



Universidad
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERIA ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA
ELÉCTRICA
TESIS**

**PREFACTIBILIDAD TECNO-ECONÓMICA DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA
PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
EN EL CASERÍO CHAUPE – CAJAMARCA**

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

Autores:

Bach. Incio Vallejos Gianmarco Jesus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1164-3127>

Bach. Rinza Reyes Freddy Ubaldo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2300-2335>

Asesor:

MSc. Rojas Coronel Ángel Marcelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

**Línea de Investigación:
Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

Pimentel – Perú

Año 2023

**PREFACTIVIDAD TECNOECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
ENERGÍA SOLAR PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL
CASERÍO CHAUPE – CAJAMARCA**

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE

Presidente del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Secretario del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO

Vocal del Jurado de Tesis



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

PREFACTIBILIDAD TECNO-ECONOMÍA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA FOTVOLTAICA PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CASERÍO CHAUPE – CAJAMARCA

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Incio Vallejos Gianmarco Jesus	DNI: 72072121	
Rinza Reyes Freddy Ubaldo	DNI: 46256782	

Pimentel, 17 de octubre de 2023.

DEDICATORIA

Lleno de regocijo, de amor y esperanza dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos quienes han sido mis pilares para seguir adelante. Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.

A mis padres Richard Incio y Liliana Vallejos porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que seré.

Incio Vallejos Gianmarco Jesus

Quiero dedicar mi tesis principalmente a Dios, a mis padres que son un ejemplo a seguir, hermanas (os) de quienes me siento orgulloso por su apoyo incondicional que me han brindado durante el transcurso de mi carrera profesional y a mi amada esposa que siempre confió en mí.

Rinza Reyes Freddy Ubaldo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por su amor y fidelidad, por darnos la sabiduría, salud y fortaleza en todo este tiempo. Le damos gracias por habernos permitido terminar nuestra carrera ya que este triunfo ha sido gracias a su voluntad.

Le damos gracias a nuestros padres que siempre nos han brindado su apoyo incondicionalmente para poder cumplir todos nuestros objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño nos han impulsado siempre a perseguir nuestras metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que nos han brindado el soporte material y económico para poder concentrarnos en los estudios y nunca abandonarlos. Los amamos y que siempre Dios los bendiga siempre.

Le agradecemos muy profundamente y profesionalmente a nuestro asesor por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiésemos podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada.

Por último, agradecer a nuestros docentes y a la universidad que nos han exigido tanto, pero al mismo tiempo nos han permitido obtener nuestro título profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.3. HIPOTESIS.....	24
1.4. OBJETIVO GENERAL.....	24
1.5. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	25
II. MATERIALES Y METODOS.....	33
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	33
2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.....	33
2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO, MUESTRA, MUESTREO Y CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	38
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDES Y CONFIABILIDAD.....	38
2.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	39
2.6. CRITERIOS ÉTICOS.....	42
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
3.1. <i>RESULTADOS</i>	45
3.2. <i>DISCUSIÓN</i>	77
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
4.1. CONCLUSIONES:.....	78
4.2. RECOMENDACIONES:.....	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS.....	89

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.....	11
FIGURA 2.....	16
FIGURA 3.....	16
FIGURA 4.....	30
FIGURA 5.....	31
FIGURA 6.....	40
FIGURA 7.....	66

TABLAS

TABLA 1.....	14
TABLA 2.....	17
TABLA 3.....	33
TABLA 4.....	34
TABLA 5.....	37
TABLA 6.....	41
TABLA 7.....	45
TABLA 8.....	46
TABLA 9.....	46
TABLA 10.....	49
TABLA 11.....	49
TABLA 12.....	51
TABLA 13.....	53
TABLA 14.....	54
TABLA 15.....	56
TABLA 16.....	57
TABLA 17.....	58
TABLA 18.....	59
TABLA 19.....	61
TABLA 20.....	63
TABLA 21.....	64
TABLA 22.....	65

Resumen

La tesis de pregrado titulada "Prefactibilidad Tecno-Económica de la Implementación de Energía Fotovoltaica para el Suministro de Energía Eléctrica en el Caserío Chaupe – Cajamarca" se centra en evaluar la viabilidad de la integración de energía fotovoltaica como fuente principal de suministro eléctrico en el caserío mencionado. El objetivo principal es analizar tanto los aspectos técnicos como económicos asociados con la implementación de este sistema en la comunidad.

En cuanto a los antecedentes, se destaca la actual dependencia de fuentes de energía convencionales y los desafíos asociados, como la falta de acceso sostenible y costos crecientes. La propuesta de utilizar energía fotovoltaica surge como una alternativa sostenible y viable, aprovechando las condiciones climáticas favorables de la región.

La metodología utilizada incluye un análisis detallado de la radiación solar, la identificación de la demanda energética en el caserío Chaupe, y la evaluación de la factibilidad técnica de la implementación de paneles solares. Además, se lleva a cabo un análisis económico que abarca la inversión inicial, los costos operativos y el período de retorno de la inversión.

Los resultados obtenidos revelan que el caserío Chaupe con una población de 155 habitantes tiene una demanda máxima de 10.9 Kw que debe ser atendida mediante una central fotovoltaica que aprovechará un potencial solar en la localidad de 4.85Kw/m². La viabilidad técnica y económica de la implementación de energía fotovoltaica en el caserío Chaupe, destacando la reducción de costos a largo plazo y la contribución a la sostenibilidad ambiental tuvo indicadores de un TIR de 12% para una inversión de 15,8304.36 soles. Este estudio proporciona información crucial para la toma de decisiones en la transición hacia fuentes de energía más limpias y eficientes en comunidades rurales, ofreciendo un enfoque integral que combina aspectos técnicos y económicos para la toma de decisiones informada.

Palabras clave: tecno economía, máxima demanda, potencial solar.

ABSTRACT

The undergraduate thesis entitled "Techno-Economic Prefeasibility of the Implementation of Photovoltaic Energy for the Supply of Electrical Energy in the Chaupe – Cajamarca Village" focuses on evaluating the viability of the integration of photovoltaic energy as the main source of electrical supply in the village mentioned. The main objective is to analyze both the technical and economic aspects associated with the implementation of this system in the community.

In terms of background, the current dependence on conventional energy sources and the associated challenges, such as lack of sustainable access and increasing costs, are highlighted. The proposal to use photovoltaic energy emerges as a sustainable and viable alternative, taking advantage of the favorable climatic conditions of the region.

The methodology used includes a detailed analysis of solar radiation, the identification of the energy demand in the Chaupe hamlet, and the evaluation of the technical feasibility of the implementation of solar panels. Additionally, an economic analysis is carried out covering the initial investment, operating costs and the payback period.

The results obtained reveal that the Chaupe hamlet with a population of 155 inhabitants has a maximum of 10.9 Kw that must be served by a photovoltaic plant that will take advantage of a solar potential in the town of 4.85 Kw/m². The technical and economic viability of the implementation of photovoltaic energy in the Chaupe hamlet, highlighting the long-term cost reduction and contribution to environmental sustainability, had indicators of an IRR of 12% for an investment of 15,8304.36 soles. This study provides crucial information for decision-making in the transition to cleaner and more efficient energy sources in rural communities, offering a comprehensive approach that combines technical and economic aspects for informed decision-making.

Keywords: techno economy, maximum demand, solar potential.

I. INTRODUCCIÓN.

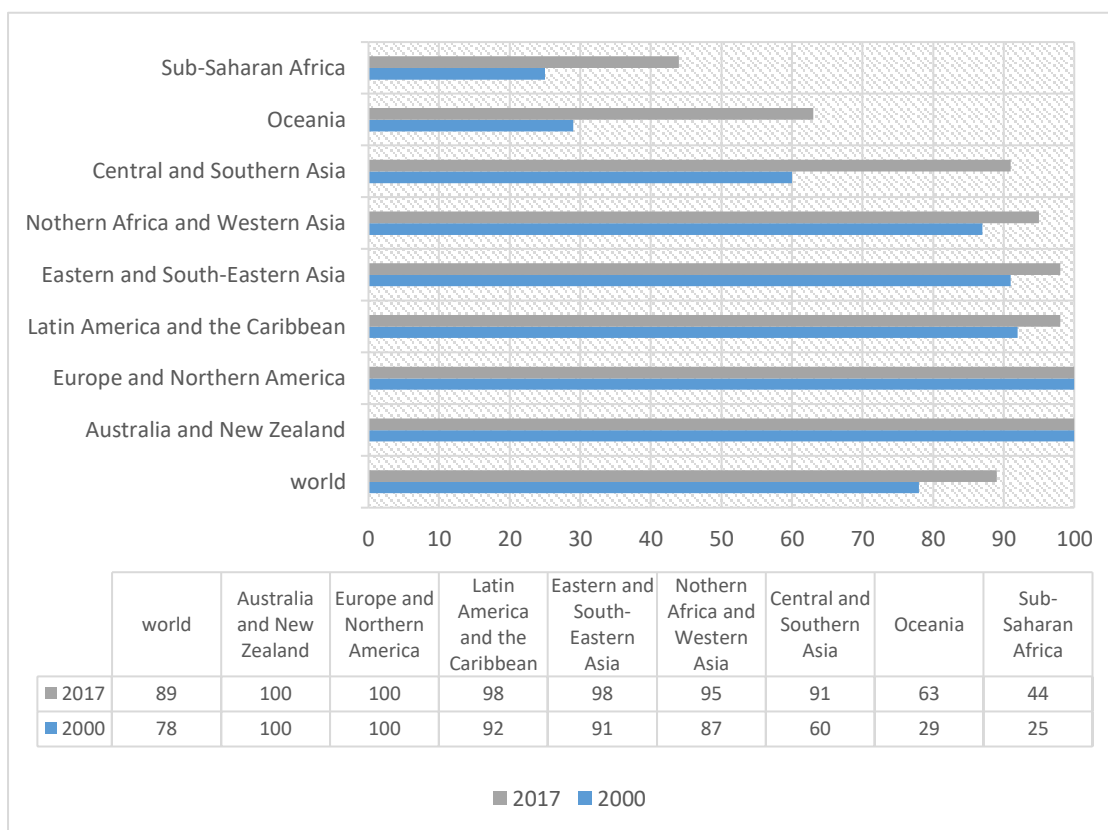
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

El suministro eléctrico es uno de los servicios más básicos y sobre todo fundamental para que el ser humano continúe desarrollándose, sin embargo, no es un problema que se ha solucionado a nivel global, si bien es cierto muchos países desarrollados, ya han logrado tener cobertura de red eléctrica en su totalidad, muchos otros países aún no lo pueden realizar, como es el caso de los países en vías de desarrollo, en múltiples localidades rurales aún no se cuenta con energía eléctrica, y si se cuenta es una red sumamente inestable, ya sea por una inestabilidad económica, o una gestión pública inadecuada. África, Oceanía, parte de Asia y Latinoamérica, son los más afectados por este problema. Según [1] indica que alrededor de 789 millones de personas, principalmente en África Subsahariana, no tienen energía eléctrica, y cientos de millones más tienen un acceso a electricidad muy limitada. La organización de las naciones unidas, se propuso 17 objetivos con el fin de garantizar la calidad de vida de toda la población, siendo el objetivo 7: “garantizar el acceso a energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos”.

Se presenta en la Figura 01 la proporción de la población con acceso a electricidad entre el 2000 y 2017, viendo una mejoría de 11 puntos a nivel mundial.

Figura 1

Proporción de población con acceso a la electricidad 2000-2017



Nota. Tomado de INEI [2]

En África el contraste es muy notorio, se observan disparidades en los niveles de electrificación, en el norte de África se tiene un 93.6%, y en África Subsahariana 25% en 2005. Según [3], el continente africano representa el 13% de la población mundial y solo genera 3.1% de la electricidad global, a excepción de Sudáfrica (que aporta alrededor del 40% del total del suministro eléctrico generado en el continente), Ghana, las islas Mauricio y Seychelles, ninguno del resto de países de África tiene más del 50% de accesos a electricidad, y en aproximadamente la mitad de los países no se supera el 25%. África Subsahariana depende de la energía hidroeléctrica, como principal fuente de energía, sin embargo, no logra abastecer ni a la mitad de la población. La utilización anual de electricidad

fue de 515 kWh, probablemente uno de los más bajos en cualquier región importante del mundo.

Según [4] indica que en Bolivia, localizada en el centro de Sudamérica, alrededor de 2 millones de personas no tienen acceso a electricidad, siendo aproximadamente 10 mil comunidades afectadas, que suponen un 18% de la población boliviana que no presentan este servicio fundamental, el Gobierno, desarrolló programas para alcanzar la meta del objetivo 7 de la ONU, sin embargo, la disposición es alcanzarla 5 años antes, es decir en el 2025, Bolivia se encuentra muy lejos de la meta, pero los programas como “Mi luz” permiten desarrollar un proceso agilizado para la electrificación rural.

Según [5], uno de los países latinoamericanos que ha logrado alcanzar un alto índice de cobertura eléctrica es México, hasta la fecha el suministro eléctrico llega en todas las localidades del país, abarcando todo el territorio nacional, principalmente se debe a una buena gestión política, la prioridad que se le tomó al sector, y la iniciativa de las empresas nacionales, México siempre destacó por su adecuado proceso de electrificación, incluso siendo uno de los primeros países de América latina contando con iluminación eléctrica en 1880, en el año 1990 alrededor del 98% de la población urbana contaba con energía eléctrica, las políticas públicas permitieron acelerar el proceso, llegando a tener en el 2018 el 100% de las localidades urbanas y alrededor del 99% de las zonas rurales, con electricidad.

En el sur de Asia, gran cantidad de países no logran tener una electrificación centralizada adecuada, según [6], Pak Mun en Tailandia, centro rural que ha sufrido la desventaja de la electrificación centralizada, al no contar con suministro eléctrico y además de considerarse un monopolio de las compañías eléctricas, otro país asiático que sufre el mismo problema es la India, donde alrededor de 70% no tiene acceso a la electricidad. En ciudades como Normada, la población lucha por la implementación de tecnologías que les otorguen energía, En Filipinas, luego de 50 años de una electrificación centralizada y masiva, más del 30% de viviendas rurales no cuentan con electricidad.

En el Perú las empresas de comercialización y distribución eléctrica designadas como Grupo Distriluz, conformadas por Electronorte S.A. (ENSA), Electronoreste S.A. (ENOSA), Hidrandina (HDNA) y Electrocentro (ELTCO), son las entidades con presencia en 11 regiones abarcando un área de concesión de 13 298.40 km², donde suministran energía a más de 2.6 millones de Clientes [7]. Dentro de sus cualidades como empresa, prima como visión y misión la mejora continua de su servicio, enfocada principalmente a garantizar la comodidad y accesibilidad a energía eléctrica de calidad a sus clientes en coordinación con los diferentes gobiernos regionales y sus respectivos proyectos de electrificación.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda del año 2007, el 40,2% de las viviendas de la región Cajamarca (región con alta tasa de centros poblados sin electrificar) se alumbraba con electricidad, mostrándose una mejoría en los últimos años, según censo 2017, donde se visualiza un 80,7% de disponibilidad eléctrica para dicha zona, según lo mostrado en la Tabla 01.

Tabla 1

Censo de población y vivienda del año 2007

Disponibilidad de alumbrado eléctrico por red pública /área urbana	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Incremento o anual	Tasa de crecimiento o promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%		
Total	325 399	100,0	376 223	100,0	50 824	15,6	5 082	1,5
Dispone	130 871	40,2	303 555	80,7	172 684	131,9	17 268	8,8
No dispone	194 528	59,8	72 668	19,3	-121 860	-62,6	-12 186	-9,4

Urbana	89 899 100,0	119 608 100,0	29 709 33,0	2 971	2,9
Dispone	78 895 87,8	113 148 94,6	34 253 43,4	3 425	3,7
No dispone	11 004 12,2	6 460 5,4	-4 544 - 41,3	-454	-5,2
Rural	235 500 100,0	256 615 100,0	21 115 9,0	2 112	9,9
Dispone	51 976 22,1	190 407 74,2	138 431 266,3	13 843	13,9
No dispone	183 524 77,9	66 208 25,8	-117 316 - 63,9	-11 732	-9,7

Nota. Tomado de INEI [2]

Sin embargo, este último porcentaje (19,3%), presenta este déficit en el fluido eléctrico debido a sus factores geográficos, siendo los más afectados las áreas rurales y pequeñas ciudades.

Si visualizamos el mapa del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) mostrado en la Figura 02, obtenido en coordinación con la Sub dirección de gestión de la información en su última actualización en diciembre del 2020, se puede observar que la línea de que recorre el departamento de Cajamarca, verde y rojo corresponde a 138 kV y entre 33 a 66 kV respectivamente, llegando posteriormente al Amazonas, dejando de lado en su recorrido una gran cantidad de centros poblados y caseríos sin electrificar debido principalmente a la falta de acceso por geografía de complicada transitabilidad.

Figura 2

Mapa del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional



Nota. El mapa completo puede observarse en el Anexo 01. Tomado de COES [8].

Según la información recolectada del Ministerio de Energía y Minas, en su apartado de Dirección General de Electrificación Rural en el departamento de Cajamarca encontramos variedad de proyecciones eléctricas en distintos centros poblados y caseríos aledaños al recorrido de alta tensión del SEIN mostrado a detalle en el Anexo 01, proyectados en el plan Nacional de Electrificación Rural del periodo 2008-2017, sin embargo a la fecha (Mayo-2021) corresponde identificar sectores con los cuales no se ha cumplido con lo proyectado, rescatando en particular el Caserío Chaupe, Distrito de Querocotillo - Cutervo – Cajamarca, que será utilizado como muestra para la presente investigación, mostrado en la Figura 03.

Figura 3

Ubicación del caserío Chaupe



Nota. Tomado del Ministerio de Energía y Minas [MINEM] [9]

Por su ubicación y características geográficas, el Chaupe forma parte del grupo de caseríos que no dispone de electricidad en el Perú, para fines investigativos se detalla la información general del área de estudio en la Tabla 02.

Tabla 2: Información general del área de estudio

Provincia – Distrito	Querocotillo - Cutervo
Caserío/sector/ centro poblado	Caserío – Chaupe
Latitud - Longitud	6°06'41.11" S _ 79°02'44.12" W
Tipo de Región	Rural
Altitud	1575 m
Población Total	155 habitantes
Número de familias	61
Principal Producción	agricultura

Dadas las condiciones por las cuales aún el caserío Chaupe no está electrificado surge la problemática de como satisfacer dicha necesidad, sobre todo en un contexto en el que los sistemas convencionales de distribución no son una solución viable debido a la falta de acceso por geografía de complicada transitabilidad, y además, buscando la mejor configuración tomando en cuenta factores como la ubicación espacial y múltiples variables como: caudal hidrológico, velocidad del viento, radiación solar, relieve de terreno, etc.

Parro [10] en su trabajo de tesis titulado **“Factibilidad económica de una implementación de tecnologías ERNC en viviendas sociales y acomodadas en 4 zonas climáticas de Chile”**. La investigación tiene como objetivo principal evaluar la factibilidad económica de la implementación de tecnologías de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en viviendas tanto de estratos sociales bajos como acomodados en cuatro zonas climáticas de Chile. Se busca determinar si la inversión en estas tecnologías es rentable a largo plazo y cómo varían los resultados según las condiciones climáticas y socioeconómicas.

Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo un estudio exhaustivo que abarcó cuatro regiones climáticas representativas de Chile. Se recopilaron datos sobre los costos de adquisición e instalación de tecnologías ERNC, así como los costos operativos y los posibles beneficios, como el ahorro en la factura de energía y los incentivos fiscales. Además, se consideraron las condiciones geográficas y climáticas de cada región.

Se realizaron simulaciones económicas y análisis de sensibilidad para evaluar la viabilidad financiera a largo plazo de la implementación de tecnologías ERNC en viviendas sociales y acomodadas. Se compararon los costos y beneficios con escenarios en los que se mantuvo una fuente de energía convencional.

Los resultados de la investigación indican que la implementación de tecnologías de ERNC en viviendas es económicamente factible en la mayoría de los casos estudiados, independientemente de la zona climática o el estrato social. Aunque la inversión inicial puede

ser significativa, los ahorros en costos operativos a lo largo del tiempo y los incentivos fiscales ofrecen un retorno de la inversión positivo en un período razonable.

Este estudio respalda la idea de que la transición hacia fuentes de energía más sostenibles es beneficiosa tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Además, destaca la importancia de políticas públicas que promuevan la adopción de ERNC en viviendas sociales, contribuyendo así a la reducción de la brecha socioeconómica y al desarrollo sostenible de Chile en diferentes regiones climáticas.

Moreno y Duarte [11] en su trabajo de grado titulado ***“Metodología para el estudio de pre-factibilidad de un sistema de generación-distribución para una zona aislada utilizando sistemas de información geográfica”***

La investigación tiene como objetivo desarrollar una metodología efectiva para llevar a cabo un estudio de pre-factibilidad de un sistema de generación y distribución de energía en una zona aislada, utilizando sistemas de información geográfica (SIG). El propósito es evaluar la viabilidad técnica y económica de establecer una red de energía en áreas remotas que carecen de acceso a la red eléctrica convencional, aprovechando la potencialidad de las tecnologías de SIG.

La metodología se basa en la recopilación de datos geoespaciales, topográficos y ambientales relevantes para la ubicación geográfica en cuestión. Se utiliza software de SIG para analizar estos datos y generar mapas detallados que identifican las mejores ubicaciones para la generación de energía, como la instalación de paneles solares, turbinas eólicas o centrales hidroeléctricas.

Además, se consideran factores como la distancia a las áreas de consumo, los costos de infraestructura, y se realizan proyecciones de demanda energética futura. A través de modelos de análisis espacial, se determina la disposición óptima de generadores y la ruta de distribución más eficiente.

La investigación concluye que la metodología basada en SIG es una herramienta valiosa para llevar a cabo estudios de pre-factibilidad en zonas aisladas. Permite identificar de manera precisa las oportunidades y desafíos relacionados con la generación y distribución de energía en áreas remotas. Además, la utilización de datos geográficos y análisis espaciales contribuye a una toma de decisiones más informada y eficiente.

Esta metodología facilita la planificación y diseño de sistemas de energía sostenibles y asequibles para comunidades aisladas, lo que puede mejorar significativamente su calidad de vida y fomentar el desarrollo económico. En resumen, el enfoque de SIG en el estudio de pre-factibilidad de sistemas energéticos en zonas remotas ofrece una herramienta valiosa para abordar los desafíos de acceso a la energía en lugares apartados y contribuir al desarrollo sostenible.

Lata [12] expone en su tesis doctoral **“Mejoras al dimensionamiento óptimo de sistemas híbridos con energías renovables”**, la investigación se propone mejorar el proceso de dimensionamiento óptimo de sistemas híbridos que integran fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, con el fin de maximizar la eficiencia energética y reducir costos. El objetivo principal es desarrollar una metodología más precisa y eficiente para diseñar sistemas de energía híbridos que sean adecuados para diferentes aplicaciones, desde electrificación rural hasta sistemas de respaldo en áreas urbanas.

Para lograr este objetivo, se llevó a cabo un estudio que combina modelos de simulación, análisis de datos y algoritmos de optimización. Se recopilaron datos de irradiación solar y velocidad del viento en la ubicación específica donde se planea implementar el sistema híbrido. Luego, se utilizó software especializado y algoritmos de optimización para determinar el tamaño y la configuración óptima de los componentes del sistema, como paneles solares, turbinas eólicas y sistemas de almacenamiento de energía.

Se realizaron múltiples simulaciones y análisis de sensibilidad para evaluar cómo diferentes variables, como la demanda energética y los precios de los componentes, afectan el diseño óptimo del sistema híbrido.

La investigación concluye que la mejora en el dimensionamiento óptimo de sistemas híbridos con energías renovables es esencial para aumentar la eficiencia y la viabilidad económica de dichos sistemas. La metodología desarrollada permite adaptar el diseño del sistema a las condiciones específicas de la ubicación, maximizando la utilización de fuentes de energía renovable y minimizando la inversión inicial y los costos operativos.

Estos avances tienen un gran potencial para impulsar la adopción de sistemas de energía híbridos en una variedad de aplicaciones, contribuyendo así a la transición hacia fuentes de energía más sostenibles y reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles. En resumen, la investigación presenta una metodología mejorada que puede tener un impacto significativo en la implementación exitosa de sistemas híbridos de energías renovables en todo el mundo.

García [13] en su tesis de maestría en ciencias titulado ***“Development and validation of a combined heat and power plant model for integration in DYESOPT”***, pretende mejorar la herramienta de modelado DYESOPT incorporando un nuevo diseño de planta de energía, que se utilizará en trabajos futuros para aumentar la flexibilidad de despacho de una planta piloto combinada de calor y energía, La planta de energía modelada consiste en un ciclo Brayton superior acoplado a un ciclo Rankine final con tres niveles de presión, sistema de recalentamiento y dos extracciones para alimentar un sistema de calefacción de distrito, La metodología seguida incluyó una revisión de los modelos existentes dentro de la herramienta; un estudio de la central eléctrica específica a modelar; conocer los sistemas térmicos que se proponen implementar en el futuro; el desarrollo del modelo en sí (modelo de estado estacionario y dinámico); y finalmente, la validación del modelo utilizando datos reales de operación de la central. El proceso de modelado incluyó el diseño de la planta de

energía y el rendimiento de la planta de energía. Para ambos, fue posible reciclar algunas de las funciones ya codificadas en el software de modelado, mientras que el resto se hizo a medida para este modelo en particular. el modelo se construyó considerando las ideas novedosas que se probarían en él y luego se validó comparando su rendimiento con los datos operativos proporcionados por una planta de energía real durante condiciones de estado estacionario y transitorios de carga parcial. La validación se llevó a cabo en dos etapas, primero, se compararon cuatro puntos de operación en condiciones de estado estacionario, y luego, una semana de operación durante el verano y una semana de operación durante el invierno se compararon con los datos. Los resultados de la validación mostraron que este modelo se puede utilizar para proporcionar predicciones de salida de la planta de energía para una amplia gama de condiciones de operación con cargas de turbinas de gas de 45% a 100%, y el nivel de incertidumbre en la producción total de energía eléctrica calculada, no es superior al 5,7% del valor real para las simulaciones.

Los investigadores Tiwari y otros [14] en el artículo que lleva el título de **“A Review on Microgrid Based on Hybrid Renewable Energy Sources in South-Asian Perspective”** presentan una breve revisión de las microrredes con generación distribuida basada en HRES (Sistema Híbrido de Energía Renovable). Allí se exponen muchos proyectos comercialmente viables sobre HRES en funcionamiento por todo el mundo. En este artículo se han analizado algunos de los casos en los que se consideran distintas combinaciones de fuentes de energía renovable y su impacto. También se han discutido las configuraciones de microrred, su modelado y control así mismo se realizó un breve estudio y examen del potencial de la generación de energía en las naciones del sur de Asia, con lo cual se concluye que el establecimiento de un sistema de energía híbrida fotovoltaica / eólica independiente que cumpla para satisfacer la demanda de carga de la comunidad rural es una opción viable, rentable, confiable y sostenible, pero dicho sistema debe estar respaldado por un sistema de almacenamiento de energía por batería de alta capacidad y eficiente, igualmente eficiente la

biomasa y la geotermia son otro recurso alternativo para la generación de energía en el sur del gigante asiático.

Calcagnotto [15] en su investigación de maestría que lleva por título **“Diseño de un sistema híbrido renovable para suministro de electricidad a una comunidad rural aislada en la zona del triángulo Ixil, Guatemala”**, el objetivo principal de esta investigación es diseñar un sistema híbrido de energía renovable para proporcionar un suministro eléctrico sostenible a una comunidad rural aislada en la región del Triángulo Ixil en Guatemala. La meta es mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta comunidad al brindar acceso confiable a la electricidad, al tiempo que se reduce la dependencia de fuentes de energía no sostenibles y se mitigan los efectos ambientales negativos.

El estudio se basa en un enfoque multidisciplinario que combina la recopilación de datos geográficos y climáticos de la región, evaluaciones de la demanda energética de la comunidad y la selección de tecnologías renovables adecuadas, como paneles solares y sistemas de almacenamiento de energía. Se utilizaron herramientas de análisis de sistemas de energía para modelar el funcionamiento y la interacción de los componentes del sistema híbrido propuesto.

Además, se llevaron a cabo encuestas y consultas con la comunidad local para tener en cuenta sus necesidades y preferencias en el diseño del sistema, promoviendo así la apropiación y el éxito del proyecto.

La investigación concluye que el diseño de un sistema híbrido de energía renovable en el Triángulo Ixil de Guatemala es viable y beneficioso para la comunidad rural aislada. El sistema propuesto combina fuentes de energía solar y almacenamiento de energía para proporcionar un suministro eléctrico confiable y sostenible, mejorando la calidad de vida de los residentes y facilitando el acceso a servicios esenciales como la iluminación y la carga de dispositivos electrónicos.

Este estudio resalta la importancia de involucrar a la comunidad local en el proceso de diseño y planificación de proyectos de energía renovable, lo que puede conducir a una mayor aceptación y sostenibilidad a largo plazo. Además, demuestra cómo la implementación de sistemas híbridos puede ser una solución efectiva para abordar las necesidades energéticas en áreas rurales aisladas, contribuyendo al desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza energética en Guatemala.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿La propuesta de un sistema de generación fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío Chaupe tendrá viabilidad considerando criterios técnico - económicos?

1.3. HIPOTESIS.

Un proyecto de generación eléctrica mediante energías renovables es una solución viable a nivel técnico y económico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío Chaupe aún con las dificultades geográficas presentes.

1.4. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la prefactibilidad tecno-económica de la implementación un sistema de generación fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica del caserío Chaupe - Cajamarca.

Objetivos específicos.

- Caracterizar el área de estudio correspondiente al estudio aplicado.
- Evaluar la demanda energética de las viviendas en el caserío estudiado.
- Evaluar recursos con potencial de generación eléctrica fotovoltaica en la zona.
- Calcular y seleccionar equipamientos necesarios para la generación de energía eléctrica fotovoltaica.
- Analizar los resultados tecno-económicos para su posterior optimización.

1.5. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

Apartado técnico

Recursos renovables

Son recursos que no se pueden agotar, mientras su uso sea de forma sostenible, como el viento, las olas del mar y la luz del Sol. Son considerados recursos porque pueden emplearse en la generación de energía.

Recurso solar. Es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la antigüedad, empleando diversos métodos a lo largo del tiempo, en la actualidad se emplean células fotovoltaicas para su captación, asimismo, muchos dispositivos ya cuentan con este método para la recepción de energía debido a que se considera una fuente de energía limpia.

Potencial solar

El cálculo del potencial solar se realiza mediante la evaluación de la radiación solar incidente en un lugar específico durante un período de tiempo. Esto implica medir la cantidad de energía solar que llega a la superficie terrestre en un área determinada. Se utilizan dispositivos llamados piranómetros para medir la radiación solar directa y global. Estos datos se recopilan durante un período representativo, como un año, y se promedian. El resultado se expresa en kilovatios-hora por metro cuadrado por día ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$) y representa el potencial solar del área en cuestión. Este cálculo es esencial para determinar la viabilidad de proyectos de energía solar, como la instalación de paneles solares, y permite planificar su eficiencia y rendimiento.

Para calcular el potencial se emplean las siguientes fórmulas:

$$Potencia(kW) = \text{Área}[m^2] \times Eficiencia(\%) \times 1 \left(\frac{KW}{m^2} \right) \quad (1)$$

Donde:

Área[m²]: Área disponible para la instalación de los paneles solares

Eficiencia(%): Eficiencia de un panel solar

De igual forma, se emplea la siguiente ecuación para calcular la energía.

Energía [KWh]

$$= Potencia(KW) \times \frac{Radiación \left[\frac{KWh}{m^2 \text{ día}} \right]}{1 \left(\frac{KW}{m^2} \right)} \times 365 \text{ días} \quad (2)$$

× Rendimiento(%)

Donde:

Radiación Solar [(KWh/m²) /día]: Radiación Obtenida del Explorador Solar

Rendimiento (%) : Rendimiento del Sistema

Distribución de energía para sistemas fotovoltaicos

La distribución de energía para sistemas fotovoltaicos se refiere al proceso de transporte y entrega de la electricidad generada por los paneles solares a los dispositivos y equipos eléctricos que consumirán esa energía. En este contexto, los equipos de uso incluyen electrodomésticos, iluminación, sistemas de climatización, maquinaria y cualquier dispositivo

que requiera electricidad. La electricidad generada por los paneles solares es inicialmente en forma de corriente continua (CC), pero para la mayoría de las aplicaciones, se debe convertir en corriente alterna (CA) mediante un inversor.

Los voltajes de transmisión y distribución pueden variar en función de la escala del sistema y la ubicación. A nivel de distribución residencial y comercial, la electricidad suele ser de baja tensión, con voltajes típicos de 110-120V o 220-240V en sistemas monofásicos. Para aplicaciones industriales o sistemas fotovoltaicos a gran escala, los voltajes pueden ser más altos, a menudo en el rango de 480V a 1,000V en sistemas trifásicos. La elección del voltaje depende de la capacidad del sistema y los requisitos específicos de la aplicación.

La correcta distribución de energía en sistemas fotovoltaicos es esencial para garantizar la eficiencia, la seguridad y la compatibilidad con la red eléctrica existente. Los dispositivos de protección, como interruptores automáticos, fusibles y dispositivos de desconexión, se utilizan para garantizar que la electricidad se distribuya de manera segura. Además, los medidores de energía se emplean para medir la cantidad de electricidad generada y consumida, lo que permite un seguimiento preciso del rendimiento del sistema y facilita la facturación en sistemas conectados a la red eléctrica convencional.

Características físico-geográficas de zona rural aislada

Según Moreno y Duarte [18] La identificación de características físico-geográficas de la Zona Rural Aislada es un conjunto de procedimientos que se aplican para recopilar información relevante para el estudio de pre-factibilidad del sistema de generación-distribución; como por ejemplo los límites territoriales, las fuentes hídricas, las vías cercanas y demás características e infraestructura propias de la zona.

Recursos energéticos de una zona rural aislada

Para reconocer los recursos energéticos que se tienen en una zona rural aislada, se utilizan los mapas de temperatura ambiente, irradiación solar y velocidad del viento, complementados con investigación de fuentes estadísticas y datos como los obtenidos en caudales de ríos o quebradas.

Metodología SNIP

El Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) es una metodología implementada por varios países para evaluar y priorizar proyectos de inversión pública. Su objetivo principal es optimizar el uso de recursos financieros del Estado, asegurando que los proyectos seleccionados generen el mayor impacto positivo en la sociedad. A continuación, se describen los principales elementos del SNIP en 200 palabras:

El SNIP consta de cinco etapas fundamentales:

Identificación de Proyectos: En esta fase, se detectan las necesidades de inversión pública que pueden abordar problemas o mejorar la calidad de vida de la población. Se busca alinear los proyectos con los objetivos de desarrollo del país.

Formulación de Proyectos: En esta etapa, se elabora un estudio detallado que incluye la descripción del proyecto, sus objetivos, alcance, costo estimado y cronograma de ejecución. Se identifican los beneficiarios directos e indirectos.

Evaluación de Proyectos: Aquí se analizan los proyectos desde diferentes perspectivas, incluyendo económica, social, ambiental y técnica. Se calculan indicadores como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) para determinar la viabilidad económica.

Programación y Priorización: Se establece un plan de inversión pública que prioriza los proyectos de acuerdo con su rentabilidad y su contribución a los objetivos nacionales. Se asignan recursos de manera eficiente.

Seguimiento y Evaluación: Una vez aprobados los proyectos, se monitorea su ejecución y se evalúa su impacto en la sociedad. Se ajustan los planes si es necesario para garantizar el éxito.

El SNIP es una herramienta crucial para garantizar que los recursos públicos se utilicen de manera responsable y beneficien a la población. Facilita la toma de decisiones informadas, la transparencia en la gestión pública y el desarrollo sostenible de una nación.

Apartado económico

El VAN es un método fácil de calcular y permite proporcionar una predicción muy exacta acerca de los procesos de inversión. Además, presenta la ventaja de tener en cuenta los diferentes vencimientos de los flujos netos de caja. Para su realización se genera las siguientes fórmulas:

$$VAN = \frac{BN_1}{(1+i)^1} + \frac{BN_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{BN_n}{(1+i)^n} - I \quad (3)$$

Donde:

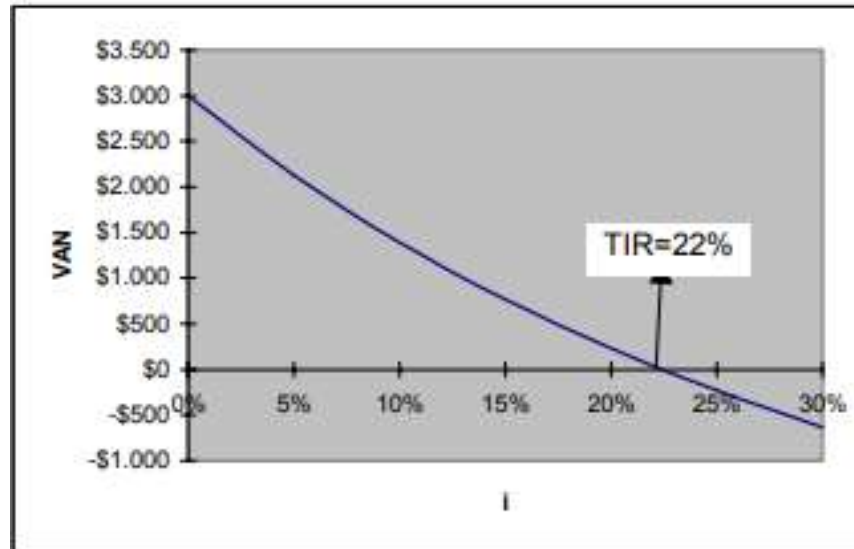
BN_i : beneficio neto (ingresos menos egresos) del periodo i

I = inversión inicial

i = tasa de descuento (costo de oportunidad del capital)

Figura 4

Gráfica de VAN vs tasa de descuento, señalizando TIR.



El TIR, o Tasa Interna de Retorno, es una métrica financiera utilizada para evaluar la rentabilidad de una inversión o proyecto. Representa la tasa de rendimiento que iguala el valor presente neto (VPN) de los flujos de efectivo futuros de la inversión con la inversión inicial. En otras palabras, el TIR es la tasa de interés a la cual el proyecto no genera ni consume efectivo adicional a lo largo del tiempo. Cuando el TIR es igual o mayor que la tasa de descuento utilizada en el análisis financiero (a menudo la tasa de costo de capital), se considera que el proyecto es viable y genera un rendimiento positivo.

El TIR se expresa como un porcentaje y se utiliza para comparar proyectos de inversión o evaluar si un proyecto específico es favorable desde el punto de vista financiero. En general, se acepta que cuanto mayor sea el TIR, más atractivo será el proyecto, ya que indica una tasa de rendimiento más alta. Sin embargo, el TIR no proporciona información sobre el tamaño absoluto de los flujos de efectivo o el valor del proyecto, por lo que se utiliza mejor en conjunto con otras métricas, como el valor presente neto (VPN), para una evaluación financiera más completa y precisa.

El TIR se calcula mediante las Ecuaciones 04 y 05.

$$VAN = \frac{BN_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{BN_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{BN_n}{(1 + TIR)^n} - I = 0 \quad (4)$$

$$VAN = \frac{BN_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{BN_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{BN_n}{(1 + TIR)^n} = I \quad (5)$$

Donde:

BN_i : beneficio neto (ingresos menos egresos) del periodo i

I = inversión inicial

Software

HOMER PRO

HOMER Pro es un software de simulación y optimización ampliamente utilizado en la industria de la energía y las energías renovables para el diseño y análisis de sistemas de energía. Su nombre proviene de "Hybrid Optimization Model for Electric Renewables". Este software es valioso para una variedad de aplicaciones y se utiliza en la toma de decisiones relacionadas con proyectos de energía, como la planificación de sistemas de microrredes, sistemas de energía renovable, y sistemas de almacenamiento de energía.

Figura 5

Interfaz gráfica de software HOMER PRO

HOMER Pro Microgrid Analysis Tool [002Sample-PhilippineVillageOfScout.homer] 1.5.4

File LOAD COMPONENTS RESOURCES PROJECT SYSTEM HELP

Home Design Results Library View

Electricity H2 Deferrable Thermal H1 Thermal H2 Hydrogen Calculate

SCHEMATIC

SUGGESTIONS:

HOMER PRO

DESIGN

Name: Sample-PhilippineVillageOfScout

Author: Tony Amores

Description: Scout is a small village in Palawan, Philippines. This analysis investigates the options for providing electricity to the village using wind, solar, or diesel power. The results show the impact of different assumptions about the wind resource, fuel price, and required system reliability.

RESOURCE DATA

Solar Resource
The solar resource data used in the analysis is an actual imported file.

Wind Resource
The wind file was generated using HOMER's wind data generator. The daily profile is based upon one day of measurements taken on site. Other entered parameters are typical for the region.

Discount rate (%)	8.00	(L)
Inflation rate (%)	2.00	(L)
Annual capacity shortage (%)	6.00	(S)
Project lifetime (years)	25.00	(L)

Puerto Princesa North Road, Puerto Princesa, Palawan, Philippines (9°50.1'N

Location Search

(UTC+0800) Kuala Lumpur, Sing. -

II. MATERIALES Y METODOS.

2.1. Tipo y Diseño de Investigación.

Tipo de investigación:

La Presente investigación corresponde al tipo aplicada ya que partiendo de datos estadísticos y cálculos numéricos se busca ampliar la data necesaria para la toma de decisiones, respecto a la prefactibilidad del uso de recursos renovales en el sector eléctrico y así proporcionar conocimiento y aplicarlo a los beneficiaros correspondientes.

Diseño de investigación:

La relación de dependencia entre las variables (Causa - efecto), orilla esta investigación a ser abordado mediante un análisis cuasi-experimental, donde se manejarán las diferentes formas de generación eléctrica renovable, visualizando el resultado de viabilidad de suministro eléctrico al caserío correspondiente.

2.2. Variables, Operacionalización.

Variables.

Para el desarrollo de la investigación se manejaron las siguientes variables independientes y dependientes.

Tabla 3

Variables de estudio

Tipo	Variable
Independiente	Prefactibilidad tecno-económica
	Implementación de Energías Fotovoltaica
Dependiente	Suministrar energía eléctrica a caserío

Nota. Elaboración propia.

Operacionalización de Variables.

Tabla 4

Variables de estudio

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUA L	DEFINICIÓN OPERACION AL	DIMENSION ES	INDICADOR ES	INSTRUMENT O	VALORE S FINALE S	TIPO DE VARIAB LE	ESCALA DE MEDICIÓN	
Prefactibilidad Tecn- Económica	Análisis costo	La evaluación	Tecnológica	Adquisición		-		-	
	beneficio que	de la tasa de		Facilidad de	Ficha de				
	se realiza a la	interés o de		uso	registro de		-		-
	propuesta de	rentabilidad y			datos y				
	un proyecto	el valor actual		Instalación		-		-	
	que generará	neto son		Mantenimient	guía de				
	ingresos.	factores para		o	observación				
						-		-	

determinar la rentabilidad del negocio	Durabilidad		Años	numérica	razón	
	Potencia de generación		kWh	numérica	razón	
	Costo de equipos		S/ - US\$	numérica	razón	
	Costo de instalación		S/ - US\$	numérica	razón	
	Económica	Costo mantenimiento		S/ - US\$	numérica	razón
		o				
	Costo de Generación	Ficha de registro de datos	S/*kWh	numérica	razón	

Implementación de Energías fotovoltaica	Recursos	Potencia energética	Guía de observación	kJ/s	numérica	razón
	Disponibilidad	Viabilidad en el tiempo	Guía de observación y ficha de registro de datos	años	numérica	razón

Tabla 5

Variables de estudio

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUA L	DEFINICIÓN OPERACION AL	DIMENSIONE S	INDICADOR ES	INSTRUMENT O	VALORES FINALES	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION
Suministrar energía eléctrica a caserío	Factibilidad de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica para una determinada población	El suministro de energía eléctrica está vinculado a la demanda eléctrica de la población con proyección a 20 años.	Demanda	Máxima demanda	Ficha de registro de datos y guía de observación.	kW	Numérica	razón

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.

Población:

La población de análisis de este estudio comprende los Centros poblados y caseríos no electrificados en el Perú.

Muestra:

La muestra de estudio abarcará el estudio aplicado al Caserío Chaupe ubicado en Cutervo – Querecotillo – Cajamarca.

2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Valides y Confiabilidad.

Técnicas de recolección de datos

Análisis de documentos:

Corresponde procesar información de catálogos de fabricantes, realizar búsqueda exhaustiva de material bibliográfico referente a las formas de aplicación de recursos renovables en la producción de energía eléctrica, indagar sobre el estado del arte actual referente a tecnologías de aprovechamiento y captación de energía eléctrica, para posteriormente jerarquizar la información por orden de relevancia y utilidad para la presente investigación.

Observación:

Esta técnica de recolección de información permitirá almacenar datos cuantitativos y cualitativos del caserío utilizado como muestra para esta investigación, buscando principalmente, datos geográficos, espacio territorial comprendido, morfología del suelo, impacto de radiación

solar, actividades económicas realizadas, número de habitantes, costumbres de consumo energético entre otros.

Instrumentos de recolección de datos.

Ficha de registro de datos:

Se implementará el registro de información, partiendo de una secuencia específica y replicable, para garantizar la estandarización de datos conseguidos, permitiendo así referenciar correctamente, datos de autores, trabajos realizados e información brindada por fabricantes y empresas relacionadas con el sector eléctrico. (*Ver anexo 02*)

Guía de observación:

Corresponde precisamente la implementación de un sistema digital de obtención de fotografías del caserío al cual se aplicara el estudio correspondiente, la guía de observación contará con un apartado descriptivo en el cual se generara las diferentes anotaciones apreciadas por el investigador, recopilando datos verificables visualmente, el otro apartado de la guía corresponde, al paneo fotográfico obtenido en campo y/o a través de medios existentes como: Google Maps, Google Earth, por mencionar algunos, aprovechando lo disponible y accesible para esta investigación, finalmente abarcara datos tales como fecha, hora, y datos del investigador. (*Ver anexo 03*).

2.5. Procedimiento de Análisis de Datos.

El procedimiento de análisis de datos se contemplará a fin de seguir la siguiente secuencia metodológica (*Ver figura 05*):

Figura 6

Interfaz gráfica de software HOMER PRO



Identificación del área de estudio:

Se busca demostrar y explicar por qué el suministro de la red de distribución no es una opción factible (geográficamente y/o económicamente) o región aislada.

Estimación de la demanda energética de la zona:

Esta etapa pretende recopilar información relacionada a las formas de consumo energético estableciendo los requerimientos energéticos domésticos de la zona.

Evaluación potencial de los recursos disponibles:

Determinación del potencial de los recursos renovables por medio de parámetros como velocidad del viento, radiación solar, poder calorífico de biomasa, descarga de corriente de agua, entre otros, en función a la ubicación y características aprovechables del caserío.

Cálculo y selección de equipamientos para transformación de energía:

En esta sección intervienen los siguientes cálculos (*Ver tabla 05*):

Tabla 6

Cálculo y selección de equipos

La selección de dispositivos para la conversión de energía

Identificación de la cantidad de dispositivos

Dimensionamiento de dispositivos

Selección de sensores para la adquisición de energía

Selección de accesorios de implementación general

Costos de elementos y presupuesto de instalación

Nota. Elaboración propia

Selección de configuración de funcionamiento:

Para este apartado se tendrá que los recursos de la energía renovable pueden ser integrados a través de tres configuraciones:

Configuración instalada DC.

Configuración instalada AC.

Configuración instalada Híbrida DC-AC.

Optimización de modelos Tecno-Económicos:

A fin de corroborar lo analizado con anterioridad, se utilizará un software especializado que permita combinar tecnologías de diferentes tipos de recursos renovables, buscando desarrollar la mejor configuración tecnológica posible.

Presentación de resultados:

Establecer a través de tablas y figuras la data obtenida finalizada la investigación.

Conclusiones:

Plantear las ideas finales de la investigación cumpliendo con los objetivos propuestos.

2.6. Criterios Éticos.

El aspecto ético utilizado en el presente proceso de investigación, hace referencia a todo lo comprendido con el respeto por los derechos de autor, de cada investigación citada correctamente según normativa APA, teniendo en cuenta año de publicación, autor y título de

investigación, de igual forma se cumple con el código de ética perteneciente al Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) y a la prestigiosa Universidad Señor de Sipán (USS), evitando incurrir en plagio y apropiación de ideas pertenecientes a otros autores.

Ética CIP:

“Código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) aprobado en la III sección ordinaria del congreso nacional de consejos departamentales del periodo 1998 – 1999 en la ciudad de Tacna 22, 23 y 24 de abril 1999”.

Ética USS:

“Código de ética de la Universidad Señor de Sipán, ratificado por el acuerdo de consejo universitario con R. R. N° 0851 – 2017/USS”.

Criterios de Rigor Científico.

Consistencia:

El proceso de recolección de información está sometida a patrones determinados al igual que los procesos de análisis de evaluación de recursos disponibles para la generación de energía eléctrica en el caserío seleccionado.

Validez:

La obtención de datos y cálculos realizados buscará entablar estrecha relación con las hipótesis planteadas, brindando un resultado consistente y válido.

Fiabilidad:

Los instrumentos de medición, así como el software de optimización de modelos tecnológicos, brindaran datos cuantificables y analizables, garantizando métricas con valores cercanos a la realidad de aplicación de la investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RESULTADOS

Caracterización del caserío Chaupe

Tipo de investigación:

Se procedió a identificar y recopilar las características geográficas y demográficas del centro poblado que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 7

Cálculo y selección de equipos

Ubicación	6°06'41.11" S 79°02'44.12" W	
Altura	1575	
Población	155	
Viviendas	61	
Accesibilidad	Trocha carrozable	Nota.
Servicio de electricidad	No	
Servicio de agua potable	No	
Escuela Primaria	Si	
Escuela Secundaria	Si	

Elaboración propia

Demanda energética actual del centro poblado.

Parámetros principales para calcular la demanda:

Se identificó los tipos de abonados existentes dentro del caserío.

Tabla 8

Tipos de abonados

Abonados Domésticos	61 abonados
Abonados Comerciales	ninguno
Abonados de usos Generales	3 abonados
Abonado para Pequeñas Industrias	ninguno

Nota. Elaboración propia

Consumo de energía por abonado:

Abonado Domestico

Tabla 9

Abonado doméstico por vivienda

Ítem	Unid.	Potencia unit. (W)	Potencia total (W)	Hora de uso (h)	Consumo Diario (W.h)	Consumo Mensual (kWh-mes)
Foco	4	20	80	5	400	12
Televisor	1	60	60	4	240	7.2
Radio	1	30	30	3	90	2.7
Cargador	2	3	6	1	6	0.18
Total			176	13	736	22.1

Nota. Elaboración propia

Abonado de Usos Generales:

I.E. SEÑOR DE LOS MILAGROS DE CHAUPE						
Ítem	Unid.	Potencia unit. (W)	Potencia total (W)	Horas de uso (h)	Consumo diario (W.h)	Consumo Mensual (kWh-mes)
Foco ahorrador	3	18	54	4	216	6.48
Televisor	1	50	50	2	100	3
DVD	1	15	15	2	30	0.9
Radio	1	25	25	1	25	0.75
Total			144	9	371	11.13

EDUACION PRE ESCOLAR, INICIAL Y PRIMARIA, PRONOEI						
Ítem	Unid.	Potencia unit. (W)	Potencia total (W)	Horas de uso (h)	Consumo diario (W.h)	Consumo Mensual (kWh-mes)
Fluorescente	2	25	50	4	200	6
Televisor	1	50	50	2	100	3
DVD	1	15	15	2	30	0.9
Total			115	8	330	10

CAPILLA						
Ítem	Unid.	Potencia unit. (W)	Potencia total (W)	Horas de uso (h)	Consumo diario (W.h)	Consumo Mensual (kWh-mes)

Fluorescente	3	25	50	3	150	4.5
Televisor	1	50	50	2	100	3
DVD	1	15	15	2	30	0.9
Parlante	1	80	80	3	240	7.2
Total			195	8	520	15.6

Cargas de Usos Generales		
ENERGIA	36.73	kWh - mes
DEMANDA MAX.	0.454	kW

Tasa de crecimiento poblacional (r%):

Para la proyección del crecimiento del centro poblado, se tomará la tasa de crecimiento de Cajamarca intercensal de 0.4% según la INEI.

Tasa de crecimiento del consumo energético por abonado (i%):

Este valor lo brinda directamente la empresa concesionaria, tenemos la siguiente tabla con los valores referenciales:

Tabla 10

Tasa de crecimiento de consumo de energía

Descripción	Tipo I	Tipo II
Tasa de crecimiento de consumo de energía	De 1,5 a 2%	De 1 a 1,5%

Nota. Elaboración propia

Para esta investigación tomaremos como referencia a la localidad del tipo II, con un valor de tasa i de 1,5%.

Tipo de localidad:

La norma DGE nos brinda la calificación eléctrica para el servicio, en Watts/lote, según el tipo de localidad asignado al sitio del proyecto.

Tabla 11

Resumen de tipo de localidad según DGE

TIPO I	Capital de distrito, Centro urbano – rural. Calificación asignada: 600 W/lote
TIPO II	Viviendas ubicadas en áreas rurales. Calificación asignada: 400 W/lote
TIPO V	Grupo de Viviendas en vías de regulación, calificados como centros poblados. Calificación asignada: 200 W/lote – suministro monofásico.

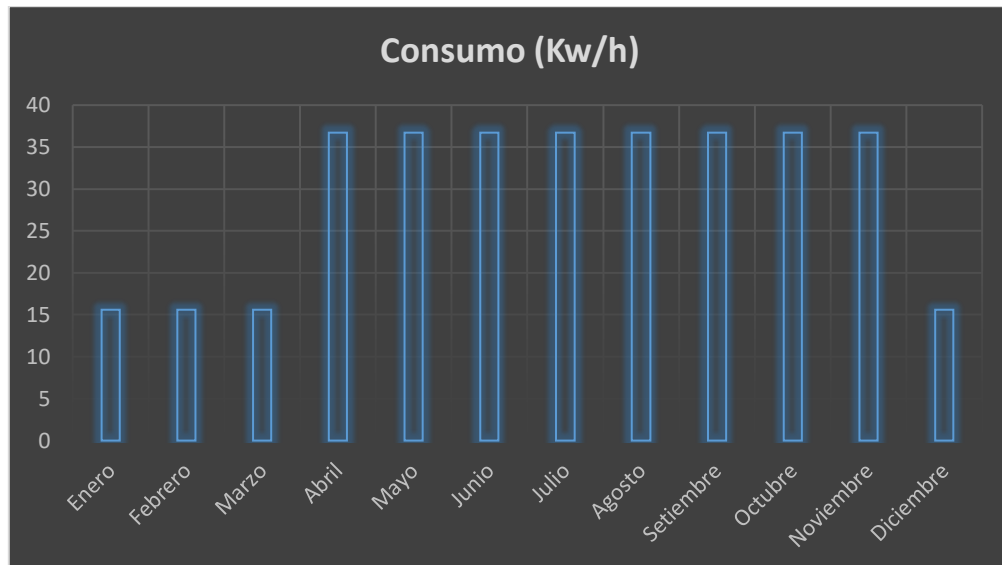
Nota. Elaboración propia

El centro poblado Chaupe califica para el Tipo V, debido a que se encuentra en vía de regulación y no presenta alguna configuración urbana.

Diagrama de carga mensual del centro poblado

En el diagrama de la figura 7 se puede apreciar el comportamiento del consumo anual del Caserío de Chaupe en lo que el consumo disminuye en los meses de enero a marzo y diciembre debido a que por periodo vacacional las instituciones educativas no consumen energía eléctrica; siendo el promedio mensual de carga 36.73 Kwh/mes.

Figura 7



Estimación de la demanda

Indicador	Valor
Población	155
Abonados domésticos	61
Abonados usos generales	3
Número de Abonados totales	64
% Abonados residenciales	95.3

% Abonados generales	4.7
Porcentaje de electrificación	100%
Ubicación	V
Calificación	200 W lote
Población actual	155
Promedio de personas por hogar	3
Energía anual por AD (kWh/abonado)	16 177,2
Energía anual por AUG (kWh/abonado)	440,76
Tasa de crecimiento de la población	0.4 %
Porcentaje de perdidas por energía	12%
Tasa de crecimiento de CAUD	1,5 %
KALP	6,3
Potencia (w)	60
Factor de carga	20%

Cálculo para alumbrado público:

Tabla 12

KALP para alumbrado público

Sector típico Distribución	KALP (kWh/usuario mes)	Potencia de lampara de vapor de Sodio (W)
04	7.40	70.00
05	6.30	50.00
SER	6.30	50.00

Sector típico Distribución	KALP (kWh/usuario mes)	Potencia de lampara de vapor de Sodio (W) + 10 W de perdidas	Consumo Mensual Total (kWh/mes)	Consumo Anual Total (kWh/año)
SER	6.30	60.00	201.60	2419.20

Nota. Elaboración propia

Aplicando la ecuación para el consumo mensual de alumbrado público:

La proyección de la demanda se encuentra en la página 54.

$$\text{CMAP} = F \times \text{KALP} \times \text{NU}$$

$$\text{CMAP} = 0.5 \times 6,3 \times 64.$$

$$\text{CMAP} = 201,6 \text{ kWh/usuario mes}$$

Para el cálculo de puntos de iluminación aplicamos la ecuación:

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

$$\text{PI} = \frac{201,6 \times 1000}{360 \times (50 + 10)}$$

$$\text{PI} = 9.33 \approx 9$$

Demanda máxima de consumo de alumbrado público:

$$\text{MD} = \text{PI} \times \text{PPL}$$

$$MD = 9 \times 60 \text{ W}$$

$$MD = 540 \text{ kW}$$

Consumo energía total anual:

El resumen del consumo total de energía por abonados y alumbrado público se visualiza en la tabla 13.

Tabla 13

Energía total consumida

Consumos abonados	kW.h.año
Doméstico	16 177,2
General	440,76
Alumbrado	2419,2
Consumo total	19037,16

Factor de simultaneidad:

$$f.s = 1 - \left(\frac{N^{\circ} \text{ abonados} \times 0.5}{120} \right)$$

$$f.s = 1 - \left(\frac{64 \times 0.5}{120} \right)$$

$$f.s = 0.734$$

Proyección de la demanda:

Estimación de la población en 20 años:

Para la proyección del crecimiento del centro poblado, se tomará la tasa de crecimiento de Cajamarca intercensal de 0.4% según la INEI.

Para proyectar el crecimiento de la población en 20 años, partiendo del presente año 2021, se usará la siguiente ecuación:

$$P = P_0(1 + r)^n$$

Donde:

Po = Población inicial.

r = Tasa de crecimiento.

n = proyección en años.

$$P = 155(1 + 0.004)^{20}$$

$$P = 167.8 \approx 168$$

Tabla 14

Estimación de la demanda proyectada a 20 años

Nº año	Año	Población
1	2021	156
2	2022	156
3	2023	157

4	2024	157
5	2025	158
6	2026	159
7	2027	159
8	2028	160
9	2029	161
10	2030	161
11	2031	162
12	2032	163
13	2033	163
14	2034	164
15	2035	165
16	2036	165
17	2037	166
18	2038	167
19	2039	167
20	2040	168

Nota. Elaboración propia

Caracterización del centro poblado Chaupe.

El centro poblado Chaupe, pertenece al distrito de Querocotillo, en la provincia de Cutervo – Cajamarca. Las características recopiladas más importantes del caserío se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 15

Datos recopilados del centro poblado Chaupe

Ubicación	6°06'41.11" S 79°02'44.12" W
Altura	1575
Población	155
Viviendas	61
Accesibilidad	Trocha carrozable
Servicio de electricidad	No
Servicio de agua potable	No
Escuela Primaria	Si
Escuela Secundaria	Si

Nota. Elaboración propia

Cálculo de la demanda energética del centro poblado.

Tipo de localidad:

El tipo de localidad se designará de acuerdo a la R.D. N°015-2004-EM/DGE, donde podemos encontrar la calificación eléctrica por Watt/lote según el sector típico correspondiente.

Para este caso en particular nos corresponde el sector típico tipo V, que engloba a centros poblados y áreas rurales con una carga asignada de 200 W/lote.

Tabla 16

Resumen de tipo de Localidad según DGE

TIPO I	Capital de distrito, Centro urbano – rural. Calificación asignada: 600 W/lote
TIPO II	Viviendas ubicadas en áreas rurales. Calificación asignada: 400 W/lote
TIPO V	Grupo de Viviendas en vías de regulación, calificados como centros poblados. Calificación asignada: 200 W/lote – suministro monofásico.

Nota. Elaboración propia

Cargas domiciliarias:

El centro poblado Chaupe cuenta con 61 viviendas habitadas, para hallar la demanda máxima domiciliaria, se elaboró un cuadro de consumo promedio por vivienda.

Tabla 17*Consumo promedio por vivienda*

Artefacto	Unidades	Potencia Unidad W	Potencia Total W	Horas Consumo h	Consumo Diario Wh	Consumo Mensual kWh-mes	Consumo Anual kWh-año
foco	3	15	45	5	225	6.75	81
televisor	1	80	80	4	320	3.84	46.08
radio	1	25	25	3	75	0.9	10.8
cargador	1	5	5	1	5	0.06	0.72
Total		125	155	13	625	11.55	138.6

Nota. Elaboración propia

$$MD_{CD} = W_{vivienda} \times N_{viviendas}$$

$$MD_{CD} = (138,6 \text{ kWh} - \text{año}) \times 61$$

$$MD_{CD} = 8454,6 \text{ kWh} - \text{año}$$

Cargas especiales:

El centro poblado cuenta con dos escuelas de nivel primario y secundario y una capilla:

Tabla 18

Consumos

I.E. SEÑOR DE LOS MILAGROS DE CHAUPE							
artefacto	Unidades	Potencia Unidad W	Potencia Total W	Horas Consumo h	Consumo Diario Wh	Consumo Mensual kWh-mes	Consumo Anual kWh-año
foco	3	15	45	4	180	5.4	64.8
televisor	1	80	80	1	80	2.4	28.8
radio	1	25	25	1	25	0.75	9
DVD	1	15	15	1	15	0.45	5.4
Total			165	7	300	9	108

EDUACION PRE ESCOLAR, INICIAL Y PRIMARIA, PRONOEI							
artefacto	Unidades	Potencia Unidad W	Potencia Total W	Horas Consumo h	Consumo Diario Wh	Consumo Mensual kWh-mes	Consumo Anual kWh-año
foco	3	15	45	3	135	4.05	48.6
televisor	1	80	80	1	80	2.4	28.8
radio	1	25	25	1	25	0.75	9

DVD	1	15	15	1	15	0.45	5.4
Total			165	7	255	7.65	91.8

Capilla							
artefacto	unidad	potencia	potencia	horas	consumo	consumo	consumo
		unidad	total	consumo	diario	mensual	anual
		w	w	h	Wh	kW.h-mes	kW.h-año
fluorescente	3	25	75	3	135	4.05	48.6
televisor	1	80	80	1	80	2.4	28.8
radio	1	25	25	1	25	0.75	9
DVD	1	15	15	1	15	0.45	5.4
parlante	1	80	80	1	80	2.4	28.8
Total			275	7	335	10.05	120.6

Cargas Especiales	Potencia total W	Consumo Anual kW.h-año
I.E. Señor de los milagros De Chaupe	165	108
Pronoei	165	91,8
Capilla	275	120,6
TOTAL	605	320,4

Nota. Elaboración propia

Carga para alumbrado público:

Para el cálculo de la carga para alumbrado público aplicaremos la norma técnica DGE RD 017-2003-EM, "Alumbrado de vías públicas en áreas rurales" RM 074 – 2009 – MEM/DM.

Tabla 19

Factores KALP

Sector típico Distribución	KALP (kWh/usuario mes)	Potencia de lampara de vapor de Sodio (W)
4	7,4	70
5	6,3	50
SER	6,3	50

Nota. Elaboración propia

Según la tabla, para el sector típico 5 nos corresponde un factor KALP de 6,3 y una potencia de lámpara de 50 W. Según la norma técnica debemos adicionar 10 W de pérdidas en la potencia de las lámparas.

Aplicando la ecuación, calculamos el Consumo mensual de alumbrado público:

$$CMAP = KALP \times N$$

$$CMAP = 6,3 \times 64 \times 1$$

$$CMAP = 403,2 \text{ kWh/usuario - mes}$$

$$CMAP = 4824,6 \text{ kWh/usuario - año}$$

Para el cálculo de número de puntos de iluminación PI:

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

$$PI = \frac{201,6 \times 1000}{360 \times (50 + 10)}$$

$$PI = 18,66$$

$$MD_{AP} = PI \times PPL$$

$$MD_{AP} = 19 \times 60$$

$$MD_{AP} = 1140 \text{ W}$$

Tabla 20*Tabla resumen*

Sector Típico	No usuarios	KALP	CMAP	PPL	PI	W
5	64	6.3	403.2	60	19	1140

Nota. Elaboración propia**Demanda total.**

Cargas	Potencia demandada	Consumo	Consumo
	W	kWh-día	kWh-año
Cargas domiciliarias	9455	38125	8454,6
Cargas especiales	605	890	320,4
Cargas alumbrado público	1140	13440	4824,6
TOTAL	11200	52455	13599,6

Proyección de la demanda.

Se determinó la proyección de la demanda del caserío, que se resume en la tabla siguiente, que para simplificar se muestra la proyección cada 5 años:

Tabla 21*Proyección de la demanda*

N°	Año	Consumo total domestico kWh-anual	Consumo total uso generales kWh-anual	Consumo total alumbrado kWh-anual	Consumo total requerida kWh-anual	Energía total requerida kWh-anual	Máxima demanda kW
0	2021	8454.6	320.4	4824.6	13599.6	15454.1	8.8
5	2026	9108.0	345.161795	4970.42354	14423.5907	16390.4	9.4
10	2031	9811.9	371.83728	4970.42354	15154.1693	17220.6	9.8
15	2036	10570.2	400.574354	4970.42354	15941.2099	18115.0	10.3
20	2041	11387.1	431.532344	4970.42354	16789.0762	19078.5	10.9

Nota. Elaboración propia

Caracterización de los recursos disponibles.

La valoración de los recursos disponibles en la ubicación de estudio es esencial en la planificación del sistema a ser implementado, con el propósito de asegurar la sostenibilidad del enfoque de generación y respaldar la independencia en cuanto a la energía. En este estudio, se tomaron en cuenta los recursos energéticos factibles, ajustados según la magnitud del proyecto, y la tabla proporciona los indicadores clave del recurso solar requerido para este análisis.

Tabla 22

Parámetros del recurso solar, extraídos de Global Solar Atlas

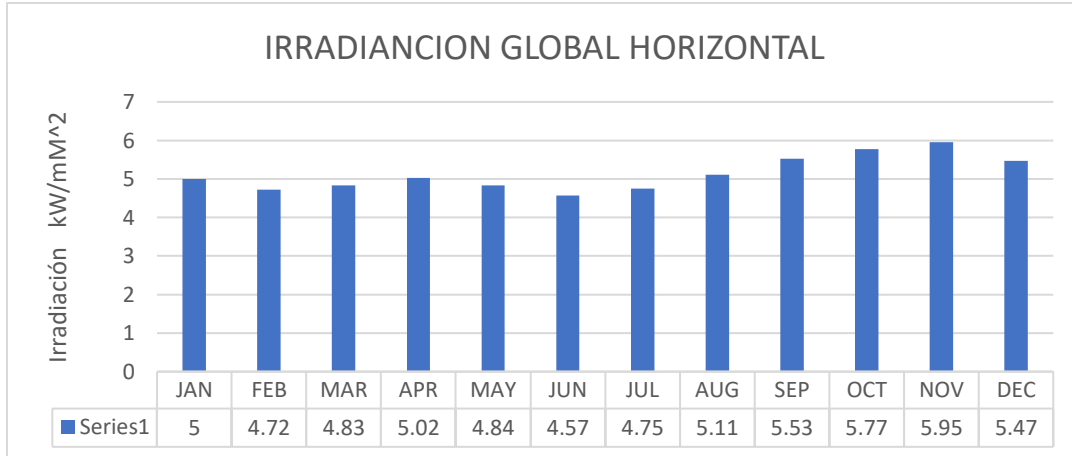
Irradiación Normal Directa	3.305 kW/m ² diario
Irradiación Global horizontal (GHI)	4.85 kW/m ² diario
Irradiación Global Difusa	2.44 kW/m ² diario
Irradiación Inclínada Global (Angulo óptimo)	4.886 kW/m ² diario
Temperatura del aire	19.1°C
Ángulo óptimo de inclinación de los módulos FV	8°
Elevación del terreno	1562 m

Nota. Elaboración propia

En la figura podemos observar el promedio diario de cada mes del año 2019, siendo el valor promedio 4.85 kW/m², valor dado por Global Solar Atlas.

Figura 7

Irradiación Global Horizontal



Nota. Elaboración propia

Teniendo como irradiación promedio 150 kW/m², un máximo de 177 kW/m² en el mes de octubre y un mínimo de 130 kW/m² en junio. La irradiación es calculada por la siguiente ecuación:

$$H [kWh m2] = I [kW m2] * HPS[h]$$

Dónde, la irradiación es H (kWh/m²), I es la irradiancia de referencia y HPS son las horas pico solares.

$$H [kWh m2] = I [kW m2] * HPS$$

$$4,35 [kWh m2] = 1 [kW m2] * HPS[h]$$

$$4,35[h] = HP$$

Cálculo de paneles fotovoltaicos.

Por lo tanto, se determina la cantidad de paneles requeridos (N_p) utilizando el número de horas de máxima radiación solar (HPS) del mes menos favorable del año, la capacidad máxima de generación de los paneles solares (W_p), y se aplica un factor de seguridad del 0,9.

$$N_p = E / (0,9 * W_p * HP)$$

$$N_p = 35,931853 \text{ kWh} / (0,9 * 0,30 \text{ kW} * 4,35 \text{ h})$$

$$N_p = 32 \text{ paneles}$$

Se necesitan 32 paneles de 350 vatios para crear dos conjuntos de 24 voltios cada uno, lo que permitirá operar a 48 voltios. Según lo indicado en la sección correspondiente, es importante que los paneles estén orientados hacia el sur con una inclinación aproximada de 15 grados, según se indica.

En términos de dimensionamiento, se necesitan 32 módulos fotovoltaicos de 350 vatios para cumplir con la demanda proyectada. Antes de determinar la cantidad de módulos, es esencial considerar la distribución de la instalación y las características de los controladores utilizados [17].

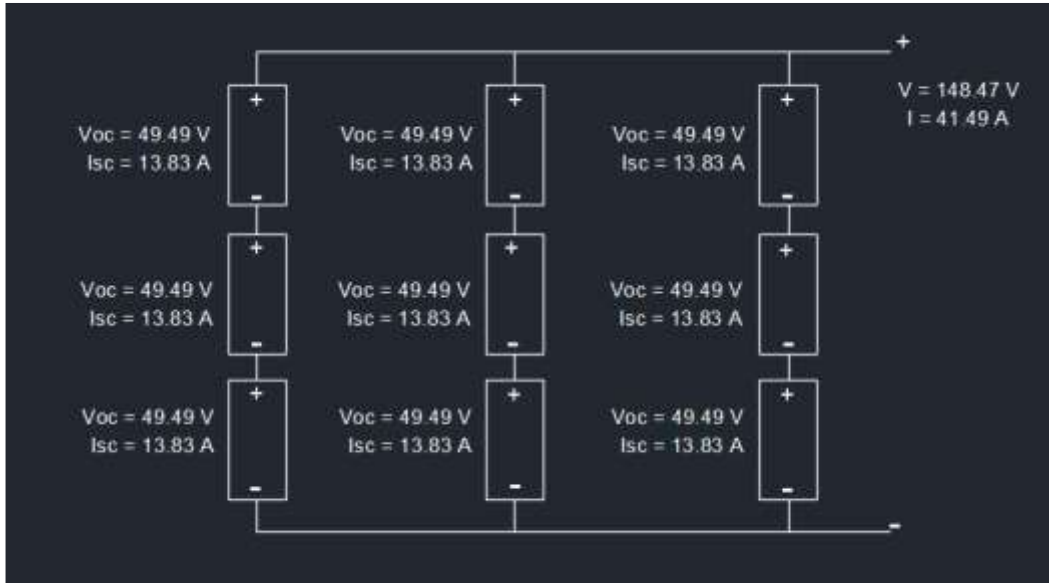
En cuanto a la agrupación en serie de los módulos, esta práctica resulta en un aumento de la tensión del string, manteniendo la intensidad constante (corriente de máxima potencia, I_{MPP}).

La configuración en serie actúa como un sumador de voltajes, donde la tensión de circuito abierto (V_{oc}) de cada módulo se suma para establecer la tensión del string [17]. Para determinar la cantidad de módulos que pueden agruparse en serie, es necesario conocer el voltaje que el controlador de carga puede soportar en la salida de los módulos fotovoltaicos [17].

En la conexión en paralelo, al unir paneles o strings en paralelo, se logra aumentar la intensidad del campo fotovoltaico mientras se mantiene la tensión. La suma de la intensidad de cada panel o string (que es el IMPP) contribuye a este aumento [17].

Figura 8.

Configuración de módulos fotovoltaicos en paralelo y en serie.



Selección de las baterías.

Para este cálculo se tiene en cuenta lo siguiente:

Para baterías de plomo-ácido se utiliza el valor de 0,75.

Para los días de autonomía consideraremos 02 días.

La capacidad de las baterías se calculará con la siguiente ecuación:

$$C_{nd} = \frac{Q_{AH}}{PD_{max,d}}$$

$$C_{nd} = (1157) / (0,20)$$

$$C_{nd} = 2891.34 \text{ Ah}$$

En la ecuación mencionada, Cn representa la capacidad nominal del conjunto de baterías en amperios-hora (Ah), Cedese denota la cantidad promedio de energía diaria cedida, N es el período de autonomía en días, Vbat es la tensión de la batería, PDmax, e indica la profundidad máxima de descarga estacional, PDmax, d se refiere a la profundidad máxima de descarga diaria, y Cnd es la capacidad nominal de la batería en función de la descarga diaria máxima.

$$C_{nd} = \frac{Q_{AH}}{PD_{max,d}}$$

$$C_{nd} = (1157) / (0,20)$$

$$C_{nd} = 2891.34 \text{ Ah}$$

$$C_{ne} = \frac{Q_{AH} * n}{PD_{max,e}}$$

$$C_{ne} = \frac{1157 * 2}{0.75}$$

$$C_{ne} = 1542.05$$

Cne es la capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional

Cantidad de baterías.

Para calcular el número de baterías, se usa la capacidad nominal mayor ya calculada anteriormente.

$$Cnd = 2891.34 \text{ Ah}$$

Se seleccionó una batería de 24V, 250 Ah:

$$\text{Cantidad de batería} = \frac{2891.34}{250} = 48 \text{ baterías}$$

La alternativa es tener 24 baterías de 48 V, 250 Ah en paralelo

Regulador de carga

La elección del regulador de carga se basa en la corriente de cortocircuito generada por los 32 paneles solares de 300 vatios pico (Wp) cada uno. Esta corriente se estima en 8.78 amperios (A) por panel, lo que da como resultado una corriente máxima de cortocircuito del generador de 140.48 A, considerando un margen del 25%. Sin embargo, los reguladores comerciales suelen tener una capacidad máxima de 50 A. Para abordar esta limitación, se puede configurar cada regulador de 50 A para supervisar cuatro conjuntos de dos paneles en serie, lo que implica la necesidad de cuatro unidades de reguladores conectadas en paralelo para gestionar eficazmente la corriente total del generador solar.

Inversor de carga

En la elección del inversor, se deben tener en cuenta las siguientes especificaciones del sistema. En primer lugar, se ha seleccionado una tensión de entrada de 48V (Us) en el proceso de dimensionamiento del sistema. A pesar de que el sistema tiene una potencia máxima de 8080W, se optó por utilizar tres inversores de 3000W cada uno, lo que proporciona un margen significativo para futuras expansiones y garantiza una adaptación adecuada del sistema. Además, se han elegido una tensión de salida de 220Vac y una frecuencia de 60Hz (Uac), ya

que estas son las especificaciones nominales en Perú y todas las cargas operan según estas características en el país.

Selección del conductor:

La elección de la sección de los cables es crucial para asegurar que las caídas de tensión en los cables no superen ciertos límites, como se indican en la tabla. Para determinar la sección necesaria en cada parte del sistema, se utiliza una expresión específica basada en el manual de instalación del regulador de carga. Esta expresión es aplicable a cables de cobre de alta pureza y permite calcular la sección óptima de los cables en función de las características del sistema y las restricciones de tensión.

$$S = 4,4 \times 10^{-2} \times \frac{li}{\Delta V}$$

$4,4 \times 10^{-2}$ = factor de conductividad del cobre

l = Longitud del tramo(m)

i = Máxima corriente (A) ΔV = Tensión máxima en serie (V)

En este escenario específico, es importante señalar que el inversor y el regulador están integrados en un solo dispositivo, lo que significa que se realizaron los cálculos considerando esta configuración para los tramos siguientes.

Cuando se considera una tensión máxima de salida en los paneles de V_{mmp} de 72.38 V, la disminución de la tensión asociada al 1% será la siguiente:

$$\Delta V = 72.38 \times 0.01 \Delta V = 0.724 \text{ v}$$

Además, tomando en cuenta la longitud del segmento de cable, que es de 10 metros, y la corriente i_{imp} de 8.34 amperios multiplicada por 4, lo que da como resultado 33.36 A, se determinará la sección del cable necesaria de la siguiente manera:

$$S(\text{mm}^2) = 4,4 \times 10^{-2} \times 10\text{m} \times 33,36\text{A} / 0,7238\text{V}$$

$$S(\text{mm}^2) = 20,2796\text{ mm}^2$$

Comercialmente el cable con la sección más cercana a este valor, es el de calibre 4 AWG al cual le corresponde una sección $S = 21,2\text{ mm}^2$.

Para garantizar que la elección es adecuada, se verificó que utilizando esta sección de cable no se excede el límite porcentual de caída de tensión.

$$\Delta V = 4,4 \times 10^{-2} \times 10 \times 33,36 / 21,2$$

$$\Delta V = 0,6923\text{V}$$

$$\text{Caída}\% = 0,6923\text{ V} / 0,7238$$

$$\text{Caída}\% = 0,956$$

Este valor se ajusta de manera ideal dentro del intervalo:

$$S = 21.2\text{ mm}^2 \text{ (calibre 4 AWG)}$$

Para el segmento que conecta el regulador con el acumulador, se toma en cuenta una corriente de salida de los paneles de 33.36 A y se calcula la caída de tensión correspondiente al 1%. La distancia entre tramos, que abarca los 4 reguladores, es de 11 metros, y la corriente en los paneles en paralelo es de 33.36 A, mientras que el valor de la tensión es de 90 V, que corresponde al regulador.

$$\Delta V = 90 \times 0,01$$

$$\Delta V = 0,90$$

Según la ecuación:

$$S = 4.4 \times 10^{-2} \times \frac{li}{\Delta V}$$

$$S = 4.4 \times 10^{-2} \times (11m \times 33.36A) / (0.90V)$$

$$S = 17.94 \text{ mm}^2$$

En el segmento que conecta el acumulador al inversor, se utiliza el mismo cálculo previamente efectuado, lo que resulta en la elección de un cable calibre 4 AWG, que equivale a una sección de 21.2 mm².

Para la conexión entre el inversor y el tablero en la sección de corriente alterna (AC), se selecciona un cable con una capacidad suficiente para manejar 45 amperios a una tensión de 220VAC y una potencia de 3000W. En este contexto, un cable de calibre 10 AWG, que tiene una sección de 5.26 mm², es adecuado y ofrece un margen de seguridad, ya que puede soportar hasta 40 amperios.

Para realizar el adecuado dimensionamiento del sistema eléctrico, es fundamental considerar los dispositivos que estarán conectados al sistema. En el cálculo previo del sistema fotovoltaico, se optó por la elección de tres inversores, cada uno con una capacidad de 3.00 kW y una tensión de 220 V, para satisfacer la demanda energética. Asimismo, se determinó la inclusión de dos generadores eléctricos que operarán en conjunto con el biodigestor, teniendo una potencia de 3.50 kW y una tensión de 220 VAC.

Cálculo de barras colectoras

Para determinar el tamaño adecuado de las barras, es esencial conocer la corriente que será manejada por los equipos que se conectarán. Para este propósito, utilizamos la fórmula de potencia:

$$P = V \times I \times \cos\phi$$

Donde, P es la potencia nominal, V es el voltaje del sistema; I es la corriente del sistema y el factor de potencia es $\cos\phi = 0,9$.

El primer paso implica calcular la corriente que fluirá a través de cada barra, comenzando con el cálculo de la corriente de los inversores. Para ello, utilizamos los siguientes datos del inversor: P = 3 kW; V = 220 V; $\cos\phi = 0,9$; por tanto, tenemos:

$$P = V \times I \times \cos\phi$$

$$I = \frac{3kW}{220V * 0.9}$$

$$I = 15.15 A$$

Costos de Instalación de la mini central fotovoltaica

Para obtener los costos de instalación de la mini central fotovoltaica se realizaron los metrados in situ según la ubicación del área disponible de 350 m² para su construcción para 32 paneles de 350 W – 24 V que incluyen su soporte mas una caseta de control para los equipos complementario de almacenamiento de energía, conversión de energía y tablero de control según la imagen 08 la que asciende a una inversión de 266556.60 soles considerando los costos de empresas de venta de equipos fotovoltaicos como son: AutoSolar y Panel Solar Perú.

Imagen 08

Ubicación de la mini central fotovoltaica



Tabla 23

Costo de implementación de la minicentral fotovoltaica

Item	Descripción	Unidad	P. Unit (S/.)	P. Total (S/.)
------	-------------	--------	------------------	-------------------

1	SUMINISTRO DE MATERIALES			147948.00
	Panel solar 350 W - 24V Policristalino Eco Green	32	704.50	22544.00
	Estructura Inclinada 15° 8 Paneles Falcat	4	1108.00	4432.00
	Controlador de Carga PWM 50A 48V LCD Must Solar	4	245.00	980.00
	Batería solar AGM 24V 250Ah - Litio	48	1988.00	95424.00
	Cable de cobre para conexión de elementos de la micro central - Rollo x 100 m	1	150.00	150.00
	Sistema de Protección y control	2	3500.00	7000.00
	Inversor HD Wave 3000W Solar Edge Conexión Red Monofásico	3	5806.00	17418.00
2	MANO DE OBRA			8876.88
	Costo de montaje e instalación (6% del suministro de materiales)	1	88768.8	88768.8
3	TRANSPORTE			1479.48
	Costo de transporte de materiales (1% del suministro de materiales)	1	14794.8	14794.80
	Presupuesto total de la Minicentral Fotovoltaica S/.			158304.36

Tabla 24.

Determinación del valor actual neto y de la tasa interna de retorno.

PERIODO	EN AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FF		-407,033.02	75,198.72	75,198.72	75,198.72	75,198.72	75,198.72	75,198.72	75,198.72	75,198.72	75,198.72
SALDO ACTUALIZADO	10%	-407033.021	67746.595	61032.968	54984.656	49535.726	44626.78	40204.307	36220.096	32630.717	29397.042
SALDO ACTUALIZADO ACUMULADO		-407033.021	-339286.4	-278253.5	-223268.8	-173733.1	-129106.3	-88901.99	-52681.89	-20051.18	9345.8657

TASA	11%
VNA	S/ 416,378.89
VAN	S/ 9,345.87
TIR	12%
PR	9

3.2. DISCUSIÓN

Utilizando la metodología de máxima demanda, 10.9 Kw y radiación disponible de 4.85Kw/m², indicadores necesarios para dimensionar la tecnología del sistema fotovoltaico para brindar energía al centro poblado, esta metodología también fue utilizada por Flores y Monsalve (2019) en su investigación denominada “Propuesta de aprovechamiento de energía fotovoltaica para el consumo de energía eléctrica del edificio principal de la Universidad Señor de Sipán” con indicadores de 140.11Kw de máxima demanda y 5.35 KWh/m² de radiación solar. La propuesta de dimensionamiento varía de acuerdo a la disponibilidad de radiación solar siendo la más baja en el centro poblado Chaupe.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

La investigación reveló que el caserío Chaupe, con una población de 155 habitantes, tiene una demanda máxima de 10.9 kW.

El potencial solar en la localidad, evaluado en 4.85 kW/m², sugiere que una central fotovoltaica puede atender eficientemente esta demanda, aprovechando las condiciones climáticas favorables de la región.

En base a los cálculos detallados y considerando factores cruciales para la eficiencia del sistema fotovoltaico, se determina que se requieren 32 paneles solares de 350 vatios para satisfacer la demanda proyectada. La fórmula utilizada, que tiene en cuenta la máxima radiación solar del mes menos favorable, la capacidad máxima de generación de los paneles y un factor de seguridad del 0,9, proporciona una cantidad precisa y confiable de paneles necesarios.

Los análisis técnico y económico indican una alta eficiencia técnica y viabilidad económica para la implementación de energía fotovoltaica en el caserío Chaupe. Con una inversión inicial de 15,8304.36 soles, el estudio reveló que el retorno de la inversión se alcanzaría en un período razonable. Esto demuestra que la transición a esta fuente de energía renovable no solo es ambientalmente sostenible sino también financieramente viable a largo plazo.

Se observa una reducción significativa en los costos a largo plazo al optar por la implementación de energía fotovoltaica. Los análisis económicos muestran indicadores positivos, destacando un TIR del 12%. Este dato es crucial, ya que señala que la inversión inicial se recupera y genera beneficios económicos adicionales, subrayando la sostenibilidad financiera del proyecto.

4.2. RECOMENDACIONES:

Es necesario instalar un módulo de pruebas fotovoltaico que contenga piranómetro con la finalidad de establecer parámetros de funcionalidad del sistema de generación para dimensionar a mayor escala según demanda eléctrica del centro poblado Chaupe siendo esta 10.9 Kw para una estimación a 10 años de crecimiento.

El potencial solar fue determinado utilizando una guía de recolección de datos de Senamhi desde el 2019. El promedio de radiación solar a utilizar para el dimensionamiento fue de 4.85 KWh/m², necesario para la selección del sistema fotovoltaico.

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico se basó en los indicadores de máxima demanda y radiación solar siendo el requerimiento: 32 paneles solares de 24 V, 48 baterías de litio de 24 V; 3 inversores de 3Kw - 24/220 V monofásico. Con una inversión total de 266, 556.60 soles según el mercado local.

REFERENCIAS.

- [1] ONU, «Garantizar el acceso a energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos.,» *Affordable and clean energy*, p. 4, 2020.
- [2] INEI, «Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017,» Instituto Nacional de Estadística e Informática, Cajamarca, 2017.
- [3] S. Desappa, «Potencial de la energía de biomasa para la generación de electricidad en África subsahariana.,» *Energía para el desarrollo sostenible (Elsevier)*, p. 11, 2011.
- [4] F. J. Vela Cobos, planificación con metodología de acceso universal a la energía y proyecto constructivo de red eléctrica y energía alternativa en zonas rurales de Cochabamba-Bolivia, Bolivia: Universidad politecnica de Madrid-fundación luces nuevas, 2019, p. 405.
- [5] C. Vilchis Munguía, LAS ENERGÍAS HÍBRIDAS Y/O RENOVABLES COMO MODELO ALTERNATIVO DE SUMINISTRO PARA LOCALIDADES AISLADAS DE LA RED ELÉCTRICA EN MÉXICO, 2020: UNA PROPUESTA DE POLÍTICA PÚBLICA, Monterrey: Escuela de Gobierno y transformación pública, 2020.
- [6] W. Bello, «Bello, W. (2001). La crisis del paradigma detrás de la crisis de la energía.,» *Ecología política*, pp. 101-104, 2001.
- [7] Grupo DISTRILUZ, «DISTRILUZ,» 05 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.distriluz.com.pe/hidrandina/index.php/nosotros>.

- [8] COES, «Mapa actualizado del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN),» COES, Lima, 2020.
- [9] Ministerio de Energía y Minas, «Plan Nacional de Electrificación Rural 2008-2017,» Osinergmin, Cajamarca, 2017.
- [10] A. Parro, «Factibilidad Económica de una implementación de tecnologías ERNC en viviendas sociales y acomodadas en 4 zonas climáticas de Chile,» Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2016.
- [11] A. Moreno y D. Duarte, «Metodología para el estudio de pre-factibilidad de un sistema de generación-distribución para una zona aislada utilizando sistemas de información geográfica,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2020.
- [12] J. Lata, «Mejoras al dimensionamiento óptimo de sistemas híbridos con energías renovables,» Universidad de Jaén, Jaén, España, 2019.
- [13] J. A. García, «Development and validation of a combined heat and power plant model for integration in DYESOPT,» KTH School of Industrial Engineering and Management Energy Technology, Suecia, 2018.
- [14] P. Tiwari, M. Manas, P. Jan, Z. Nemeč, D. Radovan, P. Mahanta y G. Trivedi, «A Review on Microgrid Based on Hybrid Renewable Energy Sources in South-Asian Perspective,» *Technol Econ Smart Grids Sustain Energy*, pp. 10-16, 2017.

- [15] M. Calcagnotto, «Diseño de un sistema híbrido renovable para suministro de electricidad a una comunidad rural aislada en la zona del triángulo Ixil, Guatemala,» Escuela técnica superior ingenieros industriales Valencia, España, 2020.
- [16] Z. Gonzalo, Factibilidad económica de una implementación de tecnologías ERNC en viviendas sociales, Santiago: Universidad de Chile, 2016.
- [17] J. Lata, Mejoras al dimensionamiento con energías renovables, Jaen: Escuela Politécnica Superior de Jaén, 2019.
- [18] A. Moreno y D. Duarte, Metodología para el estudio de pre-factibilidad de un sistema de generación-distribución para una zona aislada utilizando Sistemas de Información Geográfica, Bogotá: Universidad Distrital franciso José de Caldas, 2020.
- [19] P. Lledó , «Comparación entre distintos criterios de decisión (VAN, TIR y PRI),» Academia, Nueva York, 2007.
- [20] S. Caicedo, «SolidWorks,» 14 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <http://disenandoen3d.blogspot.com/2012/01/que-es-solidworks.html>.
- [21] nptel.ac.in, «Dynamic Balancing of Rotors,» [En línea]. Available: <http://nptel.ac.in/courses/112103024/module13/lec3/1.html>.

- [22] E. S. Gutiérrez Wing y J. . E. Aguirre Romano, «Balanceo de rotores rígidos sin emplear rodados de prueba,» *Sbcieo*, pp. 195-205, 15 ENERO 2011.
- [23] W. Zhang y H. Zhu, «Radial Magnetic Bearings: An Overview,» *Physics*, pp. 1-14, 2017.
- [24] J. De Miras, J. Cédric , M. Fliess, R. Samer y S. Bonnet, «Active magnetic bearing: A new step for model-free,» pp. 7449-7454, 2013.
- [25] K. Gaurav, C. Madhurjya Dev , N. Sivaramakrishnan y K. Karuna, «Design and Analysis of a Radial Active Magnetic Bearing for,» pp. 810-816, 2016.
- [26] P. M. Zapata Sánchez, «Diseño e implementación de electroimán y actuador electrónico aplicado a un sistema de levitación magnética,» Creative Commons, Lima, 2010.
- [27] A. Soto y D. Villegas, «Diseño de una Plataforma de Adquisición de Datos y Control para un Banco de Pruebas de Cojinetes Magnéticos Activos,» Universidad Simón Bolívar, Venezuela, 2006.
- [28] I. E. Sayed Mahmoud, «Estimación de la posición y Alternativa de Control de Sistemas de Cojinetes Magnéticos,» Universidad de Oviedo, Gijón, 2012.
- [29] S. E. Mushi, . L. Zongli y P. E. Allaire, «Design, Construction, and Modeling of a Flexible Rotor Active Magnetic Bearing Test Rig,» pp. 1170-1182, 2012.

- [30] D. E. ARAGÓN AYALA, «OPTIMAL CONTROL FOR A PROTOTYPE OF AN ACTIVE MAGNETIC BEARING SYSTEM,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2017.
- [31] L. A. Moreno Barra, «BALANCEO DINAMICO DE SISTEMAS ROTATIVOS,» Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2006.
- [32] G. Schweitzer y E. H. Maslen, Magnetic Bearings, New York: Springer, 2009.
- [33] E. Sikanen, «MECHANICAL DESIGN AND ANALYSIS OF MODULAR ACTIVE MAGNETIC BEARING TEST RIG,» Lappeenranta University of Technology, Finlandia, 2014.
- [34] Romadyc, «Banco de Prueba Romadyc,» 2014. [En línea]. Available: <http://academic.csuohio.edu/romadyc/facilities/general-amb-test-rig.html>.
- [35] T. Grochmal y C. Forbrich, «Self Bearing Motor,» [En línea]. Available: <https://www.ualberta.ca/engineering/research/groups/applied-nonlinear-controls-lab/research/research-projects/self-bearing-motor>.
- [36] L. Pastor Duran y H. Rubio Garcia, «Prototipo de un rodamiento magnético activo,» 2015.
- [37] Crecenegocios, «El VAN y el TIR,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>.

- [38] Crecenegocios, «La rentabilidad de una empresa,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.crecenegocios.com/la-rentabilidad-de-una-empresa/>.
- [39] P. Nunes, «TIR (Tasa Interna de Retorno),» 05 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://knoow.net/es/cieeconcom/gestion/tir-tasa-interna-retorno/>.
- [40] filetrig.com, «MATLAB R2015a,» 03 Octubre 2016. [En línea]. Available: <http://www.filetrig.com/2016/10/matlab-r2015a-free-download-32-bit/>.
- [41] Rohde-schwarz.com, «MATLAB example application,» [En línea]. Available: https://www.rohde-schwarz.com/us/applications/mobile-realtime-i-q-streaming-application-card_56279-4801.html.
- [42] Programasvirtualespc.net, «SolidWorks 2018 SP3.0,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.programasvirtualespc.net/disenosolidworks-2018-sp1-0-espanol-multilenguaje-software-cad-modelado-mecanico-2d-3d/>.
- [43] Corpwolf.com, «SERVICIO DE DISEÑO MECÁNICO,» Mayo 2018. [En línea]. Available: <http://corpwolf.com/sitio/producto/disenos-mecanico-2/>.
- [44] Conexion3dcad.com, «ANSYS,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.conexion3dcad.com/2017/11/ansys-adquiere-a-3dsim-lider-en-simulacion-de-manufactura-aditiva/>.

- [45] 3dcadportal.com, «ANSYS 15.0,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.3dcadportal.com/ansys-15-0-mejora-la-simulacion-de-estructuras-fluidos-y-electromagnetismo.html>.
- [46] Arquiparados.com, « MS Project en español,» Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.arquiparados.com/t812-curso-tutorial-de-ms-project-en-espanol-aprende-desde-cero>.
- [47] civilax.com, «Microsoft Project 2016,» Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.civilax.com/microsoft-project-2016-training/>.
- [48] Colegio de Ingenieros del Perú, Código de Etica del Colegio de Ingenieros del Perú, Tacna, 1999.
- [49] Dirección de Investigación, Código de Ética de Investigación de la USS, Chiclayo, 2017.
- [50] M. Koichi , . Y. Kanemitsu y S. Kijim, «Optimal Number of Stator Poles for Compact Active Radial,» 2007.
- [51] R. Larssonneur, «Design and control of active magnetic bearing systems for high,» *ETH Library*, 1990.
- [52] G. Conrad, «Rotor dynamic testing and control with active magnetic bearings,» *ETH Library*, 1998.

- [53] F. A. Bernal Calderón y D. F. Cortés Navarrete, «Simulación de un banco de pruebas para análisis de vibraciones,» 2007.
- [54] S. NAHUEL GOMEZ , «Diseño Mecánico conceptual de rotores para centrifugas,» Mendoza argentina , 2016.
- [55] M. A. N. y S. , «Magnetic Bearing Design for,» 1996.
- [56] R. G. Budynas y J. Keitch Nisbett, «Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley,» Octava Edición, 2008.
- [57] S. Group, *SKF Couplings Flex*, 2015.
- [58] «AUTOMATION CONTROLS,» 30 SEPTIEMBRE 2018. [En línea]. Available: <https://www3.panasonic.biz/ac/ae/fasys/measurement/measurement/gp-a/characteristic/index.jsp>.
- [59] C. C. Controls, «COPLEY BRUSH MOTOR SERVO DRIVE,» 2015.
- [60] «NATIONAL INSTRUMENTS,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/es-cr/support/model.cdaq-9171.html>.
- [61] «PCB PIEZOTRONICS MTS SYSTEMS CORPORATION,» JULIO 2016. [En línea]. Available: <http://www.pcb.com/products.aspx?m=052AE010AC>.
- [62] de *Magnetic Bearings and Bearingless Drives*, 2004.

- [63] «Segura me,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.securame.com/fuente-de-alimentacion-transformador-12v-30a-p-185.html>.
- [64] «Mercado Libre,» [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-419486349-motores-electricos-1hp-trifasico-3500rpm-glong-alco-_JM?quantity=1.
- [65] «Fuente de alimentación conmutada,» *Led Box*, 2018.
- [66] «Valores normalizados cables A.W.G,» [En línea]. Available: <http://www.profesormolina.com.ar/electromec/tabla.htm>.
- [67] K. Matsuda y Y. Kanemitsu, de *Optimal Number of Stator Poles for Compact Active Radial Magnetic Bearings*, 2007.
- [68] R. A. Martínez Sarmiento y C. E. Ramírez Portero, «Diseño y Construcción de una Cortadora de Flejes de Acero de Grano no Orientado,» Quito, 2011.
- [69] M. d. R. P. García, «Vibraciones de Máquinas Rotativas; Análisis de,» pp. 19-22, 2017.
- [70] ABB, «CS150 - Variador de frecuencia,» *ABB*, p. 8, 2019.
- [71] M. López Hidalgo, J. Serrano Cruz² y V. Dolz Ruiz, «Modelo lineal para la identificación,» *INGENIUS*, 2014.

ANEXOS

Anexo 1: Datos técnicos del Panel Solar



ECO GREEN ENERGY
Building a Greener World

ATLAS

by Eco Green Energy

530-550W

M10 / 182 mm Cell - 144 Half-cell

Founded in 2008, Eco Green Energy is a french brand solar PV manufacturer and distributing now its PV module in more than 60 countries over the world. Atlas series solar modules are made only with grade A cells for highest power generation, lowest LCOE, and ensured more than 25 years lifespan.



KEY FEATURES

-  Gallium-doped Technology
-  Lower LCOE and BOS
-  Anti PID/ Low LID protection
-  Less Hot Spot Shading effects
-  Lower temperature coefficient

144-Cell
MONOCRYSTALLINE MODULE

21.28%
MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

GRADE A
CELLS GUARANTEED



French Quality Module



25
YEARS
PRODUCT WARRANTY



12
YEARS
PRODUCT WARRANTY

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
12-Year Product Warranty - 25-Year Linear Power Warranty



COMPREHENSIVE CERTIFICATES
IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
ISO 9001 : Quality Management Systems






Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.
Add: 288 Jing Cheng Road, Chang Chuan District, Nanjing, Jiangsu, China
Tel: +86 513 6699588 | E-mail: info@eco-greenenergy.com

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



ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Power tolerance	0→+5 W	0→+5 W	0→+5 W	0→+5 W	0→+5 W
Module efficiency	20.51 %	20.70 %	20.89 %	21.09 %	21.28 %
Maximum power voltage (Vmp)	40.58 V	40.68 V	40.79 V	40.89 V	40.98 V
Maximum power current (Imp)	13.06 A	13.15 A	13.24 A	13.33 A	13.42 A
Open circuit voltage (Voc)	49.29 V	49.39 V	49.49 V	49.59 V	49.68 V
Short circuit current (Isc)	13.64 A	13.73 A	13.83 A	13.92 A	14.01 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NMO†

Power output (Pmax)	395.18 W	398.91 W	402.64 W	406.37 W	410.10 W
Maximum power voltage (Vmp)	38.05 V	38.14 V	38.24 V	38.33 V	38.42 V
Maximum power current (Imp)	10.37 A	10.44 A	10.52 A	10.59 A	10.66 A
Open circuit voltage (Voc)	45.71 V	45.80 V	45.90 V	45.99 V	46.07 V
Short circuit current (Isc)	11.09 A	11.16 A	11.24 A	11.32 A	11.39 A

†Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambient temperature: 20°C • AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (182x91 mm)
Number of cells	144
Dimensions	2279x1134x35mm (1.5mm Cell Gap)
Weight	29 kg
Glass	3.2 mm tempered glass, High transmission (>94%), Anti-Reflective Coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68 rated (3 by pass diodes)
Cable	4.0mm² : 300mm(+)/300mm(-); Length can be customized
Connector	MC4 or MC4 compatible
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NDCT	45°C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.35%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.28%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.048%/°C

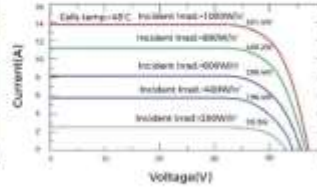
MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-40 °C ~ +85 °C
Maximum system voltage	1500 DC (IEC)
Max series fuse rating	25 A

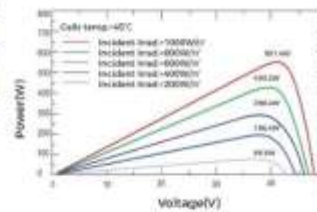
PACKAGING (2279x1134x35mm)

Type	Pcs	Weight
Per Pallet	31 pcs	940 kg
40ft HQ Container	620 pcs (20 pallets)	18.80 t

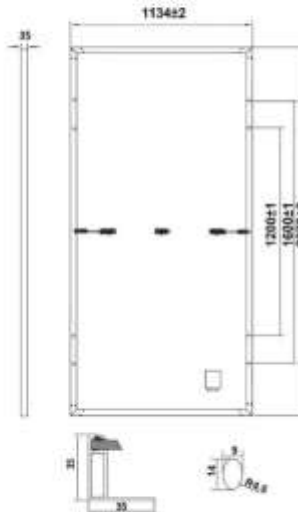
PV MODULE : EGE-540W-144M(M10)



PV MODULE : EGE-540W-144M(M10)



Dimension of PV Module (mm)



Specifications included in this document are subject to change without prior notice. Refer to our website for further information or contact one of our sales staff. www.eco-greenenergy.com

Anexo 2: Datos técnicos del Controlador Solar



Controladores de carga SmartSolar con conexión de rosca o FV MC4 MPPT 150/45 hasta MPPT 150/100



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 150/100-Tr
Con pantalla conectable opcional.



Controlador de carga SmartSolar
MPPT 150/100-MC4
Sin pantalla

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de software de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila

La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable

Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de software para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)		70A (máx. 30A por conector MC4)		
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 70 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multi-etapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (potencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A		Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCAZA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)		35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)		
Bornes de la batería	35mm ² / AWG2				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg		4,5kg		
Dimensiones (l x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm		Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103		
NORMAS					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.

Anexo 3: Datos técnicos del Controlador Solar



Phoenix Inverter
24/5000

SinusMax – Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero Inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del Inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el Inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).

Interfaz para el ordenador

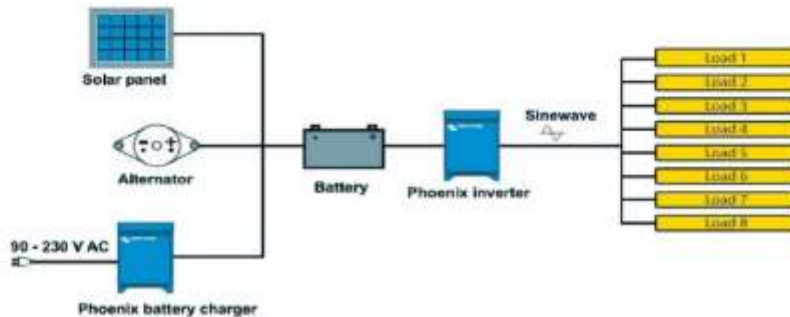
Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro Interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el Inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VEGConfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web www.victronenergy.com, se pueden personalizar todos los parámetros de los Inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los inversores también pueden conectarse a VEnet, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control informáticos.

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.






Phoenix Inverter Compact
24/1600



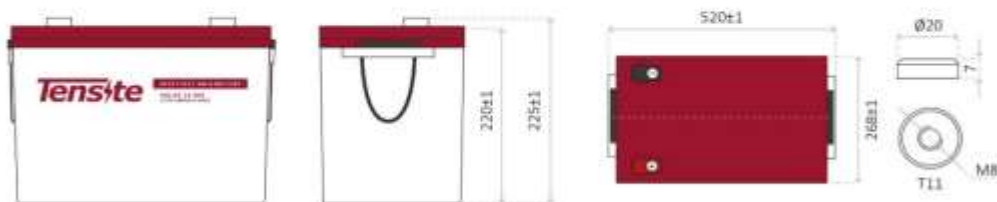
Anexo 4: Datos técnicos de la batería solar



CHARACTERISTICS

-  Compact size ideal for any type of use.
-  Great performance due to its deep discharge cycle life.
-  Perfect to use as accumulator in photovoltaic installations.

DIMENSIONS



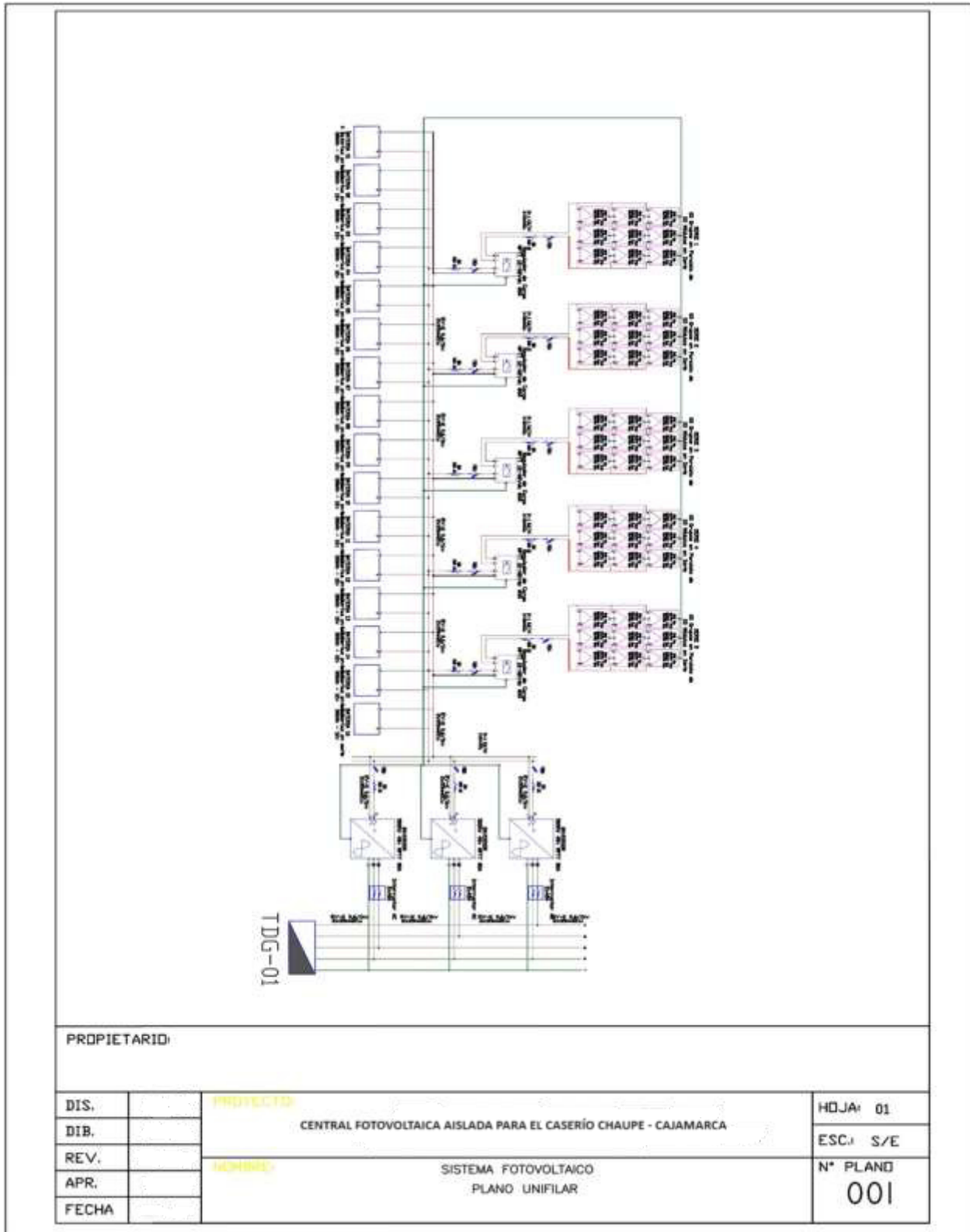
Tensite
info@tensitebatteries.com
www.tensitebatteries.com

Tabla 1: Estudio de cargas

Aparato/Carga	Cantidad	Potencia por aparato (watts)	Voltaje del aparato	Horas de usos diario	Consumo diario (Wh/día)	Demanda Máxima (watts)
Televisor						
Refrigerador						
Foco						
Cargador de Laptop						
Cargador de celular						
Margen de seguridad (20%)						
Total						

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Plano unifilar de la central



PROPIETARIO:

DIS.		PROYECTO	HOJA: 01
DIB.		CENTRAL FOTOVOLTAICA AISLADA PARA EL CASERIO CHAUPE - CAJAMARCA	ESC.: S/E
REV.			N° PLANO
APR.		SISTEMA FOTOVOLTAICO	001
FECHA		PLANO UNIFILAR	

NOMBRE DEL TRABAJO

**PREFACTIBILIDAD TECNO-ECONÓMICA
DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA F
OTOVOLTAICA PARA EL SUMINISTRO D
E E**

AUTOR

**Gianmarco jesus y Freddy ubald Incio Val
lejos y Rinza reyes**

RECUENTO DE PALABRAS

10493 Words

RECUENTO DE CARACTERES

56402 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

69 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.3MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 30, 2023 11:15 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 30, 2023 11:15 AM GMT-5

● 22% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 13% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado