los lugareños.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el dimensionamiento de un sistema eléctrico fotovoltaico que satisfaga la demanda de energía eléctrica en el sector Las Piñas, del caserío Cruce Lambayeque, Chirinos-Cajamarca?

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 Justificación económica

En el sector Las Piñas, la ausencia de energía eléctrica limita la actividad económica a labores manuales que no contribuyen significativamente a la mejora económica de la comunidad. Además, las condiciones de vida precarias obligan a los residentes a gastar más en iluminación y otros medios que requieren energía, como riego, refrigeración o comunicaciones. Estos gastos adicionales superan los costos que implicaría contar con un suministro constante de energía. Al proporcionar energía eléctrica, se reducirían estos gastos, permitiendo a los residentes destinar el dinero ahorrado a mejorar su confort. Además, la disponibilidad de energía abriría oportunidades para el comercio y

la industria a pequeña escala, promoviendo así un desarrollo económico general en la zona.

1.4.2 Justificación social

La introducción de energía eléctrica en la zona mejoraría significativamente las condiciones de vida de los pobladores, al brindarles comodidades modernas y facilitar el acceso a la información y la educación. El desempeño individual de los residentes aumentaría, lo que elevaría la calidad de vida del grupo social al que pertenecen, al ofrecer mayores oportunidades y facilidades mediante las tecnologías actuales. La conexión con el mundo se volvería más rápida y sencilla. Además, el desarrollo social está estrechamente vinculado con la electrificación de poblados como Las Piñas.

1.4.3. Justificación ambiental

La implementación de energía renovable en Las Piñas contribuiría significativamente a mitigar los impactos negativos en el medio ambiente. La generación de energía a partir de fuentes renovables reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, ayudando a combatir el cambio climático y disminuyendo la contaminación atmosférica. Esta fuente de energía es limpia y sostenible a largo plazo, garantizando un suministro continuo sin agotar los recursos naturales ni dañar los ecosistemas. La adopción de energía renovable también favorece la conservación del entorno al preservar los recursos naturales y reducir la degradación ambiental, lo cual es crucial para el bienestar de las generaciones futuras.

1.4.4 Justificación tecnológica

La implementación de un sistema de electrificación en el caserío Las Piñas mediante tecnología fotovoltaica es una solución altamente viable desde el punto de vista tecnológico. Los avances en paneles solares, inversores y sistemas de almacenamiento

permiten una conversión eficiente de la radiación solar en electricidad, con una vida útil prolongada y bajos costos de mantenimiento. Además, estos sistemas son modulares y escalables, lo que facilita su adaptación a las necesidades energéticas futuras de la comunidad. Al ser autónomos, eliminan la dependencia de combustibles fósiles y de costosos sistemas de distribución de energía, garantizando un suministro continuo y optimizado a través de sistemas de gestión automatizados. Esta tecnología se adapta perfectamente a las condiciones climáticas de la zona, maximizando el aprovechamiento de la alta radiación solar anual y favoreciendo una electrificación sostenible y limpia.

1.5 HIPÓTESIS

Al dimensionar un sistema eléctrico fotovoltaico considerando cuidadosamente los parámetros de capacidad y eficiencia, se podrá satisfacer de manera efectiva la demanda energética de la comunidad del sector Las Piñas, caserío cruce Lambayeque, Chirinos – Cajamarca.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Dimensionar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica al sector “Las Piñas”, caserío Cruce Lambayeque, Chirinos – Cajamarca.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la disponibilidad de energía solar en el sector Las Piñas.
- Determinar los parámetros de diseño del sistema eléctrico fotovoltaico, considerando la demanda energética específica del caserío.
- Evaluar económicamente la implementación del sistema fotovoltaico en el sector Las Piñas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 OBJETO DE ESTUDIO

El presente proyecto tiene como objeto el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al sector Las Piñas, Chirinos, Cajamarca, el cual busca determinar su viabilidad técnica y económica, cubriendo la demanda energética de forma eficiente y sostenible para una proyección de 20 años.

3.2 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:

El estudio se realizó en el sector Las Piñas, perteneciente al caserío Cruce de Lambayeque, ubicado en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca. Geográficamente, Las Piñas se sitúa a una altitud de 550 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas aproximadas de longitud -78.89688 y latitud -5.20999.

El clima de la zona presenta temperaturas promedio que varían según la altitud: en las áreas más elevadas del distrito de Chirinos, la temperatura media es de 18°C, mientras que en las zonas bajas puede alcanzar los 35°C.

El acceso al sector Las Piñas se realiza a través del Centro Poblado de Puerto Ciruelo, desde el cual se toma la carretera que conduce a la provincia de San Ignacio. Luego de aproximadamente una hora de viaje, se cruza un puente hacia el distrito de Huarango. Luego de otros 20 minutos de recorrido, se llega finalmente al sector Las Piñas.

Figura 1

Ubicación Geográfica del sector las Piñas



Nota. Adaptado de *Así es Cajamarca* (mapa), por Taylor de la Cruz, 2011 (Historia de la Provincia de San Ignacio (Cajamarca) ~ ASI ES CAJAMARCA)

3.3 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Los tipos de investigación que se realizarán en la tesis son las siguientes:

Descriptiva. - Ya que se pretende determinar e identificar propiedades, comportamientos y rasgos, sin analizarlos.

Analítica. - Puesto que esta tesis involucra estrategias y métodos de pensamiento crítico para la evaluación de hechos, datos o la información referente a la investigación en proceso.

No experimental. - Los investigadores se condicionarán a observar y analizar los fenómenos tal como suceden en su entorno natural, sin modificar las variables.

3.4 VARIABLES

3.4.1 Variable Independiente

Potencia Instalada del sistema fotovoltaico.

3.4.2 Variable Dependiente

Energía eléctrica generada por el Sistema fotovoltaico

Tabla 1

Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente Potencia Instalada del sistema fotovoltaico	Dimensionamiento del panel solar	Radiación solar incidente en el lugar (W/m^2)
Variable Dependiente Energía eléctrica generada por el Sistema Fotovoltaico	Valores de entrega de Energía	Potencia eléctrica generada (kW) Energía eléctrica generada por día (kWh/h) Eficiencia del sistema fotovoltaico (%)

3.5 MATERIALES

Para desarrollar este estudio se utilizaron los siguientes equipos y software.

3.5.1 Equipos

02 laptops marca Asus Tuf Gaming

02 GPS marca Garmin

01 cinta métrica de 50 mts

3.5.2 Software

Microsoft Word

Microsoft Excel

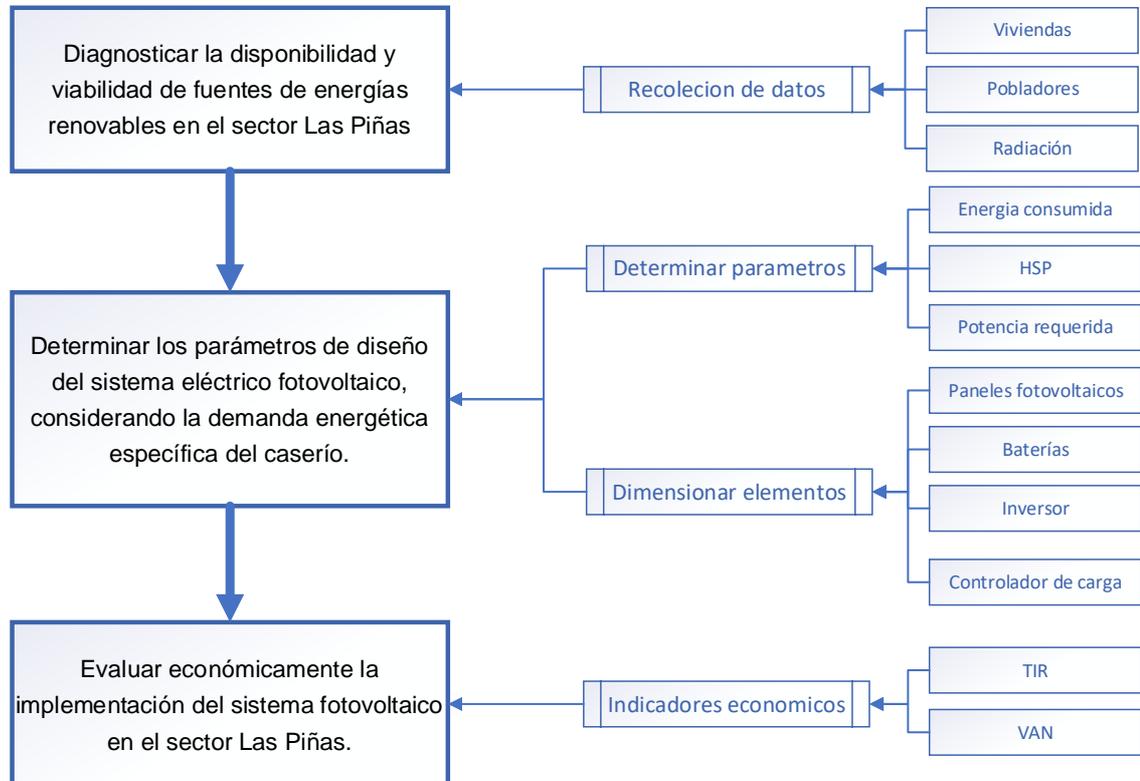
AutoCAD

3.6 PROCEDIMIENTO PARA CUMPLIR CON CADA OBJETIVO ESPECIFICO

La figura 2 muestra un diagrama de flujo que resume, de manera secuencial, el proceso llevado a cabo para cumplir con cada una de las actividades desarrolladas por los investigadores con el fin de alcanzar los objetivos específicos y así lograr el objetivo general de la investigación.

Figura 2

Procedimiento de desarrollo de la investigación



3.7 MÉTODOS

Se utilizaron los métodos deductivo e inductivo. La deducción permite establecer un vínculo de unión entre teoría y observación y permite deducir a partir de la teoría de los fenómenos objeto de observación mientras que la inducción conlleva a acumular conocimientos e informaciones aisladas (Dávila, 2006)

3.8 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.8.1 Población

En este proyecto, la población objeto de estudio está constituida por los sectores del distrito de Chirinos que no cuentan con energía eléctrica, ya que el propósito es dimensionar un sistema eléctrico fotovoltaico para cubrir la demanda energética en estos sectores. La población en una investigación se define como el conjunto total de elementos o unidades que cumplen con las características específicas del estudio y sobre los cuales se desea obtener información (Hernández et al., 2020).

3.8.2 Muestra

En este estudio, la muestra está constituida por el sector Las Piñas, caserío Cruce de Lambayeque, en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio. Este sector comprende 21 viviendas, las cuales han sido seleccionadas para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, permitiendo evaluar adecuadamente la demanda energética específica de esta muestra. Una muestra es un subconjunto de la población que se selecciona para realizar un estudio y del cual se obtienen datos para hacer inferencias sobre la población total (López, 2004)

3.8.3 Muestreo

En este proyecto, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que el número de viviendas en el sector Las Piñas es pequeño (21 viviendas) y no es necesario

aplicar métodos de muestreo probabilístico. Este enfoque permite una evaluación completa y práctica del dimensionamiento del sistema fotovoltaico, adaptándose a las limitaciones de tiempo y recursos disponibles. El muestreo se refiere al proceso de seleccionar un subconjunto de elementos de una población para realizar una investigación, con el fin de hacer inferencias sobre la población total (López, 2004).

3.9 METODOLOGÍA

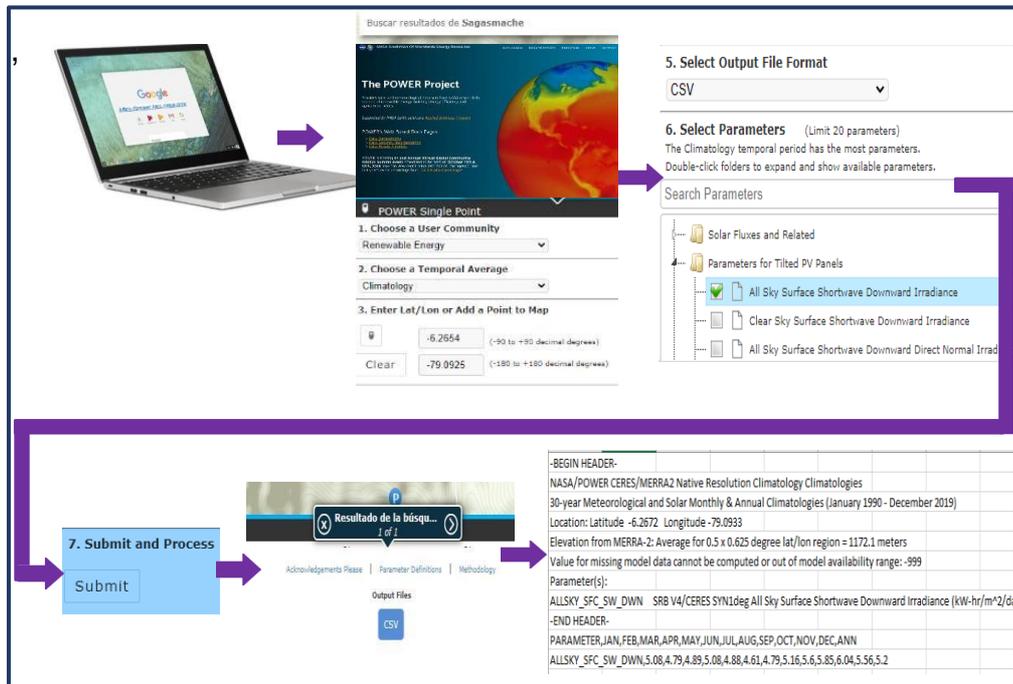
3.9.1 Diagnóstico de la Disponibilidad de Energía Solar en el Sector Las Piñas

La evaluación de la radiación solar en el sector Las Piñas se llevó a cabo utilizando la herramienta interactiva "POWER DATA ACCESS VIEWER", proporcionada por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) a través de su plataforma web (<https://power.larc.nasa.gov>). Para acceder a los datos necesarios, se ingresó a la página principal del proyecto POWER y se seleccionó el icono "POWER DATA ACCESS VIEWER", ubicado en la parte inferior derecha.

Posteriormente, se introdujeron las coordenadas geográficas del sector Las Piñas (longitud: -78.89688, latitud: -5.20999) en el campo de búsqueda, como se muestra en la Figura 2. Una vez ingresada la ubicación, se seleccionó el parámetro de radiación solar fotovoltaica, obteniendo datos mensuales promedio de radiación solar, expresados en kWh/m²/día, los cuales se presentan en la Tabla 2. Estos datos son fundamentales para evaluar la viabilidad de implementar un sistema fotovoltaico en la zona, permitiendo un diseño que cubra de manera óptima las necesidades energéticas del sector.

Figura 2

Diagrama de bloques para obtener la radiación solar



Nota. Adaptado por The POWER Project, por NASA ([NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources](https://power.nasa.gov/))

Tabla 2

Radiación solar del sector Las Piñas

Año	1	2	3	4	5
Enero	4.12	3.94	4.12	4.18	4.72
Febrero	3.82	3.69	3.67	4.13	3.65
Marzo	3.66	3.71	4.11	3.96	4.35
Abril	4.01	4.21	4.06	4.16	3.82
Mayo	3.87	3.93	3.94	3.91	3.76
Junio	3.96	3.83	4.11	3.69	4.2
Julio	3.67	4.01	3.87	3.91	3.97
Agosto	4.18	4.25	4.67	4.24	4.41
Setiembre	4.84	4.55	4.21	4.71	5.04
Octubre	4.65	4.24	4.91	4.7	5.17
Noviembre	4.63	4.56	4.85	4.6	5.08
Diciembre	3.65	4.05	4.45	4.49	4.97

Nota. Adaptado de radiación solar de National. Aeronautics and Space Administration (NASA), 2024

3.9.2 Proyección de la Población

Población del sector Las Piñas

La población del sector Las Piñas, ubicado en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, fue determinada a través de una visita de los investigadores. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Población y viviendas del sector las Piñas

SECTOR	ALTITUD (m.s.n.m.)	POBLACIÓN ENCUESTADA			VIVIENDAS		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupada	Desocupadas
Las Piñas	550	84	36	48	21	21	0

Proyección de la población del sector Las Piñas a 20 años

Para proyectar la población del sector Las Piñas a 20 años, considerando la vida útil aproximada de los paneles solares, se utilizó la siguiente fórmula, ampliamente reconocida en estudios demográficos y basada en el modelo de crecimiento exponencial. Según el Fondo de Población de las Naciones Unidas (2019), este tipo de proyección es esencial para la planificación de recursos y servicios en diversas comunidades.

$$P_n = P_o(1 + i)^{20} \dots \dots (1)$$

Donde:

P_o : Población actual

P_n : Población proyectada al año “n”

i : Tasa de crecimiento poblacional

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la tasa de crecimiento poblacional para el distrito de Chirinos es de 0.8%.

3.9.3 Demanda energética de Alumbrado Público

Actualmente, los suministros existentes en el sector Las Piñas no abastecen alumbrado público. Por lo tanto, es necesario estimar la demanda energética para este servicio. Según la norma técnica DGE "Alumbrado de vías públicas en zonas de concesión de distribución" y las regulaciones del OSINERG, el sector Las Piñas se clasifica como un sector típico SER, con un factor KALP de 6.3, según se detalla en la tabla 4.

Tabla 4

Factor KALP Según sector típico

Sector	Factor KALP
2	11,0
3	11,0
4	7,4
Ser	6,3

Nota. Reproducido de Factores KALP de Osinermining, 2022

Número de puntos de iluminación para alumbrado público.

El consumo mensual de alumbrado público se calcula con la siguiente fórmula:

$$CMAP = KALP \times NU \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

KALP : Factor de alumbrado público en kWh/usuario-mes.

NU : Número de usuarios del sector Las Piñas

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh

Para determinar el número de puntos de iluminación se usa la siguiente fórmula:

$$PI = \frac{(CMAP \times 1000)}{(NHMAP \times PPL)} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

PI : Puntos de Iluminación

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio (360horas/mes)

PPL : Potencia promedio por luminaria (70 W)

Estimación de la demanda energética para el año 2023

Se solicitó a la concesionaria Electro Oriente de San Ignacio el consumo energético en el sector Las Piñas, que actualmente es abastecido de manera informal desde el caserío Lambayeque.

Proyección de la demanda energética a 20 años

Considerando una tasa de crecimiento anual de 2%, de acuerdo con la guía de DGPI (2011), se proyecta el consumo energético para los próximos 20 años.

3.9.4 Determinar los parámetros de diseño del sistema fotovoltaico

Determinación del tamaño del sistema fotovoltaico

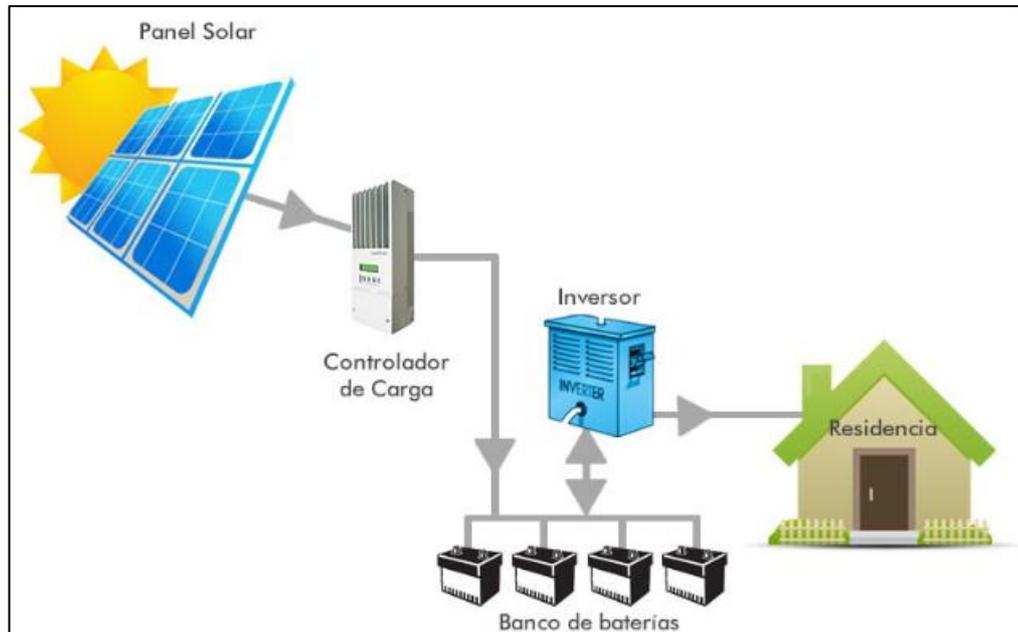
Para Humpire (2015) “Un sistema fotovoltaico es un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar las siguientes funciones”. (pág. 49)

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar la energía eléctrica (En aplicaciones aisladas de la red)
- Proveer la energía producida y/o almacenada.

Para dimensionar correctamente el sistema fotovoltaico, se deben realizar los cálculos de manera precisa, que a continuación se muestra:

Figura 3.

Esquema de instalación aislada



Nota: Adaptado por *Eficiencia V*, ([Placas Solares Fotovoltaicas en Cádiz: Sistema de Autoconsumo Fotovoltaico, Bombeo Solar y Aislada](#))

Determinación de la Demanda Energética Diaria

El primer paso fue conocer cuánta energía necesitó el sector Las Piñas cada día. Para calcular el consumo energético diario proyectado a 20 años, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo energético diario total} = \frac{\text{consumo anual}}{365 \text{días}} \dots \dots (5)$$

Teniendo dos consumos uno por parte de la proyección de año 20 de los usuarios y el otro que es el consumo del alumbrado calculado al año, se calcula:

$$\text{Consumo energético diario total} = \frac{\text{Usuariol al año 20} + \text{Alumbrado publico}}{365 \text{ días}}$$

Ajuste por la Eficiencia del Sistema

Los sistemas fotovoltaicos no operan con una eficiencia del 100%. La eficiencia real depende de varios factores, como las pérdidas en el inversor, las baterías, la suciedad en los paneles, entre otros. La eficiencia del sistema se considera según la eficiencia de los componentes a partir de la generación, la eficiencia del inversor y reguladores son 93% y 99.9% respectivamente, la batería se establece según su autodescarga que según la ficha técnica es del 3% lo que deja una eficiencia del 97%.

En cuanto a los cables, según la normativa IEEE, se permite una caída de tensión máxima del 3%, lo cual implica que el voltaje que llega a la carga es al menos el 97% del voltaje suministrado por la fuente. Esta relación puede interpretarse como una eficiencia mínima del 97% en la conducción eléctrica a través de los cables, siempre que se mantenga constante la carga conectada. Esto se debe a que, si la misma carga demanda una corriente fija, la caída de tensión en los cables representa directamente una pérdida de energía en forma de calor. En ese contexto, una caída de tensión del 3% indica que el 3% de la energía se disipa en los cables y el 97% restante es efectivamente aprovechado por la carga. Por tanto, bajo estas condiciones, es razonable concluir que los cables operan con una eficiencia mínima del 97. Siendo así se tiene un rendimiento total del sistema en 87%:

$$E_{Di} = \frac{C_{ed}}{E_{ps}} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

E_{Di} : Demanda Energética por día (kW)

C_{ed} : Consumo Eléctrico diario (kW)

E_{ps} : Eficiencia del sistema fotovoltaico (%)

Determinación de la hora solar pico en horas

La hora solar pico (HSP) se refiere a la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie, asumiendo una radiación constante de 1000 W/m^2 .

Este valor puede variar dependiendo de la ubicación geográfica donde se estudio, así como la época del año en que se realizó la medición.

Paneles Solares:

Para Valdiviezo (2014) "Un panel fotovoltaico es la conexión de varias células en paralelo y/o en serie, se conectan en serie para aumentar la corriente y en paralelo para incrementar el voltaje".

La energía producida por cada panel solar, E_{PS} , se calcula con la siguiente ecuación:

$$E_{PS} = HSP \times I_{max} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

E_{PS} : Energía producida por el panel solar(W)

HSP : Hora solar pico en hora (W/m^2)

I_{max} : Corriente de máxima potencia en amperios (A)

Cálculo de la Energía Requerida por el Sistema

La energía requerida por el sistema se calculó usando la ecuación:

$$E_{rs} = \frac{E_{Di}}{T_s} \times 1000 \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

E_{rs} : Energía requerida del sistema en amperios-hora (Ah).

E_{Di} : Demanda energética por día en kWh.

T_s : Tensión del sistema en voltios (V).

Determinación del Número de Módulos Fotovoltaicos

El número de módulos fotovoltaicos necesarios, N_{mf} , se calculó dividiendo la energía requerida del sistema entre la energía producida por un panel solar:

$$N_{mf} = \frac{E_{rs}}{E_{ps}} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

N_{mf} : Numero de módulos fotovoltaicos

E_{rs} : Energía requerida del sistema en amperios-hora (Ah).

E_{ps} : Energía producida por el panel solar(W)

Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos en Serie

El número de módulos en serie, N_{ms} , se calculó dividiendo la tensión del sistema entre la tensión nominal de un módulo fotovoltaico:

$$N_{ms} = \frac{V_{st}}{V_{mf}} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

N_{ms} : Numero de módulos en serie

V_{st} : Voltaje del sistema fotovoltaico

V_{mf} : Voltaje del módulo fotovoltaico

Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos en Paralelo

Finalmente, el número de módulos en paralelo, N_{mp} , se determinó dividiendo el número total de módulos fotovoltaicos entre la cantidad de módulos en serie:

$$N_{mp} = \frac{N_{mf}}{N_{ms}} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

N_{mp} : Numero de módulos en paralelo

N_{mf} : Numero de módulos fotovoltaicos

N_{ms} : Numero de módulos en serie

Figura 4

Paneles solares



Nota. Adaptado por *Elergone Energía*, 2016 (CENTRAL FOTOVOLTAICA DE 15 kWp - Elergone Energía)

Selección del Controlador de Carga para el Sistema Fotovoltaico

Para Salto (2018) El controlador “Tiene como función principal la correcta carga y descarga de la batería, protegiendo y alargando la vida útil de las baterías”

Corriente Mínima del Controlador:

Para seleccionar el controlador de carga adecuado, es esencial calcular la corriente mínima que debe soportar, con la siguiente ecuación:

$$I_c = I_{ccm} \times N_{mfp} \times F_s \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

I_c : Corriente mínima del controlador (A)

I_{ccm} : Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico (A)

N_{mfp} : Número de módulos fotovoltaicos conectados en paralelo.

F_s : es el factor de seguridad, que se tomó como 1.25 para asegurar un margen adecuado.

Cantidad de Controladores

Una vez determinada la corriente mínima que debía soportar el controlador, se calculó el número de controladores necesarios utilizando la ecuación siguiente:

$$N_{ctr} = \frac{I_c}{I_{cs}} \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

N_{ctr} : Número de controladores

I_c : Corriente mínima del controlador (A)

I_{cs} : Corriente del controlador seleccionado (A)

Distribución de Módulos por Controlador

Finalmente, se calculó la distribución de los módulos fotovoltaicos en ramas por cada controlador utilizando la ecuación siguiente:

$$N_{rpc} = \frac{N_{mf}}{N_c} \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

N_{rpc} : Número de ramas por regulador

N_{mf} : Número de módulos fotovoltaicos

N_c : Número de controladores

Figura 5

Controlador MPPT



Nota: Adaptado por Autosolar, <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-smartsolar-mppt-250v-85a-victron>

Selección de las Baterías para el Sistema Fotovoltaico

Para Flores (2024). “Las baterías solares son dispositivos que se encargan de almacenar la energía proporcionada en los paneles solares y poder ser utilizados en horarios nocturnos o en días nublados” (pág. 40).

Capacidad Mínima del Banco de Baterías

La primera etapa en la selección de las baterías consistió en determinar la capacidad mínima del banco de baterías necesario para cubrir la demanda energética diaria del sector Las Piñas, según Espinoza y Zanoni (2021), para una central fotovoltaica se puede utilizar como mínimo un período de autonomía de 2 días, este sería el periodo de carga y descarga de las baterías es decir que el día de carga estaría incluido dentro de estos dos días. Esta capacidad se calculó utilizando la ecuación siguiente:

$$C_{mba} = N_D \times E_{Di} \dots \dots \dots (15)$$

C_{mba} : Capacidad mínima del banco de baterías (Ah)

E_{Di} : Demanda energética diaria

N_D : Días de autonomía

Capacidad Ajustada del Banco de Baterías

Posteriormente, se ajustó esta capacidad mínima teniendo en cuenta la profundidad de descarga (DOD), que indica el porcentaje de la capacidad total de la batería que puede ser utilizada sin dañarla.

$$C_{ab} = \frac{C_{mba}}{P_d V_s} \dots \dots \dots (16)$$

Donde:

C_{ab} : Capacidad ajustada del banco de baterías (Ah)

C_{mba} : Capacidad mínima del banco de baterías (kwh)

P_d : Profundidad de descarga (%)

V_s : Voltaje de trabajo del sistema fotovoltaico (V)

Configuración en Serie y Paralelo de las baterías

Con la capacidad ajustada del banco de baterías calculada, se procedió a determinar la cantidad de baterías necesarias tanto en configuración en serie como en paralelo.

Configuración en Serie

Para alcanzar el voltaje de trabajo del sistema de 48 V, fue necesario calcular cuántas baterías de 12 V debían conectarse en serie, con la siguiente ecuación:

$$N_{bs} = \frac{V_s}{V_b} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

N_{bs} : Número de baterías en serie

V_s : Voltaje de trabajo del sistema fotovoltaico (V)

V_b : Voltaje de la batería (V)

Configuración en Paralelo

Para satisfacer la capacidad ajustada del banco de baterías, se calculó el número de baterías que se deben conectar en paralelo, con la siguiente ecuación:

$$N_{bp} = \frac{C_{ab}}{C_b} \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

N_{bp} : Número de baterías en paralelo

C_{ab} : Capacidad ajustada del banco de baterías (Ah)

C_b : Capacidad nominal de cada batería (Ah)

Número Total de Baterías

Finalmente, el número total de baterías necesarias para el sistema fotovoltaico se calculó multiplicando el número de baterías en serie por el número de baterías en paralelo, con la siguiente ecuación:

$$N_{ba} = N_{bp} \times N_{bs} \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

N_{ba} : Número total de baterías

N_{bs} : Número de baterías en serie

N_{bp} : Número de baterías en paralelo

Figura 6

Baterías Solares



Nota: Adaptado por SOLPRO, (imagen), <https://solproenergiasolar.com/como-hacer-el-mantenimiento-de-las-baterias-solares/>

Selección de los inversores para el Sistema Fotovoltaico

Para Guerra (2021). “La función principal del inversor DC/AC es acondicionar la potencia del sistema. Dicho de otra forma, realiza la transformación de energía continua y alterna cumpliendo con determinados requisitos de frecuencia, tensión eficaz, corriente y eficiencia. Así como la distorsión armónica de las ondas de tensión y corriente, entre otros” (pag.56).

Cálculo de la Potencia Requerida

Para garantizar que el sistema fotovoltaico en el sector Las Piñas suministre adecuadamente energía en corriente alterna a 220V, primero se calculó la potencia requerida para el inversor. Esta potencia depende de la potencia del sistema fotovoltaico y de la eficiencia del inversor.

$$P_{sf} = \frac{E_{di}}{HSP} \dots \dots \dots (20)$$

Donde:

P_{sf} : Potencia del sistema fotovoltaico

E_{di} : Energía diaria requerida (kWh)

HSP : Horas solar pico (h)

Sin embargo, para calcular la potencia real que el inversor debe suministrar, se debe tener en cuenta la eficiencia del inversor. Por lo tanto, la potencia real requerida del inversor (P_{ri}) se calculó con la ecuación siguiente:

$$P_{ri} = \frac{P_{sf}}{\eta_i} \dots \dots \dots (21)$$

Donde:

P_{ri} : Potencia requerida del inversor (kW)

P_{sf} : Potencia de carga del sistema fotovoltaico (kW)

η_i : Eficiencia del inversor (%)

Cantidad de Inversores

Una vez calculada la potencia total que debe suministrar el inversor, se seleccionó un inversor de la marca Victron con una potencia nominal de 5 kW y un voltaje de operación de 48V. Para determinar la cantidad total de inversores necesarios, se utilizó la siguiente ecuación:

$$N_{in} = \frac{P_{ri}}{P_{in}} \dots \dots \dots (22)$$

Donde:

N_{in} : Número total de inversores

P_{ri} : Potencia requerida del inversor (kW)

P_{in} : Potencia nominal del inversor seleccionado (kW)

Los inversores seleccionados son compatibles con el banco de baterías, el cual tiene un voltaje de 48V, lo que garantiza una integración eficiente con el sistema de almacenamiento de energía.

Figura 7

Inversor



Nota: Adaptado por Branatech, <https://energiasolares.mx/lo-que-deben-saber-sobre-los-inversores-para-sistemas-de-paneles-solares/>

Cálculo de Conductores

Para el sistema fotovoltaico propuesto en el sector Las Piñas, se establecieron cuatro tramos de cableado, los cuales fueron determinados en función de las conexiones principales dentro del sistema. Los tramos del sistema fotovoltaico se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5*Tramos del Sistema Fotovoltaico*

Tramo	Descripción
Tramo 1	Panel – Regulador
Tramo 2	Regulador – Baterías
Tramo 3	Regulador – Inversor
Tramo 4	Inversor – Tablero

Cada uno de estos tramos fue analizado para determinar la corriente (intensidad) que circula por el conductor, tomando en cuenta la distancia del tramo y las especificaciones de potencia y tensión. La intensidad de corriente para cada tramo se calculó con base en la potencia de carga, la tensión del sistema y la eficiencia de conversión energética, y los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6*Intensidad por tramo en el sistema fotovoltaico*

Tramo	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)
Tramo 1	12,580	48	344.85
Tramo 2	12,580	48	344.85
Tramo 3	5,000	48	560.04
Tramo 4	12,580	220	79.42

Cálculo de la Sección del Conductor

El segundo parámetro a considerar para la selección del cable es la caída de tensión permitida en cada tramo. Esta se calculó según la longitud, la corriente de cada tramo y la potencia transportada. La caída de tensión permisible se determinó siguiendo la normativa de sistemas fotovoltaicos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7

Caída de tensión permisible por tramo

Tramo	Descripción	Caída Máxima	Caída Recomendada
Tramo 1	Panel – Regulador	3%	1%
Tramo 2	Regulador – Baterías	1%	0.50%
Tramo 3	Regulador – Inversor	1%	1%
Tramo 4	Inversor – Tablero	1.50%	0.50%

Para el cálculo de la sección mínima del conductor (S_{ca}) se utilizó la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{2xLxI}{56xS_{ca}} \dots \dots \dots (23)$$

Donde:

ΔV : caída de tensión (V)

L : Longitud del tramo (m)

I : Corriente de cada tramo del sistema fotovoltaico (A)

S_{ca} : Sección del conductor (mm²).

Cálculo del Ángulo de Inclinación de los Paneles

El ángulo óptimo de inclinación (β_{op}) para los paneles solares depende de la latitud del lugar. Para calcular este ángulo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\beta_{op} = 3,7 + (0,69 + |\varphi|) \dots \dots \dots (24)$$

Donde:

β_{op} : Ángulo de inclinación óptimo (°)

$|\varphi|$: Latitud de la ubicación, sin signo.

Selección de Fusibles

Para proteger el sistema y los conductores, se seleccionaron fusibles cuya corriente nominal (I) cumpla con la relación:

$$I_n \leq I \leq I_z$$

Donde:

I_n : Corriente de diseño de circuito correspondiente (A)

I : Corriente nominal del fusible (A)

I_z : Corriente máxima admisible del conductor protegido (A)

Selección del transformador de aislamiento

Los transformadores de aislamiento proporcionan un aislamiento galvánico entre las líneas de alimentación de CA (red) y el dispositivo alimentado. Eso significa que no hay un camino de corriente continua entre los dos devanados.

La selección del transformador se basa en los datos ya obtenidos sobre todo en las especificaciones del inversor y del proyecto.

3.9.5 Evaluación del Impacto en el Medio Ambiente

En la actualidad, un gran porcentaje de la energía eléctrica que utilizamos se origina en fuentes no renovables. Esto está llevando a su agotamiento progresivo, lo que perjudica a las generaciones futuras. Además, este tipo de recursos tiene un impacto significativo en el medio ambiente, causando altos niveles de contaminación.

Para Collado (2009) Las energías renovables son las más “respetuosas con el medio ambiente que las no renovables, ya que no producen emisiones contaminantes ni residuos tóxicos o radioactivos. Entre ellas, la solar fotovoltaica ha sido identificada en diversos estudios como la que genera electricidad con los menores impactos ambientales”. (pág. 52).

Ingreso por bonos de carbono

Para determinar el ingreso por bonos de carbono, es necesario contar con el consumo eléctrico (C_E), es el uso de energía en un año completo y se obtiene multiplicando la energía diaria consumida (E_{di}) por el número de días en el año ($N_{días/año}$). Este cálculo

representa la cantidad de energía utilizada por el usuario en la red eléctrica proporcionada por terceros en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), el cual se determina con la fórmula siguiente:

$$C_E = E_{Di} \times N_{días*año} \dots \dots \dots (25)$$

Donde:

C_E : Es el consumo de electricidad del SEIN, generada por un tercero. (KWh/año MWh/año)

E_{Di} : Energía consumida diaria (kWh/día) $N_{días*año}$

Emisiones de GEI Evitadas

Las emisiones de GEI evitadas (EGEI) representan la cantidad de dióxido de carbono equivalente que no se emite debido al uso de energía solar en lugar de electricidad convencional del SEIN. Este valor se calcula multiplicando el consumo eléctrico anual (C_E) por el factor de emisión del SEIN (F_e), el cual indica cuántas toneladas de CO_2 se liberan por cada megavatio-hora (MWh) consumido, el cual se calculan con la siguiente fórmula:

$$E_{GEI} = C_E \times F_e \dots \dots \dots (26)$$

Donde:

E_{GEI} : Emisiones GEI por consumo de electricidad (tCO₂)

C_E : Es el consumo de electricidad del SEIN, generada por un tercero.

F_e : Factor de emisión por consumo de energía eléctrica del SEIN (0.2611 tCO₂/MWh).

Ingreso anual por bonos de carbono

Es el dinero obtenido por la venta de derechos de emisión de carbono, conocidos como bonos. Cada bono de carbono representa una tonelada de CO_2 que no se emite gracias al uso de energía solar. El cálculo toma las emisiones evitadas anualmente (EGEI), se multiplica por el precio por bono (C_{bono}) en dólares que actualmente está en 12 dólares y finalmente se convierte a soles utilizando el tipo de cambio de 3.73 soles (T_{cambio}).

Este resultado refleja el beneficio económico por mitigar el impacto ambiental, el cual se calcula con la ecuación siguiente:

$$Ingreso\ anual\ por\ bonos = E_{GEI} \times C_{bono} \times T_{cambio} \dots (27)$$

3.9.6 Evaluación Económica de la Implementación del Sistema

Fotovoltaico

Cálculo del costo de inversión inicial

El primer paso consiste en determinar el costo total de inversión inicial, que incluye los costos de suministro de materiales, costo de montaje y transporte de los componentes del sistema fotovoltaico, en el anexo 04 se muestran los presupuestos desagregados por partidas y los costos unitarios desarrollados por la empresa que brindo la cotización.

Ingreso estimado

Para proyectar los ingresos por la venta de energía, se toma como referencia el consumo actual del sector Las Piñas, proporcionado por la empresa concesionaria, a través de los tres suministros.

Facturación de Consumo en kWh en el Primer Año

La empresa encargada de operar la central fotovoltaica debe ser Electro Oriente S.A., concesionaria responsable del suministro eléctrico en la zona, garantizando así la continuidad del servicio bajo la regulación vigente. Con el fin de evaluar la viabilidad económica del sistema, se calculará el Costo Nivelado de la Energía (LCOE, por sus siglas en inglés), el cual permitirá determinar el costo real de generación de cada kilovatio-hora (kWh) producido por el sistema fotovoltaico. El LCOE se calculará mediante la siguiente ecuación.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t + O_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \dots \dots \dots (28)$$

Donde:

C_t : Costo de inversión en el año t

O_t : Costo operativos en el año t

M_t : Costo de mantenimiento en el año t

E_t : Energía generada en el año t

r: tasa de descuento

n: Vida útil del sistema

Proyección del consumo y ventas de energía

Es la evolución del consumo de energía y los ingresos por la venta de energía durante 20 años, se tiene que tener en consideración que el año cero se ha considerado un consumo de 0 por que la proyección mostrada es sobre la generación fotovoltaica porque el primer año la central fotovoltaica no generaría ningún kWh debido a que ese es el año de instalación.

3.9.7 Flujo de Caja Económica Proyectado para el Dimensionamiento del Sistema Eléctrico Fotovoltaico.

El flujo de caja económico refleja los ingresos, costos y flujos netos proyectados para el proyecto. Los ingresos provienen de dos fuentes principales: la venta de energía eléctrica y la comercialización de bonos de carbono. En cuanto a los egresos, se incluyen los costos iniciales de instalación y los costos anuales de operación y mantenimiento.

Evaluación Económica: Indicadores VAN y TIR

Para determinar la viabilidad económica del proyecto, se calcularon dos indicadores financieros clave: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Estos indicadores ayudan a evaluar si el proyecto generará un retorno adecuado sobre la inversión inicial.

Cálculo del Valor Actual Neto (VAN):

Para determinar este indicador financiero se tiene en cuenta la ecuación siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{s=1}^n \frac{F_s}{(1+i)^s} \dots \dots \dots (29)$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial

F_s : Flujo de caja neto anual en el año

i : Tasa de descuento (10% o 0.10)

n : Número de años (20 años)

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se obtuvo como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, es decir la fórmula se convierte en la siguiente ecuación:

$$I_0 = \sum_{n=1}^n \frac{Rn}{(1+TIR)^n} \dots \dots \dots (30)$$

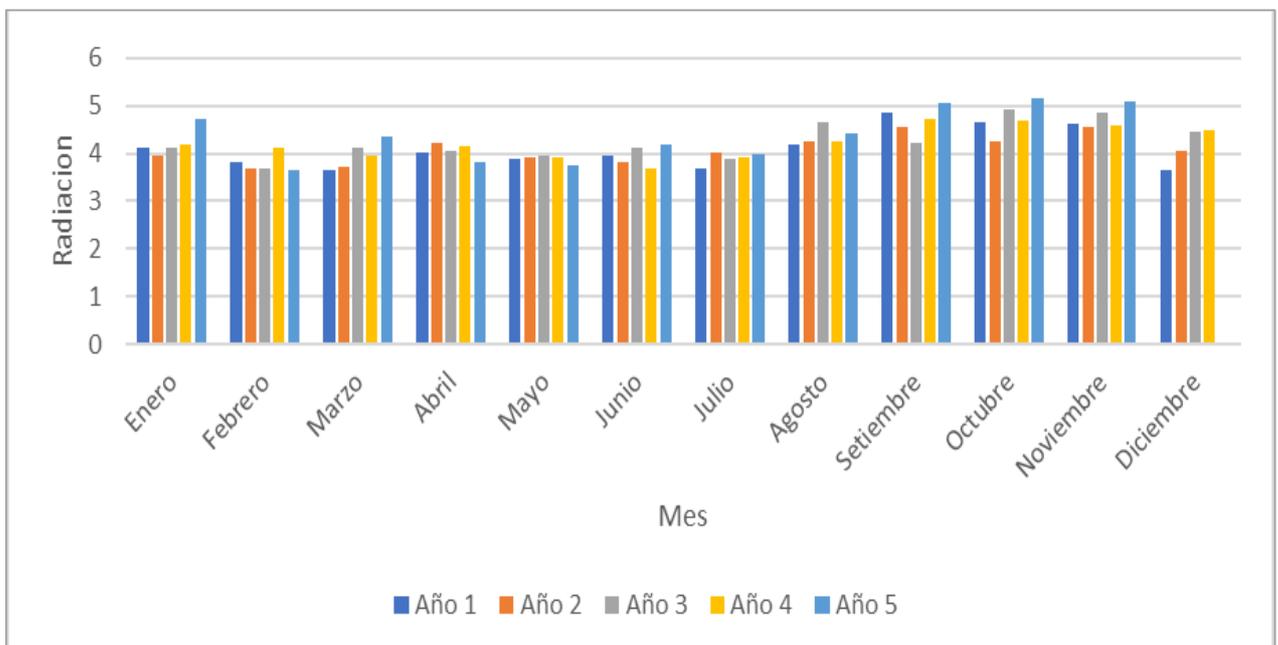
IV. RESULTADOS

4.1 DIAGNÓSTICO DE LA DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA SOLAR EN EL SECTOR LAS PIÑAS

El diagnóstico de la radiación solar en el sector Las Piñas, realizado utilizando la herramienta interactiva POWER DATA ACCESS VIEWER de la NASA, ha proporcionado datos clave para evaluar la viabilidad de un sistema fotovoltaico en la zona. Los resultados obtenidos indican un comportamiento mensual de la radiación solar, expresada en kWh/m²/día, con variaciones esperadas a lo largo del año, las cuales se detallan en la figura 8.

Figura 8

Gráfico de Radiación Solar



Nota. Radiación solar de los últimos 5 años en el sector las Piñas

Los resultados obtenidos sobre la radiación solar en el sector Las Piñas muestran una variación moderada a lo largo del año, con valores que oscilan entre un mínimo de 3.65 kWh/m²/día en febrero y un máximo de 5.17 kWh/m²/día en octubre. El promedio en 5 años es de 4.20 kWh/m²/día es un indicador favorable para la implementación de un

sistema fotovoltaico, ya que garantiza una cantidad adecuada de radiación solar durante la mayor parte del año. Los meses con mayor radiación, como octubre y noviembre, ofrecen un excelente potencial para maximizar la generación de energía solar, mientras que los meses con menor radiación, como febrero y marzo, presentan una menor, pero aún aceptable, disponibilidad energética. Este comportamiento estacional sugiere que un sistema fotovoltaico bien dimensionado puede satisfacer las necesidades energéticas del sector, aprovechando los meses de mayor irradiación para compensar posibles disminuciones durante los meses de baja radiación, lo cual refuerza la viabilidad de un proyecto de electrificación rural en la zona mediante energía solar.

4.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO

Proyección de la población del sector las Piñas a 20 años

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$P_n = P_o(1 + i)^{20}$$

P_o : Población actual (84)

P_n : Población proyectada al año "n"

i : Tasa de crecimiento poblacional (0.8%)

$$P_{20} = 84(1 + 0.8/100)^{20}$$

$$P_{20} = 99 \text{ pobladores}$$

Una vez proyectada la población a 20 años, se determina el número de viviendas dividiendo la población proyectada entre el promedio de personas por hogar:

$$N_{vivienda} = \frac{Pobl_{20}}{Pph}$$

$Pobl_{20}$: Población al año 20 (99)

Pph : Personas promedio por hogar (4)

$$N_{Vivienda} = \frac{99}{4}$$

$$N_{Vivienda} = \frac{99}{4} = 24.75$$

$$N_{Vivienda} = 25 \text{ vivienda}$$

La tabla 8 presenta los datos actuales de población y viviendas del sector Las Piñas, así como una proyección a 20 años considerando una tasa de crecimiento del 0.8%. Se incluye información sobre el número de viviendas actual y estimado para el futuro, basado en la cantidad promedio de personas por hogar.

Tabla 8

Población y Viviendas del Sector Las Piñas

Elemento	Descripción	Cantidad de personas/viviendas
Población Actual	Total de habitantes en el sector Las Piñas.	84 personas
Proyección Poblacional (20 años)	Proyección de la población considerando una tasa de crecimiento del 0.8%.	99 personas
Número de Viviendas Actual	Cálculo del número total de viviendas en el año 2023.	21 viviendas
Promedio de Personas por Hogar	Promedio de personas que habitan en cada vivienda.	4 personas
Número de Viviendas Proyectadas (20 años)	Cálculo del número total de viviendas basado en la proyección poblacional.	25 viviendas

Demanda energética de Alumbrado Público

Consumo mensual del alumbrado público

$$CMAP = KALP \times NU$$

Donde:

KALP : Factor de alumbrado público en kWh/usuario-mes (6.3)

NU : Número de usuarios del sector Las Piñas (25)

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh

$$CMAP = 6.3 \times 25$$

$$CMAP = 158 \text{ kWh/mes}$$

Para determinar el número de puntos de iluminación se usa la siguiente fórmula:

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

Donde:

PI : Puntos de iluminación

NHMAP: Número de horas mensuales del servicio (360horas/mes)

PPL : Potencia promedio por luminaria (70 W)

CMAP: Consumo mensual del alumbrado público (158 kWh)

$$PI = \frac{(158 \times 1000)}{(360 \times 70)}$$

$$PI = 6.27 \cong 6$$

El número de luminarias necesarias es de 6, tal como se muestra en la Tabla 9

Tabla 9

Puntos de Iluminación para el Sector las Piñas

Parámetro	Cantidad	Unidad
PI	6.269	Luminarias
PI*	6	Luminarias
CMAP	158	kWh/mes
CMAP	1896	kWh/año
NHMAP	360	h/mes
PPL	70	W

Nota. El valor PI* se toma debido a que no se puede fraccionar la luminaria.

4.3 DEMANDA ENERGÉTICA ACTUAL Y PROYECTADA PARA EL SECTOR LAS PIÑAS

4.3.1 Estimación de la demanda energética para el año 2023

Los datos proporcionados se detallan en la Tabla 10

Tabla 10

Consumo energético registrado en el Sector las Piñas

Mes/año	Suministro			Total Consumo (kWh)
	31172996 Consumo (kWh)	36452694 Consumo (kWh)	31173240 Consumo (kWh)	
Dic-22	25.00	143.00	358.00	526.00
Ene-23	1660.00	35.00	250.00	1945.00
Feb-23	16.00	370.00	480.00	866.00
Mar-23	49.00	373.00	408.00	830.00
Abr-23	26.00	286.00	427.00	739.00
May-23	19.00	286.00	300.00	605.00
Jun-23	1204.00	347.00	379.00	1930.00
Jul-23	261.00	266.00	779.00	1306.00
Ago-23	312.00	468.00	522.00	1302.00
Set-23	879.00	659.00	827.00	2365.00
Oct-23	565.00	309.00	357.00	1231.00
Nov-23	813.00	335.00	808.00	1956.00
Total del año				15601.00

Nota. En esta tabla se detalla la energía consumida en un año en el sector las Piñas, según la concesionaria.

4.3.2 Proyección de la demanda energética a 20 años

Con un consumo energético total en 2023 de 15,601 kWh y considerando una tasa de crecimiento anual de 2%, de acuerdo con la guía de DGPI (2011), se proyecta el consumo energético para los próximos 20 años, tal como se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11

Crecimiento de la demanda energética a 20 años

Año	Consumo (kWh)
0	15601.00
1	15913.02
2	16231.28
3	16555.91
4	16887.02
5	17224.76
6	17569.26
7	17920.65
8	18279.06
9	18644.64
10	19017.53
11	19397.88
12	19785.84
13	20181.56
14	20585.19
15	20996.89
16	21416.83
17	21845.17
18	22282.07
19	22727.71
20	23182.27

4.4 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para dimensionar correctamente el sistema fotovoltaico, se deben realizar los cálculos de manera precisa, que a continuación se muestra:

Determinación de la Demanda Energética Diaria

Para calcular el consumo energético diario proyectado a 20 años, se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_{ed} = \frac{\text{consumo anual}}{365 \text{ dias}}$$

Teniendo dos consumos uno por parte de la proyección de año 20 de los usuarios y el otro que es el consumo del alumbrado calculado al año, se calcula:

$$C_{ed} = \frac{\text{Usuario al año 20} + \text{Alumbrado publico}}{365 \text{ dias}}$$

$$C_{ed} = \frac{23182.27 \text{ kWh} + 1896 \text{ kWh}}{365 \text{ dias}}$$

$$C_{ed} = \frac{68.71 \text{ kWh}}{\text{día}}$$

Ajuste por la Eficiencia del Sistema

Se calcula usando la siguiente formula:

$$E_{Di} = \frac{C_{ed}}{E_{ps}}$$

Donde:

E_{Di} : Demanda Energética por día (kW)

C_{ed} : Consumo Eléctrico diario (kW)

E_{ps} : Eficiencia del sistema fotovoltaico (0.87)

$$E_{Di} = \frac{68.71 \text{ kWh}}{0.87}$$

$$E_{Di} = 78.98 \text{ kWh/día}$$

La tabla 12 se muestra la demanda energética actual del sector Las Piñas, junto con una proyección de consumo energético a 20 años basada en un crecimiento estimado del 2%. También se presenta la demanda energética diaria y el ajuste requerido para un sistema fotovoltaico con una eficiencia del 87%.

Tabla 12*Demanda Energética Actual y Proyectada para el Sector Las Piñas*

Elemento	Descripción	Valor
Demanda Energética Actual	Consumo energético total registrado en el sector.	15,601 kWh/año
Proyección Demanda Energética (20 años)	Estimación del consumo energético a futuro con un crecimiento del 2%.	23,182.27 kWh/año
Demanda Energética Diaria	Consumo energético diario proyectado.	68.71 kWh/día
Demanda Energética Ajustada	Ajuste por eficiencia del sistema fotovoltaico (87%).	78.98 kWh/día

La demanda energética actual del sector Las Piñas es de 15,601 kWh/año. Con un crecimiento poblacional y de consumo del 2% anual, se proyecta que en 20 años esta demanda alcanzará los 23,182.27 kWh/año. Esto implica un consumo energético diario promedio de 68.71 kWh/día. Sin embargo, considerando una eficiencia global con todos los componentes del sistema es del 87%, la demanda energética ajustada necesaria para satisfacer las necesidades energéticas del sector será de 78.98 kWh/día. Estos valores serán fundamentales para diseñar un sistema fotovoltaico que cubra la demanda futura de manera eficiente y sostenible.

4.5 PARÁMETROS DE DISEÑO ENERGÉTICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Determinación de la hora solar pico en horas

Considerando las condiciones de radiación solar menos favorables para el sector las piñas, Se seleccionó el panel solar ECO Green EOS de 24V y 340W, con una corriente máxima de 8.85A (Ver anexo 01) y con un periodo de hora solar pico (HSP) de 3.65 horas.

La energía producida por cada panel solar, E_{PS} , se calculó con la siguiente ecuación:

$$E_{PS} = HSP \times I_{max}$$

Donde:

E_{PS} : Energía producida por el panel solar(W)

HSP : Hora solar pico en hora ($3.65W/m^2$)

I_{max} : Corriente de máxima potencia en amperios (8.85A)

$$E_{PS} = 3.65 \times 8.85$$

$$E_{PS} = 32.30 \text{ Ah}$$

Cálculo de la Energía Requerida por el Sistema

La energía requerida por el sistema se calculó usando la ecuación:

$$E_{rs} = \frac{E_{Di}}{T_s}$$

Donde:

E_{rs} : Energía requerida del sistema en amperios-hora (Ah).

E_{Di} : Demanda energética por día en kWh (78.98kWh)

T_s : Tensión del sistema en voltios (48V).

$$E_{rs} = \frac{78.98 \text{ kWh}}{48 \text{ V}} \times 1000$$

$$E_{rs} = 1645.42 \text{ Ah}$$

Determinación del Número de Módulos Fotovoltaicos

El número de módulos fotovoltaicos necesarios, N_{mf} , se calculó dividiendo la energía requerida del sistema entre la energía producida por un panel solar:

$$N_{mf} = \frac{E_{rs}}{E_{ps}}$$

Reemplazando los valores:

$$N_{mf} = \frac{1645.42 \text{ Ah}}{32.30 \text{ Ah}} = 50.94 \cong 51$$

$$N_{mf} = 51 \text{ paneles}$$

Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos en Serie

El número de módulos en serie, N_{ms} , se calculó dividiendo la tensión del sistema entre la tensión nominal de un módulo fotovoltaico:

$$N_{ms} = \frac{V_{st}}{V_{mf}}$$

Donde:

N_{ms} : Número de módulos en serie

V_{st} : Tensión del sistema (48V)

V_{mf} : Tensión del módulo (24V)

$$N_{ms} = \frac{48 V}{24V}$$

$$N_{ms} = 2 \text{ módulos en serie}$$

Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos en Paralelo

Finalmente, el número de módulos en paralelo, N_{mp} , se determinó dividiendo el número total de módulos fotovoltaicos entre la cantidad de módulos en serie:

$$N_{mp} = \frac{N_{mf}}{N_{ms}}$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$N_{mp} = \frac{51 \text{ módulos}}{2 \text{ módulos}}$$

$$N_{mp} = 26 \text{ módulos en paralelo}$$

Teniendo en cuenta que se utilizaran 2 paneles en serie y 26 en paralelo la cantidad de paneles totales sería de 52 paneles.

La tabla 13 presenta los principales parámetros energéticos necesarios para dimensionar un sistema fotovoltaico en el sector Las Piñas, incluyendo la demanda

diaria, el promedio de horas solares efectivas, la energía generada por cada panel y la configuración óptima de los módulos en serie y paralelo.

Tabla 13

Parámetros de Diseño Energético del Sistema Fotovoltaico

Elemento/Equipo	Descripción	Valor
Energía Diaria Requerida (E_{Di})	Demanda energética diaria total.	78.98 kWh/día
Hora Solar Pico (HSP)	Promedio de horas solares efectivas por día en el sector.	3.65 horas
Energía Producida por Panel (E_{PS})	Energía generada por cada panel solar.	32.30 Ah
Energía Requerida del Sistema (E_{rs})	Energía requerida del sistema en amperios-hora (Ah).	1645.42 Ah
Número de Módulos Fotovoltaicos (N_{mf})	Total de módulos necesarios para cubrir la demanda energética diaria.	52 paneles
Configuración en Serie (N_{ms})	Número de módulos necesarios en serie para alcanzar el voltaje del sistema.	2 módulos en serie
Configuración en Paralelo (N_{mp})	Número de módulos necesarios en paralelo.	26 módulos en paralelo

Para satisfacer la demanda energética diaria de 78.98 kWh en el sector Las Piñas, se requiere una configuración de 52 paneles fotovoltaicos, distribuidos en 2 módulos en serie y 26 módulos en paralelo. Cada panel generará aproximadamente 32.30 Ah de energía, lo cual es suficiente para cubrir la energía requerida del sistema, que es de 1645.42 Ah. Con un promedio de 3.65 horas solares pico diarias, el sistema está diseñado para operar eficientemente en función de las condiciones climáticas locales, garantizando un suministro adecuado de energía eléctrica a lo largo del día.

4.6 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA EL CONTROL Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Selección del Controlador de Carga para el Sistema Fotovoltaico

Corriente Mínima del Controlador:

Para seleccionar el controlador de carga adecuado, es esencial calcular la corriente mínima que debe soportar, con la siguiente ecuación siguiente:

$$I_c = I_{ccm} \times N_{mfp} \times F_s$$

Donde:

I_c : Corriente mínima del controlador (A)

I_{ccm} : Corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico (9.23A)

N_{mfp} : Número de módulos fotovoltaicos conectados en paralelo (26)

F_s : Factor de seguridad (1.25)

Reemplazando:

$$I_c = 9.23 \times 26 \times 1.25$$

$$I_c = 299.98 \text{ A}$$

La corriente mínima que debía manejar el controlador fue de 299.98 A. Este cálculo aseguró que el controlador seleccionaría eficientemente la energía generada por los paneles fotovoltaicos y proporcionaría un funcionamiento seguro durante el ciclo de carga.

Cantidad de Controladores

Una vez determinada la corriente mínima que debía soportar el controlador, se calculó el número de controladores necesarios utilizando la ecuación siguiente:

$$N_{ctr} = \frac{I_c}{I_{cs}}$$

Donde:

N_{ctr} : Número de controladores

I_c : Corriente mínima del controlador (299.98A)

I_{cs} : Corriente del controlador seleccionado (100A)

Reemplazando:

$$N_{ctr} = \frac{299.98 \text{ A}}{100 \text{ A}}$$

$$N_{ctr} = 2.99 \cong 3$$

Como los controladores no se pueden dividir, se redondeó al número entero superior, resultando en un total de 3 controladores MPPT de 100 A. Esto garantizó que la corriente del sistema fuera manejada de manera eficiente y segura.

Distribución de Módulos por Controlador

Finalmente, se calculó la distribución de los módulos fotovoltaicos en ramas por cada controlador utilizando la ecuación siguiente:

$$N_{rpc} = \frac{N_{mf}}{N_c}$$

N_{rpc} : Número de ramas por regulador

N_{mf} : Número de módulos fotovoltaicos

N_c : Número de controladores

$$N_{rpc} = \frac{26}{3}$$

$$N_{rpc} = 8.67 \cong 9$$

El cálculo arrojó un valor de 8.67 ramas por controlador, que se redondeó a 9 ramas por controlador para garantizar una distribución equilibrada de la carga eléctrica. Cada controlador MPPT de 100 A será configurado para manejar 9 ramas de módulos fotovoltaicos, lo que optimizará la eficiencia y seguridad del sistema al distribuir la corriente generada por los paneles de manera uniforme.

Selección de las Baterías para el Sistema Fotovoltaico

Capacidad Mínima del Banco de Baterías

Esta capacidad se calculó utilizando la ecuación siguiente:

$$C_{mba} = N_D \times E_{Di}$$

Donde:

C_{mba} : Capacidad mínima del banco de baterías (Ah)

E_{Di} : Demanda energética diaria (78.89kW)

N_D : Días de autonomía (02)

Reemplazando:

$$C_{mba} = 78.89 \times 2$$

$$C_{mba} = 157.78 \text{ kWh}$$

Con estos valores, se obtuvo una capacidad mínima de 157.78 kWh para el banco de baterías, lo que asegura un suministro continuo de energía durante días nublados o de baja insolación.

Capacidad Ajustada del Banco de Baterías

En este caso, se consideró una DOD del 70%. Además, se utilizó un voltaje del sistema de 48V, típico en instalaciones fotovoltaicas, el cual se determinó con la siguiente ecuación:

$$C_{ab} = \frac{C_{mba}}{P_d V_s} \times 1000$$

Donde:

C_{ab} : Capacidad ajustada del banco de baterías (Ah)

C_{mba} : Capacidad mínima del banco de baterías (157.78kwh)

P_d : Profundidad de descarga (0.7)

V_s : Voltaje de trabajo del sistema fotovoltaico (48V)

$$C_{ab} = \frac{157.78}{(0.7)(48)} \times 1000$$

$$C_{ab} = 4695.83 \text{ Ah}$$

CONFIGURACIÓN EN SERIE Y PARALELO DE LAS BATERÍAS

Configuración en Serie

Para alcanzar el voltaje de trabajo del sistema de 48 V, fue necesario calcular cuántas baterías de 12 V debían conectarse en serie, con la siguiente ecuación:

$$N_{bs} = \frac{V_s}{V_b}$$

N_{bs} : Número de baterías en serie

V_s : Voltaje de trabajo del sistema fotovoltaico (48V)

V_b : Voltaje de la batería (12V)

$$N_{bs} = \frac{48}{12} = 4$$

El resultado mostró que se requieren 4 baterías en serie para alcanzar el voltaje de 48V.

Configuración en Paralelo

Para satisfacer la capacidad ajustada del banco de baterías, se calculó el número de baterías que se deben conectar en paralelo, con la siguiente ecuación:

$$N_{bp} = \frac{C_{ab}}{C_b}$$

Donde:

N_{bp} : Número de baterías en paralelo

C_{ab} : Capacidad ajustada del banco de baterías (4695.83Ah)

C_b : Capacidad nominal de cada batería (200Ah)

$$N_{bp} = \frac{4695.83 \text{ Ah}}{200 \text{ Ah}} = 23.48 \cong 24$$

El resultado indicó que se necesitan 24 baterías en paralelo.

Número Total de Baterías

Para calcular el número total de baterías usaremos la siguiente ecuación:

$$N_{ba} = N_{bp} \times N_{bs}$$

Donde:

N_{ba} : Número total de baterías

N_{bs} : Número de baterías en serie (4)

N_{bp} : Número de baterías en paralelo (24)

$$N_{ba} = 4 \times 24$$

$$N_{ba} = 96$$

El número total de baterías necesarias para el sistema es 96 baterías.

Este dimensionamiento asegura que el banco de baterías cumpla con los requerimientos energéticos del sistema, proporcionando una autonomía confiable y una vida útil prolongada al respetar la profundidad de descarga y la capacidad ajustada.

La tabla 14 describe los elementos clave para dimensionar el sistema de control y almacenamiento de energía de un sistema fotovoltaico en el sector Las Piñas. Incluye la corriente mínima que debe soportar el controlador, el número de controladores necesarios, y la capacidad y cantidad de baterías para el banco de almacenamiento energético.

Tabla 14

Parámetros de Diseño para el Control y Almacenamiento de Energía en el Sistema Fotovoltaico

Elemento/Equipo	Descripción	Valor
Corriente Mínima del Controlador (I_c)	Corriente mínima que debe soportar el controlador.	299.98 A
Número de Controladores Necesarios (N_{ctr})	Total, de controladores requeridos para el sistema fotovoltaico.	3 controladores
Capacidad Mínima del Banco de Baterías (C_{mba})	Capacidad necesaria para cubrir la demanda energética diaria considerando autonomía.	157.78 kWh
Capacidad Ajustada del Banco de Baterías (C_{ab})	Capacidad ajustada considerando profundidad de descarga y voltaje del sistema.	4695.83 Ah
Número Total de Baterías (N_{ba})	Total, necesario considerando configuración en serie y paralelo.	96 baterías

Para garantizar un control adecuado y almacenamiento de energía en el sistema fotovoltaico del sector Las Piñas, se ha determinado que se requieren al menos 3 controladores, con la capacidad de soportar una corriente mínima de 299.98 A.

En cuanto al almacenamiento, el banco de baterías debe tener una capacidad mínima de 157.78 kWh para cubrir la demanda diaria, pero considerando factores de eficiencia como la profundidad de descarga y el voltaje, la capacidad ajustada es de 4695.83 AH. Esto implica la necesidad de 96 baterías, dispuestas en serie y paralelo, para garantizar un suministro constante y fiable de energía eléctrica en el sector.

Selección de los inversores para el Sistema Fotovoltaico

Cálculo de la Potencia Requerida

La potencia del sistema fotovoltaico se determinó utilizando la demanda energética diaria del sector, la cual es de 78.98 kWh. Dado que el área cuenta con 3.65 horas solares pico, la potencia del sistema fotovoltaico (P_{sf}) se calculó con la ecuación siguiente:

$$P_{sf} = \frac{E_{di}}{HSP}$$

Donde:

P_{sf} : Potencia del sistema fotovoltaico

E_{di} : Energía diaria requerida (78.98kWh)

HSP : Horas solar pico (3.65)

Reemplazando:

$$P_{sf} = \frac{78.98 \text{ kWh}}{3.65 \text{ h}}$$

$$P_{sf} = 21.638 \cong 21.64 \text{ kW}$$

Con estos valores, se obtuvo una potencia de carga del sistema fotovoltaico de 21.64 kW.

Sin embargo, para calcular la potencia real que el inversor debe suministrar, se debe tener en cuenta la eficiencia del inversor, la cual se consideró en un 93%. Por lo tanto, la potencia real requerida del inversor (P_{ri}) se calculó con la ecuación siguiente:

$$P_{ri} = \frac{P_{sf}}{\eta_i}$$

Donde:

P_{ri} : Potencia requerida del inversor (kW)

P_{sf} : Potencia de carga del sistema fotovoltaico (21.64kW)

η_i : Eficiencia del inversor (0,93)

Reemplazando:

$$P_{ri} = \frac{21.64}{0.93} = 23.27$$

Con esta fórmula, se determinó que la potencia real necesaria para el inversor es de 23.27 kW, teniendo en cuenta las pérdidas por la conversión de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA).

Cantidad de Inversores

Una vez calculada la potencia total que debe suministrar el inversor, se seleccionó un inversor de la marca Victron con una potencia nominal de 5 kW y un voltaje de operación de 48V. Para determinar la cantidad total de inversores necesarios, se utilizó la siguiente ecuación:

$$N_{in} = \frac{P_{ri}}{P_{in}}$$

Donde:

N_{in} : Número total de inversores

P_{ri} : Potencia requerida del inversor (23.27kW)

P_{in} : Potencia nominal del inversor seleccionado (5kW)

Reemplazando:

$$N_{in} = \frac{23.27}{5}$$

$$N_{in} = 4.65 \cong 5$$

El resultado dio 4.65 inversores, redondeando al inmediato superior tenemos 5 Inversores de 5kW y 48V.

Cálculo de Conductores

Para el cálculo de la sección mínima del conductor (S_{ca}) se utilizó la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{2xLxl}{56xS_{ca}}$$

Donde:

ΔV : caída de tensión (V)

L : Longitud del tramo (m)

I : Corriente de cada tramo del sistema fotovoltaico (A)

S_{ca} : Sección del conductor (mm²).

Los resultados del cálculo de la sección mínima de los conductores para cada tramo se muestran en la tabla 15.

Tabla 15

Cálculo de sección de conductores por caída de tensión

Tramo	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Corriente (A)	Tensión (V)	Caída (V)	Caída (%)
1	6	11	35.4	48	2.32	3.00%
2	35	4	100	48	0.41	0.90%
3	10	1.5	65	48	0.35	0.70%
4	10	10	79.42	220	2.84	1.30%

En cada tramo se utilizaron cables solares fotovoltaicos, los cuales son especialmente diseñados para proporcionar una mayor capacidad de conducción y resistencia a las condiciones ambientales, garantizando una eficiencia óptima del sistema.

Intensidades de los Cables Seleccionados

Para cada tramo, se seleccionaron cables basados en la corriente máxima que deben soportar. La columna I_z en la siguiente tabla corresponde a la corriente máxima permitida según las especificaciones del fabricante:

Tabla 16*Intensidades de los cables seleccionados.*

Tramo	Corriente (A)	Sección (mm ²)	Corriente Iz (A)
1	35.4	6	70
2	100	35	218
3	65	10	98
4	79.42	10	98

Cálculo del Ángulo de Inclinación de los Paneles

El ángulo óptimo de inclinación (β_{op}) para los paneles solares depende de la latitud del lugar. Para calcular este ángulo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\beta_{op} = 3,7 + (0,69 * |\varphi|)$$

Donde:

β_{op} : Ángulo de inclinación óptimo (°)

$|\varphi|$: Latitud de la ubicación, sin signo (-5.2)

Reemplazando:

$$\beta_{op} = 3,7 + (0,69 * |5.2|)$$

$$\beta_{op} = 7.288$$

Dado que la latitud del lugar es de -5.2°, el ángulo óptimo de inclinación se calculó en 7.5°.

Selección de Fusibles

Para proteger el sistema y los conductores, se seleccionaron fusibles cuya corriente nominal (I) cumpla con la relación:

$$In \leq I \leq Iz$$

Donde:

In : Corriente de diseño de circuito correspondiente (A)

I: Corriente nominal del fusible (A)

Iz: Corriente máxima admisible del conductor protegido (A)

El amperaje de fusible por cada tramo se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 17

Amperaje de fusibles seleccionados

Tramo	Corriente de Diseño (A)	Corriente del Fusible (A)	Corriente Iz (A)
1	35.4	40	70
2	100	110	218
3	65	70	98
4	79.42	80	98

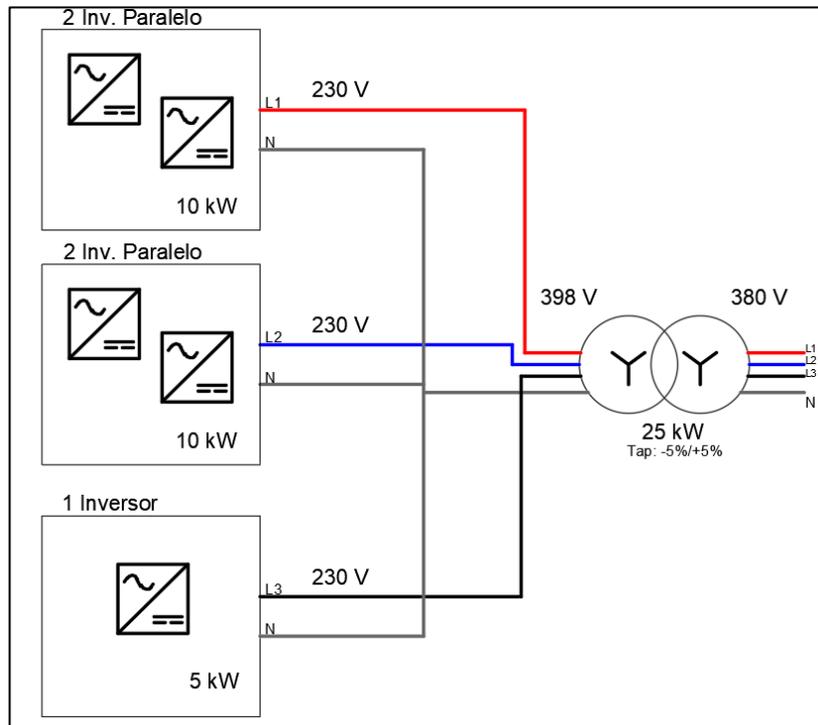
Estos fusibles fueron seleccionados para proporcionar una protección adecuada en cada tramo del sistema, garantizando la seguridad y la eficiencia del sistema fotovoltaico en su conjunto.

Selección del transformador de aislamiento

Considerando que se utilizaran 5 inversores para lograr una potencia de 25 kW la configuración de estos es sumamente importante para la selección de transformador en la figura 9 se muestra el esquema de conexionado de los inversores al transformador.

Figura 9

Esquema de conexión de inversores a transformador



En el esquema se aprecia que el voltaje en el transformador es de 398V esto se debe a que la salida de los inversores será de 230V como máximo es así que se requiere un transformador de 1:1 pero con tap changer para su regulación de voltaje de -5% para igualar el 380V y de +5% para ajustar a la caída de tensión de la red secundaria si se da el caso. En la tabla se muestran las características de selección para el transformador.

Tabla 18

Características para selección del transformador

Item	Parámetro	Unidad	Valor
01.00	Datos Eléctricos del Sistema		
01.01	Tensión primaria	V	230
01.02	Tensión secundaria	V	230
01.03	Frecuencia	Hz	60
01.04	Potencia nominal	kW	25
02.00	Datos de la Carga		
02.01	Tipo de carga	-	carga mixta (inductiva - resistiva)
02.02	Factor de potencia (FP)	-	0.9
03.00	Datos de Instalación y Protección		
03.01	Coordenadas		-5.20999 -78.89688
03.02	Ubicación	-	Exterior
03.03	Grado de protección	-	IP54
03.04	Temperatura ambiente	°C	22-31
03.05	Elevación sobre el nivel del mar	m	500
03.06	Normativa aplicable	-	CNE
04.00	Consideraciones Adicionales		
04.01	Relación de transformación	-	01:01
04.02	Tap Changer	%	-5/5

4.7 EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE

Se determina con la formula siguiente:

$$C_E = E_{Di} \times N_{dias*añõ}$$

Donde:

 C_E : Es el consumo de electricidad del SEIN, generada por un tercero. (KWh/año MWh/año) E_{Di} : Energía consumida diaria (78,98 kWh)

Reemplazando:

$$C_E = 78.98 \times 365$$

$$C_E = 28,827.7 \text{ kWh/año}$$

Emisiones de GEI Evitadas

Se calculan con la siguiente fórmula:

$$E_{GEI} = C_E \times F_e$$

Donde:

E_{GEI} : Emisiones GEI por consumo de electricidad (tCO₂)

C_E : Es el consumo de electricidad del SEIN, generada por un tercero. (28,827.7 kWh)

F_e : Factor de emisión por consumo de energía eléctrica del SEIN (0.2611 tCO₂/MWh)

Reemplazando:

$$E_{GEI} = (28,827.7) \times (0.2611)$$

$$E_{GEI} = 7.53 \text{ tCO}_2$$

Ingreso anual por bonos de carbono

Este resultado refleja el beneficio económico por mitigar el impacto ambiental, el cual se calcula con la ecuación siguiente:

$$\text{Ingreso anual por bonos} = E_{GEI} \times C_{bono} \times T_{cambio}$$

Donde:

E_{GEI} : Emisiones GEI por consumo de electricidad (7.53)

C_{bono} : Precio por Bono (\$12)

T_{cambio} : Tipo de Cambio (3.73)

Reemplazando:

$$\text{Ingreso anual por bonos} = 7.53 \times 12.00 \times 3.73$$

$$\text{Ingreso anual por bonos} = S/ 337.04$$

4.8 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

En el anexo 04 se muestran los presupuestos desagregados por partidas y los costos unitarios desarrollados por la empresa que brindo la cotización, en la tabla 19 se presenta el presupuesto total según partidas.

Tabla 19

Costo total del sistema fotovoltaico

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Total S/.
01	Suministro y montaje				271,423.43
01.01	Instalación de transformador de aislamiento	Pza	1.00	24,533.40	24,533.40
01.02	Cerco de obra con postes y malla raschell	M	60.00	289.36	17,361.60
01.03	Instalación de panel fotovoltaico	Und	52.00	734.46	38,191.92
01.04	Instalación De Batería Solar 200Ah	Und	96.00	1,295.55	124,372.80
01.05	Instalación De Controlador 100 ^a	Und	3.00	2,547.73	7,643.19
01.06	Transporte	Glb	1.00	4,000.00	4,000.00
01.07	Instalación De Inversor De 5kw	Und	5.00	6,317.84	31,589.20
01.08	Instalación de cable 6 mm ²	M	120.00	102.94	12,352.80
01.09	Instalación de cable 10 mm ²	M	20.00	61.87	1,237.40
01.10	Instalación de cable 35 mm ²	M	32.00	173.46	5,550.72
01.11	Instalación de estructura de aluminio	Und	1.00	4,590.40	4,590.40

Se tiene que tomar en cuenta que el inversor tiene una vida útil aproximada de 12 años según el estudio realizado por Chuquimantari (2023), por lo que debería ser reemplazado en ese periodo dentro del análisis del sistema fotovoltaico. Mientras que las baterías se cambian según los ciclos de uso según la ficha técnica de las baterías sus ciclos de uso dependen del porcentaje de descarga para una descarga de 70% se tendrán 900 ciclos debido a que el ciclo de carga y descarga obedece a los 2 días de

autonomía los 900 ciclos se lograrán en 1800 días que equivale a 5 años aproximadamente, es por lo que los inversores se cambiarán 1 vez durante en el año 12 y las baterías tres veces. En el año 5, en el 10 y en el año 15.

Ingreso estimado

Para proyectar los ingresos por la venta de energía, se toma como referencia el consumo actual del sector Las Piñas, proporcionado por la empresa concesionaria, a través de los tres suministros.

Facturación de Consumo en kWh en el Primer Año

Con el fin de evaluar la viabilidad económica del sistema, se calculará el Costo Nivelado de la Energía (LCOE, por sus siglas en inglés), el cual permitirá determinar el costo real de generación de cada kilovatio-hora (kWh) producido por el sistema fotovoltaico. El LCOE se calculará mediante la siguiente ecuación.

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t + O_t + M_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

Donde:

C_t : Costo de inversión en el año t

O_t : Costo operativos en el año t

M_t : Costo de mantenimiento en el año t

E_t : Energía generada en el año t

r: tasa de descuento

n: Vida útil del sistema

Según Miranda (2021) en su investigación en sistemas fotovoltaicos de alta potencia determina que la tasa de descuento para cálculo de LCOE es del 4.5% en el escenario más conservador, mientras que los gastos de operación se determinaron según el personal requerido para la limpieza mensual de los paneles y el cuidado del central considerando el sueldo mínimo de S/. 1 130.00 y que se requiera cada 3 meses se

tendrá un gasto S/ 4 520.00 al año. Para el mantenimiento se pidió una propuesta económica a un proveedor de la zona con experiencia en instalación de paneles fotovoltaicos que mencionan que para un mantenimiento anual que refiere a limpieza en profundidad de paneles, revisión de controladores e inversores, revisión y cambio de empalmes y contactos en mal estado y recojo de data de funcionamiento un total de S/. 1 500.00, lo que determina el costo por operación y mantenimiento en S/. 6 020.00. Además, se debe realizar una reinversión por el cambio de inversores y baterías teniendo en cuenta estas consideraciones se determina el LCOE como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20

Datos requeridos para determinar el LCOE

Año	Energía generada Et	Costo de instalación Ct	Costos de operación y mantenimiento Ot+Mt
0	0	S/ 271,423.43	S/ 0.00
1	15913.02	0	S/ 6,020.00
2	16231.28	0	S/ 6,020.00
3	16555.91	0	S/ 6,020.00
4	16887.02	0	S/ 6,020.00
5	17224.76	S/ 124,372.80	S/ 6,020.00
6	17569.26	0	S/ 6,020.00
7	17920.65	0	S/ 6,020.00
8	18279.06	0	S/ 6,020.00
9	18644.64	0	S/ 6,020.00
10	19017.53	S/ 124,372.80	S/ 6,020.00
11	19397.88	0	S/ 6,020.00
12	19785.84	S/ 31,589.20	S/ 6,020.00
13	20181.56	0	S/ 6,020.00
14	20585.19	0	S/ 6,020.00
15	20996.89	S/ 124,372.80	S/ 6,020.00
16	21416.83	0	S/ 6,020.00
17	21845.17	0	S/ 6,020.00
18	22282.07	0	S/ 6,020.00

19	22727.71	0	S/ 6,020.00
20	23182.27	0	S/ 6,020.00

Por lo que aplicando la ecuación se determina una LCOE de 2.55 S/.kWh, debido a que no se tiene una empresa ni entidad que subvencione el costo de inversión el análisis económico se realizara con este costo por kWh.

Proyección del consumo y ventas de energía

En la tabla 21 se proyecta muestra la evolución del consumo de energía y los ingresos por la venta de energía durante 20 años, se tiene que tener en consideración que el año cero se ha considerado un consumo de 0 por que la proyección mostrada es sobre la generación fotovoltaica porque el primer año la central fotovoltaica no generaría ningún kWh debido a que ese es el año de instalación.

Tabla 21

Venta de energía durante los 20 años

Año	Energía generada	Ingresos por venta de energía
0	0	S/ -
1	15913.02	S/ 40,614.57
2	16231.28	S/ 41,426.86
3	16555.91	S/ 42,255.41
4	16887.02	S/ 43,100.50
5	17224.76	S/ 43,962.50
6	17569.26	S/ 44,841.77
7	17920.65	S/ 45,738.61
8	18279.06	S/ 46,653.38
9	18644.64	S/ 47,586.44
10	19017.53	S/ 48,538.17
11	19397.88	S/ 49,508.93
12	19785.84	S/ 50,499.11
13	20181.56	S/ 51,509.10
14	20585.19	S/ 52,539.28
15	20996.89	S/ 53,590.06
16	21416.83	S/ 54,661.86
17	21845.17	S/ 55,755.11
18	22282.07	S/ 56,870.20
19	22727.71	S/ 58,007.60
20	23182.27	S/ 59,167.77

Flujo de Caja Económica Proyectado para el dimensionamiento del sistema eléctrico fotovoltaico.

El flujo de caja económico mostrado en la tabla 22 refleja los ingresos, costos y flujos netos proyectados para el proyecto. Los ingresos provienen de dos fuentes principales: la venta de energía eléctrica y la comercialización de bonos de carbono. En cuanto a los egresos, se incluyen los costos iniciales de instalación y los costos anuales de operación y mantenimiento.

Tabla 22

Flujo de caja del proyecto

Año	Ingresos por venta de energía	Ingreso anual por bonos de carbono	Costo de instalación	Costos de operación y mantenimiento	Flujo de caja
0	S/ -	S/ 0.00	S/ 271,423.43	S/ 0.00	-S/ 271,423.43
1	S/ 40,614.57	S/ 488.46	0	S/ 6,020.00	S/ 35,083.03
2	S/ 41,426.86	S/ 498.23	0	S/ 6,020.00	S/ 35,905.09
3	S/ 42,255.41	S/ 508.19	0	S/ 6,020.00	S/ 36,743.60
4	S/ 43,100.50	S/ 518.36	0	S/ 6,020.00	S/ 37,598.86
5	S/ 43,962.50	S/ 528.72	S/ 124,372.80	S/ 6,020.00	-S/ 85,901.58
6	S/ 44,841.77	S/ 539.30	0	S/ 6,020.00	S/ 39,361.07
7	S/ 45,738.61	S/ 550.09	0	S/ 6,020.00	S/ 40,268.70
8	S/ 46,653.38	S/ 561.09	0	S/ 6,020.00	S/ 41,194.47
9	S/ 47,586.44	S/ 572.31	0	S/ 6,020.00	S/ 42,138.75
10	S/ 48,538.17	S/ 583.75	S/ 124,372.80	S/ 6,020.00	-S/ 81,270.88
11	S/ 49,508.93	S/ 595.43	0	S/ 6,020.00	S/ 44,084.36
12	S/ 50,499.11	S/ 607.34	S/ 31,589.20	S/ 6,020.00	S/ 13,497.25
13	S/ 51,509.10	S/ 619.49	0	S/ 6,020.00	S/ 46,108.59
14	S/ 52,539.28	S/ 631.88	0	S/ 6,020.00	S/ 47,151.16
15	S/ 53,590.06	S/ 644.51	S/ 124,372.80	S/ 6,020.00	-S/ 76,158.23
16	S/ 54,661.86	S/ 657.40	0	S/ 6,020.00	S/ 49,299.26
17	S/ 55,755.11	S/ 670.55	0	S/ 6,020.00	S/ 50,405.66
18	S/ 56,870.20	S/ 683.96	0	S/ 6,020.00	S/ 51,534.16
19	S/ 58,007.60	S/ 697.64	0	S/ 6,020.00	S/ 52,685.24
20	S/ 59,167.77	S/ 711.59	0	S/ 6,020.00	S/ 53,859.36

Evaluación Económica: Indicadores VAN y TIR

Cálculo del Valor Actual Neto (VAN):

Para determinar este indicador financiero se tiene en cuenta la ecuación siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{s=1}^n \frac{Fs}{(1+i)^s}$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial (S/ 271,423.43)

Fs : Flujo de caja neto anual en el año

i : Tasa de descuento (10% o 0.10)

n : Número de años (20 años)

Utilizando los datos de la tabla de flujo de caja, y reemplazando los datos en la ecuación se obtuvo el VAN.

$$VAN = -S/ 271,423.43 + \sum_{s=1}^{20} \frac{Fs}{(1+0.1)^s}$$

$$VAN = -S/ 87,386.91$$

Mediante el software Excel, a una tasa de descuento del 10%, se obtuvo un VAN de -S/ 87,386.91 esto indica que el proyecto no es viable económicamente porque no dará beneficios financieros a la empresa.

Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se obtuvo como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, es decir la fórmula se convierte en la siguiente ecuación:

$$I_0 = \sum_{n=1}^n \frac{Rn}{(1+TIR)^n}$$

Reemplazando los datos se tiene:

$$S/ 271,423.43 = \sum_{s=1}^{20} \frac{Rn}{(1 + TIR)^s}$$

$$TIR = 0\%$$

En el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR), arrojo un valor de 0% que en términos financieros, la inversión es indiferente, no es rentable ni no rentable.

La tabla 25 presenta los indicadores financieros de un proyecto de inversión, incluyendo la inversión inicial, ingresos anuales por venta de energía y bonos de carbono, costos de operación y mantenimiento, Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Estos indicadores son fundamentales para evaluar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

Tabla 23

Evaluación Económica de la Implementación del Sistema Fotovoltaico

Indicador	Valor
Inversión Inicial	S/ 271,423.43
Ingresos Anuales por Venta de Energía (Año 1)	S/ 40,614.57
Ingresos Anuales por Bonos de Carbono (Año 1)	S/ 337.04
Costos de Operación y Mantenimiento (Año 1)	S/ 6,020.00
Valor Actual Neto (VAN)	-S/ 87,386.91
Tasa Interna de Retorno (TIR)	0%

Los indicadores financieros reflejan una situación desfavorable para el proyecto. La inversión inicial de S/ 271,423.43 es considerable, pero los ingresos anuales de S/ 40,614.57 por la venta de energía y S/ 337.04 por bonos de carbono son insuficientes para cubrir los costos de operación y mantenimiento de S/ 6,020.00. El Valor Actual

Neto (VAN) negativo de -S/ 87,386.91 indica que, al descontar los flujos de caja futuros, el proyecto no generará un retorno suficiente para recuperar la inversión inicial. Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) se muestra con un valor del 0% lo que indica que la inversión no generara ni beneficios ni perdidas.

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación confirman que el potencial de radiación solar en el sector Las Piñas es adecuado para el diseño de un sistema fotovoltaico eficiente. El análisis revela una radiación solar promedio anual de 4,20 kWh/m²/día, lo que garantiza un suministro energético constante durante todo el año. Este hallazgo es consistente con los estudios previos de Ortiz, (2017) y Lozada, (2019), quienes lograron dimensionar con éxito sistemas fotovoltaicos en contextos similares, alcanzando los objetivos planteados en sus investigaciones. La herramienta POWER DATA ACCESS VIEWER de la NASA proporcionó los datos necesarios para el cálculo del dimensionamiento del sistema, corroborando lo señalado por (Jiménez , 2022) quien destacó su fiabilidad para estimar con precisión la disponibilidad de radiación solar. Este tipo de información resulta especialmente útil en áreas rurales donde no se dispone de mediciones locales, lo que asegura un diseño robusto y eficiente del sistema.

La implementación de un sistema fotovoltaico en el sector Las Piñas no solo mejorará significativamente el acceso a la energía eléctrica, sino que también contribuirá a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La producción de energía limpia a partir de fuentes renovables, como la solar, generará importantes beneficios ambientales y sociales, promoviendo el desarrollo sostenible de la comunidad. Coincidimos con (OSINERGMIN, 2022), quienes afirman que la instalación de sistemas de generación fotovoltaica aislados en zonas rurales es una solución efectiva para disminuir el uso de combustibles fósiles y ampliar la cobertura eléctrica en áreas sin acceso a la red convencional.

En cuanto a los aspectos económicos, aunque el proyecto enfrenta desafíos significativos debido a la elevada inversión inicial y a los ingresos insuficientes para cubrir los costos operativos bajo las condiciones actuales, la viabilidad del sistema fotovoltaico sigue siendo una opción a considerar. La evaluación económica mostró un Valor Actual Neto (VAN) negativo, lo que indica que se deben realizar ajustes estratégicos, como la optimización de costos o la búsqueda de subvenciones y financiamientos adicionales, para mejorar la rentabilidad del proyecto. No obstante, el ahorro a largo plazo en el consumo de energía eléctrica y la mejora en la calidad de vida justifican la implementación de esta tecnología en zonas rurales. Finalmente, se deben reconocer las limitaciones del estudio, como la dependencia de datos de radiación de fuentes externas y la necesidad de considerar factores externos como el mantenimiento de los equipos. Aun así, este trabajo demuestra que la electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos no solo es factible desde el punto de vista técnico, sino que también puede ofrecer soluciones sostenibles a comunidades aisladas.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- A lo largo del desarrollo de la Investigación, se logró alcanzar el objetivo principal, Dimensionar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica al sector Las Piñas, caserío Cruce de Lambayeque, Chirinos – Cajamarca. Tras llevar a cabo la evaluación de la radiación solar en el Sector Las Piñas, utilizando los datos proporcionados por la NASA, hemos determinado que utilizaremos la radiación más baja del mes, durante 5 años, la cual es de 3.65 kWh/m².
- Se determinaron los parámetros de diseño óptimos para el sistema fotovoltaico que satisfagan la demanda energética específica del sector Las Piñas, considerando factores como la radiación solar, la temperatura ambiente y la eficiencia de los paneles solares. Los resultados mostraron que un sistema fotovoltaico con una potencia instalada de 25 kW, compuesto por 52 paneles solares de 340 W cada uno, sería capaz de satisfacer la demanda energética del sector Las Piñas. Al implementar el sistema fotovoltaico propuesto, se evitará la emisión de 7.53 toneladas de CO₂ equivalentes a gases de efecto invernadero (GEI) por año, lo que representa un importante aporte a la mejora del medio ambiente.
- El presupuesto total del proyecto ascendió a S/. 271 423,43. Al llevar a cabo la evaluación económica mediante una caja de flujo y aplicar una tasa de descuento del 10%, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) negativo de S/. – 87,386.91 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 0%. Por lo tanto, se concluye que el proyecto no es viable desde el punto de vista económico.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un monitoreo constante de la radiación solar en el sector Las Piñas, utilizando estaciones meteorológicas locales para recopilar datos más precisos y actualizados. Esto permitirá evaluar la variabilidad estacional de la radiación solar y ajustar el diseño del sistema fotovoltaico en función de las condiciones climáticas reales. Se recomienda instalar el sistema fotovoltaico en un área despejada, libre de obstáculos que puedan generar sombras y afectar la producción de energía.
- Para asegurar un diseño óptimo del sistema fotovoltaico, se recomienda efectuar un análisis exhaustivo de las cargas eléctricas del caserío Las Piñas, tomando en cuenta no solo las necesidades actuales, sino también las proyecciones de crecimiento en los próximos 20 años. Este análisis debería incluir la posible adopción de nuevos electrodomésticos y tecnologías por parte de la comunidad, que podrían incrementar la demanda energética. Se sugiere elaborar un plan de mantenimiento regular para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema fotovoltaico.
- Finalmente, si en el futuro los interesados deciden llevar a cabo la implementación del sistema fotovoltaico en la zona, se recomienda explorar fuentes de financiamiento alternativas, tales como subvenciones gubernamentales, asociaciones con ONG's o cooperativas de energía renovable, para mitigar la carga de la inversión inicial del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aksakal, A., Özdemir, A., & Öztürk, M. (2022). Optimum sizing and performance analysis of a standalone solar photovoltaic system in Ankara, Turkey. *Renewable Energy*,(181), 674-684.
- Alata, J., Vilchez, J., & Vidal, J. (2021). Análisis de la viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico para electrificación rural en Cajamarca. *Ingeniería Energética*, 2(42), 1-14.
- Alonso, C., Fernández, F., & Gutiérrez-Grados, J. (2021). Impacto socioeconómico de los sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales del Perú. *Revista Peruana de Energías Renovables*, 15(2), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.rper.2021.02.001>
- Banco Mundial. (2021). *Acceso a la electricidad (% de población) - Perú*. . <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=PE>
- Calle Alvarez, J. A. (2024). "Dimensionamiento e implementación de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a una vivienda en la zona rural del departamento de Piura". Lima. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/9782/J.Calle_Tesis_Titulo_Profesional_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Congreso de la República del Perú. (2006). Ley General de Electrificación Rural. [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/84895D2C129FD6570525823C0072B8A5/\\$FILE/28749.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/84895D2C129FD6570525823C0072B8A5/$FILE/28749.pdf)
- Correa, M., & Alva, E. (2023). Evaluación del potencial solar fotovoltaico en zonas rurales de Cajamarca, Perú. *Revista de Energías Renovables de Cajamarca*, 4(1), 1-14.
- Dávila Newman, G., (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12(Ext), 180-205.

- Díaz, R., & Sánchez, M. (2020). Evaluación del impacto ambiental de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales de Cajamarca. *Revista de Energías Renovables de Cajamarca*, 1(2), 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.rerca.2020.02.001>
- FAO. (2022). Energía renovable para el desarrollo rural. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/energy/es/>
- Gamarra, J. (2019). *Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica del centro poblado Siete Techos ubicado en el distrito de Reque- Chiclayo – Lambayeque*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Lambayeque. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4538>
- Grossi, G. H., & Raichijk, C. (2018). *Radiación solar medición y modelo*. 2020: ASADES. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.01.035>
- Guerra Guevara, R. F. (2021). "Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para la embarcación de descarga de anchoveta Chata DC-3". Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/17d29c8e-76aa-482a-8034-469cbef411a1/content>
- Gutiérrez, G. J., Alonso, C., & Fernández, F. (2020). Participación comunitaria en proyectos de energía renovable en zonas rurales: un estudio de caso en el sur de Perú. *Revista de Energías Renovables*, 1(32), 21-36.
- Hernández, S. R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2020). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Education.
- Huamaní, L., Flores, R., & Quispe, E. (2020). Evaluación del potencial solar fotovoltaico en la región andina del Perú. *Revista Peruana de Energías Renovables*, 1(14), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.rper.2020.01.001>
- Humpire Mojonero, D. D. (2015) "Propuesta técnica de sistemas fotovoltaicos para el suministro básico de electricidad en áreas no conectadas a la red para la región Arequipa". Arequipa.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/58525582-c487-48cc-8320-0727a5f8c426>

IRENA. (2023). *Renewable Power Generation Costs in 2022*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency. https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2022.pdf?rev=cccb713bf8294cc5bec3f870e1fa15c2

Jiménez , S. (25 de enero de 2022). *Hidráulica Fácil*. <https://www.hidraulicafacil.com.mx/2022/01/descargar-datos-del-sistema-nasa-power.html>

Lopez, I. (2018). *Estudio de viabilidad y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el área de estacionamiento del ciernad*. Lima. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/804>

López, P. L. (2004). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. *Scielo*, 9.

Lozada, M. W. (2019). *Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al caserío La Ciruela, Cutervo- Cajamarca*. Tesis Pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43519>

Malca, J., & Núñez, L. (2021). Análisis de factibilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico para una institución educativa rural en Cajamarca. *Revista de Energías Renovables de Cajamarca*, 3(2), 29-49. <https://doi.org/10.1016/j.rerca.2021.03.001>

MINEM. (14 de Julio de 2020). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 28749, . *Ley General de Electrificación Rural*. <https://spijweb.minjus.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/DS-018-2020-EM.pdf>

MINEM. (2021). Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) 2021-2023. Ministerio de Energía y Minas del Perú . <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/1800585-plan-nacional-de-electrificacion-rural-pner-2021-2023>

- Moreno, C., & Echeverria, D. (2020). *Implementación de un sistema fotovoltaico para el empleo de energía solar en una vivienda en la localidad de Suba*. Tesis Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Colombia: Bogotá. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/26361>
- Núñez, C. (2020). *Comparación tecno-financiera entre sistemas fotovoltaicos con tecnología bifacial y monofacial en la localidad de Naco y Marcovia, Honduras*. Tesis Pregrado, Universidad Tecnológica Centroamericana, Facultad de Ingeniería, San Pedro. <https://repositorio.unitec.edu/handle/123456789/11435>
- OLADE. (2022). Situación energética en América Latina y el Caribe. Organización Latinoamericana de Energía. <http://olade.org/publicaciones/>
- ONU DI. (2022). Energías renovables para el desarrollo industrial inclusivo y sostenible. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. <https://www.unido.org/resources/publications/publications>
- Ortiz, J. (2017). *Propuesta de diseño del sistema solar fotovoltaico para el sistema eléctrico en el anexo de Tinco*. Tesis Pregrado, Universidad Continental, Lima.
- OSINERGMIN. (2022). *ENERGÍAS RENOVABLES EXPERIENCIA Y PERSPECTIVAS EN LA RUTA DEL PERÚ HACIA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA*.
- Salto Uzhca, A. B. (2018). "Análisis de factibilidad para el uso de la energía fotovoltaica aislada en sistemas de iluminación en la comunidad Puntahacienda de Quingueo". Cuenca. <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/39b86d1d-4c69-4228-aab1-fadb48858fdb>
- Sánchez, J., García, M. S., & Lamata, M. T. (2021). Photovoltaic energy production under different weather conditions in central Spain. *Energy Reports*(7), 3056-3065. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.05.016>

- Servindi. (23 de Octubre de 2023). *Promueven educacion intercultural en frontera Perú - Ecuador*. <https://lamula.pe/2013/10/23/promueven-educacion-intercultural-en-frontera-peru-ecuador/Servindi/>
- Ticona, A. (2019). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para el hospital de la Localidad de Coripata Provincia Nor Yungas*. Tesis Pregrado, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Tecnología, Bolivia: La Paz. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/27684>
- Valdiviezo Salas, P. D. (2014). "Diseño de un Sistema Fotovoltaico para el Suministro de Energía Eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP". Lima. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/3f993477-f409-4c4e-b626-ccb515981fb>
- Valer, L. R., Ferrer-Martí, L., & Pastor, R. (2020). Challenges for sustainable rural electrification in Peru. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,(132). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110044>
- Vidal , A. J., Fernández, L. M., & Ástiz, M. (2023). Evaluación técnica y económica de sistemas fotovoltaicos para electrificación rural en Perú. *Revista de Ingeniería Energética*, 1(45), 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ringen.2023.01.001>

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres que con su dedicación y esmero siempre estuvieron a nuestro lado y nos brindaron su apoyo en esta etapa de formación profesional, motivándonos así a seguir adelante cada día, mejorando en nuestro entorno y esforzándonos para alcanzar las metas que nos hemos propuesto.

A nuestra institución, nuestra alma mater, en la cual nos hemos formado en todos los aspectos, ya que nos brindó un espacio para aprender nuevos conocimientos y habilidades en el transcurso de nuestro desarrollo profesional, lo cual es de gran importancia pues nos va a ser de mucha ayuda en el ámbito profesional, además de habernos inculcado valores para una vez terminado el desarrollo académico, salir y servir a la comunidad, estar a su servicio y brindar apoyo a los que más lo necesiten.

A nuestros asesores el Dr. Freddi Roland Rodríguez Ordoñez y el Mg. Jaime Odar Honorio Acosta, que a lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación y aplicación profesional nos ha ido asesorando con sus conocimientos poniendo en nuestras capacidades a prueba el cual hemos finalizado satisfactoriamente ya que se cumplió todas nuestras metas planteadas.

DEDICATORÍA

A Dios, quien es mi guía y me brinda conocimiento para poder entender las cosas, a mis padres, por haberme inculcado buenos valores y principios y estar siempre conmigo apoyándome en mi vida académica, a mis hermanos por dame sus consejos, siendo todos ellos mi mayor motivación para superarme y alcanzar las metas que me he propuesto.

Lozano Larriategui, Gilmer Alberto

A mi familia por ser mi mayor y más grande preciado tesoro, principalmente a mis padres Flor y Rodrigo que me ayudaron en mi carrera con amor, paciencia y trabajo duro, gracias por inculcarme el ejemplo del trabajo duro y el coraje de no tener miedo a las adversidades porque Dios siempre está conmigo y por último a mis hermanos por su amor incondicional.

Quinde Flores, Heisson Kalin

ANEXOS

Anexo 01

Fichas técnicas de los componentes



EOS POLY

por Eco Green Energy

340W

Celda de 156.75 mm - 72 Celdas

Fundada en el 2008, Eco Green Energy es una empresa de marca francesa fabricante de paneles fotovoltaicos y distribuyendo ahora sus módulos en más de 60 países alrededor del mundo. Los módulos solares Eos poly están fabricados solo con celdas Grado A para la máxima generación de energía, LCOE más bajo, y garantizando más de 25 años de vida útil.

CARACTERÍSTICAS CLAVE



Tecnología de células PERC



Menor LCOE y BOS



Protección Anti PID / Bajo nivel de LID



Menor riesgo de puntos calientes por efectos de sombreado



Bajo coeficiente de temperatura

72-Celdas

MÓDULO POLICRISTALINO

17.52%

EFICIENCIA MÁXIMA

0~+5W

TOLERANCIA DE POTENCIA POSITIVA

GRADO A

CÉLULAS GARANTIZADAS

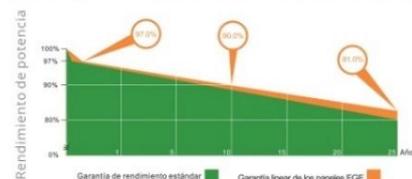


Módulo de calidad francesa



GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

12 años de garantía del producto - 25 años de garantía de potencia lineal



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. Reservados todos los derechos.
Dir.: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong, Jiangsu, China
Tel.: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

CERTIFICADOS INTEGRALES

IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 61701/ UL 61730
ISO 9001 : Sistemas de gestión de la calidad



Facebook: www.facebook.com/EGE.Nantong
LinkedIn: www.linkedin.com/company/eco-green-energy/
Website: www.eco-greenenergy.com



INFORMACIÓN ELÉCTRICA EN STC*

Potencia máxima (Pmax)	340 W
Tolerancia de potencia	0~+5 W
Eficiencia del módulo	17.52 %
Máxima capacidad de voltaje (Vmp)	38.42 V
Máxima capacidad de corriente (Imp)	8.85 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	46.58 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.23 A

*Condiciones Estándar de Medida (STC) : Radiación : 1.000 W/m² · Temperatura de las celdas : 25°C · AM : 1.5

INFORMACIÓN ELÉCTRICA EN NOCT**

Potencia máxima de salida (Pmax)	251.53 W
Capacidad máxima de voltaje (Vmp)	35.48 V
Capacidad máxima de corriente (Imp)	7.08 A
Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	43.24 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	7.49 A

**Temperatura Nominal de Operación de la Celda (NOCT) : Irradiación : 800W/m² · Temperatura ambiente : 20°C · AM : 1.5 · Velocidad del viento : 1m/s

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tipo de celdas	Policristalino (156.75x156.75 mm)
Número de celdas	72
Dimensiones	1,956x992x35mm
Peso	22.8 kg
Vidrio	3.2 mm Vidrio Templado, Alta Transmisión (> 94%), Revestimiento Antirreflectante
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones	Clasificación IP68 (3 diodos de paso)
Cable	4.0 mm ² , 900mm (+) 900mm (-) ; La longitud se puede personalizar
Conector	Compatible con MC4 o MC4
Máxima carga frontal (ejem. nieve)	5,400 Pa
Máxima carga posterior (ejem. viento)	2,400 Pa

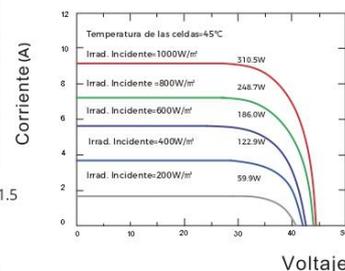
CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA RANGO MÁXIMO

NOCT	41 °C ±3 °C	Rango de temperatura de operación	-40 °C ~+85 °C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.35%/°C	Máximo voltaje del sistema	1,500V/DC(IEC) 1,500V/DC(UL)
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.30%/°C	Rango máximo de capacidad del fusible	25 A
Coefficiente de temperatura de Isc	+0.05%/°C		

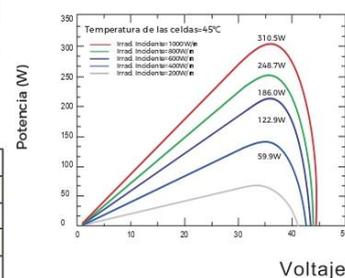
EMBALAJE (1,956x992x35mm)

Tipo	Cantidad	Peso
Paleta	31 pzas	738 kg
Contenedor 40HQ	816 pzas	19.43 t

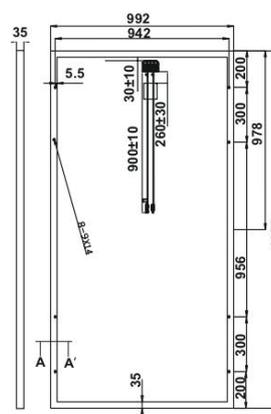
MÓDULO FV : EGE-340P-72



MÓDULO FV : EGE-340P-72



Dimensión del módulo fotovoltaico (mm)



Las especificaciones incluidas en esta hoja de datos están sujetas a cambios sin previo aviso. Consulte nuestro sitio web para obtener más información o póngase en contacto con uno de nuestro personal de ventas. www.eco-greenenergy.com

Durable Battery *Choose* CSBattery



High-Temp Long Life GEL Deep Cycle Battery **HTB12-200**

HTB series uses the newly developed nano gel electrolyte with super-C additive plus heavy duty plates design inside. The HTB series has a long service life and can provide optimum and reliable service under extreme condition such as high temperature and frequent power failure, This series is highly suited for tropical area in outdoor applications such as Telecom BTS stations and Off-grid PV system.

12V
200Ah

GEL
Technology

Deep
Cycle



COMPLIED STANDARDS
 IEC 60896-21/22 JIS C8704
 IEC61427 BS6290 part4
 GB/T 19638 CE/ISO

Applications

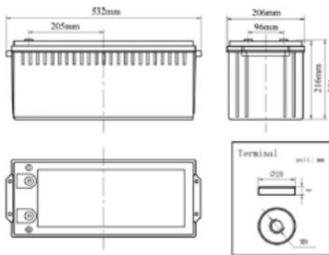
- BTS Stations
- Solar & Wind energy system
- UPS system
- Telecom systems
- Wheel chair, Golf Car

General Features

- ✓ Able to operate at 40-60°C
- ✓ DOD 50% 1500 times Cycles
- ✓ Integrated design to ensure the best Uniformity and reliability
- ✓ Long life and high stability under high temp. environment (no air-con needed)
- ✓ Use super-C additives: Deep discharge recovery capability

Dimensions & Weight

Length(mm)	532±1
Width(mm)	206±1
Height(mm)	215±1
Total Height(mm)	219±1
Weight(kg)	58.6±3%



Technical Specifications

Nominal Voltage		12V (6 cells per unit)
Design Floating Life @25°C		20 Years
Nominal Capacity @25°C (20 hour rate@10.0A,10.8V)		200Ah
Capacity @25°C	10hour rate (18.0A,10.8V)	180Ah
	5 hour rate (31.8A,10.5V)	159Ah
	1 hour rate (115.5A,9.6V)	115.5Ah
Internal Resistance Full Charged Battery@25°C		≤3.0mΩ
Ambient Temperature	Discharge	-25°C~60°C
	Charge	-25°C~60°C
	Storage	-25°C~60°C
Max.Discharge Current@25°C		1200A(5s)
Capacity affected by Temperature (10 hour)	40°C	108%
	25°C	100%
	0°C	90%
	-15°C	70%
Self-Discharge@25°C per Month		3%
Charge (Constant Voltage) @25°C	Standby Use	Initial Charging Current Less than 45.0A Voltage 13.6-13.8V
	Cycle Use	Initial Charging Current Less than 45.0A Voltage 14.4-14.9V

Battery Discharge Table

Discharge Constant Current per Cell (Amperes at 25°C)

F.V/Time	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h	100h
1.60V	312.4	185.9	132.0	115.5	70.5	49.5	33.7	22.2	19.8	10.8	2.40
1.65V	306.7	182.5	129.6	113.4	69.2	48.6	33.0	21.8	19.4	10.6	2.35
1.70V	301.0	179.1	127.2	111.3	67.9	47.7	32.4	21.4	19.1	10.4	2.31
1.75V	295.4	175.8	124.8	109.2	66.7	46.8	31.8	21.0	18.7	10.2	2.26
1.80V	284.0	169.0	120.0	105.0	64.1	45.0	30.6	20.2	18.0	10.0	2.22

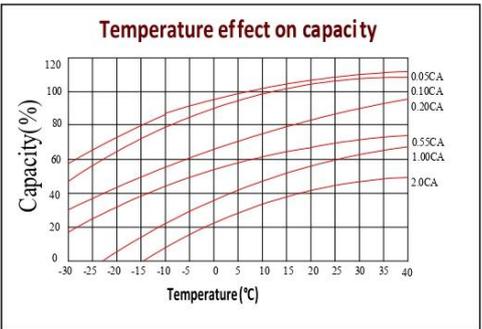
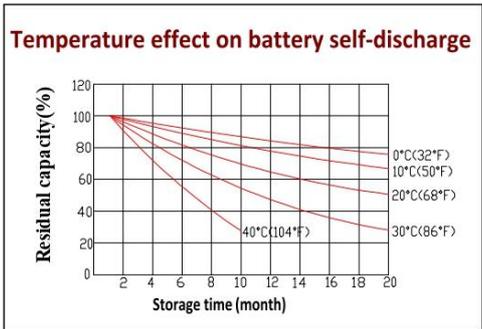
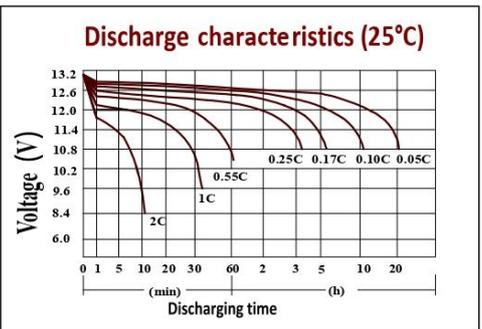
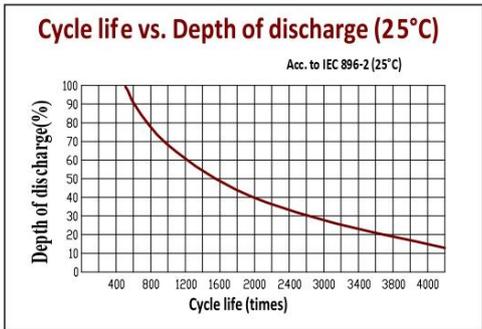
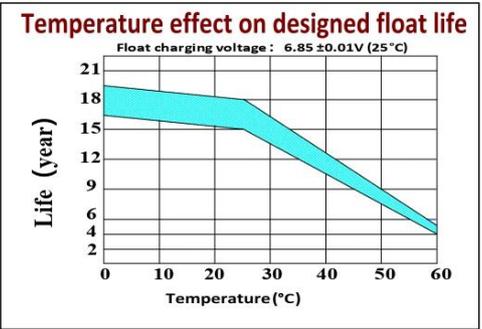
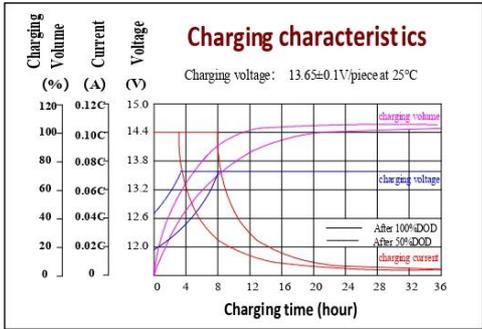
Discharge Constant Power per Cell (Watts at 25°C)

F.V/Time	15min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	8h	10h	20h	100h
1.60V	535.5	357.9	254.1	222.3	135.7	95.3	64.8	42.8	38.1	20.8	4.62
1.65V	526.5	351.4	249.5	218.3	133.3	93.6	63.6	42.0	37.4	20.4	4.53
1.70V	517.5	344.8	244.9	214.3	130.8	91.8	62.4	41.2	36.7	20.0	4.44
1.75V	508.5	338.3	240.2	210.2	128.3	90.1	61.3	40.4	36.0	19.6	4.36
1.80V	490.5	325.3	231.0	202.1	123.4	86.6	58.9	38.9	34.7	19.3	4.27

Note: The above data are average values, and can be obtained within 3 charge/discharge cycles. These are not minimum values. Cell and battery designs/specifications are subject to modification without notice. Contact **CSBattery** for the latest information.

High-Temp Long Life GEL Deep Cycle Battery HTB12-200

Performance Characteristics



Battery Construction

Component	Positive plate	Negative plate	Container & Cover	Safety valve	Terminal	Separator	Electrolyte	Pillar seal
Features	Thick high Sn low Ca grid with special paste	Balanced Pb-Ca grid for improved recombination efficiency	Fire resistance ABS (UL94-V0 optional)	Flame Si-Rubber and aging resistance	Female Copper Insert M8	Advanced PVC /AGM separator for high pressure cell design	Silicon Gel	Two layers epoxy resin seal

Add: Building Evolution, Xingdong Industry Park, NO.61, Liuxian 2nd Road, Baoan, Shenzhen, China.
Tel: +86-755-29123661 Email: Sales@CSBattery.cn, Support@CSBattery.cn
Website: www.CSBattery.cn

Copyright © 2016 CSBattery Energy Co., Limited

MPPT Solar Charge Controller

MC4885N15/MC48100N15/MC4885N25/MC48100N25

Product Accessories

RM-7 display, USB to TTL cable, BTS temperature sensor.



Product Characteristics

-  30% higher than PWM mode.
-  PV short-circuit protection, charge over-current protection.
-  Rs485 Modbus protocol
Built-in bluetooth module.
-  12/24V/36/48 identification.
-  1 year Historical data storage.
-  MPPT tracking efficiency is up to 99.9%.
-  Built-in temperature detection.
-  Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries.
-  Current-limiting charging mode.

Product Parameters

Model	SR-MC4885N15	SR-MC48100N15	SR-MC4885N25	SR-MC48100N25
System voltage	12V/24/36/48V			
Static power consumption	0.54W			
Maximum input voltage of solar energy (25°C)	150V		250V	
Voltage Range at MPP (Maximum Power Point)	Battery voltage +2~ 120V		Battery voltage +2~ 180V	
Charging current	85A	100A	85A	100A
Solar panel power (12V battery)	1100W	1300W	1100W	1300W
Solar panel power (24V battery)	2200W	2600W	2200W	2600W
Solar panel power (48V battery)	4400W	5200W	4400W	5200W
Support battery type	Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries			
Temperature compensation coefficient	-3mV/°C/2V			
Operating temperature range	-35°C ~60°C			
Humidity	95%, no condensation			
Protection grade	Ip32			
Weight	5.7kg			
Communication mode	TTL(3.3V)/RS485/Bluetooth Module			
Product Dimensions	314*227*121 (mm)			
Terminal blocks	35mm ² /2AWG			

Inversor/cargador MultiPlus

800VA - 5kVA

compatibles con baterías de Lito-Ion

www.victronenergy.com



MultiPlus
24/3000/70



MultiPlus Compact
12/2000/80

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción). El MultiPlus se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la red eléctrica/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción. La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del MultiPlus tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo (segunda salida disponible en modelos con una capacidad nominal de 3 kVA o más).

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000/120, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 720 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una potencia de salida de 75 kW / 90 kVA y más de 2000 amperios de capacidad de carga.

PowerControl – Potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

El MultiPlus es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la red del pantalán (casi 10 A por cada Multi de 5 kVA a 230 VCA). En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus tendrá se hará cargo de otras cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la toma de puerto.

PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica de la toma de puerto o del generador

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Permite que el MultiPlus complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón

El MultiPlus puede utilizarse en sistemas PV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos. Hay disponible software de detección de falta de suministro.

Configuración del sistema

- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

Seguimiento y control in situ

Hay varias opciones disponibles: Battery Monitor, Multi Control Panel, Color Control GX y otros dispositivos, smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

Seguimiento y control a distancia

Color Control GX y otros dispositivos.

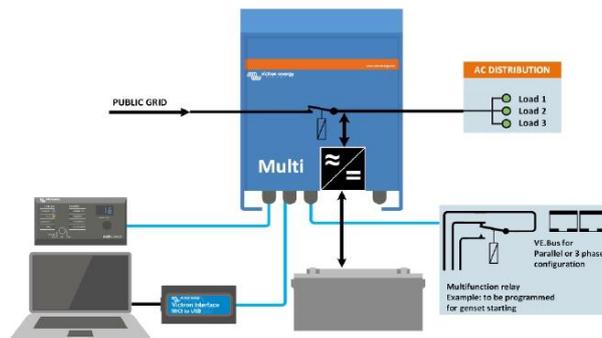
Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

Configuración a distancia

Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con un Color Control GX y otros dispositivos si está conectado a Ethernet.



Color Control GX
con una aplicación FV



MultiPlus	12 voltios 24 voltios 48 voltios	C 12/800/35 C 24/800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70	
Tensión nominal de la batería		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Batería de 12 V Batería de 24 V Batería de 48 V	Batería de 24 V Batería de 48 V	
PowerControl		Si	Si	Si	Si	Si	Si	
PowerAssist		Si	Si	Si	Si	Si	Si	
Entrada CA		Rango de tensión de entrada: 187-250 V			Frecuencia de entrada: 50/60 Hz			Cos φ >0.8
Conmutador de transferencia (A)		16	16	16	30	16 ó 50	100	
INVERSOR								
Rango de tensión de entrada (VCC)				9,5 – 17 V	19 – 33 V	38 – 66 V		
Corriente de entrada (A CC)		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	250 / 125 / 65	238 / 118	
Salida		Tensión de salida: 230 VAC ± 2 % Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (7)						
Potencia cont. de salida a 25 °C (VA) (2)		800	1200	1600	2000	3000	5000	
Potencia cont. de salida a 25 °C (W)		700	1000	1300	1600	2400	4000	
Potencia cont. de salida a 40 °C (W)		650	900	1200	1400	2200	3700	
Potencia cont. de salida a 65 °C (W)		400	600	800	1000	1700	3000	
Pico de potencia (W)		1600	2400	3000	4000	6000	10000	
Corriente de salida continua máxima (A~)		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	11	19	
Rango del factor de potencia		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	±0.8	±0.8	
Corriente máxima de fallo en salida		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	32 A pico 1 s	53 A 1 segundo	
Eficacia máxima (%)		92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95	
Consumo en vacío (W)		8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35	
Consumo en vacío en modo ahorro (W)		5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30	
Consumo en vacío en modo búsqueda (W)		2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15	
CARGADOR								
Entrada de CA		Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA			Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz		Factor de potencia: 1	
Tensión de carga de "absorción" (VCC)					14,4 / 28,8 / 57,6			
Tensión de carga de "flotación" (VCC)					13,8 / 27,6 / 55,2			
Modo de almacenamiento (VCC)					13,2 / 26,4 / 52,8			
Corriente de carga batería auxiliar (A) (6)		35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70	
Corriente de carga batería arranque (A)		4 (solo modelos de 12 y 24V)						
Sensor de temperatura de la batería		si						
GENERAL								
Salida auxiliar (8)		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Si (16A)	Si (50A)	
Relé programable (6)		Si						
Protección (2)		a - g						
Puerto de comunicación VE.Bus		Para funcionamiento paralelo y trifásico, control remoto e integración del sistema						
Puerto de comunicaciones de uso general		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Si	Si	
On/Off remoto		Si						
Características comunes		Rango de temp. de trabajo: -40 a +65 °C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): máx 95 %						
CARCASA								
Características comunes		Material y color: aluminio (azul RAL 5012)/Categoría de protección: IP20, grado de contaminación 2, OVCIII (ov: 6 kA 30 ms						
Conexión de la batería		cables de batería de 1,5 metros		Pernos M8		Cuatro pernos M8 (2 conexiones + y 2 -)		
Conexión CA 230 V		Conector G-ST18I		Abrazadera de resorte		Bornes de tornillo de 13 mm ² (6 AWG) Pernos M6		
Peso (kg)		10	10	10	12	18	30	
Dimensiones (al x an x p en mm.)		375 x 214 x 110		520 x 255 x 125		362 x 258 x 218 444 x 328 x 240		
NORMATIVAS								
Seguridad		EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, IEC 62109-1						
Emissiones, Inmunidad		EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3						
vehículos de carretera		Modelos de 12 y 24V ECE R10-4						
Antislta		Visite nuestra página web						

1) Puede ajustarse a 60 Hz. Modelos de 120V disponibles por encargo

2) Clave de protección:

a) cortocircuito de salida

b) sobrecarga

c) tensión de la batería demasiado alta

d) tensión de la batería demasiado baja

e) temperatura demasiado alta

f) 230 VCA en la salida del inversor

g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta

3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1

4) Hasta 25 °C de temperatura ambiente

5) Se desconecta si no hay fuente CA externa disponible

6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como función de alarma general, sustitución CC o arranque/parada del generador.

Valor nominal CA: 230 V/4 A

Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC

7) Entre otras funciones, para comunicarse con el BMS de una batería de iones de litio



Panel Digital Multi Control

Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



Mochila VE.Bus Smart

Mide la tensión y la temperatura de la batería y permite monitorizar y controlar Multis y Quattros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth.



Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



Color Control GX y otros dispositivos

Seguimiento y control de forma local, y también a distancia a través del portal VRM



Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB

Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VE.C.configure](#))



Interfaz VE.Bus a NMEA 2000

Liga o dispositivo a una red electrónica marina NMEA 2000. Consulte o [guía de integración NMEA 2000 e MFD](#)



Monitor de baterías BMV-712 Smart

Utilice un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth para:

- personalizar los ajustes,
- consultar todos los datos importantes en una sola pantalla,
- ver los datos del historial y actualizar el *software* conforme se vayan añadiendo nuevas funciones.

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Cables Solares

Un par (1 negro + 1 rojo) de cables de panel solar de 10 AWG están hechos de material de cobre conductor estañado, que tiene mejor conductividad, conductividad térmica y resistencia a la corrosión que el cobre puro, lo que puede reducir la pérdida de energía durante el uso y mejorar la eficiencia de carga.



Cable Fotovoltaico

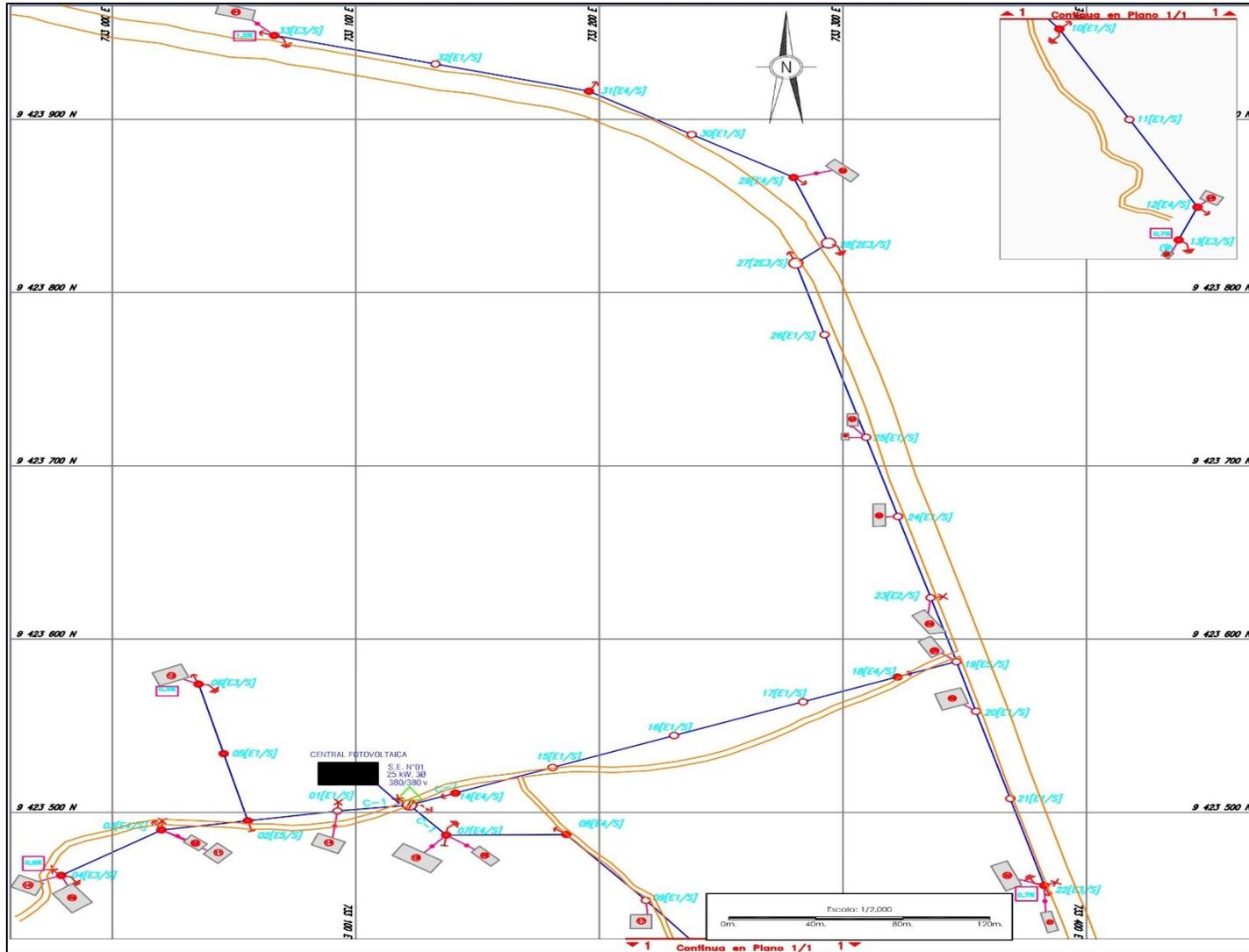
Panel solar de grado impermeable IP68. El cable puede funcionar al aire libre durante mucho tiempo (alrededor de 30 años). La cubierta del cable solar fotovoltaico está hecha de un material aislante retardante de llama PPO duradero. El material aislante extragrueso puede soportar el calor y el frío extremos. -40 °F ~ 194 °F (-40 °C -90 °C). Diseñado para condiciones climáticas extremas y se puede enterrar directamente bajo tierra.



Sección transversal (nxmm ²)	conductor (mm)	exterior (mm)	portador de corriente capacidad [A] a 60 °C	Resistencia del conductor kΩ/km a 20°C	Cable Código
1x1.5	1.4	4.2	30	13.7	PV302515
1x2.5	1.8	5.0	42	8.21	PV502525
1x4.0	2.2	5.2	55	5.09	PV562940
1x6.0	2.8	5.8	70	3.39	PV842960
1x10.0	4.0	7.5	98	1,95	PV142301
1x16.0	5.0	8.9	132	1.24	PV228301
1x25.0	6.2	10.9	176	0,795	PV361302
1x35.0	7.3	12.8	218	0.565	PV525303
1x50.0	8.8	14.3	280	0.393	PV720305
1x70.0	11.0	16.5	350	0,277	PV988307
1x95.0	12.3	18.2	410	0.210	PV134930
1x120.0	14.1	20.2	480	0.164	PV169130

Anexo 02

Planos y detalles



RELACION DE USUARIOS					
SECTOR LAS PIÑAS, CASERIO CRUCE DE LAMBAEQUE (RS-01)					
ITEM	CTO.	N° LOTE	NOMBRES Y APELLIDOS	UBICACION DE LOTE	
				ESTE	NORTE
1	2	1	Yoeyni Cordova Cera	733044,3	9423961,9
2	2	2	Raul Hernan Elera Gomez	733293,6	9423870,4
3	2	3	Jose Santos Garcia Granda	733297,5	9423727
4	2	4	Helard Siloe Peña Tineo	733294,6	9423717,5
5	2	5	Elio Guarnizo Torres	733308,5	9423671,4
6	2	6	Wilder Guerrero Flores	733329,1	9423608,8
7	2	7	Yessica Lizbeth Huaman Huancas	733331,2	9423593,3
8	2	8	Heli Jimenez Santos	733338,5	9423565,8
9	1	9	Oriando Izquierdo Olivera	732977,0	9423450,8
10	1	10	Liliana Raquel Izquierdo Cordova	732958,9	9423458
11	1	11	Walter Pinedo Delgado	733037,1	9423476,8
12	1	12	Maria Perpetua Delgado Gallardo	733027,7	9423482,3
13	1	13	Yessica Lizbeth Huaman Huancas	733017,8	9423578,9
14	1	14	Darwin Delgado Hoyos	733082,5	9423482,5
15	1	15	Genova Hoyos Vallejos	733118,3	9423473,8
16	1	16	Erwin Johann Delgado Hoyos	733146,5	9423475,1
17	1	17	Santos Herminio Jaramillo Ramirez	733210,8	9423323,3
18	1	18	Juan Delgado Gallardo	733297,6	9423323,3
19	1	19	Segundo Arturo Delgado Gallardo	733279,4	9423290,7
20	1	20	Maria Perpetua Delgado Gallardo	733361,0	9423463,5
21	1	21	Francisca Delgado Gallardo	733378,5	9423436,6

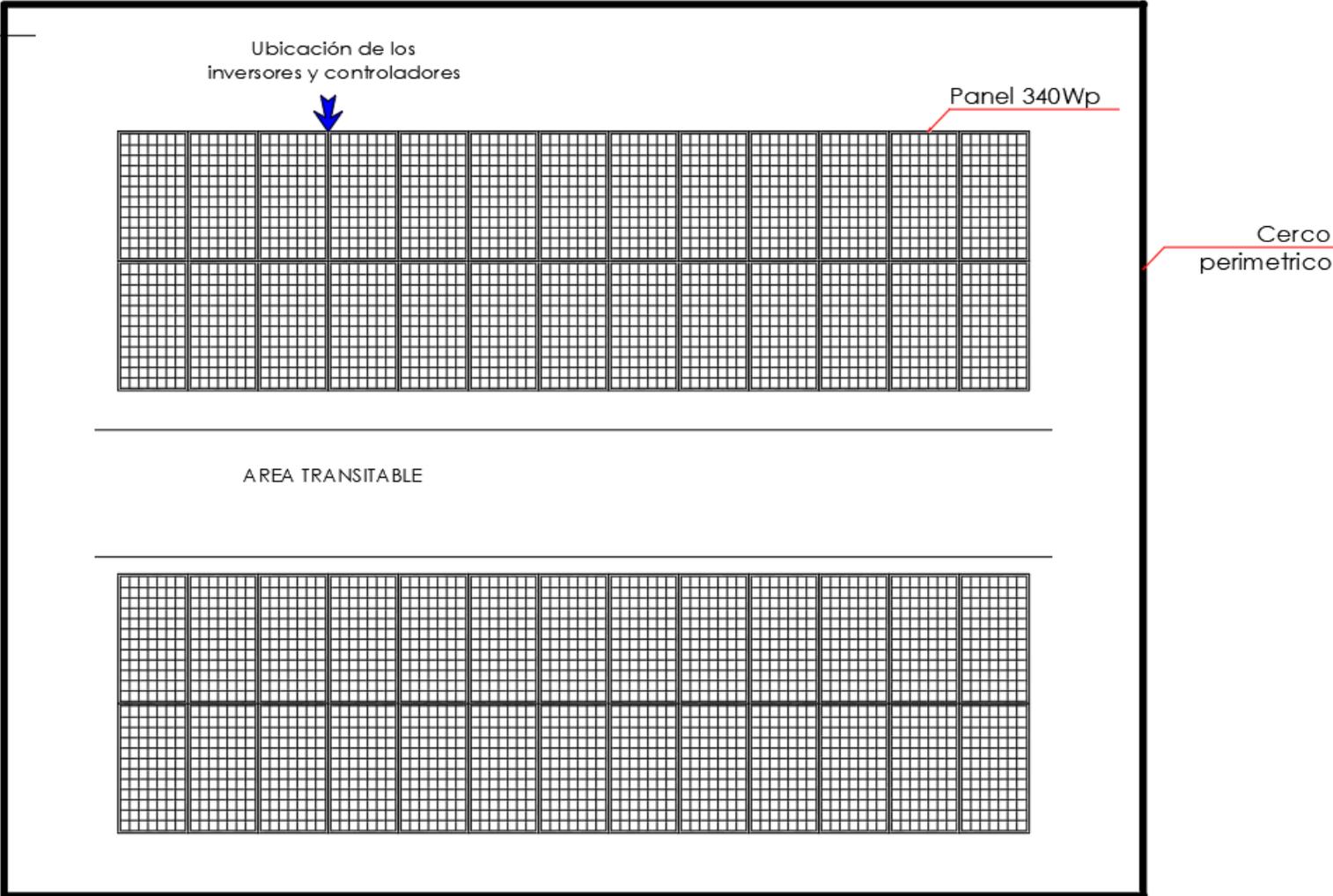
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

QUINDE FLORES HEISSON KALIN LOZANO LARRATEGUI GILMER ALBERTO

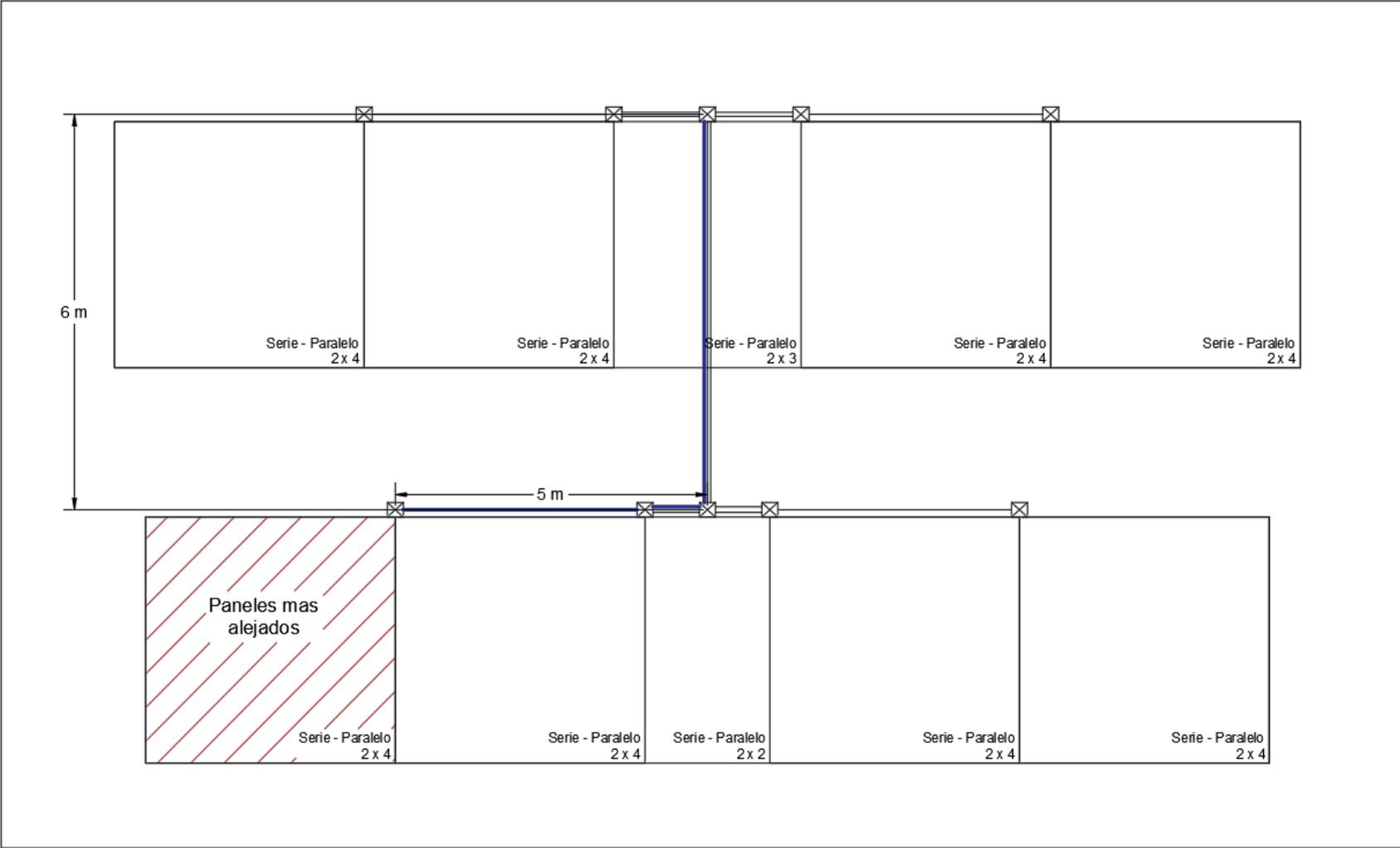
REDES SECUNDARIAS Y CONDICIONES DOMICILIARIAS

SECTOR LAS PIÑAS, CAS CRUCE LAMBAEQUE

PLANO N° 01-RS 1/1



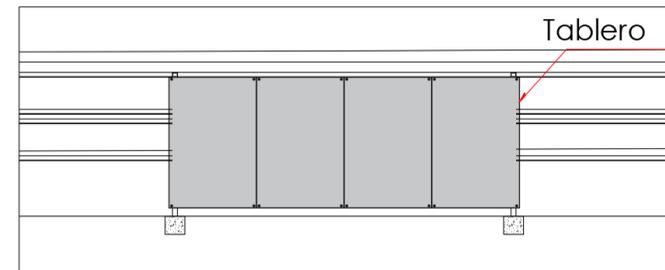
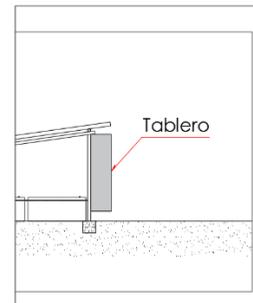
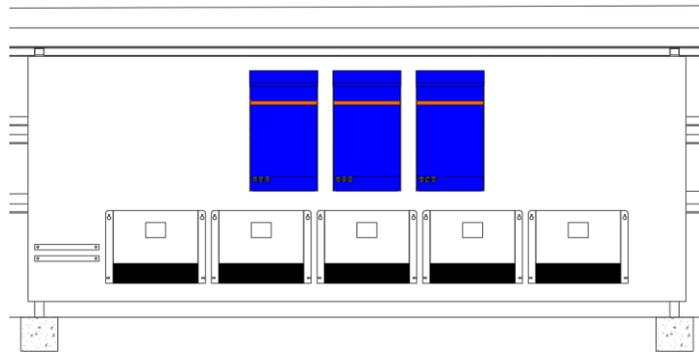
Distribución de paneles para análisis de caída de tensión



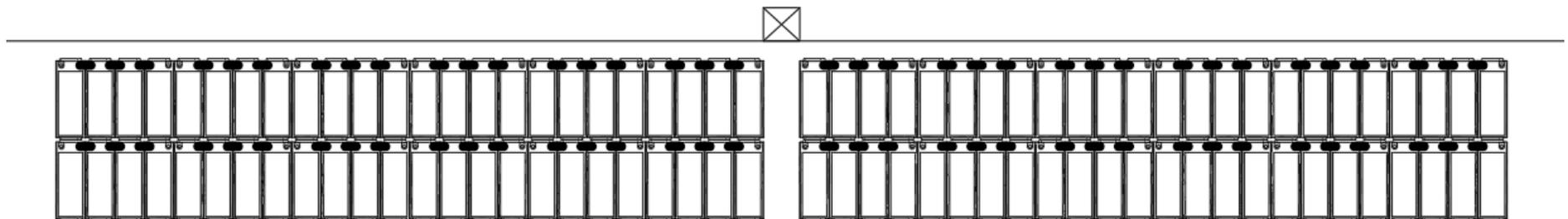
Vista frontal de la central



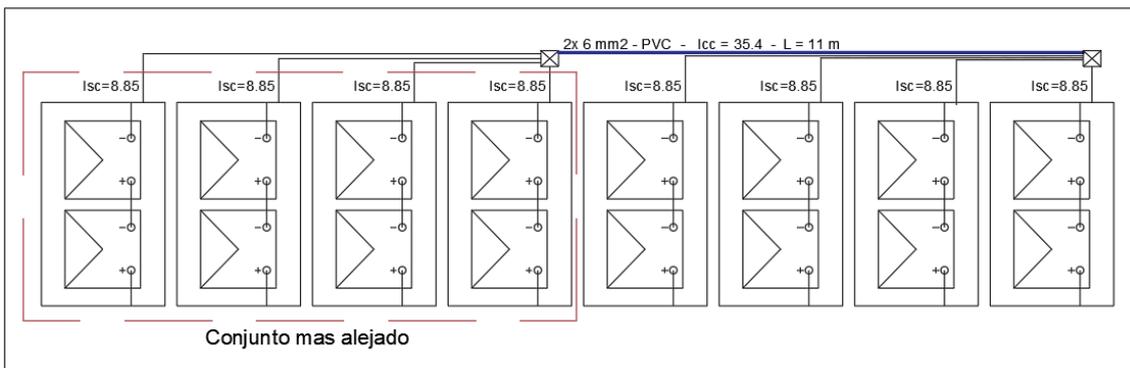
Detalle de inversores y controladores



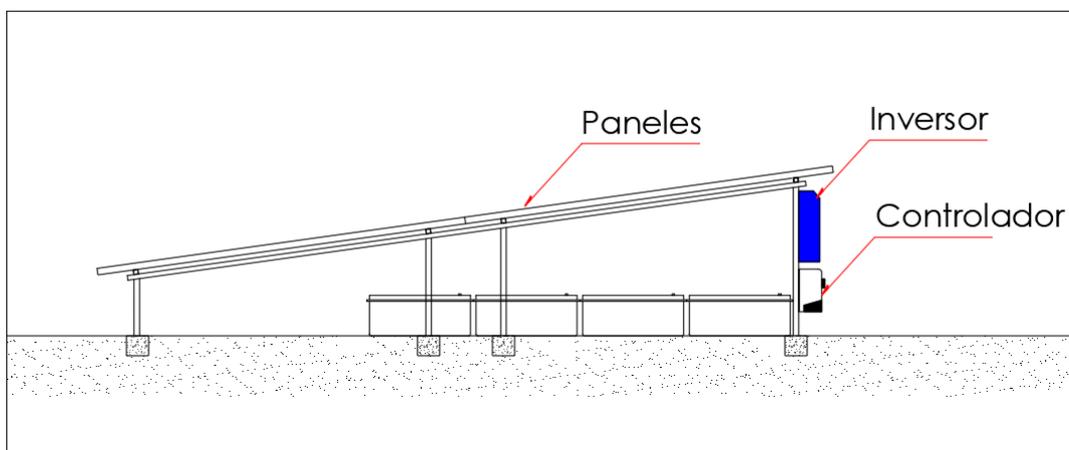
Ubicación de las baterías bajo los paneles



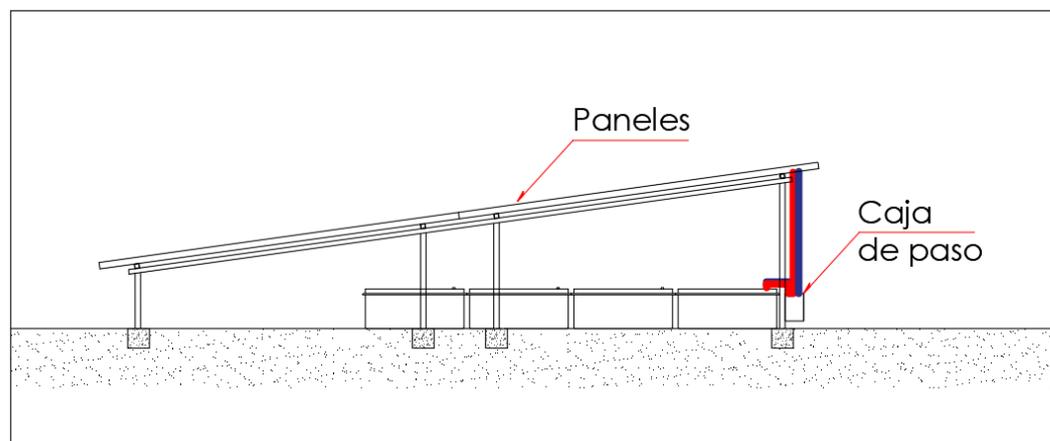
Conexión de paneles



Vista lateral de baterías y paneles con caja de conexión



Vista lateral de baterías y paneles con inversor y regulador



Anexo 03

Costo de los equipos principales



PANEL SOLAR ECO GREEN EOS 24V 340W EOS POLICRISTALINO

El panel solar 24V 340W policristalino es una opción confiable y eficiente para generar energía renovable en lugares remotos o en aplicaciones de mediana potencia. Con células solares de alta calidad, este panel es capaz de convertir la energía del sol en electricidad de manera eficiente, incluso en condiciones de baja luminosidad. Es ideal para sistemas off-grid, camping, caravanas, botes, y otros proyectos de energía solar de mediana escala.

s/ 616.00

Cantidad

− 1 +

Agregar al carrito



BATERIA CSBATTERY ALTA TEMPERATURA GEL 12V 200A

Almacene la energía generada por su sistema fotovoltaico con nuestra batería solar de alta calidad. Acceso constante a energía limpia y renovable. Fácil instalación y mantenimiento.

s/1070.00

Cantidad

− 1 +

Agregar al carrito

🔌 Controlador MPPT 250V 100A LCD 12/24/48V



S/2.342,41

SIN IGV
S/ 1.985,09



Envío: Envío gratuito a provincias!

Entrega: **Recójalo el miércoles 31 de enero en agencia Marvisur o Shalom de > provincias**

Fabricante: SRNE | Cod. Artículo: 2006046

Cantidad:

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR

🔌 Inversor Victron Multiplus 48V 5000VA 70A



S/6.183,15

SIN IGV
S/ 5.239,96



Envío: Envío gratuito a provincias!

Entrega: **Recójalo el viernes 16 de febrero en agencia Marvisur o Shalom de > provincias**

Fabricante: Victron Energy | Cod. Artículo: 3004077

Cantidad:

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR

Anexo 04

Presupuesto



COTIZACIÓN	
RUC 20487858243	C0 -000 76

R&C SOLUCIONES ELECTRICAS SRL

DIRECCIÓN: PASAJE LAS CIDRAS 124

SUCURSAL: PASAJE LAS CIDRAS 124

TELÉFONO: 976646029

EMAIL: RYC_SOLUCIONESELECTRICAS@OUTLOOK.COM

CLIENTE:

RUC --

HEISSON QUINDE FLORES

CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA EMISION: 27/02/2025

TIPO DE PAGO: CONTADO

MONEDA: S/

IGV: 18%

ORDEN DE COMPRA:

AVISO:

N°	DESCRIPCION	UM	P.LISTA	DSCTO	P.UNIT.	CANT.	IMPORTE
1	INSTALACION DE TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO	pza	24533.40	0.00	24533.4	1	24533.40
2	CERCO DE OBRA CON POSTES Y MALLA RASCHEL	m	289.36	0.00	289.36	60	17361.60
3	INSTALACION DE PANEL FOTOVOLTAICO	und	734.46	0.00	734.46	52	38191.92
4	INSTALACION DE BATERIA SOLAR 200Ah	und	1295.55	0.00	1295.55	96	124372.80
5	INSTALACION DE CONTROLADOR 100A	und	2547.73	0.00	2547.73	3	7643.19
6	TRANSPORTE	glb	4000.00	0.00	4000	1	4000.00
7	INSTALACION DE INVERSOR DE 5KW	und	6317.84	0.00	6317.84	5	31589.20
8	INSTALACION DE CABLE 6 MM2	m	102.94	0.00	102.94	120	12352.80
9	INSTALACION DE CABLE 10 MM2	m	61.87	0.00	61.87	20	1237.40
10	INSTALACION DE CABLE 35 MM2	m	173.46	0.00	173.46	32	5550.72
11	INSTALACION DE ESTRUCTURA DE ALUMINIO	und	4590.40	0.00	4590.4	1	4590.40

TOTAL DE PRODUCTOS: 1 1

TOTAL DE CANTIDADES: 391

SON: DOSCIENTOS SETENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS VEINTITRÉS CON 43/ 1 00 SOLES



Representación interna de
COTIZACIÓN

Autorizado mediante
Resolución de Intendencia
Nro. 034-005- 0012754

DESCUENTOS
IMPORTE TOTAL

0
241423.43

Consulte su documento electrónico en:
<https://www.tumi-soft.com/consulta-ce>

" JEHOVA ES MI PASTOR NADA ME FALTARA " SALMOS 23:1

Datos de la Empresa

Razón Social: R&C SOLUCIONES
ELECTRICAS SRL

BCP CTA AHORROS: 30506598587025

CCI: 00230510659858702514

**COTIZACIÓN**

RUC 20487858243

C001-0000258

R&C SOLUCIONES ELECTRICAS SRL

DIRECCIÓN: PASAJE LAS CIDRAS 124

SUCURSAL: PASAJE LAS CIDRAS 124

TELÉFONO: 976646029

EMAIL: RYC_SOLUCIONESELECTRICAS@OUTLOOK.COM

CLIENTE:

RUC --

QUINDE FLORES

CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA EMISION: 26/03/2025**TIPO DE PAGO:** CONTADO**MONEDA:** S/**IGV:** 18%**ORDEN DE COMPRA:****AVISO:**

N°	DESCRIPCION	UM	P.LISTA	DSCTO	P.UNIT.	CANT.	IMPORTE
1	MANTENIMIENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO (LIMPIEZA A PROFUNDIDAD, REVISION Y CAMBIO DE EMPALMES Y CONECTORES, REVISION DE INVERSORES, REVISION DE CONTROLADORES)	GLB	1500	0.00	1500	1	1500

TOTAL DE PRODUCTOS: 1

TOTAL DE CANTIDADES: 1

SON: MILQUINIENTOS CON 00/100 SOLESRepresentación interna de
COTIZACIÓNAutorizado mediante
Resolución de Intendencia
Nro. 034-005- 0012754**DESCUENTOS**
IMPORTE TOTAL0
1,500.00Consulte su documento electrónico en:
<https://www.tumi-soft.com/consulta-ce>**" JEHOVA ES MI PASTOR NADA ME FALTARA " SALMOS 23:1****Datos de la Empresa**Razón Social: R&C SOLUCIONES
ELECTRICAS SRLBCP CTA AHORROS: 30506598587025
CCI: 00230510659858702514

Análisis de precios unitarios según la empresa

Partida	01.01		INSTALACION DE TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO					
Rendimiento	pza/DIA	2.0000	E Q.	2.0000		Costo unitario directo por : pza	24,533. 40	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	0.5000	2.0000	18.00	36.00
0101010005	PEON			hh	0.5000	2.0000	15.00	30.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0500	3,000.00	150.00
								216.00
Materiales								
0270010295	CABLE 35 mm2 - CONEXION A RED			m		4.0000	26.50	106.00
0290230060	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO			glb		1.0000	400.00	400.00
0290240004 0005	TRANSFORMADOR 3F-1:1-350V/220V-TAP- 5%/+5%-35KW			und		1.0000	23,500.0 0	23,500. 00
								24,006. 00
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		15.0000	216.00	32.40
0301010043	ACCESORIOS			%mo		25.0000	216.00	54.00
0301210001 0002	GRUA DE 40 ton			hm	0.2500	1.0000	225.00	225.00
								311.40

Partida	01.02		CERCO DE OBRA CON POSTES Y MALLA RASCHEL					
Rendimiento	m/DIA	15.0000	E Q.	15.0000		Costo unitario directo por : m	289.36	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	0.4688	0.2500	18.00	4.50
0101010005	PEON			hh	1.8750	1.0000	15.00	15.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0300	3,000.00	90.00
								109.50
Materiales								
0204010003	ALAMBRE GALVANIZADO			kg		0.2000	20.00	4.00
0210030003	MALLA PARA CERCO 1" X 1/8"			m		1.0000	75.00	75.00
0263110002	POSTES METALICOS 2" - 3m			und		1.0000	68.00	68.00
								147.00
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	109.50	5.48
0301010043	ACCESORIOS			%mo		25.0000	109.50	27.38
								32.86

Partida	01.03		INSTALACION DE PANEL FOTOVOLTAICO					
Rendimiento	und/DIA	10.0000	E Q.	10.0000		Costo unitario directo por : und	734.46	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.

Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	0.3125	0.2500	18.00	4.50
0101010005	PEON			hh	1.2500	1.0000	15.00	15.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0300	3,000.00	90.00
								109.50
Materiales								
0231220002	PANEL FOTOVOLTAICO ECO GREEN 340W			und		1.0000	614.00	614.00
								614.00
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	109.50	5.48
0301010043	ACCESORIOS			%mo		5.0000	109.50	5.48
								10.96

Partida	01.04	INSTALACION DE BATERIA SOLAR 200Ah						
Rendimiento	und/DIA	20.000	E	20.000		Costo unitario directo por : und	1,295.5	
		0	Q.	0			5	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	0.4688	0.1875	18.00	3.38
0101010005	PEON			hh	1.8750	0.7500	15.00	11.25
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0300	3,000.00	90.00
								104.63
Materiales								
0290040003	BATERIA CSBATTERY HTB12-200			und		1.0000	1,170.00	1,170.00
								1,170.00
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	104.63	5.23
0301010043	ACCESORIOS			%mo		15.0000	104.63	15.69
								20.92

Partida	01.05	INSTALACION DE CONTROLADOR 100A						
Rendimiento	und/DIA	4.0000	E	4.0000		Costo unitario directo por : und	2,547.7	
			Q.				3	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	0.2500	0.5000	18.00	9.00
0101010005	PEON			hh	0.5000	1.0000	15.00	15.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0500	3,000.00	150.00
								174.00
Materiales								
0261080004	CONTROLADOR MPPT SRNE MC48100N25			und		1.0000	2,342.41	2,342.41
								2,342.41
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		10.0000	174.00	17.40
0301010043	ACCESORIOS			%mo		8.0000	174.00	13.92
								31.32

Partida	01.06	TRANSPORTE						
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	E Q.	1.0000		Costo unitario directo por : glb	4,000.0 0	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales								
0203020002	FLETE LIMA SAN IGNACIO			glb		1.0000	2,800.00	2,800.00
0290240004 0006	TRANSLADO A OBRA			glb		1.0000	1,200.00	1,200.00
								4,000.00

Partida	01.07	INSTALACION DE INVERSOR DE 5KW						
Rendimiento	und/DIA		E Q.			Costo unitario directo por : und	6,317.8 4	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh		0.2500	18.00	4.50
0101010005	PEON			hh		1.0000	15.00	15.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0300	3,000.00	90.00
								109.50
Materiales								
0261080005	INVERSOR VICTRON ENERGY 5 KW			und		1.0000	6,183.15	6,183.15
								6,183.15
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		15.0000	109.50	16.43
0301010043	ACCESORIOS			%mo		8.0000	109.50	8.76
								25.19

Partida	01.08	INSTALACION DE CABLE 6 MM2						
Rendimiento	m/DIA	150.00 00	E Q.	150.00 00		Costo unitario directo por : m	102.94	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	18.750 0	1.0000	18.00	18.00
0101010005	PEON			hh	18.750 0	1.0000	15.00	15.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0200	3,000.00	60.00
								93.00
Materiales								
0270010292	CABLE 6 mm2 - SOLAR FOTOVOLTAICO			m		1.0000	2.50	2.50
								2.50
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	93.00	4.65
0301010043	ACCESORIOS			%mo		3.0000	93.00	2.79
								7.44

Partida	01.09	INSTALACION DE CABLE 10 MM2						
Rendimiento	m/DIA	130.00 00	E Q.	130.00 00		Costo unitario directo por : m	61.87	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	4.0625	0.2500	18.00	4.50
0101010005	PEON			hh	16.250 0	1.0000	15.00	15.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0100	3,000.00	30.00
								49.50
Materiales								
0270010293	CABLE 10 mm2 - SOLAR FOTOVOLTAICO			m		2.0000	4.20	8.40
								8.40
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	49.50	2.48
0301010043	ACCESORIOS			%mo		3.0000	49.50	1.49
								3.97

Partida	01.10	INSTALACION DE CABLE 35 MM2						
Rendimiento	m/DIA	50.000 0	E Q.	50.000 0		Costo unitario directo por : m	173.46	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	1.5625	0.2500	18.00	4.50
0101010005	PEON			hh	6.2500	1.0000	15.00	15.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0300	3,000.00	90.00
								109.50
Materiales								
0270010294	CABLE 35 mm2 - SOLAR FOTOVOLTAICO			m		2.0000	26.50	53.00
								53.00
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	109.50	5.48
0301010043	ACCESORIOS			%mo		5.0000	109.50	5.48
								10.96

Partida	01.11	INSTALACION DE ESTRUCTURA DE ALUMINIO						
Rendimiento	und/DIA	0.5000	E Q.	0.5000		Costo unitario directo por : und	4,590.4 0	
Código	Descripción Recurso			Unida d	Cuadri lla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO			hh	0.0625	1.0000	18.00	18.00
0101010005	PEON			hh	0.1250	2.0000	15.00	30.00
0103010004	INGENIERO ELECTRICISTA			mes		0.0100	3,000.00	30.00
								78.00
Materiales								
0219010005 0005	CONCRETO F'C=245 kg/cm2			m3		0.7680	502.00	385.54
0271050139	BASTIDOR DE ANGULO DE AL 1"- 3.8 m x 13 m			und		2.0000	1,050.00	2,100.0 0
0272010087	TUBO CUADRADO AL - 1" - 0.80 m (SOPORTE 1)			und		12.0000	22.00	264.00
0272010088	TUBO CUADRADO AL - 1" - 0.90 m (SOPORTE 2)			und		12.0000	36.00	432.00
0272010089	TUBO CUADRADO AL - 1" - 1.00 m (SOPORTE 2)			und		12.0000	38.00	456.00
0272010090	TUBO CUADRADO AL - 1" - 1.4 m (SOPORTE 2)			und		12.0000	56.00	672.00
0272010091	CANAL AL 1" - 6m			und		9.0000	15.00	135.00
								4,444.5 4
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		12.0000	78.00	9.36
0301010043	ACCESORIOS			%mo		75.0000	78.00	58.50
								67.86



Acceso educativo

Hola, Heisson Kalin Quinde Flores:

Confirmamos que cumple los requisitos para obtener acceso educativo gratuito durante un año a los productos de Autodesk a través de Autodesk Education Community. Su acceso es válido hasta el 2026-03-17 y podrá renovarlo si cumple los requisitos.

Deberá completar la configuración de su cuenta de Autodesk Account para acceder a los productos.

[Completar la configuración de la cuenta](#)

¿Tiene alguna otra pregunta? Estamos siempre disponibles para ayudarle.

Visite [Autodesk Knowledge Network](#) para obtener instrucciones detalladas o [contacte con el equipo de soporte](#).

Atentamente,
Autodesk

© Copyright 2025 Autodesk, Inc. Todos los derechos reservados. • The Landmark at One Market Street, Suite 400 • San Francisco, CA 94105

Información legal. Condiciones de la compra en línea y la renovación automática. Declaración de privacidad

Este es un mensaje de correo electrónico operativo.

No responda a este mensaje. No podremos leer ni contestar las respuestas a este mensaje.

Autodesk y el logotipo de Autodesk son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de Autodesk, Inc., de sus filiales o de empresas asociadas en EE. UU. o en otros países. Todas las otras marcas, nombres de productos o marcas comerciales pertenecen a sus respectivos propietarios. Autodesk se reserva el derecho a modificar las ofertas, las especificaciones y los precios de sus productos y servicios en cualquier momento y sin previo aviso, y el precio está sujeto a las fluctuaciones monetarias.