



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO PARA LA ELECTRIFICACIÓN
RURAL DEL CENTRO POBLADO PUNAS CARNE
ROCURREAL EN EL DISTRITO DE LLAUTA –
AYACUCHO, 2021”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autor:

Luis Alberto Llaulli Altamirano

Asesor:

Ing. Iselli Josylin Nohely Murga González

<https://orcid.org/0000-0002-1711-6144>

Lima - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	KELLY MILENA POLO HERRERA	41297911
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	CARLOS ALBERTO ALVA HUAPAYA	06672420
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	JUAN CARLOS FLORES CERNA	18898536
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

tESIS-AMBIENTAL			
ORIGINALITY REPORT			
3%	%	2%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	Submitted to CACACE Informática Student Paper	<1%	
2	INSIDEO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - INSIDEO S.A.C.. "ITS Mejora Tecnológica Ambiental de la Unidad Minera Cuajone y Obras Conexas-IGA0000001", R.D. N° 148- 2016-MEM-DGAAM, 2020 Publication	<1%	
3	Ortega Ávila Naghelli. "Estudio teorico de un colector tipo CPC acoplado al generador de un sistema de refrigeracion por absorcion", TESIUNAM, 2002 Publication	<1%	
4	Dayana Naiyerling Galvis Villamizar, July Andrea Gomez Camperos, Oscar Manuel Duque Suárez. "TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM IN NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA", Journal of Applied Engineering Science, 2022 Publication	<1%	

DEDICATORIA

A mi familia, por apoyarme en los momentos difíciles, y por nunca dejarme caer, por haberme formado de manera correcta, involucrándome valores y buenos hábitos.

A Dios, porque a pesar de todas las circunstancias, siempre me brindo fortaleza y me encaminó por el lugar correcto.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por el apoyo incondicional,
a mis profesores por las enseñanzas brindadas y
a Dios.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIÓN	10
ÍNDICE DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	17
1.2.1. Formulación del problema general	17
1.2.2. Formulación del problema específico	17
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Hipótesis	19
1.5. Justificación	20
1.6. Marco Teórico	22
1.6.1. Antecedentes	22
1.6.2. Bases teóricas	28
1.6.3. Marco legal	29

1.6.4. Marco conceptual	31
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	33
2.1. Tipo de Investigación	33
2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.	33
2.3. Procedimiento de recolección de datos	34
2.4. Ámbito de estudio	36
2.4.1. Ubicación Geográfica	36
2.4.2. Límites	36
2.4.3. Población	37
2.4.4. Muestra	39
2.4.5. Actividad Económica	41
2.5. Sistema fotovoltaico	42
2.5.1. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	42
2.5.2. Componentes	43
2.5.3. Variables Climatológicos, Meteorológicos y Geográficas	49
2.5.4. Condiciones de generación y diseño	53
2.5.5. Protección Eléctrica	57
2.5.6. Mantenimiento	59
2.6. Electrificación rural	59
2.7. Aspectos éticos	60
CAPÍTULO III: RESULTADOS	61
3.1. Variables Climatológicas, Meteorológicas y Condiciones de diseño	61
3.2. Determinación Energéticas	69
3.3. Selección de Componentes	83
3.4. Recomendaciones de Operación y Mantenimiento	84
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	86
5.1. Discusión	86
5.2. Conclusiones	87

BIBLIOGRAFIA	90
ANEXOS	98

Índice de tablas

Tabla 1. Censo Nacional 1993-2017, según sexo de población.	37
Tabla 2. Censo Nacional 1993 – 2017, según proyección poblacional de viviendas	39
Tabla 3. Valores de albedo según tipo de suelo	51
Tabla 4. Estimación de perdidas en un sistema fotovoltaico.....	56
Tabla 5. Ubicación para la instalación del sistema fotovoltaico.....	61
Tabla 6. Estaciones Meteorológicas de Lucana - Ayacucho	61
Tabla 7. Horas de Sol Pico en el distrito de Llauta - Ayacucho.....	68
Tabla 8. Panel Solar PEPTTEL, Modelo LG120-18	70
Tabla 9. Batería Solar RITAR Modelo DG12-150	74
Tabla 10. Regulador de Carga Modelo SR-MC2430.....	77
Tabla 11. Consumo hipotético de una vivienda.....	78
Tabla 12. Inversor Phoenix 12/375 220V 60Hz.....	81
Tabla 13. Selección de Componentes para el sistema fotovoltaico	83
Tabla 14. Selección de Componentes para el sistema fotovoltaico	85

Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento de Recolección de Datos.	35
Figura 2. Situación de electrificación rural del Centro Poblado Punas Carne Rocurral	40
Figura 3. Temperatura máxima y mínima mensual, entre los años 2017 al 2021.....	62
Figura 4. Precipitación mensual, entre los años 2017 al 2021.....	64
Figura 5. Humedad relativa mensual, entre los años 2017 al 2021.....	65
Figura 6. Energía Solar Incidente en el distrito de Llauta.	67

Indide de Ecuación

Ecuación 1. Tasa de crecimiento anual promedio poblacional.....	38
Ecuación 2. Estimación de Perdidas en el sistema fotovoltaico.	66
Ecuación 3. Estimación de Perdidas en el sistema fotovoltaico.	69
Ecuación 4. Energía de generación requerida.	70
Ecuación 5. Energía extra de recuperación.....	71
Ecuación 6. Energía Generada por el Panel Solar.	72
Ecuación 7. Cantidad de Paneles.	72
Ecuación 8. Carga Requerida por el banco de baterías.	73
Ecuación 9. Número de baterías.	74
Ecuación 10. Cantidad de baterías seriadas.	75
Ecuación 11. Cantidad de baterías en paralelo.	75
Ecuación 12. Corriente máxima de carga y descarga del banco de baterías.....	76
Ecuación 13. Tensión máxima de ingreso al controlador de carga.	78
Ecuación 14. Corriente máxima de carga y descarga del inversor.....	79
Ecuación 15. Dimensionamiento del Inversor.	80
Ecuación 16. Intensidad Pico en demanda Máxima.	81

Índice de Anexos

Anexo 1. Matriz de Consistencia "Problemas, Hipótesis y Objetivos".....	98
Anexo 2. Matriz de Consistencia "Variables, Metodología, Población y Muestra".	99
Anexo 3. Mapa de Ubicación del distrito de Llauta - Ayacucho	100
Anexo 4. Ficha técnica Panel Solar PE-MON120W.....	101
Anexo 5. Ficha técnica batería RITAR GEL DG12-150.	102
Anexo 6. Controlador de Carga MPPT SR-MC2430.....	103
Anexo 7. Ficha técnica Estabilizador Phoenix 12V 375VA.	104
Anexo 8. Esquema eléctrico del Sistema Fotovoltaico.	105
Anexo 9. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico.....	106

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo proponer el diseño de un sistema fotovoltaico para generar energía eléctrica en el centro poblado de Punas Carne Rocurral en Llauta-Ayacucho, con el fin de contribuir al acceso a energía limpia y sostenible en zonas rurales. Por ello, se realizó la evaluación de la demanda energética de la zona, donde se estudiaron las características climáticas, meteorológicas y geográficas del lugar, con ello se diseñó el sistema fotovoltaico acorde a las necesidades energéticas identificadas.

Los resultados obtenidos indican que el sistema fotovoltaico propuesto puede cubrir la demanda energética de 26kWh/mes, usando tres paneles solares de 120W, 1 batería de 150 Ah, un controlador de carga de 30A y un estabilizados de 375VA. Por lo cual es una alternativa viable para la generación de energía en Llauta, Ayacucho, ya que cubre la demanda energética de la zona y reduce la dependencia de fuentes de energía no renovables.

En conclusión, la propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico en el centro poblado de Punas Carne Rocurral, representa una alternativa viable para la generación de energía renovable en zonas rurales, con un impacto positivo en el medio ambiente y una rentabilidad económica a largo plazo.

PALABRAS CLAVES: Energía Renovable, Sistema Fotovoltaico, Zonas rurales, Sostenibilidad, Impacto ambiental.

ABSTRACT

The objective of this research work is to propose the design of a photovoltaic system to generate electricity in the town of Punas Carne Rocurral in Llauta-Ayacucho, in order to contribute to access to clean and sustainable energy in rural areas. For this reason, the evaluation of the energy demand of the area was carried out, where the climatic, meteorological and geographical characteristics of the place were studied, with which the photovoltaic system was built according to the identified energy needs.

The results obtained indicate that the proposed photovoltaic system can cover the energy demand of 26kWh/month, using three 120W solar panels, 1 150Ah battery, a 30A charge controller and a 375VA stabilizer. Therefore, it is a viable alternative for the generation of energy in Llauta, Ayacucho, since it covers the energy demand of the area and reduces the dependence on non-renewable energy sources.

In conclusion, the design proposal for a photovoltaic system in the town of Punas Carne Rocurral represents a viable alternative for the generation of renewable energy in rural areas, with a positive impact on the environment and long-term economic profitability.

KEYWORDS: Renewable Energy, Photovoltaic System, Rural areas, Sustainability, Environmental impact.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, el mundo afronta un gran reto ante la problemática ambiental, el deterioro progresivo de la capa de ozono, calentamiento global, contaminación y deforestación, que no solo amenazan con la alteración del ecosistema, sino además a la calidad de vida o bienestar de millones de personas. Se conoce que el total de la energía producida a partir de las tecnologías ecológicas hasta el año 2015 es de 17.5%, de los cuales solo el 9.6% se da a partir de energías renovables (Álvarez et al., 2019). El crecimiento poblacional en el mundo implica que la energía suministrada sea insuficiente, básicamente las zonas rurales, carecen del suministro de fluido eléctrico, por lo cual se limita el desarrollo de estos sectores. (Carrión y Ortiz, 2013). En la revolución industrial, el desconocimiento de los efectos por uso desmedido e inapropiado de los hidrocarburos situó al carbón, petróleo y gas, como los principales pilares energéticos a nivel mundial, lo cual desencadenó problemas ambientales (aparición de enfermedades cardíacas y pulmonares, cambio climático, aparición de fenómenos naturales, deforestación, pérdida de la diversidad, y contaminación) además de conflictos geopolíticos (apropiación de reservas, acceso, precios). (Colantoni et al., 2018).

En Latinoamérica, se dan un excesivo consumo de energía, que a su vez tienen origen de fuentes nucleares o hidroeléctricas; para cubrir la demanda del consumo energético poco responsable, se opta a estas industrias busquen estas alternativas tecnologías de generación, las cuales resultan evidente como un tipo de contaminación. (Castillo et al., 2015). Los problemas vinculados a la carencia de energías en áreas rurales y sectores urbanos, ha

ocasionado que se use carbón y árboles para obtención de calor, ocasionando pérdida de ecosistemas, pérdida del hábitat de las especies, el aumento de las emisiones de dióxido de carbono, azufre, NOx y material particulado, que promueve la pérdida de la calidad del aire, aumento de emisiones de Gases de efecto invernadero que a su vez se da un aumento progresivo del calor en la atmósfera ocasionando el derretimiento de los polos y aumento del nivel de las masas de agua oceánica. (Jimenez et al., 2019). El interés por cuidar el medio ambiente, mejorar la eficiencia energética y la escasez de recursos es de preocupación a nivel mundial. Esto en la actualidad nos permite buscar alternativas ecológicas para lograr un desarrollo sustentable y traer beneficio a la economía, la salud, la sociedad y el medio ambiente. El 34% de la población de Colombia se encuentran no interconectadas, por el cual el ofrecimiento de los servicios no se da, bajo esta problemática el gobierno ha optado por implementar fuentes de generación energética a partir de recursos renovables para que la población pueda gozar de un mejor bienestar social, de salud y seguridad. (Martínez y Garrido, 2019).

En el Perú, un país donde se depende del 72% de los hidrocarburos, nos da una vista amplia de la investigación y aplicación por poner en práctica proyectos de generación energética a partir de recursos renovables, ello se denota en la gran dependencia por el uso del gas natural a través de su distribución en el Gasoducto Sur Peruano, la cual conlleva a una creciente contaminación. Se conoce que 3 millones de personas en el Perú no gozan de acceso a energía eficiente, la cual conlleva a condiciones de pobreza, riesgo de salud y seguridad, siendo las más vulnerables las zonas rurales aisladas, (Aita, 2017). El suministro de energía no es suficiente y barata, lo cual limita a estos sectores no interconectados sumarte a la base productiva, ya que a largo plazo la producción y consumos son funciones energéticas, por lo cual se guarda relación entre la disponibilidad del recurso energético y el

desarrollo de la población. La falta de energía profundiza más a la pobreza y cierra las posibilidades de crecimiento de cualquier población (Vargas y Ramírez, 2017). En Ayacucho las comunidades rurales aisladas no cuentan con las condiciones apropiadas que garanticen una buena calidad de vida para “poder leer de noche limitando la educación, disponer de una cadena de frío para la conservación de alimentos, vacunas y medicamentos o una sistema de bombeo de agua para el regado de sus cosechas”, la calidad de vida bajo el uso de energías sostenibles permitiría lograr obtener oportunidades que no se tenían y contribuirían en la construcción de capacidades y conocimientos de la población. (Linares et al, 2017).

En Llauta. solo el 24.2% de las viviendas en el distrito tienen acceso a energía eléctrica, lo que refleja que la gran mayoría de las familias en Llauta no disponen con acceso a este servicio básico, la falta de acceso a energía eléctrica limita considerablemente la disposición de los servicios básicos, optar por una educación de calidad, servicios de salud óptimos, bienestar personal y el desarrollo económico del distrito, ya que limita la capacidad de las empresas locales para operar y competir en el mercado. (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] , 2017).

Bajo esta realidad actual, las industrias generadoras y distribuidoras de electricidad no ven muy atractivo la sobreoferta del comercio eléctrico en las zonas rurales aisladas de Llauta, debido a su alto costo por su distribución. Cabe destacar que, aunque existen programas gubernamentales para la electrificación rural en el Perú, estos no siempre son suficientes para atender todas las necesidades de las comunidades rurales. Por esta razón, la propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico surge como una alternativa viable y complementaria a estos programas, que podría garantizar el acceso a la electricidad de manera mucho más rápida y eficiente.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación del problema general

- ¿Cuál es el diseño de sistema fotovoltaico adecuado para la electrificación rural del centro poblado Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta en Ayacucho, que satisfaga las necesidades energéticas promedio del hogar?

1.2.2. Formulación del problema específico

- ¿Cuáles son las variables climatológicas, meteorológicas, geográficas y condiciones de diseño que pueden influir en la implementación de un sistema fotovoltaico en el centro poblado Punas Carne Rocurral?
- ¿Qué cálculos se deben realizar para determinar la cantidad de paneles solares, capacidad del controlador de carga, capacidad del inversor y cantidad de baterías necesarias para satisfacer las necesidades energéticas de un hogar en el centro poblado Punas Carne Rocurral?
- ¿Cuáles son los componentes apropiados para un sistema fotovoltaico, que son adecuados para la electrificación rural en el centro poblado Punas Carne Rocurral?
- ¿Cuáles son los requisitos para la implementación y operación del sistema fotovoltaico en el distrito de Llauta, incluyendo la capacitación y el mantenimiento?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Proponer un diseño de sistema fotovoltaico adecuado para la electrificación rural del centro poblado Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta en Ayacucho, considerando las necesidades energéticas promedios de un hogar.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio sobre las variables climatológicas, meteorológicas, geográficas y condiciones que diseño que influyen en la implementación de un sistema fotovoltaico en el centro poblado Punas Carne Rocurral.
- Determinar la cantidad de paneles solares, capacidad del controlador de carga, capacidad del inversor y cantidad de baterías.
- Seleccionar los componentes adecuados para el sistema fotovoltaico.
- Proporcionar un plan de recomendaciones, por la implementación, operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico, para el centro poblado Punas Carne Rocurral.

1.4. Hipótesis

El tipo de investigación del presente trabajo es descriptiva propositiva ya que se establece una necesidad donde se proponga un mecanismo o sistema para fundamentar una necesidad dentro de un área local, esto se fundamenta que no se puede establecer una hipótesis en el cual el problema no anticipa una solución (Sánchez et al., 2018).

La implementación de un sistema fotovoltaico en el centro poblado Punas Carne Rocurral en distrito de Llauta - Ayacucho, tiene el potencial de poder electrificar zonas rurales, reducir los costos energéticos, mejorar la calidad de vida de la población local, promover la sostenibilidad energética y contribuir a la lucha contra el cambio climático. Para lograr estos objetivos, se propone el diseño de un sistema fotovoltaico adaptado a las necesidades energéticas y las características geográficas y socioeconómicas del centro poblado Punas Carne Rocurral en Llauta. Se espera que la implementación del sistema fotovoltaico resulte en una reducción significativa de la dependencia de fuentes de energía no renovable, como el petróleo y el gas natural, y en un mayor aspecto reducir la brecha de desigualdad por el acceso al suministro eléctrico. Además, se espera que el sistema fotovoltaico contribuya a mejorar el desarrollo económico y mejorar el estilo de vida de la población al proporcionar acceso a servicios básicos como la iluminación, la carga de dispositivos electrónicos y desarrollo económico de su población. Finalmente, se espera que este proyecto sirva como un modelo replicable para la implementación de sistemas fotovoltaicos en otras comunidades rurales de la región de todo el Perú.

1.5. Justificación

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI (2017), cerca del 30% de la población rural del Perú aún no disponen en sus hogares de energía eléctrica. El acceso limitado a la energía eléctrica en zonas rurales tiene un impacto negativo en el nivel de bienestar de su población, limitando la capacidad del desarrollo económico y la disponibilidad de los servicios básicos de salud y educación.

El centro poblado de Punas Carne Rocurral del distrito de Llauta en Ayacucho, está ubicado en un área rural que enfrenta esta problemática, como muchas otras comunidades de la zona que no disponen que energía eléctrica, lo que impide desarrollarse completamente. Las comunidades y hogares que disponen que energía eléctrica se apoyan ampliamente de los combustibles fósiles para poder generarla, lo que hace vulnerable lucrar con el costo del precio del petróleo y al impacto ambiental que supone la quema de combustible fósiles que son los principales agentes responsables del incremento de la presencia gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Bajo ese contexto, se propone la investigación para el diseño de un sistema fotovoltaico para la electrificación rural del centro poblado Runas Carne Rocurral del distrito de Llauta en Ayacucho. La propuesta de diseño del sistema fotovoltaico tiene como objetivo primordial mejorar el nivel de bienestar de los habitantes del distrito con el acceso de la energía eléctrica, para reducir la brecha desigualdad por el acceso a servicios básicos, disminuir los costos energéticos y contribuir al cuidado y preservación del medio ambiente.

Además de los beneficios socioeconómicos y ambientales mencionados, la propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico para la electrificación rural del centro poblado Punas Carne Rocurral, contribuiría a mejorar la seguridad energética de la zona los cual los harán

más sustentable. Actualmente, las comunidades rurales poseen una dependencia y accesibilidad de los combustibles fósiles, lo que las hace vulnerables a interrupciones en el suministro de energía debido a factores externos, como desastres naturales, conflictos sociales o económicos, y el lucramiento de precios de los combustibles. La implementación de un sistema fotovoltaico en el distrito de Llauta, posibilitaría disminuir la dependencia de combustibles fósiles y fomentar la autonomía energética de las comunidades rurales, lo que las haría más resilientes y mejor preparadas para enfrentar situaciones de emergencia.

Otro aspecto importante para considerar es el involucramiento y fortalecimiento de las comunidades locales en la implementación y gestión del sistema fotovoltaico. La propuesta de diseño incluye la capacitación y el involucramiento de los habitantes del distrito de Llauta en todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la operación y el mantenimiento del sistema. Esto no solo asegura la sostenibilidad y la eficacia del proyecto, sino que también contribuye al desarrollo de capacidades y habilidades antes aspectos ambientales que podrían aplicarse en entorno a su localidad.

En conclusión, la propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico para la electrificación rural del centro poblado de Punas Carne Rocurral, es una investigación muy fundamentada y necesaria que busca resolver un problema crucial en la zona, mejorar la calidad de vida de los habitantes del distrito, reducir los costos energéticos, contribuir con el cuidado y preservación del medio ambiente, mejorar los aspectos socioeconómicos, posicionamiento de industrias y empoderar a las comunidades locales.

1.6. Marco Teórico

1.6.1. Antecedentes

Reyes et al (2018), realizaron una investigación titulada, *“Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada”*, donde los autores diseñan un sistema de energía eléctrica para poder almacenarse en banco de pruebas fotovoltaico, con la finalidad de poder ser suministrado en forma aislada, el enfoque del estudio se basa en la importancia de la aplicación de energías renovables en la región Caribe de Colombia. El proyecto comienza con un análisis detallado del área de estudio que es la Universidad del Atlántico en Colombia, información disponible de las diversas bases de datos cercanas al área de aplicación, posteriormente se determinó el índice de radiación solar de la zona de estudio para poder proponer un método de dimensionado del sistema fotovoltaico aislado y por último, se realizó el estudio económico del sistema. Los resultados muestran que es apto aplicar un diseño de sistema fotovoltaico, bajo un tipo de análisis de disponibilidad solar considerando la población beneficiaria y lugar de la implementación Con ello se puede determinar el dimensionamiento correcto de cada uno de los componentes, para que operen de forma correcta y eficiente. El análisis económico indica que la recuperación de la inversión con respecto a tiempo se da entre 7 y 10 años respecto al voltaje de generación en los paneles, lo hace viable para implementar.

Marín et al (2018), realizó una investigación titulada *“Potencial fotovoltaico en techumbre de edificios industriales de alta demanda energética, en zonas ecuatoriales”*, donde nos detallan que el campo industrial produce alrededor del 60 % de gases de efecto invernadero en el mundo. Bajo ese contexto los autores evalúan el potencial fotovoltaico instalados en la techumbre de 9 edificios industriales ubicados en los países de “Alemania,

El Salvador, España, Honduras, Suiza e Italia”; el cual nos detalla el dimensionamiento y potencial de los sistemas solares y cuantas emanaciones ahorradas CO₂/AÑO. Se detallan que en las zonas cercanas a la línea ecuatorial poseen en el sol una fuente limpia para producir energía, por lo cual ejecutan un reconocimiento volumétrico de una planta solares, los autores recomiendan instalar paneles solares de sílice para procurar el correcto aprovechamiento del recurso solar, considerando criterios de ventilación interna e iluminación de fuentes natural. Como resultados se provee un abastecimiento del 22 % del consumo energético lo cual equivale a 17.328 habitantes o 2 % de la ciudad, se demuestra que la implementación de paneles solares es una alternativa para la eliminación de combustibles de origen fósil, y nos ofrece ventajas perspectivas económicas como ambientales.

Espinel et al (2020), realizaron una investigación titulada *“Estudio para la generación de energía por un sistema con paneles solares y baterías”*, el estudio se desarrolló en Colombia, donde los autores examinaron el comportamiento de un sistema fotovoltaico para producción de energía eléctrica mediante el uso de paneles solares y un banco de baterías, donde se simulo un modelo matemático definido en el presente artículo. En cuanto a la parte metodológica se desarrolló un estudio para programar modelos matemáticos para dimensionar paneles solares y el banco de baterías en el software libre Python, donde pudieron observar la deficiencia del sistema para garantizar la carga de las baterías en pleno uso donde había demanda de consumo, lo cual lo hace dificultosos aplicar el uso de baterías durante las horas donde el recurso solar muy bajo, además determinar la impedimento del sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de consumo usando las baterías de forma individual, por lo cual llega a la conclusión de un sistema hibrido, o un estudio de arreglo solar en el dimensionamiento del sistema.

Prieto (2018), realizó una investigación titulada *“Vivienda Rural Eco-amigable”*, donde describe un diseño de (Sistemas Fotovoltaicos, Colector Solar, Molino Eólico), aprovechando el recurso solar e hídrico. En cuanto a la parte metodológica el autor implemento un ambiente para la formación de la comunidad, para estimular la participación de la población en temas de carácter ambiental “Centro de Desarrollo Agroempresarial SENA Chía Cundinamarca en Colombia”, el cual permitió establecer un modelo donde se abarque las necesidades actuales de la población. Dentro de los aspectos se tuvo en consideración los modelos de desarrollo regionales los cuales muestran un déficit en el acceso a viviendas rurales sostenibles. Como resultado el autor nos detalló que el proyecto aplicado permitió generar conciencia en la población sobre los temas medio ambientales y cubrimiento de necesidades básicas del humano referentes con el acceso de la energía eléctrica, el cual busca evitar generar consecuencias negativas en el medio ambiente, por medio de la formación práctica y vivencial.

Criollo et al (2020), desarrollaron una investigación titulada *“Diseño de participación comunitaria para proyectos de energía fotovoltaica”* el cual detalla un estudio en el distrito de Llano Chico en Ecuador, donde busco la electrificación a través de un sistema fotovoltaico debido a que el área de estudio tenía condiciones solares óptimas para su generación además de tener proximidad del lugar a la línea ecuatorial. En cuanto a la metodología se buscó una relación del proyecto con la comunidad, donde la participación fue clave para desarrollar los métodos cualitativos de investigación que se basaron en la observación in situ, entrevistas semiestructuradas y un taller colaborativo. Los resultados demuestran que se puede realizar una generación fotovoltaica colectiva destinada al abastecimiento de alumbrado público, uso personal y comercial.

Farfán y Campos (2019), desarrollaron una investigación titulada ***“Energía solar fotovoltaica para la explotación de agua subterránea”***, el cual se desarrolla en Perú, Olmos Cuenta de Motupe “La Leche”, y proponen en uso de un sistema fotovoltaico para el funcionamiento de una bomba de agua, para ellos estudiaron las variables meteorológicas y la demanda hídrica, para así poder determinar las características del diseño que permitían la extracción de las aguas subterráneas para el riego de cultivos. Los autores nos dan a conocer los retornos de inversión que destacan que, si se necesita inversión, la recuperación de este se da en 3 años para que el proyecto recién sea rentable, considerando que este proyecto posee un tiempo de vida operacional de hasta 25 años. Los resultados demuestran que se puede producir la energía de sistemas fotovoltaicos para la aplicación en los sistemas de regado agrícola a través de sistemas de bombeo.

Tejada et al (2020), desarrollaron una investigación titulada ***“Secado de ají panca en un secador solar fotovoltaico de tubos de vacío”***, el estudio se desarrolló en Arequipa – Perú, el cual evalúan el desempeño de un secador solar de aire a través de convección forzada, para ello se implementan 15 tubos de vacío y una cabina cerrada para el secado del ají panca. El sistema está confirmado por 2 paneles fotovoltaicos de 50w, el cual energizan una turbina tipo jaula de ardilla para impulsar el aire caliente hacia los tubos de vacío. En cuanto a la metodología se plantearon las variables referentes a las ecuaciones de Fick unidimensional y la metodología numérica para la determinación del coeficiente de transferencia de masa y coeficiente de difusividad. Los resultados detallan que es factible el uso del sistema fotovoltaico para su uso en el secado de la panca, el cual se obtuvo una temperatura optima y contante entre los 50 y 55°C, logrando secar el ají hasta poseer una humedad de 8%, que comparado con el sistema tradición lo hace muy destacable, debido a que en el sistema tradicional toma hasta 7 días de secado.

Polo et al (2021), desarrollan una investigación titulada ***“Caracterización térmica-energética de un sistema fotovoltaico de 3.3 Kwp interconectado a la red eléctrica: 2015-2019”***, el estudio se enfoca la supervisión de un sistema solar fotovoltaico de 3.3 Kwp, el cual es de tipo interconectado a la red eléctrica de la Facultad de Ciencias de la Universidad Jorge Basadre Grohman en Tacna – Perú. El estudio práctico desarrollo consta de 12 paneles de 275 Wp, instalados bajo una arquitectura de monitoreo automático permiten registrar datos ambientales, temperatura y eléctricos. Los datos muestran que se obtuvo un total de 25670 Kwh, de energía eléctrica al año. Llegando a la conclusión que en los meses de mayor producción eléctrica son de octubre a marzo, mientras que los de menor producción fueron de abril a setiembre, se precisó la eficiencia anual del sistema en un 13.75% mientras que los valores máximos y mínimos del sistema fueron 42.9 y 28.6°C, demostrando su factibilidad y rentabilidad por la implementación de sistemas fotovoltaicos que son interconectado a la red del suministro eléctrico de la ciudad de Tacna, produciendo un ahorro de energía eléctrica y reduciendo el impacto ambiental.

Angulo et al (2020), desarrollan una investigación titulada ***“Estudio del efecto del polvo y estimación de la potencia nominal en un string fotovoltaico”***, el estudio de la desarrolla en las instalaciones de la Universidad Nacional de ingeniería en Lima – Perú, el cual buscan determinar el potencial nominal de un sistema fotovoltaico y se guían del método diseñado por Martínez Moreno, que se basa en el modelo de Osterwald. Durante el proceso se observa el efecto histéresis que es la pérdida de energía en forma de calor en diferentes medidas al largo del experimento, que lo conlleva a la incredibilidad de la inclusión de los datos. Se determinaron variables de acumulación del polvo en los paneles relacionados a la presencia de alta humedad, los datos obtenidos detallan que mientras más sea grande sea el espesor de la capa de polvo, menor será la energía producida, presentando un descenso en la

eficiencia del sistema. En conclusión, la concentración del polvo dependerá de la ubicación geográfica y guardan relación con la velocidad del viento, humedad relativa y concentración de impurezas en el aire, por lo cual se recomienda un estudio de microscopía electrónica en el ámbito práctico de estudio.

Salvador y Horn, (2021) desarrollan una investigación titulada ***“Propuesta Tecnológica para la implementación de una planta fotovoltaica de 4.5 Kwp para la comunidad rural altoandina San Francisco de Raymina, Ayacucho – Perú”***, el estudio de desarrolla en la localidad rural de San Francisco - región de Ayacucho, el objetivo era describir y analizar la situación de la energía actual y proponer una tecnología limpia y que sea viable para cubrir las demandas eléctricas de la población. Se pudo identificar el gran potencial de energía solar que disponía la zona y el promedio mensual de energía que consumía cada vivienda, con lo cual se pudo determinar las características técnicas de la planta fotovoltaica, el costo de la inversión por la planta fotovoltaica. En conclusión, la producción de energía producida fue de 6528.94 Kwh por año, el cual cubría la demanda energética de la localidad rural de San Francisco, además de ser una tecnología limpia y viable con el medio ambiente, el cual brinda una solución al déficit por la ausencia de energía en la comunidad, promoviendo el desarrollo sustentable, económico y productivo de su población.

1.6.2. Bases teóricas

- **Energía Renovable**

Según Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería e [OSINERGMIN] (2017), las energías renovables son aquellas que se refieren a energías inagotables que se originan de manera perpetua capaces de renovarse ilimitadamente como el viento, sol, agua, biomasa.

- **Energía Solar**

La energía solar es el recurso natural más abundante de la energía renovable, este tipo de energía es proporcionada por la radiación emitida por el sol. El sol emite cerca de 3.8×10^{23} kW, de los cuales el 1.8×10^{14} kW son adquiridos por el planeta (Salamanca, 2017).

- **Sistema Fotovoltaico**

Según el Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicaciones [COIT] (2002), el sistema fotovoltaico es un grupo de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, que trabajan entre sí para poder captar el recurso solar y convertirla en energía eléctrica.

- **Eficiencia Energética**

Según el Ministerio de Energía y Minas [MINEM] (2017), detalla que la eficiencia energética se define con la optimización del consumo energético, el cual puede reducirse garantizando los mismos niveles de confort y servicio. Esto se consume mediante la adecuación y uso de nuevas tecnologías de producción y aplicación más eficientes.

1.6.3. Marco legal

- **Decreto Supremo N°012-2011-EM**

La ley de Promoción de Generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes renovables y su reglamento establecen procedimientos y requisitos para la generación adecuada de electricidad a partir de recursos renovables y sus requisitos para su conexión a la red eléctrica en el Perú. El marco legal aplicable a la propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico para la electrificación rural del centro poblado Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta - Ayacucho, incluye la “Ley de Promoción de Generación de Energía Eléctrica con el uso de Fuentes Renovables y su Reglamento”, así como otras normas técnicas y disposiciones aplicables a la conexión del sistema a la red eléctrica y el cumplimiento de los requisitos técnicos y de seguridad, por lo cual se establecen las siguientes disposiciones:

- Criterios técnicos que aseguren que el sistema fotovoltaico cumpla con las normas técnicas aplicables.
- Cumpla con los procedimientos y requisitos establecidos por el reglamento de conexión de generadores de energía eléctrica al sistema eléctrico nacional aplicable al N°187-2018-MEM/DM
- Promover el desarrollo y uso de fuentes renovables, para el desarrollo de la energía eléctrica en el Perú, incluyendo a las solar fotovoltaica y demás proyectos de fuentes renovables.
- Se establezcan mecanismos de promoción y fomentar la inversión en energía renovables, como la exoneración de impuestos y aranceles para la importación de

equipos y materiales necesarios para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

- Se establezcan condiciones y requisitos para la obtención de permisos y autorizaciones para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

- **Plan Energético Nacional 2014-2025**

Este plan se detalla un análisis de medidas a implementar, orientadas a proyectos de inversión para el abastecimiento energético, garantizando seguridad de su uso y acceso universal minimizando el impacto ambiental y emisiones de efecto de carbono. Dentro de la normativa ambiental vigente, el marco legal aplicable a la propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico para la electrificación rural del centro poblado Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta - Ayacucho, incluye el Plan Energético Nacional 2014-2025, el cual establece las metas y objetivos del país en materia de energía para el período 2014-2025, y promueve la inversión en energías renovables no convencionales y la universalización del acceso a la electricidad en el país, y por lo cual se establecen las siguientes disposiciones:

- Fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en tecnologías y sistemas de energía renovable, así como la necesidad de fortalecer la capacitación y formación de recursos humanos en el sector energético.
- Estar alineado con las metas y objetivos establecidos en el Plan Energético Nacional 2014-2025, y contribuya al logro de la universalización del acceso a la electricidad en el país y a la promoción de la inversión en energías renovables no convencionales

- **Decreto Legislativo N°1002**

Decreto legislativo de promoción de la inversión para la generación de la energía eléctrica con el uso de energías renovables, que tiene como objetivo el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables (RER), para mejorar la calidad de vida de la población, respetando el medio ambiente. El marco legal aplicable a la propuesta diseño de un sistema fotovoltaico para la electrificación rural del centro poblado Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta – Ayacucho, se incluye en el decreto legislativo N°1002, el cual establece disposiciones para la promoción de la inversión privada en el sector energético en el Perú y promueve la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, por lo cual se establecen las siguientes disposiciones:

- Que el Estado promueva la inversión privada en el sector energético, a través de la eliminación de barreras burocráticas y la simplificación de los procesos para la obtención de permisos y autorizaciones.
- Promover la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, como la energía solar fotovoltaica, con el fin de diversificar la matriz energética del país y reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

1.6.4. Marco conceptual

- **Consumo Eléctrico**

Cantidad de energía utilizada, es cual posee una unidad de medida de kilowatt Hora (kWh)

- **Potencia Eléctrica**

Energía eléctrica que fluye a través de un circuito respecto a una unidad de tiempo, esta se mide en watt (W)

- **Corriente Eléctrica (A)**

Flujo de Corriente “desplazamiento de electrones” que circula por un conductor eléctrico, su unidad de medida es el amperio (A).

- **Corriente Continua (DC)**

Es la corriente de fluye de forma constante a un sentido, generalmente utilizado en equipos electrónicos.

- **Corrientes Directa (AC)**

Es la corriente que fluye de a 2 sentidos, mayormente usado por ser el más económico.

- **Tensión Eléctrica (V)**

Magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico, su unidad de medida es el (V).

- **Hora Pico de Consumo**

Tramo Horario donde se da el mayor consumo eléctrico, el precio durante este tramo horario es mayor debido a la producción.

- **Radiación Incidente**

La radiación que llega durante un plazo horario específico sobre una superficie determinada, esta se mide en Wh/m² o J/m².

- **Irradiancia**

Magnitud representada por la cantidad de radiación electromagnética que recibe una unidad de área y tiempo.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

Para el presente trabajo, el tipo de investigación es descriptivo, debido a que el tipo de estudio está orientado a proporcionar una solución a los problemas planteados en una determinada sociedad. El diseño de la investigación es propositivo, ya que se establece una serie de alternativas para obtener una solución, mediante el estudio de acontecimientos científicos, por lo que existe un control de las variables, las cuales han sido definidas para asegurar que no influyan en la variable independiente.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

Para la determinación del consumo de energía de una vivienda, se trabaja con datos hipotéticos y fichas de trabajo, para así poder simular la demanda de energía para satisfacer las necesidades básicas en una vivienda.

- El método utilizado para esta investigación es la recolección de datos cuantitativos, el cual tiene como objetivo obtener datos en cifras numéricas y realizar las comparaciones estadísticas. Para la recopilación de datos se realizaron las consultas de fuentes viables actualizadas al año de investigación, entre ellas incluyen las bases de datos gubernamentales como el Ministerio de Energía y Minas, Instituto Nacional de Estadística e Informática, Ministerios de Educación y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú; y entidades internacionales como

NASA POWER “Proyecto de Predicción de Recursos Energéticos Mundiales”. Para la elaboración de mapa se desarrolló con ayuda del programa ArcGIS, los Shapefile fueron descargados de las bases de datos del SIGMET del Ministerio de Educación y del DGER del Ministerio de Energía y Minas.

- La técnica de procesamiento de datos se realizará mediante la revisión de literatura científica, investigaciones y documentos oficiales en entidades gubernamentales, que se encuentren alineados al tema de investigación. La técnica consta de la recolección, análisis e interpretación de datos.
- Los Instrumentos son la revisión documental son las fichas de registro y la unidad de análisis son los documentos tales como artículos científicos, documentos oficiales de entidad gubernamentales y libros que se asocien a los objetivos del presente proyecto.

2.3. Procedimiento de recolección de datos

La búsqueda de literatura científica se desarrolló mediante criterios de selección el cual estén alineados al tema desarrollado y respondan a los objetivos de esta investigación. La recolección de datos se recuperó de bases de datos de repositorios, revistas y de libros, para ello nos ayudamos del programa Zotero el cual nos garantiza el respaldo de la documentación, el descarte de duplicidad y categorización según el desarrollo de la investigación.

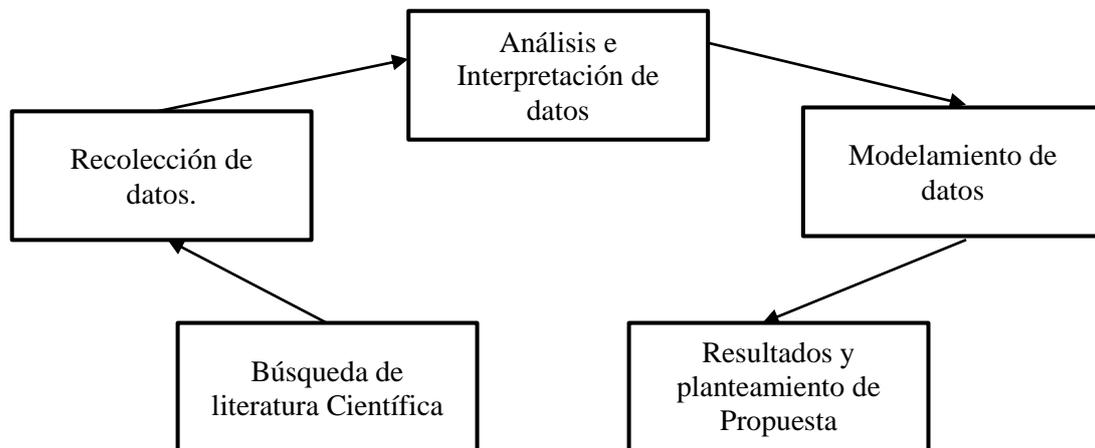
En el proceso de análisis e interpretación de datos, se extrajo información concisa para poder estudiarlo con el fin de responder a los objetivos planteados de esta investigación,

Posteriormente en el modelamiento de datos se desarrollará una estructura donde los datos obtenidos se usen fácilmente bajo un estándar.

Todo este proceso tendrá como resultado el planteamiento de una propuesta en el que está enfocado esta investigación, a fin de demostrar que lo presentado es una alterna de solución para resolver una complejidad presentada en el centro poblado Punas Carne Rocurral del distrito de Llauta – Ayacucho.

Figura 1.

Procedimiento de Recolección de Datos.



2.4. Ámbito de estudio

2.4.1. Ubicación Geográfica

El distrito de Llauta es uno de los veintidós distritos que conforman parte de la provincia de Lucanas, ubicado en el departamento de Ayacucho situada a una altitud media de 2669 m.s.n.m., se ubica entre la paralela latitudinal $14^{\circ} 41' 38''$ S y longitudinal $74^{\circ} 07' 27''$ O.

El centro poblado de Punas Rocurral es uno de los 87 centros poblados que se encuentran dentro del distrito de Llauta, mapa de ubicación detallado en el Anexo 3.

2.4.2. Límites

El distrito de Llauta limita por el:

Norte: Distrito de Huao-huas y Santiago de Quirahuara.

Noroeste: Distrito de Sancos.

Oeste: Distrito de Río grande.

Sur: Distrito de Palpa.

Este: Distrito de Laramate.

2.4.3. Población

Según INEI (2017), el distrito de Llauta presenta una población de 893 habitantes los cuales el 54.54% está representado por el sexo masculino y el sexo femenino por el 45.46%., según lo detallado en la Tabla 1.

Tabla 1.

Censo Nacional 1993-2017, según sexo de población.

Censo	Sexo	Casos	%
1993	Masculino	882	53
	Femenino	770	47
2005	Masculino	854	54.29
	Femenino	719	45.71
2007	Masculino	738	53.79
	Femenino	634	46.21
2017	Masculino	487	54.54
	Femenino	406	45.46

Nota. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI

Debido a que se está realizando el estudio al año 2021, y solo se cuenta con información del último censo realizado en el año 2017 por el INEI. Podemos detallar el cálculo del índice de crecimiento poblacional al 2021, basándose a la tasa de decrecimiento anual comprendida entre los años 2007 y 2017. Cabe detallar que es una estimación ya que puede haber factores que afecten la tasa calculada como por ejemplo la migración, mortalidad, niveles de fertilidad y disponibilidad de servicios. A continuación, detallado las fórmulas de tasa de crecimiento anual promedio recuperado del (Centro Virtual de Aprendizaje del Tecnológico de Monterrey [CVA], 2023).

Ecuación 1.

Tasa de crecimiento anual promedio poblacional.

$$Población\ Total = Población\ Inicial (1 + TCAP)^t$$

$$"Población\ Año\ 2021" = "Población\ Inicial\ 2017" (1 + TCAP)^n$$

Donde:

t: Años transcurridos “entre el 2007 al 2017”.

TCAP: Tasa de crecimiento anual promedio.

n: Años transcurridos “entre el 2017 al 2021”.

Reemplazando:

$$883=1372(1+TCAP)^{10}$$

$$0.643^{(1/10)}=1+TCAP$$

$$0.956=1+TCAP$$

$$TCAP = -0.043$$

Tasa de crecimiento anual poblacional total es de -4.30% anual

$$"Población\ año\ 2021" = 893* (1+(-0.043))^4$$

$$"Población\ año\ 2021" = 749\ habitantes$$

Se ha estimado una población de 749 habitantes en el año 2021, en el distrito de Llauta.

Según INEI (2017), el distrito de Llauta en censo población del 2017, se contabilizaron 668 viviendas de los cuales el 52.10% se encuentra ubicado en un área rural y el 47.90 % en el área urbana, según lo detallado en la tabla N°2.

Tabla 2.

Censo Nacional 1993 – 2017, según proyección poblacional de viviendas

Censo	Categoría	Vivienda	%
1993	Área Rural	426	80.53
	Área Urbana	103	19.47
2005	Área Rural	387	77.87
	Área Urbana	497	22.13
2007	Área Rural	519	73.41
	Área Urbana	188	26.59
2017	Área Rural	348	52.10
	Área Urbana	320	47.90

Nota. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI

Según INEI (2017), el distrito de Llauta en censo población del 2017, se contabilizaron 668 viviendas de los cuales el 52.10% se encuentra ubicado en un área rural y el 47.90 % en el área urbana.

2.4.4. Muestra

Según MINEM (2023), en el centro poblado de Punas Carne Rocurral se cuenta con una vivienda la cual presenta un proyecto asociado al programa de inversión eléctrica en áreas no conectas a red, en cual está encargado el gobierno regional y su situación actual es de proyectado.

El Centro Poblado de Punas Carne Rocurral, está situada a una altitud aproximada de 4350 msnm. Se ubica se ubica entre la paralela latitudinal 14° 7' 26" S y longitudinal 74° 47' 41" O.

Es importante precisar que no se detallan el número de habitantes que residen en la zona, lo cual resulta alarmante en términos de acceso a servicios básicos como la energía eléctrica, demás servicios y factores que se consideran en los Censos del INEI. Por lo cual, a falta de datos concretos, se estima el consumo energético que podría requerir una vivienda para cubrir sus necesidades básicas. Es esencial que se tomen las medidas para mejorar la calidad de vida de las personas que viven en el centro poblado de Punas Carne Rocurral y se garantice el acceso a los servicios esenciales lo cual detallo en los resultados Tabla 11.

Figura 2.

Situación de electrificación rural del Centro Poblado Punas Carne Rocurral

Centros Poblados: PUNAS CARNE ROCURRAL

ID_MEM	024488D
Departamento	AYACUCHO
Provincia	LUCANAS
Distrito	LLAUTA
Centro Poblado	PUNAS CARNE ROCURRAL
Viviendas	1
Proyecto Asociado	PROGRAMA DE LA INVERSION ELECTRICA EN AREAS NO CONECTADAS A RED
Etapas	-
Ejecuta	GOBIERNO NACIONAL
SNIP	-
Situación	PROYECTADO

Nota: Ministerio de Energía y Minas MINEM - MIDGER

2.4.5. Actividad Económica

Según el Gobierno Regional de Ayacucho (2020), durante los periodos comprendidos entre los años 2006 y 2017, la actividad económica creció un 73% posicionándolos en el quinto puesto caracterizándose por una economía homogénea con menor concentración de Actividades.

- **Extracción Petróleo, gas y minerales**

Representa el 22.9% del Valor Agregado Bruto del distrito. En la actualidad existen grandes pérdidas económicas de este sector consecuencia por el aislamiento social obligatorio debido al COVID-19, sin embargo, el gobierno regional con apoyo del Ministerio de Energía y Minas, y la Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones, y Explosivos de uso Civil, establecen puntos de venta formal de insumos en zonas estratégicas para garantizar el movimiento económico.

- **Ganadería, Caza y Silvicultura.**

Representan el 13% del Valor Agregado Bruto del distrito. Dentro de esta actividad muy parte de contribuir con el PIB, genera empleo de los habitantes, ingresos económicos a las viviendas, seguridad alimentaria y nutrición, lugar de interés para turismo por su valor cultural, paisajístico, ocio e histórico, y finalmente con la contribución a las exportaciones.

2.5. Sistema fotovoltaico

2.5.1. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

En esta sección, el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2016), detallan lo siguiente.

- **Sistema aislado**

Es un tipo de sistema, ideal a implementar en zonas aisladas o de difícil acceso, donde se carece de una conexión a la red de electrificación, para que este sistema aislado garantice el suministro de energía eléctrica en horas de menor radiación solar, se requiere de la implementación de un banco de batería. Por lo cual el banco de baterías garantizará el suministro de energía durante la noche o condiciones meteorológicas adversas, para ello es necesario previamente realizar un estudio de dimensionamiento para no desabastecer el suministro de la población.

- **Sistema conectado a red**

Es un tipo de sistema, donde la red eléctrica comercial, complementa como respaldo al sistema fotovoltaico, con el fin de garantizar el flujo energético en situaciones adversas donde no se cuenta con generación eléctrica a través de los paneles solares. Por lo cual permite se priorice de manera automática el uso de la corriente alterna comercial, teniendo una ventaja en la reducción de costos, así como el aprovechamiento total de la energía fotovoltaica generada.

- **Sistemas híbridos**

Este tipo de energía permite la adición de una o varias fuentes de energía natural, comercial o de respaldo, la cual, en conjunto con la energía fotovoltaica, garantiza una serie de ventajas dependiendo su disponibilidad, ejemplo de ello es la adición de un generador eólico, el cual garantice la disponibilidad del suministro eléctrico y así reducir la cantidad de paneles solares y baterías del diseño planteado. Este sistema no dependerá de una sola fuente de generación, si no que complementará en aquellos casos la energía fotovoltaica no cuente con las condiciones necesarias, garantizando el funcionamiento de forma continua y sin interrupción.

2.5.2. Componentes

En esta sección, García (2021), en su libro titulado “*Energía solar fotovoltaica para todos*”, detalla lo siguiente.

- **Panel Solar**

Es un conjunto de celdas o células mediante conexiones en serie para aumentar el amperaje en la red de los paneles o en paralelo para aumentar la tensión en el sistema. La composición de los paneles solares se constituye por metales conductores, recubrimiento anti-réflex, Célula FV, Silicio tipo N, Silicio Tipo P, placa metálica, marco metálico y cubierta de vidrio.

Las células fotovoltaicas son el componente principal para el funcionamiento de un panel solar, están son sensibles a la radiación solar, y se encuentran hechas de semiconductores de silicio. Su funcionamiento se basa en presencia de radiación, el cual excita los electrones haciendo fluir los electrones de silicio de tipo P (+) al tipo N (-),

produciéndose un incremento del voltaje interno

En la actualidad, en el mercado comercial existen 3 tipos de células fotovoltaicas, cada una de ellas tiene una propiedad, la cual depende de una serie de factores, es son:

- **Célula de Silicio monocristalino.**

Este tipo de células, utilizan el silicio monocristalino como un solo cristal, esta tecnología es la más usada y mediamente costosa, que actualmente se comercializa. Su estructura es uniforme y ordenada, con estructura tetraédrica, los paneles solares se componente de barras cilíndricas de silicio fundido.

- **Célula de Silicio policristalino.**

Es un tipo de tecnología compuesta por capas de silicio, posee una cantidad de fases de cristalización, con una estructura no uniforme. La producción de esta tecnología se da con un tipo de silicio de menor calidad, con un % de impurezas, caracterizando su baja calidad, mediado rendimiento. Dentro de sus ventajas radica su bajo costo de adquisición en el mercado comercial.

- **Célula de Silicio amorfo.**

Este tipo de tecnología es la más respetuosa con el medio ambiente, dentro de su estructura está conformada por átomos de silicio y otros compuestos como metales pesados como cadmio o plomo. Este tipo de tecnología es la menos aplicada, debido a su bajo rendimiento, ciclo corto de vida útil y dimensionamiento. Su comercialización es controlada debido a su toxicidad, se requiere de permisos para su uso y en algunos continentes o países está prohibido el uso de estos paneles solares.

- **Reguladores de Carga**

Los regulares de carga o controladores solares, son la parte fundamental del sistema debido a que se encargan de controlar el voltaje y corriente para la carga y descarga de baterías. Este accesorio permite evitar sobrecargas, garantizando salvaguardar la vida útil de la batería, garantiza que las baterías se sobre descarguen, tras el agotamiento de la energía.

Dentro de sus características eléctricas, permiten el ingreso de tensión en 12, 24, 36 y 48 voltios, y cuanto a la corriente suministrada permiten su uso en 10, 20, 50 y 100 amperios. Actualmente en el mercado existen 2 tipos de reguladores cada uno de ellos dependerá de la aplicación y potencia requerida en el sistema:

- **PWM:**

Tiene la finalidad modular el ancho de pulso y se utilizan cuando la tensión generada por los paneles solares se encuentran la tensión levemente alta con respecto a la tensión del banco de baterías. . Su aplicación es de conexión directa entre los paneles y el banco. Durante el funcionamiento el voltaje de la red de paneles se reduce para igualar a la tensión de las baterías, conforme se carguen las baterías, la tensión se incrementa como consecuente el regular aumenta la tensión de la red de los paneles solares.

- **MPPT:**

Este tipo de regulador son más eficaces, ya que optimizan la carga de las baterías debido a que buscan el pico más alto de energía eléctrica generada por los paneles. Otro de sus beneficios del uso de regulares MPPT, es la posibilidad de que los paneles solares entreguen mayor tensión que el banco de baterías, por lo que el regulador reducirá la

tensión en los paneles para igualar la tensión de las baterías, produciendo aumento de la corriente, aprovechando toda la energía producida por los paneles.

- **Batería**

La batería es el acumulador de toda la energía eléctrica generada por los paneles solares, eso significa que una batería no funcionará si no existe conexión con los paneles. La batería debe tener una serie de consideraciones al tipo de sistema solar que se desea implementar, ya que ella debe tener la capacidad de trabajar ciclos continuos de carga y descarga.

La capacidad de la batería se ve influenciada por temperatura, debe mantener una temperatura estable o ambiental, por lo general cuando una batería está sometida a altas temperaturas se ve influenciada en su vida útil, lo contrario pasa cuando las temperaturas son bajas debido a que su capacidad disminuye. Existen los siguientes tipos de baterías.

- **Plomo y Ácido:**

Son equipos que ocupan un mayor espacio de tecnología antigua, durante el funcionamiento existe el desprendimiento de gases por lo cual se debe considerar la instalación en lugares ventilados y señalizados. Su mantenimiento es más frecuente ya que se requiere la reposición de agua destilada para evitar que las placas internas fabricadas de plomo queden descubiertas. Su vida útil en ciclos de uso es reducida a comparación de otros.

- **AGM:**

Son baterías libres de mantenimiento, debido a que se da una reacción química internamente de las baterías que permite mantener el nivel del líquido. Poseen un

electrolito en estado líquido que se encuentra absorbido dentro de una serie de elementos esponjosos por lo que no tiene fugas. Su vida útil en ciclos de uso es reducida.

- **Gel:**

Son baterías libres de mantenimiento, y presentan un electrolito en gel. Su tecnología se deriva de las baterías de plomo-ácido y de AGM, por lo que su aplicación es recomendada por su elevado ciclo de uso. Dentro de sus ventajas soportan una elevada temperatura en operación y un rendimiento estable.

- **Litio:**

Este tipo de baterías es de menor peso y volumen, a comparación de las detalladas. Son libres de mantenimiento, con una alta profundidad en descarga de hasta 90%, su costo es más elevado sin embargo ofrecen el triple de vida útil en ciclos de operación a comparación de la batería de plomo-ácido.

• **Inversor**

El inversor es un dispositivo, que se encarga de modificar la corriente continua (CC) proveniente del controlador a corriente alterna (CA) para poder usarse para fines que se requieran. Su funcionamiento se basa en la conmutación de la polaridad a través de componentes electrónicos. Para ello se debe tener en cuenta la frecuencia de salida y voltajes, debido a que los aparatos conectados a una red doméstica poseen características eléctricas según el país para su funcionamiento.

- **Onda Modificada:**

Su aplicación es no es apropiada, ya que no es igual a la corriente suministrada por red, por lo cual existen problemas de compatibilidad en el uso de artefactos electrónicos. Produce un tipo de onda de corriente cuadrático

- **Onda Pura:**

Su uso es perfecto y compatible con los artefactos electrónicos, su costo es más elevado. Produce un tipo de onda de corriente más estable.

• **Inversor cargador**

Reemplaza el uso del regulador de carga e inversor, su gestión de carga respecto a las baterías, operan en simultaneo convirtiendo la corriente almacenada en corriente alterna.

• **Inversor de conexión a red**

Su aplicación va orientada al uso simultaneo de la red del suministro eléctrico. No se requiere de un banco de baterías ya que operación en función de la disponibilidad de la luz solar cuando los paneles solares entran en funcionamiento, durante las horas donde no hay sol se energizan de la red eléctrica de suministro. En ciertos modelos se permite que el exceso de energía generada retorne a la red eléctrica del suministro.

2.5.3. Variables Climatológicos, Meteorológicos y Geográficas

Los factores climatológicos, meteorológicos y geográficos son los primeros puntos de consideración al elaborar un proyecto con paneles fotovoltaicos, dentro de ello la radiación solar es un parámetro esencial para evaluar la magnitud de la implementación según el consumo de una cierta área asociada.

- **Temperatura:**

Se trata de temperaturas máximas, mínimas y promedio del medio, estudiadas en periodos semanal o anuales. La temperatura se mide preferentemente en grados centígrados (C°). Este factor influye en la eficiencia del panel solar, cuando la temperatura es alta se da una variación pequeña en la caída del voltaje de producción de electricidad, ello debido a que la radiación se convierte en calor, limitando el funcionamiento de las celdas. Los paneles solares dependen de la temperatura y dicho porcentaje de variación se relacionan con la tecnología usada del fabricante durante su fabricación.

Con lo mencionado, la instalación de paneles solares no solo dependerá de la ubicación y la disponibilidad de la radiación solar, si no de la temperatura, el cual mientras más frío, se producirá una mejor producción de la energía eléctrica.

- **Precipitación:**

Forma de hidrometeoro que, precipitada de la atmosfera hacia la superficie terrestre, no incluye a las formas de condensación como la niebla. La precipitación se mide en milímetros de agua o litros precipitados por metro cuadrado (mm/m² o l/m²). La exposición prologando de precipitación en los sistemas fotovoltaicos puede problemas en el funcionamiento de los componentes, además la precipitación intensa limita la cantidad de

radiación solar que llega a los paneles solares, produciendo una reducida generación de energía.

- **Nubosidad:**

Es la fracción total o parcial y/o cantidad de nubes, de la zona aparente de estudio. La nubosidad se expresa en octas de la bóveda celeste. La nubosidad implica un impacto directo hacia la generación de energía en los sistemas fotovoltaicos, debido a que provoca un descenso en la eficiencia de los paneles solares, limitando la producción de energía.

- **Humedad Relativa:**

La humedad relativa es la relación existente entre la cantidad de agua contenida en una mezcla de aire, propiamente dicho la humedad absoluta sobre la humedad absoluta de saturación, por lo cual su unidad de medida se da en porcentaje (%). Este factor climatológico representa un riesgo en los sistemas fotovoltaicos debido a la condensación que puede producirse, afectar al aislamiento de los conductores y componentes, por lo cual es importante seleccionar los componentes adecuados de operación.

- **Duración del día:**

La duración del día era relacionada con las horas de sol pico, dentro de esta función se puede definir la cantidad de irradiancia real que tiene el día. Este parámetro nos ayuda a definir el dimensionamiento de nuestro sistema fotovoltaico, el banco de baterías debe suplir la demanda donde la producción de energía es limitada, como en la noche.

- **Altitud**

Los niveles de radiación son inversamente proporcionales a la altura sobre el nivel del mar, debido a que, al espesor de capa de aire capta parcialmente la radiación. Mientras más alto se instale un panel solar, mayor será la captación de la radiación, debido a la menor presencia de nubosidad.

- **Albedo**

El albedo es una parte de la radiación solar, que llega a superficie y se refleja sobre el ambiente, produciendo un intercambio de energía, un ejemplo de ello es la reflectividad terrestre hacia las masas de aire, produciendo que los gases de efecto invernadero se carguen de energía en forma de calor. El albedo se ve influenciado dependiendo del tipo de superficie de la naturaleza, como se puede observar en la Tabla N°3, se expresan los valores de albedo según el tipo de superficie. Ejemplo de ello la nieve fresca y el aluminio presentan una reflectividad alta con valores de 82% y 85% respectivamente; el asfalto seco representa una reflectividad entre los 9% - 15%.

Tabla 3.

Valores de albedo según tipo de suelo

Ambiente	%
Hierba	15% - 22%
Hierba Fresca	26%
Nieve Fresca	82%
Nieve Mullida	55% - 75%
Asfalto Seco	9% - 15%
Asfalto Blando	18%

Cemento	25% - 35%
Tejas Rojas	33%
Aluminio	85%
Acero Galvanizado	35%
Acero Galvanizado sucio	8%

Nota. (Labournet y Viloz; 2010)

- **Horas de Sol Pico:**

Es una unidad de medida de la irradiación solar, su cálculo se realiza dividiendo el valor de la irradiancia incidente entre la irradiancia en condiciones estándar. Para el presente proyecto se trabajará con la irradiación en condición incidente. Su unidad de medida se da en horas continuas, cuando el sol está transmitiendo valores mayores o iguales a 1000Watts sobre metro cuadrado (W/m²). La determinación de horas sol pico, son relevantes para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos, ello garantizará que los paneles solares reciban la máxima energía durante un determinado periodo de horas, produciendo que la eficiencia de los paneles solares sea la óptima.

- **Radiación Solar Incidente**

Es el factor más importante para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, para la medición de este factor se debe usar un piranómetro el cual mide la intensidad de radiación solar el área terrestre, su unidad de medida se da vatios sobre metro cuadrado "W/m²". La radiación solar es la radiación que emite el sol a través de reacciones nucleares de fusión. La energía solar absorbida por la atmosfera terrestre no es completa, Según (Instituto Geofísico del Perú, 2014), indica que el 29% de esta energía se pierde en el espacio, mientras que lo aprovechable de esta energía equivale al 24%.

La radiación solar incidente es la medida de intensidad de energía que llega hacia la superficie terrestre, para fines del proyecto su aplicación sería hacia los bloques fotovoltaicos. La disponibilidad de la radiación solar incidente define el dimensionamiento del sistema y correcto aprovechamiento de energía que llega a los bloques fotovoltaicos, sin embargo, esto dependerá de la ubicación geográfica del proyecto

2.5.4. Condiciones de generación y diseño

- **Inclinación y Orientación**

La inclinación de los rayos del sol, sobre la superficie terrestre es variable, ello significa que la radiación incidente sería variable a lo largo del tiempo. En el caso de los países, este se ubica por debajo o cercanos a la línea ecuatorial, los paneles deben estar orientados hacia el norte y los ángulos comprenden entre los 10° y 30° . Para que los paneles aprovechen de forma eficiente la energía solar, debe ser necesario tener en cuenta la inclinación y orientación respecto al sol, al momento de la implementación e instalación. El ángulo óptimo referencial debe ser el ángulo de la latitud del lugar, en el caso de los meses para la época de invierno la inclinación debe aumentar en 10° a 15° , así no aceptar una pérdida energética durante estos meses. El panel solar tiene la propiedad de generar electricidad así el grado de inclinación no sea el apropiado, sin embargo para garantizar la eficiencia del panel, esta debe tener condiciones óptimas para poder aprovechar toda la luz proporcionada por el sol, esto quiere decir que la orientación de los paneles siempre deben seguir la posición lo más vertical al sol en el caso de estructuras móviles de seguimiento solar, y para el caso de los paneles fijos debe tener en cuenta una orientación media (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2016).

- **Sombras y Reflejos**

Los paneles solares deben estar distorsionados en un ambiente despejado para evitar las sombras y reflejos, por generar cada panel solar cuanto con una serie de celdas estándar, los factores como árboles, mal cálculo de separación entre panel y panel o suciedad, puede ocasionar que la resistencia de una celda aumente, provocando el recalentamiento o cortocircuito en uno de los puntos del panel. Para ello es necesario realizar un plan de seguimiento de lo que ocurra en el área del proyecto, con el fin de detectar posibles modificaciones en el entorno, que produzcan un efecto negativo a la disponibilidad de energía que puede captar un panel. (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2016).

- **Polvo y Suciedad:**

El polvo y la suciedad, así como lo mencionado anteriormente sobre los efectos de la sombra, producen desperfectos en la estructura del panel solar, limitando la captación de la radiación, por ello es necesario establecer un plan de mantenimiento con una frecuencia para garantizar el funcionamiento total del sistema. El mantenimiento preventivo se basa en la limpieza periódica de los paneles solares, el periodo está relacionado con la zona de exposición (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2016).

- **Estimación de Perdidas**

Al proponer un diseño de sistema fotovoltaico se debe tomar en cuenta las posibles pérdidas energéticas que pueden ocurrir dentro en el sistema. Las pérdidas se dan por varios factores (Salamanca, 2017).

- **El cableado de los paneles solares:** Mientras más largo y su sección sea mayor, será mayor las pérdidas, por ello es importante seleccionar un tipo de cable apropiado a las cargas del sistema fotovoltaico, ya que ello garantizará el correcto funcionamiento y seguridad del sistema.

- **Controlador de Carga:** Se encarga de regular la cantidad de energía eléctrica que fluye hacia el banco de baterías o la red eléctrica en caso se cuenta con un sistema híbrido. Por ello durante el proceso de control puede haber ciertas pérdidas relacionadas a la conversión de la corriente y regulación del voltaje, por lo cual se debe elegir un controlador de carga eficiente y de calidad que por lo general detallan los fabricantes de estos componentes.

- **El inversor:** Cuya función es la conversión de la corriente continua (CC) generado por los paneles solares a corriente alterna (CA) las cual será aprovechada en la mayoría de los dispositivos eléctricos de una vivienda. Durante el proceso de conversión. Existen pérdidas relacionadas al propio funcionamiento del equipo, ya que durante el funcionamiento parte de la energía se emite en forma de calor, también pérdidas en la caída de tensión del sistema debido a que equipo necesita lograr la estabilidad del voltaje en el sistema de salida y por ultimo los componentes electrónicos el cual requieren parte de la energía para garantizar la seguridad y protección del sistema.

- **Baterías:** Se utilizan para acumular la energía eléctrica que es producida por los paneles solares, estos experimentan pérdidas durante el proceso de carga y descarga y esto se debe a la impedancia interna de las baterías y a los procesos

que conllevan la conversión de energía. Por ello se debe considerar seleccionar una batería adecuada el cual debe mantenerse en buen estado con los mantenimientos para evitar minimizar las pérdidas.

- **Perdidas no consideradas:** La temperatura puede afectar la eficiencia del inversor lo cual debe considerado dentro de la ficha del fabricante del equipo, la suciedad influye en el rendimiento del sistema provocando una resistencia en el aprovechamiento de la energía solar, y por ultimo las pérdidas por error de seguimiento del punto máxima potencia que se dan debido a que inversor no se ajusta correctamente a la resistencia de la carga.

Tabla 4.

Estimación de pérdidas en un sistema fotovoltaico.

Componente	Eficiencia
Baterías	75% - 90%
Inversor	85% - 98%
Reguladores de Voltaje	90%
Otras Pérdidas	Relacionadas a los componentes en condiciones de operación

Nota. (Salamanca; 2017)

- **Determinación de la tensión Nominal del Sistema**

Se debe considerar que la tensión (voltaje) del sistema este en función a la potencia requerida de la instalación, en el campo aplicativo el estándar de tensión que se emplea va de desde los 12V, 24V, 48V y 120 V. Por lo cual se consideran los siguientes criterios (Salamanca, 2017).

- **Potencias Menores a 1.5 kW:** Para cargas de baja potencia se deben considerar voltajes de 12V, debido a su aplicación como iluminación y artefactos de bajo consumo relacionados a los aparatos que existen dentro de una vivienda.

- **Potencias entre 1.5 kW a 5 kW:** Rango de potencia media, se debe considerar voltajes de 24V y 48V, debido a que su uso se da en sistema de iluminación más grandes, con sistemas de respaldo de energía aplicados su vivienda residencial.

- **Potencias Mayores a 5 kW:** Para cargas de potencia alta se debe considerar voltajes de 48V a 120V. Estas tensiones son adecuadas para sistemas industriales o comercios ya poseen equipos de mayor consumo energético.

2.5.5. Protección Eléctrica

En esta sección, el Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad [SESLab] (2021), detallan lo siguiente.

Los componentes relaciones a la protección eléctrica, garantizan la seguridad del sistema ante posibles sobreconsumos de corriente, contacto eléctrico y sobretensiones; garantizando la seguridad física del operador y de su entorno.

- **Conductores**

Los conductores deben de tener el dimensionamiento apropiado del sistema y según los cálculos estandarizados en la Norma Técnica Peruana y Código Nacional de Electricidad, deben de contar con el aislamiento adecuado y respetar las caídas de tensión establecidas en la longitud del tendido eléctrico.

- **Fusible**

Es un dispositivo el cual posee una resistencia baja, su funcionamiento se basa en cuanto existe una sobrecarga este calienta el dispositivo fundiendo el filamento interno . Las características de selección se basan en la corriente nominal, tensión de trabajo, poder de corte y velocidad de apertura

- **Llaves Termomagnéticas**

Es un dispositivo, en el cual, la parte térmica protege al circuito de sobreconsumos de corriente y la parte magnética de cortocircuitos, garantizando la protección del circuito ante estos posibles eventos. En el mercado existen llaves unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares

- **Llaves Termomagnéticas**

Es un dispositivo, en el cual, la parte térmica protege al circuito de sobreconsumos de corriente y la parte magnética de cortocircuitos, garantizando la protección del circuito ante estos posibles eventos. En el mercado existen llaves unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares

- **Llaves diferenciales**

Este dispositivo, permite la protección del usuario, su funcionamiento radica en la apertura del circuito, cuando se detecta una diferencia entre la energía de entrada y la protección de sobreconsumos de corriente. En el mercado existen llaves bipolares y tetrapolares de 10, 25, 40 amperios, y la corriente de disparo o detección en 30mA y 300m.

2.5.6. Mantenimiento

En esta sección, el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile (2016), detallan lo siguiente.

En el plan de mantenimiento se establecen una serie de funciones con respecto al tiempo, para asegurar el correcto funcionamiento, y así aumentar la vida útil del sistema fotovoltaico. El plan debe realizarse considerando las variables externas al sistema y especificaciones técnicas de los equipos.

El mantenimiento preventivo se basa en poder mitigar o evitar posibles averías en el sistema fotovoltaico, por lo cual se establecen el periodo de mantenimiento, dentro de ellos se puede detallar la limpieza de los paneles solares, el detalle de parámetros de operación revisar que los conductores se encuentren en óptimas condiciones, ajuste de estructuras y de sujeción, limpieza de circuitos eléctricos tanto tableros de fuerza y control, revisión de la condiciones del entorno y cada uno de los componentes que conforma el sistema fotovoltaico.

2.6. Electrificación rural

Según el MINEM (2015). En distrito de Llauta, bajo supervisión del MINEM se desarrolló en el 2013, un servicio de electrificación en media y baja tensión para los sectores de Armaycancha, locchas, Sihuilca de Llauta y Llauta, la situación conlleva a ciertas limitaciones, problemas de comunicación entre localidades y limitar el desarrollo socioeconómico, migración de la población y pérdida de la calidad de vida. El alcance del proyecto abarco beneficiar a 88 viviendas utilizando sistemas de generación de energía, 440 beneficiarios directos el cual consistía en una instalación primaria de 12.98 Km de redes

primarias y redes secundarias y 88 conexiones domiciliarias. El horizonte del proyecto era 20 años, donde se realizó un análisis de demanda donde se estimó para el presente año “2020” un consumo máximo de 17kWh, el costo de la implementación se valoró en S/. 574.346.00. Dentro de los beneficios cuantitativos la energía pudo ser aprovechada para obtener iluminación, comunicación, educación, salud, dentro del sector manufactura e industrial.

2.7. Aspectos éticos

En la presente investigación, en lo que refiere a aspectos técnicos, garantizo la propiedad intelectual de los autores respecto sus conocimientos e ideas contempladas en sus escritos, citando y detallando correctamente las fuentes bibliográficas. Respecto a lo mencionado por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI] (2020), detalla que “Los derechos de propiedad intelectual, como patentes, derechos de autor o de las marcas, aseguran a los dueños su exclusividad ante ciertos tipos de conocimientos y de información. Las patentes protegen invenciones que son exclusivas por su alto grado inventivo, las marcas permiten asegurar a su dueño distinguir sus bienes y ser como una propiedad intelectual, además para el presente trabajo se aplicado el uso de las normas APA en su séptima edición, con el objetivo de garantizar la integridad académica y citado de fuentes utilizadas.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Variables Climatológicas, Meteorológicas y Condiciones de diseño

Tabla 5.

Ubicación para la instalación del sistema fotovoltaico

Ítem	Dato
Departamento	Ayacucho
Provincia	Lucanas
Distrito	Llauta
Centro Poblado	Punas Carne Rocurral
Latitud (S)	14.124° S
Longitud (O)	74.794° O

Nota. Elaboración Propia

Para el presente aparatado se trabajó con 2 estaciones meteorológicas con datos entre los años 2017 al 2021. En la estación meteorológica de Llauta obtuvieron los datos de precipitación y en la estación meteorológica de Huac Huas que se encuentra más cercana al área de estudio, se obtuvieron los datos de humedad relativa, temperatura máxima y mínima. Las estaciones meteorológicas pertenecen al Servicio Nacional Meteorología del Perú – SENAMHI, detallado en la Tabla 6.

Tabla 6.

Estaciones Meteorológicas de Lucana - Ayacucho

Código	Estación	Tipo	Latitud (S)	longitud (O)	Altitud
114067	Llauta	Meteorológico	14°14'47.42”	74°55'31.75”	2569
114055	Huac-Huas	Meteorológico	14°7'56.49”	74°56'27.74”	3180

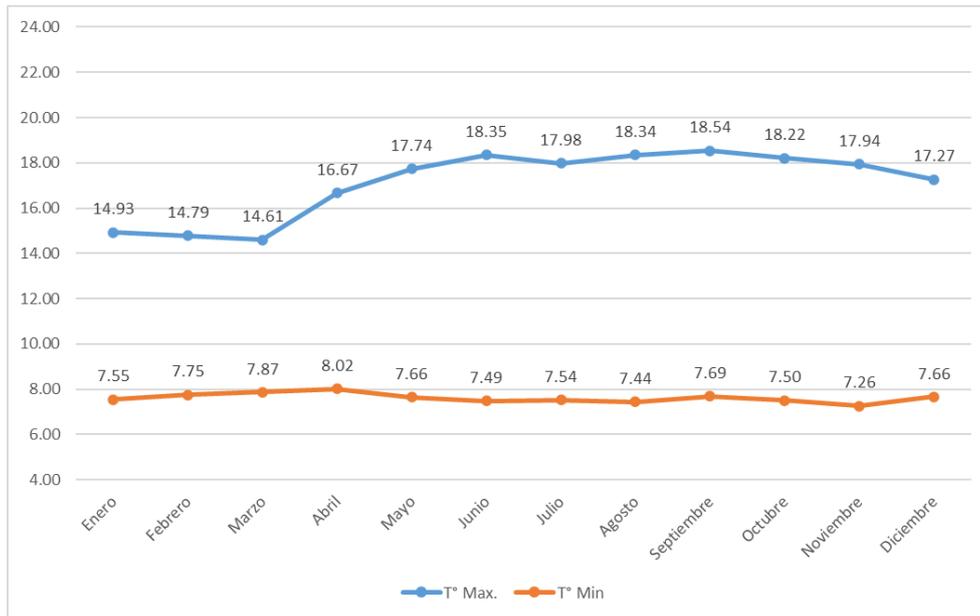
Nota. Fuente: Servicio Nacional Meteorología del Perú – SENAMHI.

- Temperatura

Entre los meses de junio a octubre se dan los mayores valores promedio de temperatura, siendo el mes de setiembre el dato más alto registrado con 18.54 °C, entre los meses de enero a marzo se registran valores más bajos de la temperatura máxima, siendo el mes de marzo el dato más bajo registrado con 14.61°C. La temperatura promedio mínima en el año varía entre 7.26°C y 8.02°C, siendo el mes de abril el valor mayor registrado con 8.02°C. En cuanto a la temperatura mínima con el menor valor registrado, se da en el mes de noviembre llegando hasta los 7.26°C, detalle en la Figura 3.

Figura 3.

Temperatura máxima y mínima mensual, entre los años 2017 al 2021.



Nota. Fuente: Servicio Nacional Meteorología del Perú – SENAMHI.

La temperatura guarda una relación la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, el cual influye en la pérdida de la eficiencia los paneles solares, baterías, controladores de carga e inversores. Estos componentes electrónicos se ven afectado cuando la temperatura de

operación es mayor a los 25°C, produciendo una reducción en la eficiencia, para este caso el centro poblado de Punas Carne Rocurral, se encuentra con valores óptimos de temperatura para la correcta operación del sistema fotovoltaico.

- Nubosidad

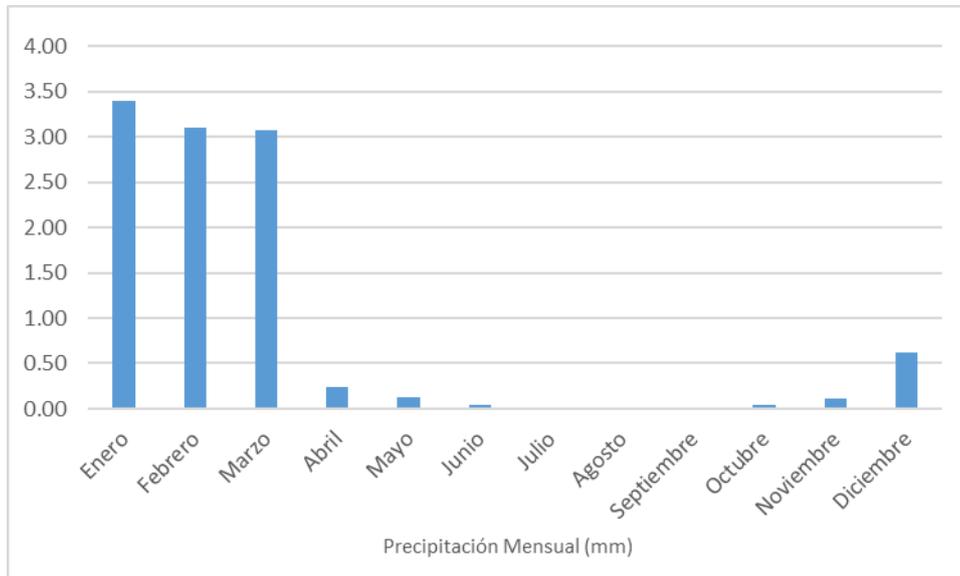
Según (Gerencia Regional de Recurso Naturales y Gestión del Medio Ambiente; 2012), El promedio de nubosidad en el distrito de Llauta es variable con el transcurso del año. La nubosidad del distrito tiene diluirse con la presencia del sol, por lo cual es factible para el aprovechamiento de energía solar. La parte despejada se da entre los meses de abril a noviembre con un y mayormente nublado entre los meses de diciembre y marzo. En febrero época de lluvias se da una mayor saturación de la nubosidad. En conclusión, mientras el cielo este mayormente despejado habrá una mayor disponibilidad del recurso solar, haciendo de los sistemas fotovoltaicos sean muy eficientes

- Precipitación

La temporada con mayor precipitación se da entre los meses de diciembre a marzo con una acumulación variable entre los 0.6 mm a 3.4 mm; entre los meses de abril a junio y setiembre a noviembre la precipitación acumulada varía entre 0.02 mm y 0.25 mm; los meses con ausencia de precipitación se dan en los meses de junio a agosto. El mes con mayor precipitación es enero, detallado en la Figura 4.

Figura 4.

Precipitación mensual, entre los años 2017 al 2021.



Nota. Fuente: Servicio Nacional Meteorología del Perú – SENAMHI.

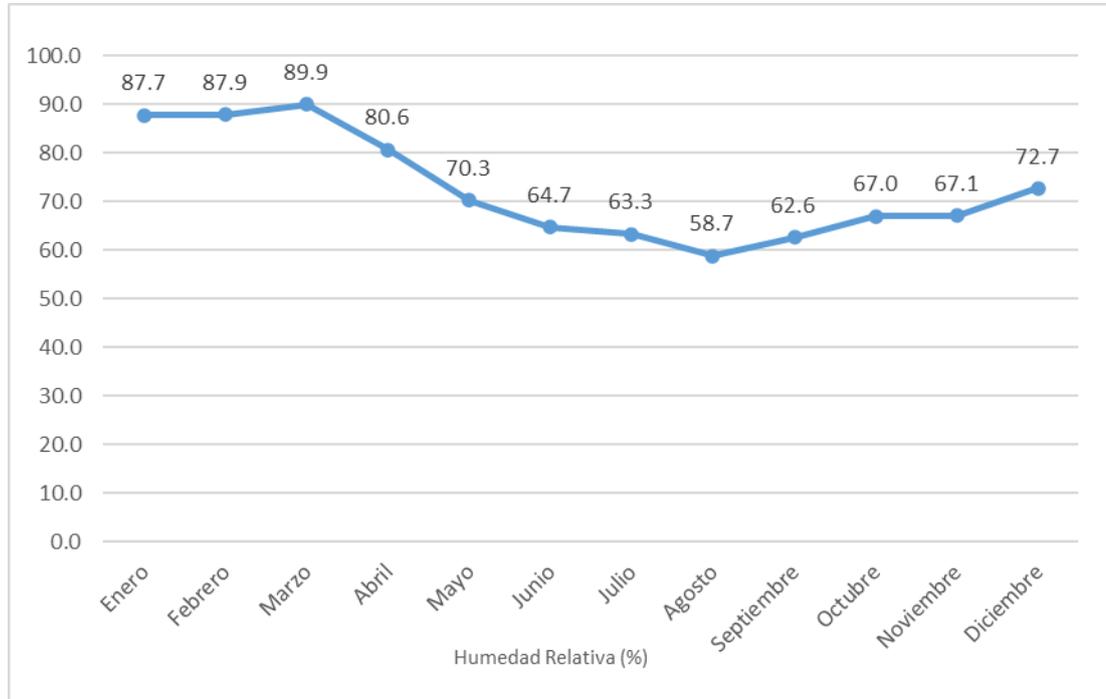
La precipitación en el centro poblado de Punas Carne Rocurral es óptima entre los meses de abril a diciembre, debido que se presenta niveles bajos de acumulación de lluvias, este parámetro influye en la acumulación de la suciedad y polvo, además la reducción de energía solar ya que el agua bloquea directamente a los paneles solares que llegan a los paneles solares.

- **Humedad Relativa**

La temporada con menor % de humedad relativa se da entre los meses de junio a setiembre con un valor de 58.92% y los mese con mayor % de humedad se da entre los meses de febrero a mayo con un valor máximo de 78.70%, detallado en la Figura 5.

Figura 5.

Humedad relativa mensual, entre los años 2017 al 2021.



Nota. Fuente: Servicio Nacional Meteorología del Perú – SENAMHI.

La humedad relativa es moderada en el centro poblado de Punas Carne Rocurral, por lo cual nos ayudara a definir aspectos técnicos a la hora de asignar los componentes del sistema fotovoltaico. La humedad relativa puede aumentar los efectos de corrosión en componentes eléctricos, afectar al aislamiento eléctrico y producir daños por efectos de condensación. Por lo cual los componentes del sistema fotovoltaicos deben cumplir con los criterios de poseer una resistencia a la humedad, cableado y conectores deben ser adecuados para condiciones humedad y que los componentes eléctricos estén clasificados para su uso en ambiente húmedos, y todos ello acompañado de un mantenimiento integral.

- **Inclinación y Orientación**

Según los autores Salvador y Horn (2021), en su proyecto titulado *“Propuesta tecnológica para la implementación de una planta fotovoltaica de 4.5 kWp para la comunidad rural altoandina san francisco de Raymina, Ayacucho-Perú”*, detallan una fórmula para la inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos, el cual está en función a la latitud (φ),

Ecuación 2.

Estimación de Perdidas en el sistema fotovoltaico.

$$\beta = 0.69 * |\varphi| + 3.7^\circ$$

Donde:

φ : Latitud, dato 14.124° S.

$$\beta = 13.44^\circ$$

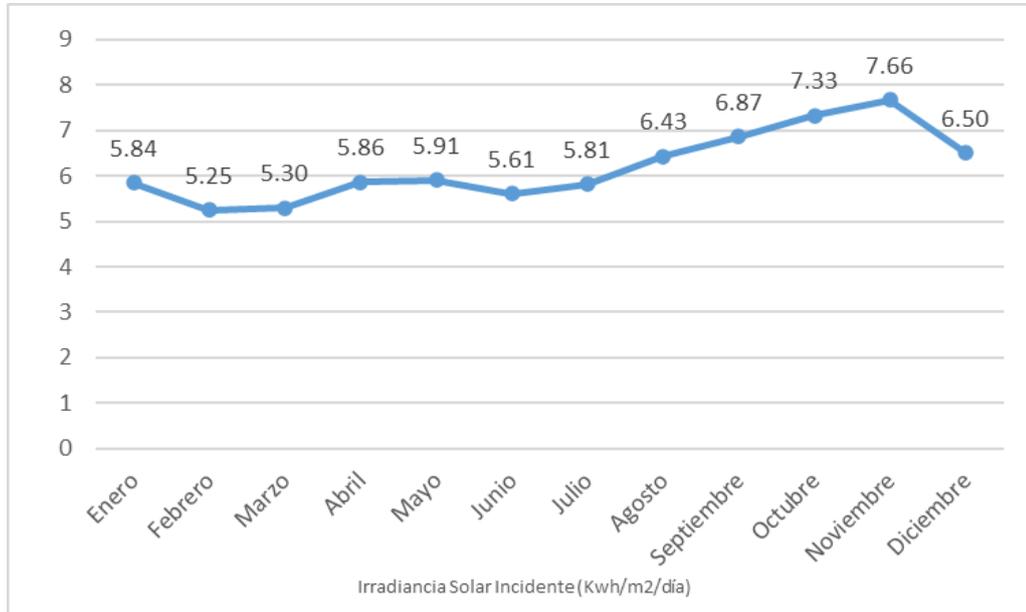
La inclinación óptima del panel es de 13.44° con una orientación hacia el Norte.

- **Radiación Solar Incidente**

Se determino los niveles promedios de radiación solar en el distrito de Llauta – Ayacucho entre los años 2010 al 2021. Se puede observar que, entre los meses de enero a julio, se obtiene los valores más bajos de radiación solar incidente, sin embargo, en los meses de agosto y diciembre se dan valores altos, detallo en la Figura 6.

Figura 6.

Energía Solar Incidente en el distrito de Llauta.



Nota: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) - Departamento de Energía y Agricultura de la NASA

La Radiación Solar Incidente es un parámetro clave para la generación de la energía, ya que garantiza la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, cuanto mayor sea este parámetro mayor será la energía generada

- Horas de Sol Pico

Se puede observar en Tabla N°7, que entre los meses de agosto a diciembre se dan las mayores horas de sol pico, con un valor máximo en el mes de noviembre de 7.66 horas, mientras que, en los meses de enero a julio, se registras menores horas de sol pico, con un valor mínimo en el mes de febrero de 5.25 horas, tener en cuenta que las horas de sol pico son considerados horas de irradiancia contantes que llega hasta los 1000W/m².

Tabla 7.*Horas de Sol Pico en el distrito de Llauta - Ayacucho*

Mes	HSP (Horas)
Enero	5.84
Febrero	5.25
Marzo	5.30
Abril	5.86
Mayo	5.91
Junio	5.61
Julio	5.81
Agosto	6.43
Setiembre	6.87
Octubre	7.33
Noviembre	7.66
Diciembre	6.50
Promedio	6.20

Nota. Fuente: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) - Departamento de Energía y Agricultura de la NASA - 2021

Este parámetro nos ayuda a definir el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, mientras más será la disponibilidad más eficiente será el sistema garantizando un equilibrio entre la demanda y la generación.

3.2. Determinación Energéticas

El dimensionamiento de la capacidad requeridas del sistema solar se basa en el consumo diario que un hogar puede requerir, según el OSINERGMIN (2017), detallan que un hogar en el área rural presenta un consumo promedio de 26 Kwh al mes, equivalente a 0.866 kWh/día.

Para el siguiente apartado se ha trabajado con un conjunto de ecuaciones detallados por el autor, Salamanca (2017), en su proyecto titulado *“Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaico. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá”*.

- **Estimación de Perdidas.**

Asumiéndonos la estimación de perdidas en los porcentajes más bajos según lo detallando en la Tabla 4. Para casos prácticos de este proyecto se considera la eficiencia del rendimiento de parámetros no contemplados en 1, ya que va relacionado con los parámetros de funcionamiento de los equipos suministrados por el fabricante.

Ecuación 3.

Estimación de Perdidas en el sistema fotovoltaico.

$$\eta_t = \eta_b * \eta_{inv} * \eta_r * \eta_x$$

Donde:

η_t : Eficiencia debido al rendimiento del sistema aplicado a los paneles.

η_b : Eficiencia debido al rendimiento del banco de baterías, dato 80%.

η_{inv} : Eficiencia debido al rendimiento del inversor, dato 85%

η_r : Eficiencia debido al rendimiento del regulador del voltaje, dato 95%.

η_x : Eficiencia debido al rendimiento de parámetros no contemplados, dato 100%.

$$\eta_t = 0.8 * 0.85 * 0.95 * 1$$

$$\eta_t = 0.646$$

Se debe generar 35.4% más de energía eléctrica desde los paneles para compensar las pérdidas del sistema.

- **Energía del Bloque Generador “Panel Solar”.**

Se detalla ficha técnica del Panel solar en el Anexo 4.

Tabla 8.

Panel Solar PEPTEL, Modelo LG120-18

Parámetro	Valor
Potencia Nominal	120W
Tensión de Trabajo	12V
Tensión Circuito Abierto (Voc)	18.98V
Corriente	6.32A
Corriente de corto circuito	6.57A

Nota. Elaboración Propia.

Ecuación 4.

Energía de generación requerida.

$$E_{gen} = \gamma * \left(\frac{E_{ct}}{\eta_t} \right)$$

Donde:

E_{gen} : Energía general requerida

γ : Coeficiente de Seguridad, dato 1.1.

E_{ct} : Energía carga total, dato 866Wh/día.

η_i : Eficiencia debido al rendimiento del sistema aplicado a los paneles, dato 64.6%.

$$E_{gen} = 1.1 * \left(\frac{866Wh/día}{0.646} \right)$$

$$E_{gen} = 1474.61Wh/día.$$

La energía de generación requerida es de 1474.61 Wh/día.

Ecuación 5.

Energía extra de recuperación.

$$E_{extra} = \gamma_{extra} * E_{gen}$$

Donde:

E_{extra} : Energía extra de Recuperación

γ_{extra} : Factor de Recuperación, Dato 20%.

E_{gen} : Energía general requerida, dato 1474.61 Wh/día.

$$E_{extra} = 0.2*(1474.61)$$

$$E_{extra} = 294.92 \text{ Wh/día}$$

La energía de generación requerida es de 294.92 Wh/día.

Ecuación 6.

Energía Generada por el Panel Solar.

$$E_{panel} = W_p * HSP$$

Donde:

E_{panel} : Energía generada por el panel seleccionado

W_p : Potencia del Panel. Dato 150W

HSP : Horas sol pico, Dato 5.25 h/día

$$E_{panel} = 120W * 5.25 \text{ h/día}$$

$$E_{panel} = 630 \text{ Wh/día.}$$

La energía de generación por el panel de 120 W es de 630 Wh/día.

Ecuación 7.

Cantidad de Paneles.

$$N_{tp} = \frac{E_{gen} + E_{extra}}{E_{panel}}$$

Donde:

N_{tp} : Cantidad de Paneles Soles

E_{gen} : Energía general requerida

E_{extra} : Energía extra de Recuperación

E_{panel} : Energía generada por el panel seleccionado

$$N_{tp} = \frac{1474.61Wh/día + 294.92 Wh/día}{630Wh/día}$$

$$N_{tp} = |3|$$

Se requieren 3 paneles de 120W, para cubrir el consumo de 866Wh/día.

- **Dimensionamiento del Banco de baterías.**

Se detalla ficha técnica de la batería en el Anexo 5.

Ecuación 8.

Carga Requerida por el banco de baterías.

$$C_{nb} = \frac{E_{ct} * (D_{out} + 1)}{V_{nom} * P_{dmax} * \eta_{inv} * \eta_d}$$

Donde:

C_{nb} : Carga Nominal del banco de baterías

E_{ct} : Energía carga total, dato 866Wh/día.

D_{out} : Días de baja o nula insolación, dato 0 día.

V_{nom} : Voltaje nominal del sistema. Datos 12V.

P_{dmax} : Profundidad máxima de descarga, dato 80%.

η_{inv} : Eficiencia debido al rendimiento del inversor, dato 85%.

η_d : Eficiencia de descarga, dato 90%.

$$C_{nb} = \frac{866Wh/día * (0 + 1)}{12V * 0.8 * 0.85 * 0.9}$$

$$C_{nb} = 117.91Ah$$

La carga Nominal del banco de baterías es de 117.91Ah a 12V, para cubrir un consumo de 866Wh/día, durante los 7 días de la semana.

Tabla 9.

Batería Solar RITAR Modelo DG12-150

Parámetro	Valor
Corriente	150 Ah
Tensión	12V

Nota. Elaboración Propia.

Ecuación 9.

Número de baterías.

$$N_{bt} = \frac{V_{nom} * C_{nb}}{V_{nb} * C_{nbp}}$$

Donde:

N_{bt} : Número de baterías para el banco.

V_{nom} : Voltaje nominal de operación, dato 12V.

C_{nb} : Carga nominal del banco de baterías, dato 117.91Ah

V_{nb} : Voltaje nominal de batería según fabricante, 12V.

C_{nbp} : Carga nominal de batería según fabricante, 150Ah.

$$N_{bt} = \frac{12 * 117.91 Ah}{12V * 150 Ah}$$

$$N_{bt} = |1|$$

No se presentan conexiones en paralelo y serie debido a que solo se requiere solo 1 batería para el banco.

Ecuación 10.

Cantidad de baterías seriadas.

$$N_{bs} = \frac{V_{nom}}{V_{nb}}$$

Donde:

N_{bs} : Número de baterías en serie.

V_{nom} : Voltaje Nominal, dato 12V.

V_{nb} : Voltaje Nominal de batería según fabricante, 12V.

$$N_{bs} = \frac{12V}{12V}$$

$$N_{bs} = 1.$$

No existe la conexión en bloque de serie con 1 batería.

Ecuación 11.

Cantidad de baterías en paralelo.

$$N_{bp} = \frac{N_{bt}}{N_{bs}}$$

Donde:

N_{bp} : Número de baterías en paralelo.

N_{bi} : Número de baterías para el banco, dato 1 unidades.

N_{bs} : Número de baterías en serie, datos 1 unidades.

$$N_{bp} = \frac{1}{1}$$

$$N_{bp} = 1$$

No existe la conexión en bloque de serie con 1 batería.

Ecuación 12.

Corriente máxima de carga y descarga del banco de baterías.

Se estimada que la corriente máxima de carga en función a las HSP, horas máxima carga 5horas y descarga 19 horas.

$$C_{maxc} = N_{bp} * C5$$

$$C_{maxd} = N_{bp} * C19$$

Donde:

C_{maxc} : Corriente máxima de carga.

C_{maxd} : Corriente máxima de descarga.

N_{bp} : Numero de baterías en paralelo, dato 1.

$C5$: Corriente máxima de carga en 5horas.

$C19$: Corriente máxima de descarga en 19 horas.

$$C_{maxc} = 1 * \left(\frac{150}{5h}\right)$$

$$C_{maxc} = 30A$$

$$C_{maxd} = 1 * \left(\frac{150}{19h}\right)$$

$$C_{maxd} = 7.89A$$

Se estima la corriente máxima de carga es de 30A y de descarga es de 7.89A.

- **Dimensionamiento del Regulador de Carga.**

La determinación del regular de carga está en función de:

- Tensión del banco de baterías: 12V.
- Suma corriente de corto circuito en paneles solares: 19.71A (3x6.57A).
- Tensión de Paneles en circuito abierto: 18.98V.
- Potencia de generación fotovoltaica : 360Wp (3x120Wp).

Se detalla ficha técnica del regulador de carga en el Anexo 6.

Tabla 10.

Regulador de Carga Modelo SR-MC2430

Parámetro	Valor
Potencia Paneles a 12V	400W
Voltaje del sistema	12V
Corriente máxima	30A
Tensión máxima circuito Abierto	100V

Nota. Elaboración Propia.

Se estimada que la corriente máxima total está dada en función a la suma de los componentes eléctricos en un mismo momento determinado. Para el caso establecemos un detalle hipotético de los artefactos que tendría esta vivienda en zonas rurales.

Tabla 11.

Consumo hipotético de una vivienda.

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Horas (H)	Consumo (kW/día)
Iluminación Led	4	4W	6	96W
Equipo Portátil	1	70W	3	210W
Televisión	1	80W	5	400W
Celular	2	10W	2	40W
Router	1	5W	24	120W

Nota. Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la Tabla 11, el consumo cálculo del sistema es de 866 Wh/día, con un consumo de régimen permanente de corriente alterna (P_{car_CA}) de 191W.

Ecuación 13.

Tensión máxima de ingreso al controlador de carga.

$$V_{in} = 1.25 * N_{tp} * V_{oc}$$

Donde:

V_{in} : Tensión Máxima de ingreso al controlador de carga.

N_{tp} : Número de paneles solares, dato 3 paneles solares.

V_{oc} : Tensión circuito Abierto, dato voltaje de 18.5V.

$$V_{in} = 1.25 * 3 * 18.5$$

$$V_{in} = \mathbf{69.37\ V}$$

La tensión máxima del controlador de carga escogido es de 100V, y se encuentra dentro del rango de operación por los 3 paneles solares de 120W, los cual conectado a circuito abierto nos da como resultado 69.37V.

Ecuación 14.

Corriente máxima de carga y descarga del inversor.

$$I_{des_bat} = 1.25 * \frac{P_{car_CA}}{V_{nom} * \eta_{inv}}$$

$$I_{car_bat} = \frac{P_{reg}}{V_{min_bat}}$$

Donde:

I_{des_bat} : Corriente máxima de descarga del inversor.

P_{car_CA} : Consumo en régimen permanente, dato 191W.

V_{nom} : Voltaje nominal de uso en inversor, dato 12V.

η_{inv} : Eficiencia debido al rendimiento del inversor, dato 85%.

I_{car_bat} : Corriente máxima de carga del inversor.

P_{reg} : Potencia panel de 12V de uso según fabricante, dato 400W.

V_{min_bat} : Voltaje mínimo de batería, dato al 20% de capacidad 11.7V.

$$I_{des_bat} = 1.25 * \frac{191W}{12V * 0.85}$$

$$I_{des_bat} = \mathbf{23.4A.}$$

$$I_{car_bat} = \frac{400W}{11.7V}$$

$$I_{car_bat} = \mathbf{34.18A.}$$

Se pudo determinar la corriente de carga en 34.18A y descarga en 23.4A, los cuales ayudaran a determinar el calibre del conductor eléctrico a usar, estos datos están en función de los valores de C19 y C5 del banco de baterías.

- **Dimensionamiento del Inversor**

Se detalla ficha técnica del inversor en el Anexo 7.

Para esta sección se considerará para el factor de potencia 0.8 y para el factor de simultaneidad 1. Esto debido a que va a depender del factor de cada equipo conectado a CA.

Ecuación 15.

Dimensionamiento del Inversor.

$$S_{inv_out} = 1.25 * \frac{P_{car_CA}}{F_P} * F_S$$

Donde:

S_{inv_out} : Potencial Nominal del Inversor

P_{car_CA} : Potencias de Carga CA, dato 191W.

F_p : Factor de Potencia, dato 0.8.

F_s : Factor de Simultaneidad, dato 1.

$$S_{inv_out} = 1.25 * \frac{191W}{0.8} * 1$$

$$S_{inv_out} = 298.43VA$$

Lo cual indica que se debe escoger un inversor con una potencia mayor a 298.43 VA.

Tabla 12.

Inversor Phoenix 12/375 220V 60Hz

Parámetro	Valor
Potencia	375VA
Voltaje de Operación	12V
Pico de Potencia	700W
Tipo	Onda Senoidal Pura

Nota. Elaboración Propia.

Ecuación 16.

Intensidad Pico en demanda Máxima.

$$I_{pico_carga} = \frac{P_{car_CA}}{V_{uso}}$$

Donde:

I_{pico_carga} : Intensidad pico en demanda máxima

P_{carCA} : Potencias de Carga CA, dato 191W.

V_{uso} : Tensión eléctrica de uso doméstico - Perú, dato 220V.

$$I_{pico_carga} = \frac{191W}{220V}$$

$$I_{pico_carga} = \mathbf{0.868A.}$$

La carga energética de la vivienda es de 0.868A cuando todos los dispositivos y equipos se estén usando en simultaneo.

3.3. Selección de Componentes

Tabla 13.

Selección de Componentes para el sistema fotovoltaico

Componentes	Criterio
Panel Solar Monocrystalino 120W 12V 6.32A IP-68	En la sección de los cálculos, se determinó que era conveniente el uso de 3 paneles solares de 120W debido a que se ajustaba a la potencia requerida del sistema, evitando las pérdidas por mal planteamiento del diseño. Los paneles monocrystalinos cuentan con mayor eficiencia y mejor rendimiento en condiciones de baja luminosidad, su composición hace que sean duraderos y cuenta con la certificación IP68, lo proporcionan una protección contra el polvo y con una alta resistencia al agua. Inversión: S/. 370.79 c/u.
Batería RITAR DG12-150 GEL	Se determino el uso de 1 baterías de 150Ah, lo esencial para cubrir la demanda energética durante los 7 días de la semana. Las baterías de serie DG “Gel de ciclo profundo”, garantizan una mayor vida útil de hasta 15 años, son adecuadas para los sistemas solares debido a que ofrecen una excelente recuperación de la capacidad luego de una profunda descarga. Su diseño es libre de mantenimiento ya que son diseñadas para requerir un mantenimiento bajo o nulo al ser gelsificado el electrodo, el cual brindan mayor seguridad ya que se encuentran herméticas. Inversión: S/. 1375.01 c/u.
Regulador de Carga MTTP Modelo SR-MC2430 30A.	Se determinó que la corriente apropiada del regular es de 30A, ya que tiene que soportar la carga de cortocircuito de los paneles por el factor de seguridad que es 20% a 25% adicional. El tipo de Regulador MTTP ofrece un mayor rendimiento a comparación de otros tipos, lo que supone una mayor producción de la energía, además que posee un seguimiento rápido y preciso que permite ajustar la corriente y voltaje

maximizando la producción de energía. Permiten el monitoreo y control gracias a su interfaz de usuario. Inversión: S/. 486.09 c/u.

Inversor		El dimensionamiento del inversor requerido es de 375VA, se escogió un
Victron		inversor con tipo de onda senoidal pura, que es similar a la de la red
Phoenix	12V	eléctrica. Este tipo de onda es compatible con todos los dispositivos
375VA		eléctricos que posee una vivienda. Posee una mejor eficiencia energética
VE.Direct		comparada con otros tipos ya que convierte una mayor proporción de
		energía de la batería en energía utilizable. Inversión: S/. 563.25 c/u.

Nota. Elaboración Propia.

3.4. Recomendaciones de Operación y Mantenimiento

Dentro de los criterios de operación y mantenimiento se debe considerar:

- La protección del sistema contra sobrecargas, el cual se debe evitar exceder la capacidad energética del diseño.
- La protección y seguridad eléctrica, debe aplicarse el uso de llaves termomagnéticas, llaves diferenciales y sistema de puesta a tierra, con el fin de garantizar la seguridad del usuario y personal técnico.
- El personal técnico debe cumplir con la experiencia y conocimientos para los trabajos de electricidad
- Los paneles solares deben estar ubicados en la orientación e inclinación según el diseño planteado, evitando que existan sombras o cualquier tipo de obstrucción, para garantizar la seguridad y correcto rendimiento del sistema.

- Llevar un registro de datos, permitirá evidenciar a detalle los consumos de generación y otros parámetros relevantes, lo cual permitirá a largo plazo tomar acciones ante un posible mantenimiento correctivo.
- Los habitantes deben adoptar prácticas de un buen uso de la energía, ayudará a garantizar el funcionamiento del uso del sistema, adoptar medidas de eficiencia energética ayudará a reducir la demanda energética en general.

El plan de mantenimiento se debe considerar lo siguiente.

Tabla 14.

Selección de Componentes para el sistema fotovoltaico

Componentes	Frecuencia
Inspección Visual de Paneles	Semanal
Inspección Visual del Sistema	Semanal
Limpieza de Panel	Semanal
Verificación de Cableado y conexiones	Trimestral
Revisión estado de baterías	Trimestral
Dispositivos de seguridad eléctrica	Trimestral
Inspección de estructura y soportes	Trimestral
Capacitación a los propietarios	Una vez – Puesta en marcha.

Nota. Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Discusión

Conforme con los resultados obtenidos para el presente informe, se demuestra que es óptimo y viable el aprovechamiento de la energía solar para la generación de electricidad a partir de paneles solares fotovoltaicos, la cual nos permiten interconectar zonas rurales y urbanas aisladas, además de que no contaminan, no necesitan de un medio alterno, permite un ahorro económico y es de fácil captación, manejo y distribución. (Prieto, 2018; Bursztyn ,2020; Carrión y Ortiz, 2013).

Sin embargo, para Obando y Vargas (2016), el aprovechamiento de la energía dependerá de ciertos criterios técnicos como la ubicación, variables climatológicas y meteorológicas, como el tipo y cantidad de precipitación, nubosidad, radiación incidente y horas pico de sol, además considerando que los paneles no suministran energía durante la noche por lo cual se requiere implementar un banco de energía como las baterías para cubrir la demanda requerida, conocer el consumo requerido actual, conocer la demanda a futuro y finalmente conocer los factores de pérdida de la luz incidente como la orientación y sombras productos producto de la rotación de la tierra y obstáculo que puedan existir.

Otro aspecto muy importante es la eficiencia de los componentes, lo cual limita el aprovechamiento de la energía, ya que estos se ven afectadas por la calidad del componente y los factores climatológicos y meteorológicos. Por lo cual hace que el dimensionamiento del diseño sea mayor, para cubrir la demanda energética, ello conlleva que el costo de inversión sea más alto.

Por otro lado, según Quiñonez et al (2019), la implementación de otros tipos de energías renovables como la eólica, puede cubrir y ayudar a suministrar energía durante el día y noche, sin embargo, se requiere de un estudio previo, para ver cuanto más rentable es su aplicación en zonas urbanas y rurales donde la población se encuentra dispersa.

Ante ello el Ministerio del Ambiente [MINAM] (2020), manifiestan que existen oportunidad para poder mejorar nuestra matriz energética y esto se ve reflejado con la participación de estas energías en la actualidad, además el creciente compromiso por el cuidado del medio ambiente que aborda al cambio climático justifica ir avanzando más rápido para la investigación e implementación de este tipo de tecnología y tratar de poder llevar energía a zonas rurales y aisladas que carecen de ella.

5.2. Conclusiones

Como resultado de este informe se puede precisar que es apropiado el aprovechamiento de la energía solar, para la elaboración de proyectos con paneles fotovoltaicos, ya que el distrito de Llauta ubicado en Ayacucho, presenta una radiación incidente que varía entre los rangos de 5.25kWh/m^2 a 7.66kWh/m^2 y presentan factores climatológicos, meteorológicos y geográficos óptimos para la aplicación de estos sistemas.

Los resultados muestran que los cálculos obtenidos para el dimensionado de un sistema fotovoltaico para el centro poblado de Punas Carne Rocurral, es viable, considerando que los cálculos fueron realizados bajo las condiciones adversas como el índice de bajo de

radiación solar incidente, horas de sol pico y el nivel más bajo de eficiencia en cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico.

Se realizó la selección de componentes del sistema fotovoltaico, el cual se pudo determinar que se requiere 3 paneles solares de 120W, 1 batería de 150Ah, regular de carga de 30A e inversor de 375VA, para cubrir la demanda energética de 26 kWh/mes. Los componentes seleccionados implican una inversión de S/.3536.72 soles, cabe mencionar que el dimensionamiento está sujeto a la disponibilidad de los elementos y selección del diseñador, siempre y cuando se cumplan con el criterio de cubrir la necesidad energética en el diseño.

Se puede detallar una serie de recomendaciones en cuanto a la operación y mantenimiento, con la finalidad de asegurar el desarrollo óptimo del sistema fotovoltaico, que incluyen la protección eléctrica, la ubicación adecuada del sistema y el personal técnico calificado para la implementación y operación. Además, se propuso un plan de mantenimiento que contemple la verificación de componentes, limpieza periódica de componentes y el registro de datos, con la finalidad de contribuir la operación confiable y prolongar la vida útil del sistema fotovoltaicos en el centro poblado de Punas Carne Rocurral.

En conclusión, el sistema fotovoltaico nos permite poder brindar del suministro eléctrico a los hogares ubicados en áreas rurales para poder mejorar su calidad de vida permitiéndoles el acceso a la electricidad para poder usarla en la iluminación, comunicación, recreación, acceso a la información y salud. La implementación de este proyecto presenta

un beneficio económico como ambiental, ya que progresivamente se puede ir sustituyendo las energías fósiles que producen el aumento de gases de efecto invernadero (GEI).

Finalmente se puede precisar que los objetivos planteados fueron resueltos de manera eficiente y concisa, mediante un estudio para garantizar su viabilidad. La aplicación experimental de este proyecto puede permitir enfatizar el interés población ubicadas en áreas rurales, permitiendo la promoción y desarrollo de esta tecnología en otras regiones, siempre que se cumpla con los criterios técnicos establecidos en el marco legal del presente proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- Aita P. (2017). Energía: Un cambio necesario en el Perú. *Revista Kawsaypacha: sociedad y medio ambiente*, 1, 93-135. doi: 10.18800/kawsaypacha.201701.004
- Álvarez L., García R., Ulloa R., Arellano M., y García A. (2019). Potencial biotecnológico para la valorización de residuos generados en granjas porcinas y cultivos de trigo. *Revista Entreciencias*, 7(21), 1-21. doi: 10.22201/enesl.20078064e.2019.21.70799
- Angulo J., Calsi B., Alfaro E., Conde L. Muñoz E., Grieseler E., Guerra J., Palomino J., Espinoza R., De la Casa J. (2020). Estudio del efecto del polvo y estimación de la potencia nominal en un string fotovoltaico. *Revista TECNIA*, 3(1), 27-32. doi: 10.21754/tecnia.v30i1.832
- Bursztyn M. (2020). Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. *Revista Estudos avançados*, 34(98), 167-186. doi: 10.1590/s0103-4014.2020.3498.011
- Carrión D., y Ortiz L. (2013). Generación distribuida a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos. *Revista Ingenius*, 10, 44-48. doi: 10.17163/ings.n10.2013.05.
- Castillo Y., Castrillón M., Vanegas M., Valencia G., y Villicaña E. (2015). Role of Non-Conventional Energy Sources in the Colombian electricity sector. *Revista Prospectiva*, 13(1), 39-51. doi: 10.15665/rp.v13i1.358
- Centro Virtual de Aprendizaje Tecnológico de Monterrey (2023). Calcular la tasa de crecimiento de la población total utilizando la fórmula de Crecimiento Poblacional Compuesto. Recuperado de <http://www.cca.org.mx/cca/cursos/matematicas/cerrada/caislados/c1caltas.htm>.

- Colantoni A., Monarca D., Marucci A., Cecchin, M., Zambon I., Di Battista F., Maccario D., Saporito M., y Beruto M. (2018). Solar Radiation Distribution inside a Greenhouse Prototypal with Photovoltaic Mobile Plant and Effects on Flower Growth. *Revista Sustainability*, 10(3), 855. doi: 10.3390/su10030855
- Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicaciones. (2002). Energía Solar Fotovoltaica, Editorial Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicaciones. Recuperado de <https://www.coit.es/file/4245/download?token=F3kPOsFh>.
- Criollo N., Maks M., y Rodríguez A. (2020). Diseño de participación comunitaria para proyectos de energía fotovoltaica. *Revista Estoa*, 9(17), 7-16. doi: 10.18537/est.v009.n017.a01
- Decreto Legislativo N°1002. (2010). Plataforma digital única del Estado Peruano, 13 de setiembre del 2010, Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/739399-012-2011-em>.
- Decreto Supremo N°012-2011-EM. (2011). Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 02 de mayo del 2008. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/899318/DS-012-2011-EM.pdf?v=1593544802>.
- Espinel E., Flórez E., y Barbosa J. (2020). Estudio para la generación de energía por un sistema con paneles solares y baterías. *Revista Ingenio*, 17(1), 9-14. doi: 10.22463/2011642X.2392
- Farfán J., Campos W. (2019). Energía solar fotovoltaica para la explotación de agua subterránea. *Revista de Investigación y Cultura - Universidad César Vallejo*, 8(1), 65-74. ISSN 2305-8552

García P. (2011). Energía solar fotovoltaica para todos, Editorial Marcombo.

Gobierno Regional de Ayacucho. (2020). Características del Departamento de Ayacucho.

Editorial Gobierno Regional de Ayacucho, Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Huancayo/Ayacucho-Caracterizacion.pdf>

INEI. (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda 2017: XI de Población y VI de Vivienda. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad

Intelectual. (2020). El ABC de la propiedad Intelectual Registra y Patenta. Editorial

INDECOPI, Recuperado de

[https://www.indecopi.gob.pe/documents/1902049/3747615/EL+ABC+DE+LA+PR](https://www.indecopi.gob.pe/documents/1902049/3747615/EL+ABC+DE+LA+PROPIEDAD+INTELECTUAL+-+REGISTRA+Y+PATENTA+%281%29.pdf/96e33193-899f-65c6-4281-2f22d5dc1226)

[OPIEDAD+INTELECTUAL+-](https://www.indecopi.gob.pe/documents/1902049/3747615/EL+ABC+DE+LA+PROPIEDAD+INTELECTUAL+-+REGISTRA+Y+PATENTA+%281%29.pdf/96e33193-899f-65c6-4281-2f22d5dc1226)

[+REGISTRA+Y+PATENTA+%281%29.pdf/96e33193-899f-65c6-4281-](https://www.indecopi.gob.pe/documents/1902049/3747615/EL+ABC+DE+LA+PROPIEDAD+INTELECTUAL+-+REGISTRA+Y+PATENTA+%281%29.pdf/96e33193-899f-65c6-4281-2f22d5dc1226)

[2f22d5dc1226.](https://www.indecopi.gob.pe/documents/1902049/3747615/EL+ABC+DE+LA+PROPIEDAD+INTELECTUAL+-+REGISTRA+Y+PATENTA+%281%29.pdf/96e33193-899f-65c6-4281-2f22d5dc1226)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Perú: Perfil Sociodemográfico

Informe Nacional 2017, Editorial INEI, Recuperado de:

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib153

[9/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib153)

Jimenez T., Silva L., Fernández M., y Valdés V. (2019). Aprovechamiento de la energía

solar para mejorar las condiciones sociales de la comunidad de Loma Muleto, Bocas

del Toro. *Revista de Iniciación Científica*, 5(1), 26-33. doi: 10.33412/rev-

ric.v5.1.2227

Laboratorio de Sistemas Electrónicos para la Sostenibilidad. (2021). Protecciones Eléctricas

en Sistemas fotovoltaicos. Recuperado de

http://seslab.org/fotovoltaico/2_protecciones_elctricas_en_sistemas_fotovoltaicos.html.

Labournet A.y Viloz M. (2010). Energía Solar Fotovoltaica. Manual práctico. *Editorial Amv_Mundi-Prensa*.

Linares G., Echeverría C., y Céspedes T. (2017). Potencial energético de la zona rural del Departamento de La Libertad (Perú) producido por biogás obtenido de excretas humanas. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 108-118. doi: 10.18845/tm.v30i4.3415

Marín D., Zalamea E. y Barragán E. (2018). Potencial fotovoltaico en techumbre de edificios industriales de alta demanda energética, en zonas ecuatoriales. *Revista hábitat sustentable*, 8(1), 28-41. doi: 10.22320/07190700.2018.08.01.03

Martínez A. y Garrido G. (2019). Uso de la biomasa de residuos orgánicos para el diseño de una estación eléctrica. *Revista UIS Ingenierías*, 18(1), 167-176. doi: 10.18273/revuin.v18n1-2019015

Ministerio de Educación. (2023). Descarga de información espacial del MED. Recuperado de : <https://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/>.

Ministerio de Energía y Minas del Gobierno de Chile. (2016). Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Recuperado de https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia_operacionmantenimiento_final.pdf.

Ministerio de Energía y Minas. (2015). Electrificación Rural. Editorial MINEM. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/POI_2021_DGER.pdf

Ministerio de Energía y Minas. (2017). Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético. Editorial MINEM. Recuperado de: <https://www.minem.gob.pe/download.php?idSector=12&idTitular=8362>.

Ministerio de Energía y Minas. (2023). Sistema de información Geográfico de la Dirección General de Electrificación Rural. Recuperado de https://mapas.minem.gob.pe/map_dger/.

Ministerio del Ambiente. (2020). Existen oportunidades en el país para mejorar la matriz energética teniendo como base los recursos renovables. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/305877-existen-oportunidades-en-el-pais-para-mejorar-la-matriz-energetica-teniendo-como-base-los-recursos-renovables>.

National Aeronautics and Space Administration. (2023). Proyecto de Predicción de Recursos Energéticos Mundiales. Recuperado de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

Obando E., y Vargas R. (2016). Performance of an autonomous photovoltaic system due to environmental conditions of a particular region. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(154), 27-33. doi: 10.18257/raccefyn.301

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017). La industria de la energía Renovable en el Perú. Recuperado de https://www.Miergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf.

- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017). Energías Renovables Experiencia y Perspectiva en la ruta del Perú hacia la transición energética. Editorial: OSINERGMIN, Recuperado de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/EstudiosEconomicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf).
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2017). Informe de Resultados Encuesta Residencial de Uso y Consumo de Energía ERCUE 2014-2015. Recuperado de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios Economicos/ERCUE/Reporte-ERCUE-2014-2015.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/EstudiosEconomicos/ERCUE/Reporte-ERCUE-2014-2015.pdf).
- Plan Energético Nacional 2014-2025 (2011). Documento de trabajo del Ministerio de Energía y Minas, s.f., Recuperado de <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/publicaciones/InformePlanEnerg%C3%ADa2025-%20281114.pdf>.
- Polo C., Cohaila Y., Torres H., De La Gala A. (2021). Caracterización Térmica-Energética de un sistema fotovoltaico de 3.3 kWp interconectado a la red eléctrica: 2015-2019. *Revista TECNIA*, 31(1) 67-75. doi: 10.21754/tecnia.v21i1.1315
- Prieto E. (2018). Vivienda Rural Ecoamigable. *Revista Informador Técnico*, 82(2), 284-296. doi: 10.23850/22565035.1502
- Quiñonez J., Huanca E., y Holguino A. (2019). Caracterización del recurso eólico en la ciudad de Juliaca. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(1), 57-68. doi: 10.18271/ria.2019.445

- Reyes Y.; Gómes H., Vanegas M. Valencia G., Villicaña E. (2018). Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada. *Revista Prospectiva*, 16(2), 3-6. doi: 10.15665/rp.v16i2.1653
- Salamanca S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30(3), 263-277. doi: 10.14483/23448350.12213
- Salvador C., Horn M. (2021). Propuesta tecnológica para la implementación de una planta fotovoltaica de 4.5 kWp para la comunidad rural altoandina san francisco de Raymina, Ayacucho Perú. *Revista TECNIA*, 31(2), 28-34. doi: 10.21754/tecnia.v21i1.1104
- Sánchez H.; Reyes C.; Mejía K. (2018). Manual de Términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Editorial Universidad Ricardo Palma, Recuperado de <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2023). Descarga de datos Meteorológicos. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/>.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2023). Descarga de datos Meteorológicos. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/>.
- Tejada J., Taco A., Falcón E. (2020). Secado del ají panca en un secador solar fotovoltaico de tubos al vacío. *Revista TECNIA*, 30(1), 34-38. doi: 10.21754/tecnia.v30i1.853

Vargas A., y Ramírez J. (2017). Determinación de polos de generación distribuida a partir de biomasa residual agrícola en la región Madre de Dios, Perú. *Revista Tecnura*, 21(53), 61-77. doi: 10.14483/22487638.11722

ANEXOS

Anexo 1.

Matriz de Consistencia "Problemas, Hipótesis y Objetivos".

TÍTULO: “Diseño de un sistema fotovoltaico para la electrificación rural del centro poblado de Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta – Ayacucho, 2021”		
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS
¿Cuál es el diseño de sistema fotovoltaico adecuado para la electrificación rural del centro poblado Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta en Ayacucho, que satisfaga las necesidades energéticas promedio del hogar?	Si se establece un buen diseño un sistema fotovoltaico, será medio para la electrificación y abastecimiento eléctrico a zonas rurales como el centro poblado de Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta – Ayacucho	General:
		<ul style="list-style-type: none"> • Proponer un diseño de sistema fotovoltaico adecuado para la electrificación rural del centro poblado Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta en Ayacucho, considerando las necesidades energéticas promedios de un hogar.
		Específicos: <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un estudio sobre las variables climatológicas, meteorológicas y condiciones que influyen en la implementación de un sistema fotovoltaico en el centro poblado Punas Carne Rocurral. • Determinar la cantidad de paneles, capacidad del controlador de carga, capacidad del inversor y cantidad de baterías. • Seleccionar los componentes adecuados para el sistema fotovoltaico. • Proporcionar un plan de recomendaciones, por la implementación, operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico, para el centro poblado Punas Carne Rocurral.

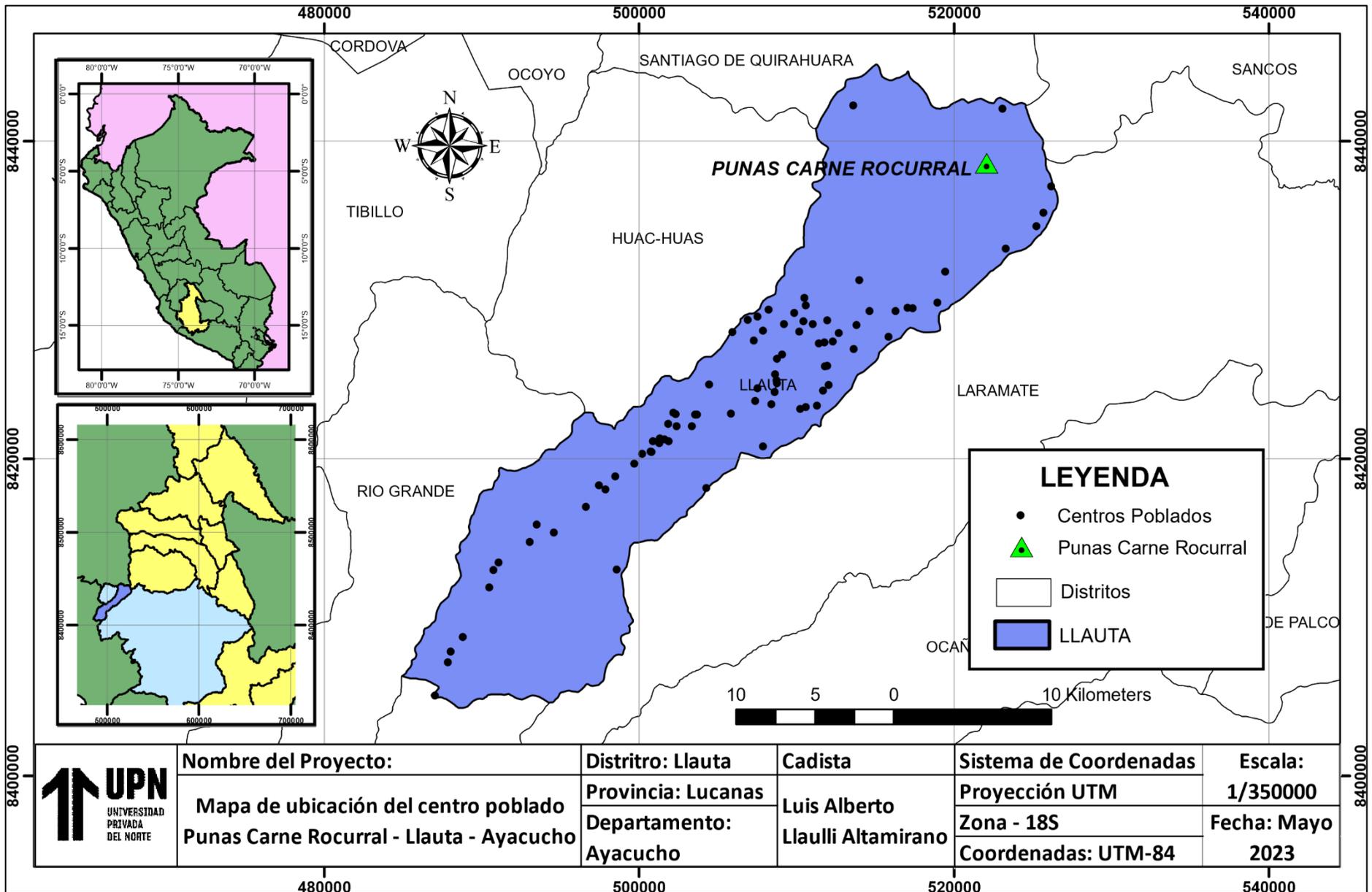
Anexo 2.

Matriz de Consistencia "Variables, Metodología, Población y Muestra".

TÍTULO: “Diseño de un sistema fotovoltaico para la electrificación rural del centro poblado de Punas Carne Rocurral en el distrito de Llauta – Ayacucho, 2021”		
VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
Variable Independiente:	Tipo de Investigación: Descriptivo.	Población:
Sistema Fotovoltaico.	Diseño: Propositivo.	Registro poblacional en el Distrito de Llauta, entre los años 2007-2021.
Variable Dependiente:	Técnica: Procesamiento de datos mediante la revisión literaria recolectada.	Muestra:
Electrificación Rural.	Instrumento: Revisión documental de fichas de registro y la unidad de análisis de los documentos.	Centro Poblado Punas Carne Rocurral.
	Método: Recolección de datos cuantitativos.	

Anexo 3.

Mapa de Ubicación del distrito de Llauta - Ayacucho



Nombre del Proyecto:
**Mapa de ubicación del centro poblado
 Punas Carne Rocurral - Llauta - Ayacucho**

Distrito: Llauta
Provincia: Lucanas
Departamento: Ayacucho

Cadista
 Luis Alberto
 Llaulli Altamirano

Sistema de Coordenadas
 Proyección UTM
 Zona - 18S
 Coordenadas: UTM-84

Escala:
 1/350000
Fecha: Mayo
 2023

Anexo 4.

Ficha técnica Panel Solar PE-MON120W.



Panel Solar 120W 12V Monocrystalino

Detalles rápidos:

- Nombre del producto : Panel solar fotovoltaico
- Conector : Compatible fotovoltaico
- Aplicación : Sistema de energía solar
- Potencia nominal (Pmáx): 120W
- Tolerancia: 0-+3%
- Voltaje de entrada: 22.66V
- Voltaje a Pmax (Vmp) 18.98V
- Corriente de cortocircuito (Isc) 6.57A
- Corriente en Pmax (Imp) 6.32A
- Tensión máxima del sistema: 1500vdc

Todos los datos técnicos condiciones de prueba estándar

AM 1.5 E=1000W/M2 TC=25°C

AVAILABILITY: 2 DISPONIBLES

SKU: PE-MON120W

CATEGORÍA: EQUIPOS Y SOLUCIONES DE ENERGÍA SOLAR

ETIQUETA: PANELES SOLARES

DESCRIPCIÓN

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

El Panel Solar posee un vidrio templado de mayor consistencia y transividad elevada de radiación.

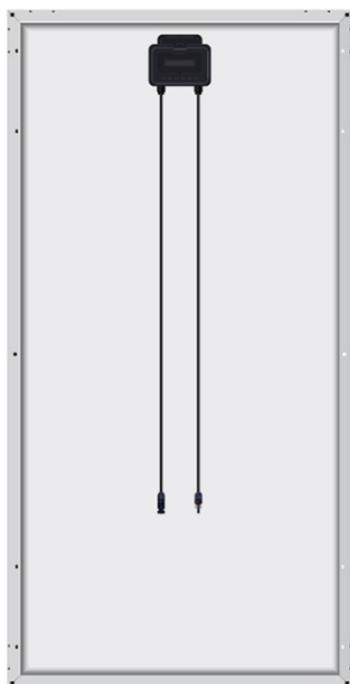
Lo que asegura proporcionar el mejor de los funcionamientos y una mejor durabilidad.

- Lugar de Origen: Lima, Perú
- Nombre de la marca: Peptel
- Número de modelo: LG120-18
- Potencia: 120W
- Color de celda: Negro
- Peso: 10.1 kg
- Material: Silicio Monocrystalino
- Caja de conexiones: Clasificación IP68
- Clase de aplicación: Clase II
- Certificación: CE - RoHS
- Garantía: 5 años
- Tamaño : 1130 x 668 x 30mm
- Eficiencia del panel: 21,3%
- Marco: Aleación de aluminio anodizado

DESCRIPCIÓN DEL USO:

Diseñar una estructura de soporte es el paso principal. Si no hay donde sujetar los paneles, difícilmente se mantendrán en pie. Y hay que sujetarlos de manera adecuada para evitar accidentes y para que la cubierta no sufra daños o provoque goteras en el interior. "Si la cubierta está inclinada, o dependiendo de si es de teja, de pizarra o cualquier otro material.

- Identificar el consumo de energía actual
- Validar la ubicación
- Los paneles solares requieren una buena exposición al sol, sin árboles u objetos que la bloqueen y produzcan sombras
- Proporcionar techos adecuados, con las especificaciones y normas requeridas para este tipo de instalaciones
- Seleccionar el tipo de instalación 12V
- Realizar el mantenimiento regular del sistema fotovoltaicos
- Aplicación: Sistema de energía solar/Usuario industrial/comercial/doméstico
- Tiempo de trabajo (horas): 8-10h
- Temperatura de trabajo: -40°C~+85°C



Anexo 5.

Ficha técnica batería RITAR GEL DG12-150.



Specification	
Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	150Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 44.5Kg (Tolerance± 1.5%)
Internal Resistance	Approx. 6 mΩ
Terminal	F5(M8)/F12(M8)
Max. Discharge Current	1500A (5 sec)
Design Life	15 years (floating charge)
Maximum Charging Current	30.0A
Reference Capacity	C3 102.3AH C5 113.5AH C10 130.0AH C20 150.0AH
Float Charging Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.2 V~14.4 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -40°C~60°C Charge: -20°C~50°C Storage: -40°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C, and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charged batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.

DG (Deep Cycle GEL) series is pure GEL battery with 15 years floating design life , it is ideal for standby or frequent cyclic discharge applications under extreme environments. By using strong grids, high purity lead and patented Gel electrolyte, the DG series offers excellent recovery capability after deep discharge under frequent cyclic discharge use, and can deliver 450 cycles at 100% DOD. Suitable for solar & wind system, CATV, marine, RV and deep discharge UPS, and telecommunication, etc.

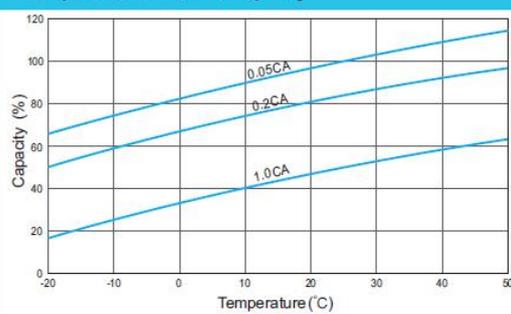


MH18539

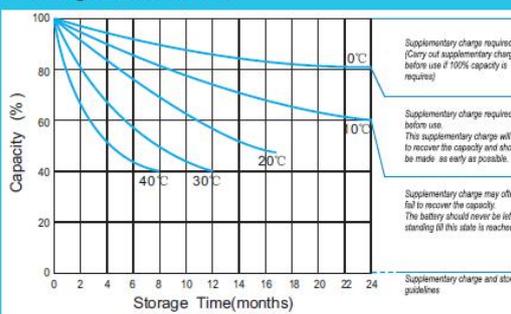


GM20206-010-E-16

Temperature Effects on Capacity



Storage Characteristics



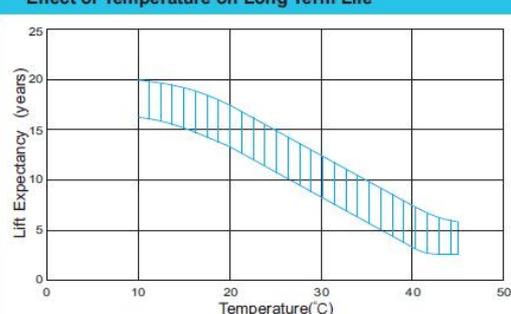
Supplementary charge required (Carry out supplementary charge before use if 100% capacity is required)

Supplementary charge required before use. This supplementary charge will help to recover the capacity and should be made as early as possible.

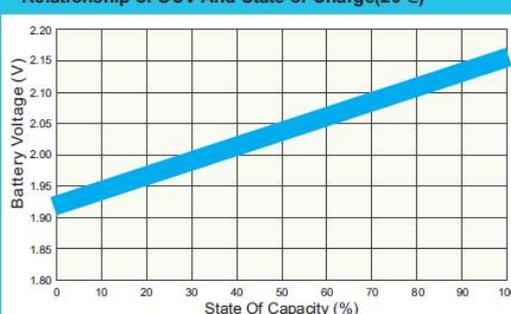
Supplementary charge may often fail to recover the capacity. The battery should never be left standing till this state is reached

Supplementary charge and storage guidelines

Effect of Temperature on Long Term Life



Relationship of OCV And State of Charge(20°C)



Anexo 6.

Controlador de Carga MPPT SR-MC2430



12/24V
20/30/40/50A

REGULADOR DE CARGA MPPT SR-MC

Características

- 

Un algoritmo integrado de seguimiento de máxima potencia (MPPT) conduce a una mejora significativa de la eficiencia de utilización de la energía del sistema y una eficiencia de carga un 30% superior a la del método PWM. Una variedad de algoritmos de seguimiento se combinan para localizar rápidamente el mejor punto de operación de la curva I-V.
- 

Protección electrónica integral: protección de polaridad inversa de la batería, protección de polaridad inversa de paneles, protección de cortocircuito de paneles, protección de sobrecarga de carga.
- 

Admite el protocolo estándar Modbus para satisfacer las necesidades de comunicación en una variedad de entornos y ocasiones.
- 

La eficiencia de seguimiento MPPT es del 99.9% y la eficiencia de conversión de energía del circuito es del 98%. La máxima eficiencia garantiza que no se desperdicie energía.
- 

El módulo de monitorización de temperatura incorporado permite la carga a través de la reducción sin necesidad de un ventilador, lo que garantiza un funcionamiento estable en ambientes de temperaturas extremas.
- 

Admite una variedad de baterías de plomo-ácido y baterías de litio, y los usuarios pueden especificar los parámetros de carga según sus necesidades.



Accesorios

Pantalla LCD, BT-2 módulo Bluetooth, cable para PC, sensor de temperatura BTS.



Especificaciones técnicas

Parámetro	Valor			
	SR-MC2420	SR-MC2430	SR-MC2440	SR-MC2450
Voltaje del sistema	12V/24V			
Corriente de carga máx.	20A	30A	40A	50A
Potencia paneles solares (batería 12V)	260W	400W	520W	660W
Potencia paneles solares (batería 24V)	520W	800W	1040W	1320W
Voltaje panel en circuito abierto	100V			
Consumo en reposo	10mA			
Tipos de baterías admitidas	AGM/Sellada, GEL, Plomo-ácido abierta, Litio, Definido por el usuario			
Carga de eculización	14.6V/29.2V (Ajustable)			
Carga boost	14.4V/28.8V (Ajustable)			
Carga en flotación	13.8V/27.6V (Ajustable)			
Compensación de temperatura	-3mV/°C/2V			
Rango de temperatura de operación	-35°C ~ 60°C			
Eficiencia de conversión	95%, sin condensación			
Diámetro del cable de paneles	5mm ² /10AWG	8mm ² /8AWG	10mm ² /7AWG	12mm ² /6AWG
Diámetro del cable de la batería	5mm ² /10AWG	8mm ² /8AWG	10mm ² /7AWG	12mm ² /6AWG

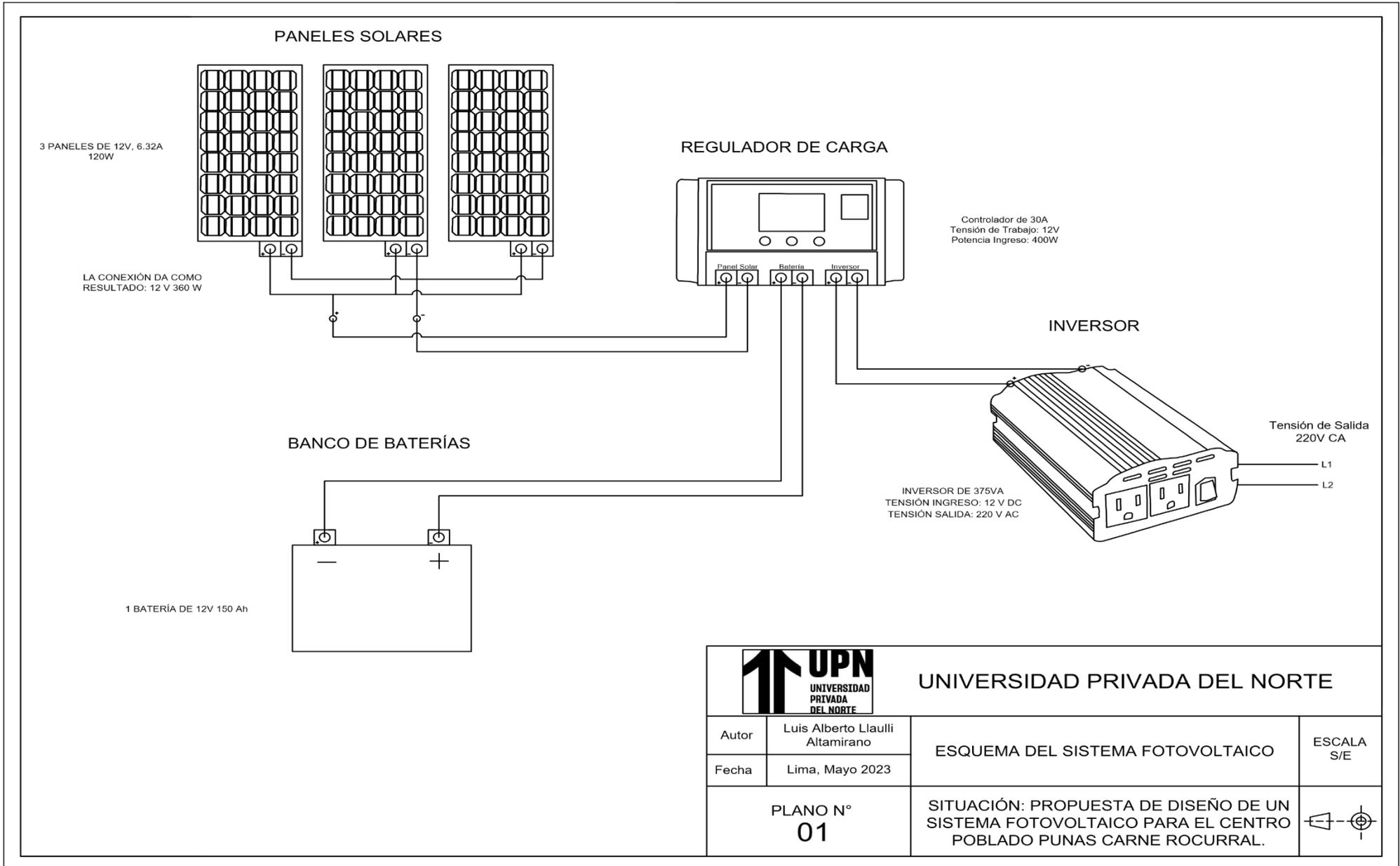
Anexo 7.

Ficha técnica Estabilizador Phoenix 12V 375VA.

Inversor Phoenix	12 voltios	12/250	12/375	12/500	12/800	12/1200
	24 voltios	24/250	24/375	24/500	24/800	24/1200
	48 voltios	48/250	48/375	48/500	48/800	48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga)	Desconexión dinámica, ver					
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.	87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%	
Consumo en vacío	4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W	
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)	0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0	
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					
CARCASA						
Material y color	Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)					
Conexión de la batería	Bornes de tornillo					
Sección de cable máxima:	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	25/10/10mm ² / AWG4/8/8	35/25/25 mm ² / AWG 2/4/4	
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R					
Tipo de protección	IP 21					
Peso	2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs	
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4,1 x 8,5 x 12,1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4,6 x 9,1 x 12,9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)	
ACCESORIOS						
On/Off remoto	Sí					
Conmutador de transferencia automático	Filax					
ESTÁNDARES						
Seguridad	EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1					
EMC	EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3					
Directiva de automoción	ECE R10-4					
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						

Anexo 8.

Esquema eléctrico del Sistema Fotovoltaico.

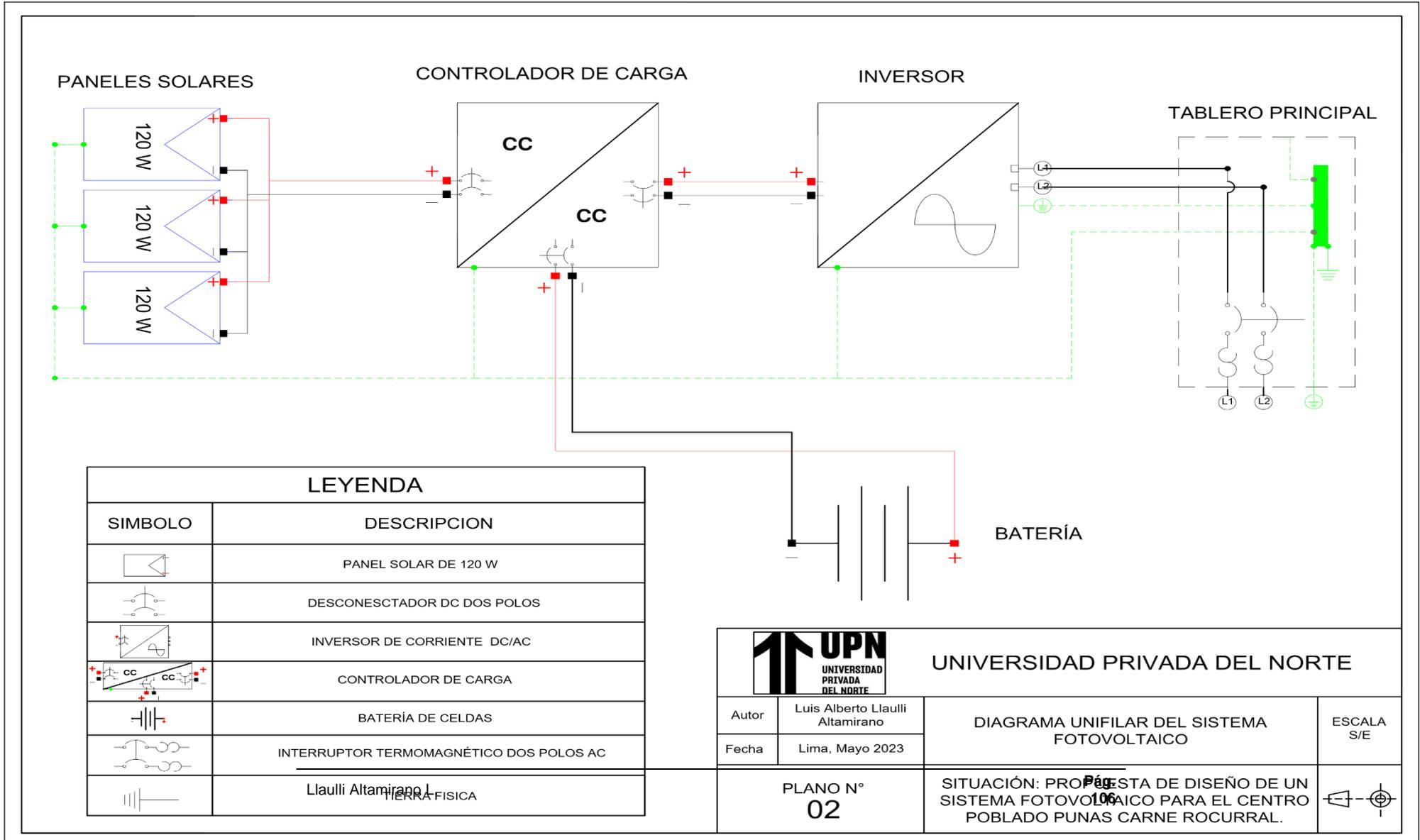


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Autor	Luis Alberto Llaulli Altamirano	ESQUEMA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	ESCALA S/E
Fecha	Lima, Mayo 2023		
PLANO N° 01		SITUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CENTRO POBLADO PUNAS CARNE ROCURRAL.	

Anexo 9.

Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	PANEL SOLAR DE 120 W
	DESCONECTADOR DC DOS POLOS
	INVERSOR DE CORRIENTE DC/AC
	CONTROLADOR DE CARGA
	BATERÍA DE CELDAS
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO DOS POLOS AC
	TERRA FÍSICA

		UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
Autor	Luis Alberto Llaulli Altamirano	DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	ESCALA S/E
Fecha	Lima, Mayo 2023		
PLANO N° 02		SITUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CENTRO POBLADO PUNAS CARNE ROCURRAL.	