



UPA Universidad
Politécnica Amazónica

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

TESIS

Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia de Utcubamba- Amazonas

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

AUTOR

Bach. José Walter Altamirano Coronel
<https://orcid.org/0000-0001-8806-7522>

ASESOR

Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez
<https://orcid.org/0000-0002-9018-9569>

Registro: UPA-PITIM0008

Bagua Grande – Perú

2023

Dedicatoria

A mi madre Emma Coronel Delgado, por ser la persona mas sensible y maravillosa de mi vida, que me da la motivación y fortaleza para cumplir mis sueños como el suyo.

A mi padre Asunción Vargas Cabrera, por sus consejos, ensañanzas de valores y educación, por su anhelo de verme siempre como una persona de bien y servicio mediante esta carrera profesional.

José Walter

Agradecimiento

A mi asesor de tesis, Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez, por sus aportes, y recomendaciones en esta tesis.

A los pobladores del Caserío Banguar, por permitirme realizar este proyecto en su localidad.

El autor

Autoridades universitarias

Rector : Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán

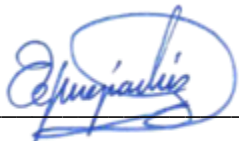
Coordinador de escuela : Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Visto bueno del asesor

Yo, Eduar Jamis Mejía Vásquez, coordinador y docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica, dejo constancia de haber asesorado al tesista, José Walter Altamirano Coronel, en su tesis, titulada “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia de Utcubamba-Amazonas”. Asimismo, dejo constancia que se han levantado las observaciones señaladas en las revisiones previas a esta presentación.

Por lo indicado, doy fe y visto bueno.


Bagua Grande, 17 de marzo del 2023.



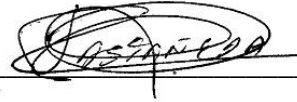
Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Asesor

Jurado evaluador



Dr. Ever Salomé Lázaro Bazán
Presidente



Mg. Ing. Juan José Castañeda León
Secretario



Mg. Ing. Emilio Periche Chunga
Vocal

Declaración jurada de no plagio

Yo, José Walter Altamirano Coronel, identificado con DNI 77144690, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Facultad de Ingeniería de la Universidad Politécnica Amazónica.

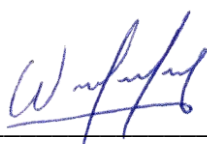
Declaro bajo juramento que:

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

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

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

Bagua Grande, 17 de marzo del 2023.



Bach. José Walter Altamirano Coronel

DNI 77144690

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento	ii
Autoridades universitarias	iii
Visto bueno del asesor.....	iv
Jurado evaluador.....	v
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. Introducción.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Justificación	2
1.2.1. Impacto social.....	2
1.2.2. Impacto ambiental	2
1.2.3. Impacto económico.....	3
1.2.4. Impacto científico	3
1.4. Hipótesis	3
1.5. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
II. Marco teórico.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación	4
2.1.1. A nivel internacional	4
2.1.2. A nivel nacional.....	4

2.1.3.	A nivel regional	5
2.1.4.	A nivel local.....	6
2.2.	Bases teóricas.....	6
2.2.1.	Energía solar	6
2.2.2.	Orientación, inclinación y sombras de paneles	7
2.2.3.	Sistema fotovoltaico	9
2.2.4.	Horas de sol pico (HSP)	12
2.2.5.	Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.....	13
2.2.6.	Suministro de energía eléctrica.....	13
2.2.7.	Red de distribución eléctrica secundaria	14
2.3.	Definición de términos.....	14
III.	Material y métodos	15
3.1.	Diseño de investigación	15
3.2.	Población, muestra y muestreo	15
3.3.	VARIABLES DE ESTUDIO.....	16
3.3.1.	Operacionalización de variables.....	16
3.4.	Fuentes de información.....	17
3.5.	Métodos.....	17
3.6.	Técnicas e instrumentos	17
3.7.	Procedimientos.....	18
3.8.	Análisis estadístico.....	20
3.9.	Consideraciones éticas	20
IV.	Resultados.....	21
4.1.	Recurso solar disponible en el caserío Banguar	21
4.2.	Determinación de la demanda eléctrica del caserío Banguar	24
4.3.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el caserío Banguar	30
4.4.	Dimensionamiento red de distribución secundaria para el caserío Banguar	44

4.5. Evaluación económicamente del sistema fotovoltaico.	51
V. Discusión	58
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	61
Referencias bibliográficas	62

Índice de tablas

Tabla 1 Ángulo de inclinación dependiendo de la instalación fotovoltaica	8
Tabla 2 Inclinación óptima para aplicaciones habituales	8
Tabla 3 Operacionalización de las variables	16
Tabla 4 Ubicación geográfica del caserío Banguar	22
Tabla 5 Radiación promedio diaria en el caserío Banguar en el año 2022 (kWh/m ² /día) .	22
Tabla 6 Radiación promedio diaria para el ángulo óptimo 7.78°, caserío Banguar (kWh/m ² día)	23
Tabla 7 Usuarios del caserío Banguar en el año 2022.....	25
Tabla 8 Población Censada del Distrito de Cumba	25
Tabla 9 Crecimiento de población y viviendas para los 20 años futuros	26
Tabla 10 Máxima demanda total del caserío Banguar	30
Tabla 11 Rendimiento global del sistema fotovoltaico	31
Tabla 12 Datos técnicos del inversor híbrido seleccionado	34
Tabla 13 Datos técnicos panel solar seleccionado.....	35
Tabla 14 Características técnicas para la selección de la batería	38
Tabla 15 Sección de conductores por cada tramo del sistema fotovoltaico	41
Tabla 16 Caída de tensión servicio particular caserío Banguar.....	46
Tabla 17 Calculo de la caída de tensión para el alumbrado publico	47
Tabla 18 Valor referencial sistema fotovoltaico.....	52
Tabla 19 Valor referencial redes de distribución secundaria 380/220 V	52
Tabla 20 Valor referencial - Sistema fotovoltaico autónomo y red de distribución secundaria 380/220 V	52
Tabla 21 Cargo de facturación en distribución secundaria, pliego tarifario BT5B, octubre 2022	53
Tabla 22 Reinversión en el año 10 - inversor híbrido	53
Tabla 23 Reinversión en el año 16 - baterías.....	53
Tabla 24 Costos anuales de operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico autónomo	54
Tabla 25 Evaluación económica del proyecto con ajuste de inversión y reinversión	56
Tabla 26 Evaluación económica del proyecto, en el escenario del financiamiento con aporte	57

Índice de figuras

Figura 1 Curvas características del panel solar, corriente vs voltaje.....	11
Figura 2 Horas de sol pico que incide sobre el panel solar durante el día.....	13
Figura 3 Diseño de la investigación	15
Figura 4 Procedimiento de cálculo para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	19
Figura 5 Ubicación geográfica del caserío Banguar.....	21
Figura 6 Radiación promedio mensual para el ángulo óptimo 7.78° , caserío Banguar (kWh/m ² /día)	24
Figura 7 Diagrama de carga diario del caserío Banguar	28
Figura 8 Diagrama de carga diario del alumbrado público	29
Figura 9 Topología de un panel solar sobre un soporte metálico.....	37
Figura 10 Baterías en función de su costo, en 20 años de proyección	39
Figura 11 Estructura de soporte; primera y segunda fila para el MPPT1 y la tercera fila para el MPPT2.....	43
Figura 12 Topología del sistema fotovoltaico	44
Figura 13 Distribución de redes secundarias servicio particular caserío Banguar	45
Figura 14 Distribución de redes secundarias alumbrado público caserío Banguar.....	48

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia Utcubamba- Amazonas. De acuerdo a la orientación es básica, no experimental, con un nivel de investigación descriptiva. El diseño de la investigación es descriptivo con propuesta de diseño. Para la investigación se ha recurrido a metodologías de investigación científicas, normas peruanas de electrificación, se obtuvo información directamente del caserío Banguar mediante una guía de observación. La radiación solar se obtuvo mediante el aplicativo NASA resultando febrero el mes más crítico con $3.77 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$. El diseño del sistema fotovoltaico autónomo permite atender una máxima demanda de 5.39 kW , y la demanda máxima de energía eléctrica de 35.18 kWh/día , mediante 30 paneles solares monocristalino de $400 \text{ W} - 24 \text{ V}$, un inversor híbrido X3-HYBRID-10.0T de $10,000 \text{ W} - 380/220 \text{ V}$, 3 unidades de batería LG Chem RESU 10 H tipo R, rango de voltaje $350-450 \text{ V}$ con capacidad de 63 Ah . La distribución secundaria $380/220\text{V}$ esta dimensionada con cable autoportante CAAI $3 \times 16+16+\text{NA}25 \text{ mm}$. La evaluación económica se hace con una inversión inicial de S/. $179,115.72$, obteniendo un VAN y un TIR negativo, indicando que el proyecto para intereses privados no es viable. Mediante el aporte del 69% de la inversión inicial por parte de algún órgano competente o ONG se obtiene un VAN de S/. $2,260.27$ y un TIR del 13% resultando el proyecto viable.

Palabras claves: Diseño, sistema fotovoltaico, autónomo, radiación solar, energía eléctrica.

ABSTRACT

The objective of the research is to design an autonomous photovoltaic system to supply electricity to the Banguar farmhouse, Cumba district, Utcubamba-Amazonas province. According to the orientation it is basic, non-experimental, with a level of descriptive research. The research design is descriptive with a design proposal. For the research, scientific research methodologies, Peruvian electrification standards have been used, information was obtained directly from the Banguar farmhouse through an observation guide. Solar radiation was obtained through the NASA application, with February being the most critical month with 3.77 kWh/m²/day. The design of the autonomous photovoltaic system allows meeting a maximum demand of 5.39 kW, and the maximum demand for electrical energy of 35.18 kWh/day, through 30 monocrystalline solar panels of 400 W - 24 V, a hybrid inverter X3-HYBRID-10.0T of 10,000 W – 380/220 V, 3 LG Chem RESU 10 H battery units type R, voltage range 350–450 V with a capacity of 63 Ah. The 380/220V secondary distribution is dimensioned with CAAI 3x16+16+NA25 mm self-supporting cable. The economic evaluation is made with an initial investment of S/. 179,115.72, obtaining a VAN and a negative TIR, indicating that the project for private interests is not viable. Through the contribution of 69% of the initial investment by a competent body or ONG, a VAN of S/. 2,260.27 and an TIR of 13% are obtained, resulting in the viable project.

Keywords: Design, photovoltaic system, autonomous, solar radiation, electrical energy.

I. Introducción

1.1. Realidad problemática

En el mundo de hoy, aún existen comunidades rurales sin tener acceso a la energía eléctrica. Estas comunidades se encuentran en los países económicamente más pobres del mundo, tales como los países de África Occidental. La falta de energía eléctrica en estas comunidades rurales impide a que los niños y jóvenes tengan acceso a la información vía internet y en medios de comunicación. La falta de energía eléctrica también afecta a la mayoría de actividades comerciales dedicadas a la venta de productos que se conservan a bajas temperaturas, los centros de salud e instituciones educativas y hogares se ven afectados dado a que necesitan iluminación, el abastecimiento de agua, refrigeración y calefacción. Los pobladores usan en sus hogares como medio energético el carbón, el estiércol, la leña (Twenergy, 2019).

Según el último reporte del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), un 4.3% de la población peruana aún no cuenta con el servicio eléctrico en sus hogares. Los datos presentados por el INEI no parecen ser cifras muy elevadas, aunque en cierta parte, en las dos últimas décadas esta brecha ha disminuido gradualmente, sin embargo, detrás de este número hay un 17.8% de la población rural conformada por centros poblados, comunidades y caseríos que aún vive sin acceso a la electrificación, tal es el caso del caserío de Santa Rosa de Tumar (ComexPerú, 2019).

El caserío Santa Rosa de Tumar, este caserío no cuenta con el servicio de energía eléctrica, por ende, los pobladores dada su necesidad de iluminación, utilizan como alternativas de solución, lamparines, mecheros, linternas de mano, velas, y en algunos hogares utilizan baterías, pero para recargarlas tienen que caminar por caminos agrestes hasta llegar al lugar en que se recarga. La realidad problemática de dicho caserío no le ayuda a tener oportunidades de desarrollo; porque en el sector productivo al no contar con electricidad la materia prima que se extrae del caserío no se puede procesar, en los servicios de salud algunos medicamentos necesitan estar conservados a cierta temperatura, en la educación se presenta restricciones al acceso al internet y a las nuevas tecnologías, en las telecomunicaciones lo pobladores no pueden estar comunicado con sus seres queridos (De la Cruz, 2019).

En el ambiente local existen comunidades sin contar con el servicio eléctrico, como el caserío Banguar del distrito de Cumba. La falta de energía eléctrica en el caserío Banguar impide el desarrollo socio-económico; tales como el acceso a los medios de comunicación e internet, el desarrollo de actividades deportivas y artistas por las noches, la comercialización de productos alimenticios y bebidas que necesitan ser refrigeradas, la falta de electricidad también impide la implementación de talleres como carpinterías, así mismo, los pobladores y estudiantes realizan sus actividades cotidianas utilizando como fuente de energía velas, mecheros, linternas y leña; dichas energías causan daños a la salud por los gases y la baja iluminación que emiten, además de convertirse en un peligro de ocasionar incendios.

1.2. Formulación del problema

¿Se podrá diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia Utcubamba-Amazonas?

1.3. Justificación

1.2.1. Impacto social

Con el diseño del sistema fotovoltaico, se contribuye a mejorar la calidad de vida de los pobladores, garantizando un suministro eléctrico de calidad, confiable y continuo, tanto en los domicilios como en el alumbrado público, así mismo, permite el acceso a los medios de comunicación, uso del sistema de internet como fuente de intercambio de información y aprendizaje, uso de electrodomésticos, con la iluminación permite realizar competencias deportivas, reuniones sociales y recreativas.

1.2.2. Impacto ambiental

Esta investigación es importante porque en el caserío, el medio ambiente ya cuenta con algunos cambios por causa de la contaminación ambiental, como disminución de las fuentes hidrológicas, variabilidad del clima, incremento de la temperatura; por este motivo se propone este proyecto con la finalidad de conservar y cuidar la forestación, los recursos hidrológicos de la zona, además este sistema servirá como modelo a seguir y fomentar el uso de recursos naturales que genera energías limpias y beneficiosas para el medio ambiente.

1.2.3. Impacto económico

Una fuente de energía inagotable y gratis es la radiación solar. El proyecto fotovoltaico para la población de caserío Banguar como en todo proyecto de sistemas fotovoltaicos, aun principio refleja costos elevados, pero sus mantenimientos y operaciones resultan económicas, dado a que se necesitan inspecciones periódicas, así mismo, el sistema fotovoltaico garantizara al caserío Banguar una larga vida útil y fiabilidad en operaciones continuas evitando fallas relativamente costosas.

1.2.4. Impacto científico

Se desarrolla la investigación con el objetivo de generar un nuevo conocimiento mediante el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo aplicado a la falta de energía eléctrica, realidad problemática que afronta el caserío Banguar; este procedimiento se confirma con la aplicación de cálculos de ingeniería, recolección y manipulación de datos, permitiendo generar energía eléctrica y suministrar al caserío.

1.4. Hipótesis

Se puede diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia Utcubamba-Amazonas.

1.5. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia de Utcubamba - Amazonas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el recurso solar disponible en el caserío Banguar.
- Determinar la demanda eléctrica del caserío Banguar.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico para el caserío Banguar.
- Dimensionar la red de distribución secundaria para el caserío Banguar.
- Evaluar económicamente el sistema fotovoltaico.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Saenz (2021) en su investigación “Elaboración de estudios y diseños para proyectos de electrificación en zonas no interconectadas de Colombia” se desarrolló como un de investigación aplicada, siendo la población la radiación solar en el municipio de Acandí-Chocó, hogares en el municipio de Acandí-Chocó y con una muestra la radiación solar en el municipio de Acandí-Chocó, en entre los años 2005-2015; hogares en el municipio de Acandí-Chocó en el año 2021, se concluye que mediante los datos obtenidos de radiación solar entre el periodo del 2005-2015 la radiación más crítica es de 134.57 kWh/m^2 en el mes de mayo, mientras tanto la demanda energética en el municipio de Acandí-Chocó es de $11\,339.94 \text{ Wh/día}$.

De Soto y Miguel (2022) en su investigación, proyecto de electrificación rural en Nyumbani Village (Kitui, Kenia): planificación de la generación de la energía mediante paneles solares. El tipo de investigación es aplicada, la población de estudio, son las necesidades energéticas y la potencia nominal de Kitui, la muestra son las necesidades energéticas y la potencia nominal en los años 2014. Se concluye que la máxima demanda de energía eléctrica es $107\,784.1 \text{ kWh/día}$. En la aldea de Kitui, existe un sistema fotovoltaico diseñado por Energía Sin Fronteras, el sistema existente fue evaluado, resultando un cálculo por debajo de la máxima demanda, por lo que se diseñó tres sistemas fotovoltaicos con un f.s del 25% para potencias de 45 kW, 90 kW, 250 kW. Resultando que la potencia de 45 kW por sí solo no es capaz de suministrar energía, pero integrado a la instalación existente, producirán $129,179.4 \text{ kWh}$ anuales, satisfaciendo la demanda máxima. Económicamente los tres diseños son viables.

2.1.2. A nivel nacional

Pérez y Delgado (2019) en su investigación “Diseño un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén-Cajamarca”. El tipo de investigación es descriptivo, se concluye que para el caserío Jaway la irradiación máxima para un ángulo de 15° fue el mes de octubre con de $4.31 \text{ kW/m}^2 /\text{día}$, y en el mes de febrero

se presenta el mes más crítico con 3.14 kWh/m²/día para un ángulo óptimo de 7.21°. La demanda eléctrica del caserío Jayway es de 3,247 W y el consumo de energía diario es de 35.575 Wh/día, el sistema cuenta con 80 paneles policristalino de 320 Wp, 40 acumuladores de 12V, 5 reguladores MPPT de 100 A y un inversor solar de 500 VA. Para la red de distribución ha considerado un conductor autoportante CAAI 2x16/25, la evaluación económica muestra una recuperación a 15 años con una inversión de S/. 155,846 447.00.

Ullilen (2020) en su investigación “Diseño de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica al caserío Sundia distrito Bolivar–La Libertad 2019”. Tipo de investigación es aplicada, la población, es la cantidad de energía consumida por el caserío Sundia y la muestra es el consumo energético del caserío Sundia. Se concluye que la máxima demanda eléctrica del año actual es 854.42 KWh y para el año 20 es 1,164.87 kWh, la radiación más crítica se presenta en el mes de junio con 0.22 kWh/m², el diseño cuenta con 485 paneles solares, 85 baterías, un inversor de 15 kW. La evaluación económica a precios privados no es factible. Para ello propone que los pobladores cubran los costos de O&M, y que un ente gubernamental aporte el 96% de la inversión inicial, así mismo, los costos de la reposición de las baterías. Mediante este escenario se obtiene un VAN de S/16,876.56 con una tasa de interés del 12% y un TIR 19%.

Bernilla (2020) en su investigación “Diseño del sistema de generación fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al caserío Naranjo, Distrito Miracosta, Cajamarca”. Tipo de investigación aplicada, la población y la muestra son los 24 abonados por electrificar en el caserío el Naranjo. Se concluye que la demanda máxima de energía eléctrica en el año 0 viene a ser 21.74 kWh/día, con una potencia de 4.51 kW, correspondiente a 20 viviendas. En el año 20 la máxima demanda eléctrica es 34.37 kWh/día con una potencia de 7.16 kW para un total de 24 viviendas, la radiación solar es 6,03 kWh/día, se obtuvo un VAN S/. - 97, 338.82 y un TIR de - 2 %. A su vez considerando los roles subsidiarios que el estado permite, considerando una tasa social de 8%, se obtiene un VANS S/.147, 311.54 y un TIRS de 25%, de este modo demuestra ser factible.

2.1.3. A nivel regional

Cayotopa (2019) dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas. Tipo de investigación aplicada y descriptiva, siendo la población viviendas

del caserío Flor del Valle, y con muestra las viviendas del caserío Flor del Valle en el año 2019, se concluye que la demanda de energía promedio diaria proyectada para el caserío Flor del Valle es de 13.511 kWh/día. Para 33 viviendas proyectadas, 01 local comunal, según el SENAMHI (Atlas 2003) se ha obtenido un valor de 4.25 kWh/m²/día y del software METEORNOM se ha obtenido un valor de 4.94 kWh/m²/día, además se obtuvo los datos de radiación solar promedio mensual donde según la NASA se ha obtenido un valor de 3.64 kWh/m² /día, el costo del sistema fotovoltaico aislado es de S/. 206,019.36.

2.1.4. A nivel local

A nivel local no se encuentran estudios de sistemas fotovoltaicos autónomos para el suministro de energía eléctrica a caseríos, pero si se encuentran estudios fotovoltaicos para determinadas cargas eléctricas, como:

Florián (2021), en su investigación “dimensionar un sistema eléctrico fotovoltaico para la demanda eléctrica del Taller de Procesos de Manufactura de la Universidad Politécnica Amazónica”. Tipo de investigación aplicada con un nivel de investigación descriptivo, siendo la población y muestra, las cargas eléctricas del Taller de Procesos de Manufactura, y la radiación solar mensual, se concluye, que el proyecto cuenta con 24 paneles solares mono cristalino SpolarPV SP470M6-96 de 500 Wp, agrupados de acuerdo al número de rastreadores MPPT del inversor, la tensión de generación es de 433.68 V, ha seleccionado un inversor híbrido X3-HYBRID-10.0T con 2 rastreadores MPPT con una tensión de salida 380/220 V, para el sistema de almacenamiento ha seleccionado 2 baterías LG Chem RESU10H tipo R capacidad 63 Ah, conectados en paralelo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Energía solar

La energía emitida por el sol llega a la tierra en forma de luz y calor, en su trayectoria gran parte de la energía solar se pierde por dispersión, reflexión y absorción generada por las nubes. Según estudios la energía solar puede dar solución a la gran demanda energética existente en el mundo, dado a que es abundante en la naturaleza y sobre todo gratis (Lewis, 2007). La energía liberada por el sol que alcanza la tierra se llama radiación solar. El sol

emite una radiación de $63\ 450\ 720\ \text{W/m}^2$, por tal motivo esta fuente es muy atractiva para la generación de electricidad mediante el sistema fotovoltaico (Méndez y Cuervo, 2007, p. 29).

Según Méndez y Cuervo (2007), existen tres tipos de energía solar, las cuales son: Energía solar térmica pasiva, es la utilización directa a través de acristalamiento y elementos arquitectónicos con abundante masa y propiedad de absorber energía. Energía solar térmica, este tipo de energía tiene la finalidad de captar la radiación solar, para calentar agua caliente sanitaria, piscinas, etc. mediante el dispositivo captadores solares térmicos. Energía solar fotovoltaica, consiste en captar y transformar la radiación solar en energía eléctrica a través de células fotovoltaicas. Esta electricidad posteriormente se puede dar uso de manera directa, inyectando a la red de distribución eléctrica o almacenarla en baterías en un sistema fotovoltaico aislado (p. 27).

2.2.2. Orientación, inclinación y sombras de paneles

Orientación (α): Los paneles solares no están perfectamente orientados hacia el sur (ángulo de acimut (α)), esto depende exactamente de la ubicación del país. En el Perú los paneles solares tienen que estar orientado hacia el norte, su inadecuada orientación puede generar pérdidas de eficiencia en los sistemas fotovoltaicos. Para una mejor captación de la radiación, la orientación de los paneles solares debe modificarse dos a cuatro veces durante el año de acuerdo a las estaciones meteorológicas (Fernández-Infantes et al., 2006).

Inclinación (β): La superficie del módulo con el plano horizontal, se denominado ángulo de inclinación, este ángulo se basa en la latitud del lugar, en consistencia al aumentar la latitud aumenta el ángulo de inclinación. En la instalación de los módulos solares, el ángulo de inclinación debe ser mayor en temporada de invierno que en verano. Para captar la mejor radiación solar del día, el módulo solar tiene que estar perpendicular al sol, para ello es recomendable la instalación de seguidores solares (Castejón y Santamaria, 2010).

La finalidad de los sistemas fotovoltaicos, es satisfacer al usuario un suministro de calidad, teniendo presente las condiciones de aplicación en temporada de verano e invierno. En la Tabla 1, se muestra valores de inclinación óptima del panel solar para una mejor captación de la radiación solar (Cantos, 2016, p. 10).

Tabla 1*Ángulo de inclinación dependiendo de la instalación fotovoltaica*

Tipo de instalación	Periodo de uso	Inclinación óptima	Justificación
Bombeo de agua	verano	$\beta = \phi - 20^\circ$	El sol en verano alcanza una altura mayor, por lo tanto, la inclinación del módulo debe ser menor.
Instalaciones para vivienda	invierno	$\beta = \phi + 15^\circ$	En esta temporada la inclinación del módulo debe ser mayor, dado a que la altura del sol es menor.
Instalaciones para vivienda	Anual	$\beta = \phi + 10^\circ$	Este tipo de instalación es recomendable diseñarlas para temporadas de menor radiación, por ejemplo, invierno.
Lugar de nevadas frecuentes	Anual	$\beta = 60^\circ$	Mediante $\beta = 60^\circ$, la finalidad es que los paneles solares, no acumulen nieve la superficie.

Nota. Reproducido ángulo de inclinación dependiendo de la instalación fotovoltaica, Cantos (2016).

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía en la Tabla 2, muestra valores recomendables de inclinación óptima del panel solar para aplicaciones habituales (IDAE, 2009).

Tabla 2*Inclinación óptima para aplicaciones habituales*

Período de diseño	β_{opt}
Diciembre	$\phi + 10$
Julio	$\phi - 20$
Anual	$\phi - 10$

Nota. Reproducida de inclinación óptima para aplicaciones habituales, de IDAE (2009).

Efecto sombras en paneles solares: la sombra en los módulos fotovoltaicos hace que disminuya la eficiencia del sistema, generando fluctuaciones, que provocan fallas en los componentes del sistema, como el inversor y la batería. En la Figura 6, se puede ver el efecto de la sombra en los paneles solares (Ayllu solar, 2018).

2.2.3. Sistema fotovoltaico

Tienen la finalidad de cumplir con cuatro aspectos: primero, transformar la energía solar en energía eléctrica; segundo, almacenar la energía eléctrica en baterías, si es un sistema autónomo; tercero, proveer de energía eléctrica y cuarto, utilizar la energía eléctrica adecuadamente (Díaz et al., 2012). La generación de electricidad en los sistemas fotovoltaicos se lleva a cabo sin el uso de combustibles fósiles, este proceso se lleva a cabo a través del efecto fotovoltaico mediante las células fotovoltaicas que convierten la energía solar en eléctrica, así mismo, genera una energía limpia y distribuida, sin pérdida de transmisión y distribución. Los sistemas fotovoltaicos tienen una durabilidad aproximada de 30 años, son fáciles de instalar, su costo de mantenimientos es bajo y los componentes de la producción son reciclables (Andrade et al., 2018). Los tipos del sistema fotovoltaico son:

a) Sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica

Este tipo de sistemas producen energía eléctrica que no se almacena, sino que alimenta directamente a la red comercial, para ello se requiere un dispositivo que se encargue de adaptar la energía eléctrica producida por el sistema fotovoltaico a la red comercial. Los beneficios del sistema se ven reflejados mediante la venta de energía eléctrica, cubrir la demanda de energía eléctrica, así como la reducción de la facturación en los pagos mensuales (Díaz et al., 2012).

b) Sistemas fotovoltaicos aislados

Este sistema genera energía eléctrica que es almacenable en bancos de baterías. Este tipo de sistemas es usado mayormente en lugares o comunidades de difícil acceso sin electricidad convencional. Para diseñar un sistema fotovoltaico autónomo se debe considerar aspectos demandantes como la potencia, la energía eléctrica, por ejemplo, para el encendido de los motores se requiere una corriente de arranque mayor a la nominal; otros parámetros a considerar son los días de

autonomía, que vienen hacer días en la que no hay radiación solar (Buele y Chazi, 2019). En la actualidad, los sistemas fotovoltaicos autónomos se utilizan en la agricultura para el bombeo de agua, iluminación de carreteras, parques, también es utilizado en torres de comunicación, hogares remotos y diversas aplicaciones distantes de las líneas eléctricas convencionales (Beatty et al., 2017).

Componentes del sistema fotovoltaico

a) Módulo fotovoltaico

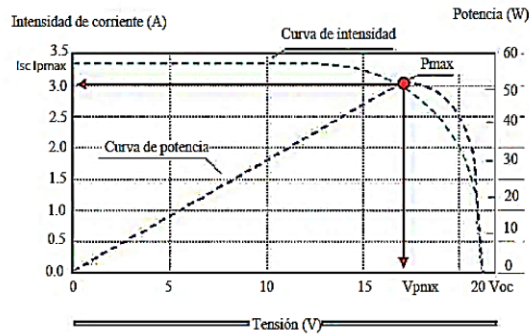
Mikati et al. (2012) afirma que los módulos fotovoltaicos están estructurados por células semiconductoras que captan la energía solar y lo transforman en flujo eléctrico. Los paneles solares instalados en paralelo generan más corriente, en serie genera más voltaje. Según Núñez y Cruz (2013), “un panel solar está diseñado con los parámetros de potencia eléctrica, voltaje de trabajo e intensidad de corriente”. La industria de paneles solares ha elaborado paneles monocristalinos cuya eficiencia es 17% y tiene una vida útil de 25 años, se caracteriza por ser muy costoso en el mercado. El panel policristalino tiene una eficiencia del 15%, lo que le hace menos eficiente ante las celdas monocristalinos, su vida útil promedio es 20 años, y los paneles amorfos son los que carecen de forma, tienen una eficiencia entre el 5 y el 10% y su vida útil según el fabricante es de 10 años (Arango et al., 2001).

Según Núñez y Cruz (2013), “refiere que las curvas características corriente-tensión, permiten dimensionar el rendimiento eléctrico del módulo solar, que está diseñado a una temperatura de 25°C y a una irradiancia de 1000 W/m². La potencia máxima de un módulo corresponde al máximo de irradiancia (1000 W/m²), tal como se muestra en la Figura (1). También refiere que la potencia de un generador fotovoltaico se reduce a medida que la irradiancia sea menor, como se muestra en la Figura (2), a mayor temperatura en un panel solar el voltaje se reduce, rendimiento de un módulo descende, en la Figura (3) se observa el comportamiento de la corriente vs tensión en función de la temperatura.

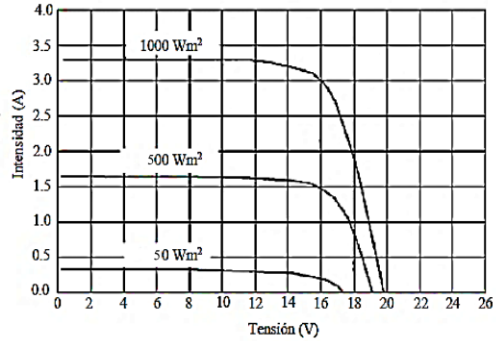
Figura 1

Curvas características del panel solar, corriente vs voltaje

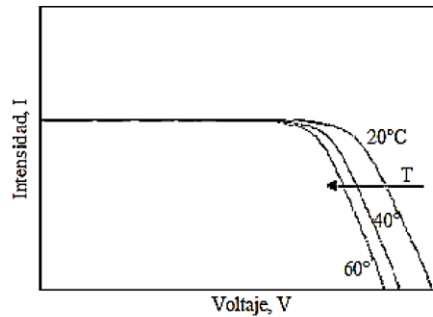
1. Corriente vs voltaje de un panel solar en función de la irradiación



2. Corriente vs voltaje de un panel solar en función de la irradiación



3. Corriente vs voltaje de un panel solar en función de la irradiación



Nota. Datos tomados de Núñez y Cruz (2013).

b) Regulador

La función de este dispositivo es evitar la sobrecarga de la batería y de esta manera prolongar su vida útil. Este dispositivo está instalado entre la batería y el módulo fotovoltaico. Restringe el paso de voltaje cuando la batería llega a su carga nominal y reconecta el circuito cuando la carga de la batería ha sido absorbida. Además, el regulador también tiene la función de prevenir el retorno de la corriente en las noches desde la batería al módulo fotovoltaico, evitando la descarga de la batería, así mismo, el regulador deberá tener la capacidad de resistir una sobre corriente de 25% de su capacidad nominal, dado a que, en horas, días, etc. la radiación solar se incrementa generando ciclos bruscos (Núñez y Cruz, 2013).

c) Baterías

La función que cumplen las baterías en un sistema fotovoltaico es el almacenamiento de energía, así mismo, de suministrar energía a las viviendas y equipos, en días desfavorables de radiación solar y el consumo energético durante la noche (Abella, 2005). Las baterías a mayor descarga y sin carga en periodos muy extensos genera el envejecimiento de las baterías. Por ende, se debe instalar baterías que desempeñen descargas profundas del 50% de su capacidad nominal. Las conexiones de baterías en paralelo incrementan la corriente del sistema fotovoltaico y en serie se consigue mayor tensión (Núñez y Cruz, 2013; Pareja, 2016). La durabilidad de un banco de baterías es de pocos años, después de este periodo se necesita su reposición, convirtiéndose en el elemento que genere el mayor costo en cuanto el sistema fotovoltaico tenga vida útil (Style, 2012, p. 31).

d) Inversor

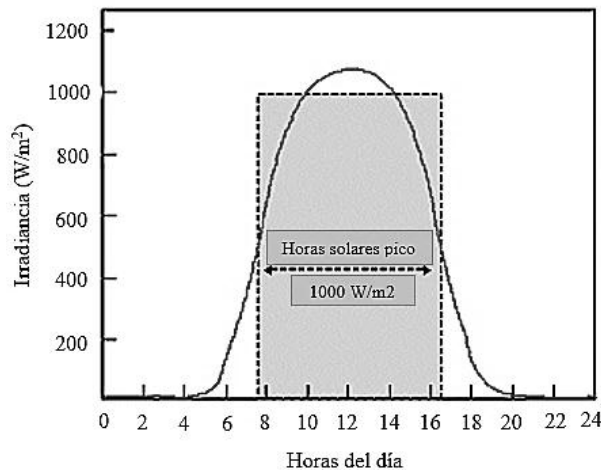
Este dispositivo cumple con la función de convertir la corriente continua proveniente del módulo fotovoltaico en corriente alterna para la utilización en equipos que aceptan este tipo de energía eléctrica. Los inversores para la inyección a la red eléctrica convencional son diferentes a los sistemas fotovoltaicos autónomos (Cortés et al., 2020).

2.2.4. Horas de sol pico (HSP)

Las HSP se define como las horas de luz al día, además es la unidad que mide la irradiación, (energía solar), donde la irradiación (potencia solar) es de $1\ 000\ \text{W/m}^2$ parámetro con la que está diseñado un panel solar para calcular la energía que genera al día. Por ejemplo, si en un determinado lugar hay 6 HSP esto equivale a 6 horas de sol, que multiplicado por el parámetro de la irradiación que es $1000\ \text{W/m}^2$, un panel solar habrá generado $6\ 000\ \text{Wh/m}^2$ (Buele y Chazi, 2019).

Figura 2

Horas de sol pico que incide sobre el panel solar durante el día



Nota. Reproducido de horas sol pico, Pareja (2016).

2.2.5. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico

Según Mejía (2019) y Ndagijimana y Kunjithapathan (2019) para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo primeramente se determina la radiación solar del lugar, y la demanda eléctrica; posteriormente se dimensiona cada componente del sistema fotovoltaico; tales como campo de generación, banco de baterías, reguladores, inversores, y finalmente el sistema de protecciones eléctricas y conductores eléctricos. Así mismo Mbinkar et al. (2021), el sobredimensionamiento innecesario de un sistema fotovoltaico autónomo aumenta el costo del proyecto y puede conducir al desperdicio de recursos, a la frustración del usuario por la insatisfacción con la calidad y el alto costo del servicio brindado.

2.2.6. Suministro de energía eléctrica

Constituye un sistema integrado de medios y elementos útiles para la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, este sistema también cuenta con mecanismos de control, seguridad y protección para alargar la vida útil del sistema eléctrico y garantizar un buen servicio final a los consumidores ya sean regulados y libres (Ruiz y Mimbela, 2021). Además, en el suministro de la energía eléctrica, la electricidad es un fenómeno natural, existente en la sociedad, permitiendo desarrollar diversas actividades. Para el aprovechamiento como forma de energía se debe obtener

artificialmente en las centrales eléctricas y transportarse hasta los consumidores finales (Red Eléctrica de España, 2009).

2.2.7. Red de distribución eléctrica secundaria

Viene a ser un conjunto de conductores que operan a tensiones normalizadas en baja tensión, y se genera a partir la red de distribución primaria. Las redes de distribución secundaria comprenden las redes aéreas y subterráneas y tiene la finalidad de distribuir la energía eléctrica asía los consumidores. La red secundaria también comprende la red de alumbrado público, red de servicio particular, cables, postes, aisladores, retenidas, acometidas y distancias mínimas de seguridad (MINEM, 2011).

2.3. Definición de términos

Sistema fotovoltaico: diseño estructurado de varios componentes que tiene la finalidad de captar la radiación solar, luego transfórmala en electricidad, almacenar y abastecer energía eléctrica a las diferentes fuentes de utilización de este tipo de energía (Cuenca, 2018).

Energía eléctrica: es el flujo de electrones que fluye mediante el diámetro de un conductor (MINEM, 2011).

Radiación solar: es aquella energía que se desprende del sol y alcanza la tierra de tres formas, tales como: radiación directa, difusa y albedo (Cuenca, 2018).

Irradiancia: es la potencia que un módulo fotovoltaico que recibe por emisión del sol. El parámetro característico en la cual este fabricado un panel solar es mil vatios metro cuadrado $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$ cuando no hay interferencia por las nubes, la unidad de medida es W/m^2 (Castejón y Santamaria, 2010; Cantos, 2016, p. 16).

Irradiación: está definida como la energía que caen en un panel solar en un determinado tiempo, ya sea en una hora, semana, etc. su unidad de medía es Wh/m^2 (Morillo y Ayala, 2021).

Horas sol pico: determina las horas de sol al día respecto a una irradiancia de $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$ parámetro en la cual este fabricado un panel solar. Por lo tanto, si existe 5 horas de sol, un panel solar generará $5\ 000\ \text{Wh}/\text{m}^2$ (Buele y Chazi, 2019).

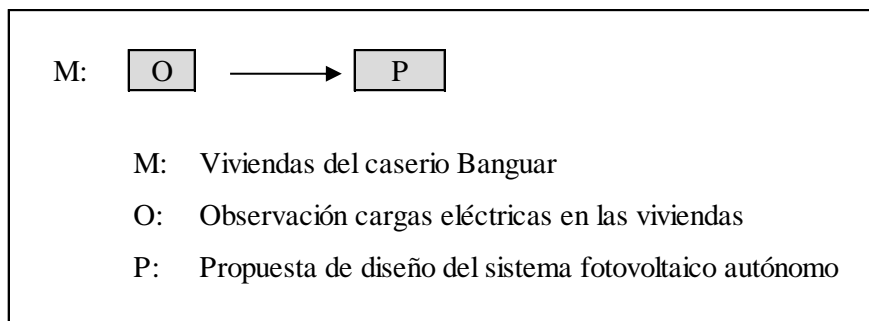
III. Material y métodos

3.1. Diseño de investigación

Según Arias (2021), y Hernández (2014), existe el diseño experimental y el diseño no experimental, en el mismo contexto el diseño de investigación es el modelo, plan, estrategia, procedimientos que adopta el investigador con la finalidad de obtener la información que se busca, con el único objetivo de responder al planteamiento del problema. Dado el contexto de los objetivos planteados y la metodología establecida, de acuerdo a la orientación es una investigación básica, no experimental (campo y gabinete), con un nivel de investigación descriptiva. El diseño de la investigación es descriptivo con propuesta de diseño.

Figura 3

Diseño de la investigación



Nota. Diseño de investigación descriptivo con propuesta de diseño.

3.2. Población, muestra y muestreo

Según Andino (2012), la población, se le conoce como el universo, es el conjunto finito o infinito de elementos u objetos de referencia, que presentan una característica común y sobre el que se realizan las observaciones propias de la investigación, así mismo, indica que la muestra, es una parte representativa de la población a estudiar. Según Tamayo (2001), el muestreo, es un procedimiento para conocer algunas características de la población con base en una muestra extraída de ella.

Población

- Nivel de radiación solar en el caserío Banguar del distrito de Cumba, Utcubamba.

- Viviendas del caserío Banguar del distrito de Cumba, Utcubamba.

Muestra

- Nivel de radiación solar en el caserío Banguar, del distrito de Cumba, Utcubamba en el año 2022.
- Viviendas del caserío Banguar del distrito de Cumba, Utcubamba en el año 2022.

Muestreo

- Muestreo no probabilístico, intencional, debido a factores de tiempo y de recursos económicos.

3.3. Variables de estudio

Variable dependiente: Energía eléctrica

Variable independiente: Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo.

3.3.1. Operacionalización de variables

En la Tabla 3 se muestra la operacionalización de las variables.

Tabla 3

Operacionalización de las variables

Ítem	Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores
01	Independiente	Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo	Radiación solar.	Radiación solar (kWh/m ² /día)
			Angulo óptimo de inclinación.	Ángulo de inclinación (β)
			Paneles solares.	Potencia (W)
			Almacenamiento.	Capacidad (Ah)
			Regulador de carga.	Corriente (A)
			Inversor.	Potencia (W)
			Conductores.	Calibre (mm ²)
02	Dependiente	Energía eléctrica	Viviendas	Nº de viviendas
			Cargas especiales	Potencia (Wh/día)

Nota. Muestra el tipo de variable, variable, las dimensiones e indicadores.

3.4. Fuentes de información

Fuente de información primaria, es la recolección de datos de la investigación de campo, como los datos de las cargas a instalarse en el caserío, número de usuarios. En el mismo contexto, las fuentes de información para la investigación de gabinete, es la recopilación de datos de radiación solar para las coordenadas -5.90612 latitud y -78.56346 longitud, estos datos se obtuvieron del aplicativo NASA; para los datos de crecimiento poblacional del caserío Banguar y para establecer la demanda proyectada a 20 años, se adoptó el censo del distrito de Cumba, mediante la consulta al Instituto de Estadísticas e Informática (INEI). Las fuentes de información secundaria, se obtuvieron en repositorios de Universidades, Scielo, Science Direct, Sci-Hub, y libros.

3.5. Métodos

En este caso de estudio el método es el inductivo y deductivo, la deducción es un procedimiento, mediante el cual se pasa de un conocimiento general a otro de menor nivel. Según Dávila (2006), la deducción en proyectos de sistemas fotovoltaicos parte de características generales, por ejemplo, la radiación solar que alcanza la superficie terrestre, que, mediante un software o un aplicativo Web, permite conocer hechos particulares como es la radiación solar en un punto exacto, en este caso de estudio mediante el aplicativo NASA, permitió determinar la radiación solar en el caserío Banguar durante el año 2022.

Así mismo como segundo método a utilizar es el método descriptivo, según Ñaupas (2014), “este método en un proyecto permite tener una observación directa, interpretar y exponer la información recopilada”. Mediante este método permitió conocer la realidad del caserío Banguar mediante la observación directa, interpretar el estilo de vida de los pobladores y exponer la información obtenida como el número de viviendas, el número de habitantes por vivienda y población en general, además aplicando este método permitió adoptar información, conocimientos, aportados por diversos autores, que han desarrollado estudios basado en el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo.

3.6. Técnicas e instrumentos

En la investigación, las técnicas de recolección de información vienen hacer el conjunto de instrumentos en el cual se desarrolla el método, así mismo, las técnicas en la

investigación es una etapa donde se verifican y se transforman los datos, con la finalidad de resaltar información útil, dando lugar, a una sugerencia como conclusión y genera una idea para la mejor toma de decisión, mientras tanto, el instrumento viene hacer el material, recurso o medio que se utiliza para la recopilación y almacenamiento de información de la investigación, para luego dicha información pase a ser procesada y esto ayudará a desarrollar la investigación (Hernández y Duana, 2020).

a) Técnicas

Observación

La técnica de observación y el instrumento utilizado, permitió recopilar información sobre el número de viviendas, nombre y coordenadas de los usuarios, así mismo los equipos que se tendrán las cargas especiales cuando el caserío Banguar este electrificado (iglesia, local comunal, y las instituciones educativas), también se describió la potencia correspondiente a cada equipo.

Análisis de documentos

La técnica análisis de documentos y el instrumento utilizado, permitió obtener información de la radiación solar en kWh/m²/día, que recae en el caserío Banguar, en sus coordenadas de latitud y longitud, haciendo uso del aplicativo NASA. Además, mediante esta técnica, basado en el acervo de libro, artículos, tesis, catálogos, se recopiló información, parámetros, antecedentes a considerar para el diseño de sistema fotovoltaico autónomo.

b) Instrumentos

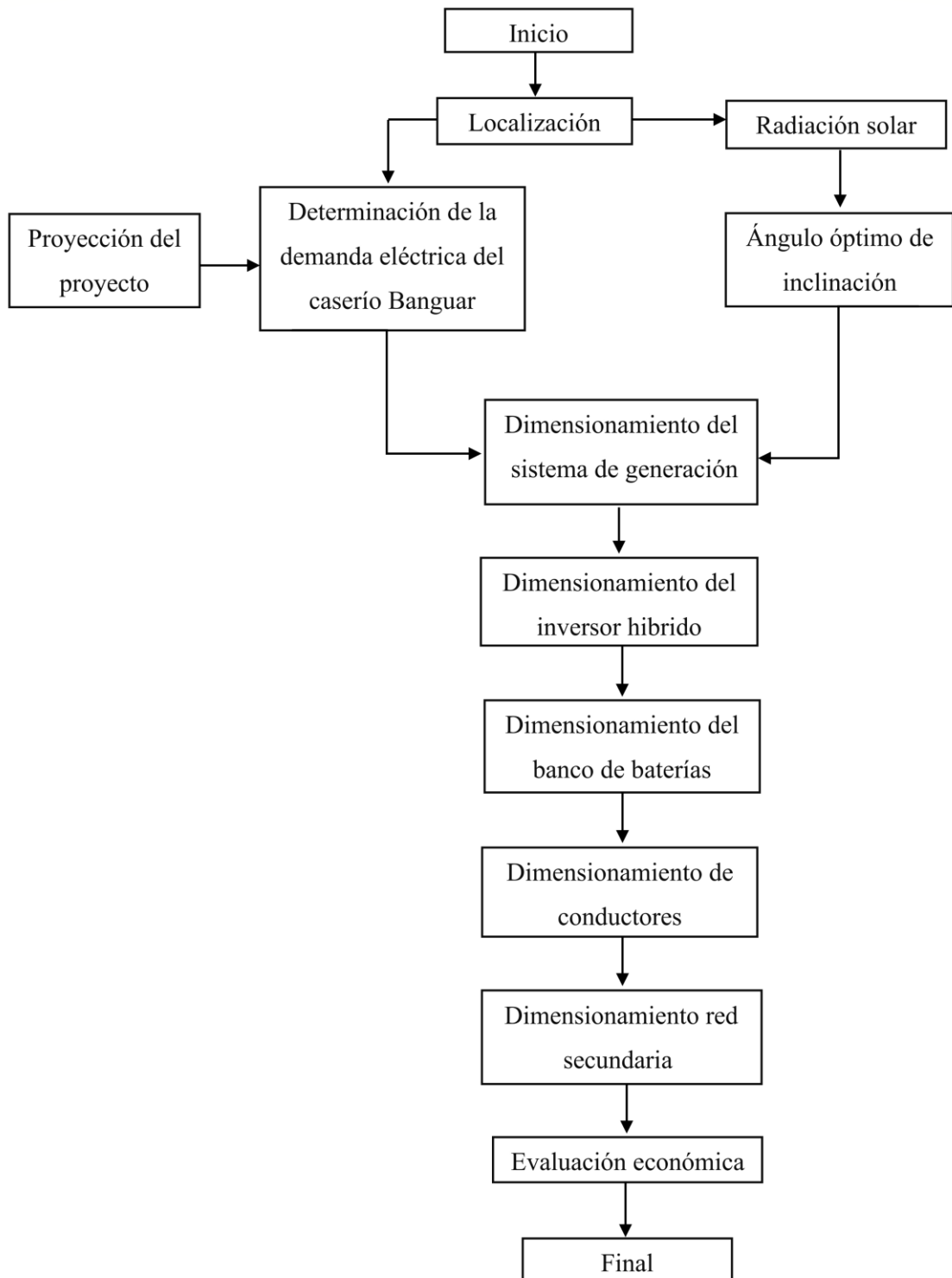
- Guía de registro del número de viviendas y cargas especiales
- Guía de demanda de energía eléctrica de cargas especiales
- Ficha de registro de radiación solar

3.7. Procedimientos

La investigación se desarrolló manera secuencial tomando en cuenta los objetivos específicos, el procedimiento se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Procedimiento de cálculo para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico



Nota. Muestra el proceso de diseño del sistema fotovoltaico.

3.8. Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó mediante el análisis de estadística descriptiva dado a que permite la metodología para la distribución de los datos recolectados, mediante la distribución de frecuencias que se expresó en gráfica de barras y para procesar dichos datos se utilizó el Software Excel.

3.9. Consideraciones éticas

La tesis se fortalecerá con investigaciones anteriores y se utilizó como antecedentes, por lo tanto, se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, respetando de este modo el derecho de autor. La estructura del informe se determinó según lo estipulado por el Reglamento del Instituto de Investigación de la Universidad Politécnica Amazónica. Respecto a las visitas al caserío Banguar se realizó con respeto, cordialidad y sin vulnerar sus derechos de los pobladores.

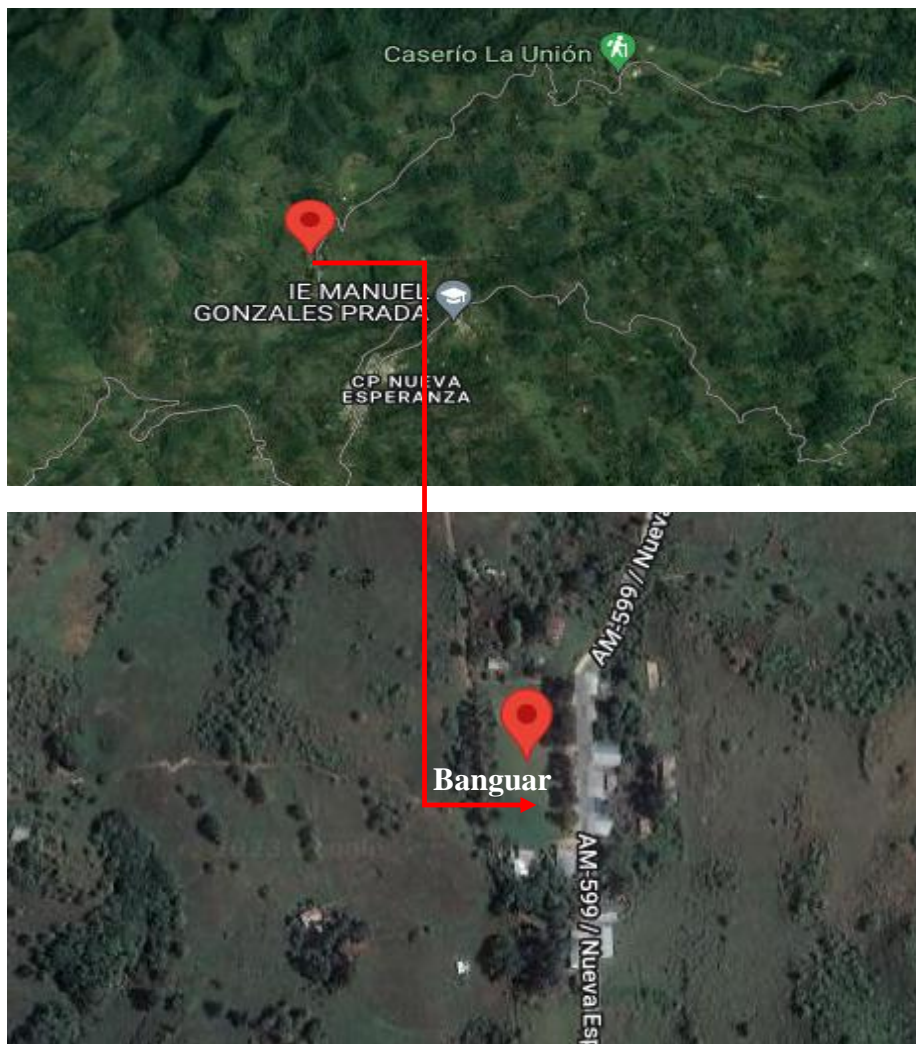
IV. Resultados

4.1. Recurso solar disponible en el caserío Banguar

La evaluación del recurso solar de la zona, primero se hizo uso del aplicativo NASA para determinar las características geográficas del caserío Banguar como se puede apreciar en la Figura 5, además en la Tabla 4 se determinan las coordenadas correspondientes a la ubicación del caserío.

Figura 5

Ubicación geográfica del caserío Banguar



Nota. Adaptado del aplicativo NASA (2022).

Tabla 4*Ubicación geográfica del caserío Banguar*

Coordenadas		
Longitud	X	-78.56346
Latitud	Y	-5.90612
Altura		1899.50 msnm

Considerando estas coordenadas se ingresó al aplicativo NASA para recopilar la data de radiación solar diaria promedio correspondiente al caserío Banguar. En la Tabla 5 se muestra la radiación solar diaria promedio en kWh/m²/día para diferentes ángulos de inclinación. La data se tomó el 02 de enero del año 2023.

Tabla 5*Radiación promedio diaria en el caserío Banguar en el año 2022 (kWh/m²/día)*

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
G _{dm} (0°)	4.09	3.83	3.99	4.07	3.88	3.87	3.85	4.41	4.41	4.74	4.65	4.40
G _{dm} (5.91°)	4.01	3.78	3.98	4.10	3.96	3.97	3.95	4.49	4.42	4.69	4.57	4.30
G _{dm} (9.09°)	3.96	3.76	3.97	4.11	4.00	4.03	4.00	4.54	4.43	4.67	4.52	4.25
G _{dm} (20.91°)	3.69	3.59	3.85	4.08	4.06	4.15	4.1	4.58	4.35	4.46	4.23	3.94
G _{dm} (90°)	1.49	1.46	1.59	2.02	2.30	2.54	2.44	2.36	1.79	1.55	1.61	1.60

Nota: Datos tomados del aplicativo NASA (2022).

a) Ángulo óptimo de inclinación

Según Castejón y Santamaria (2010), para determinar la inclinación óptima anual de los paneles fotovoltaicos, se puede aplicar con gran certeza la Ecuación (2), el cual está basado en evaluaciones estadísticas efectuadas en zonas de distintas latitudes. El ángulo óptimo de inclinación calculado es 7.78°, este ángulo es la inclinación óptima en la cual los paneles solares deben estar instalados, para así poder captar la mayor cantidad de radiación durante el día.

$$\beta_{\text{opt}} = 3.7 + 0.69 |\varphi| \quad (2)$$

$$\beta_{\text{opt}} = 3.7 + 0.69 |-5.90612|$$

$$\beta_{\text{opt}} = 7.78^\circ$$

Donde:

β_{opt} : Ángulo óptimo de inclinación

$|\varphi|$: Latitud del lugar

La radiación solar para el ángulo óptimo de inclinación 7.78° , se obtuvo interpolando los valores de radiación del ángulo 5.91° correspondiente a la latitud del caserío Banguar y el ángulo 9.09° . La Tabla 6 muestra los resultados de la radiación solar mediante la interpolación de ángulos.

Tabla 6

Radiación promedio diaria para el ángulo óptimo 7.78° , caserío Banguar

(kWh/m²/día)

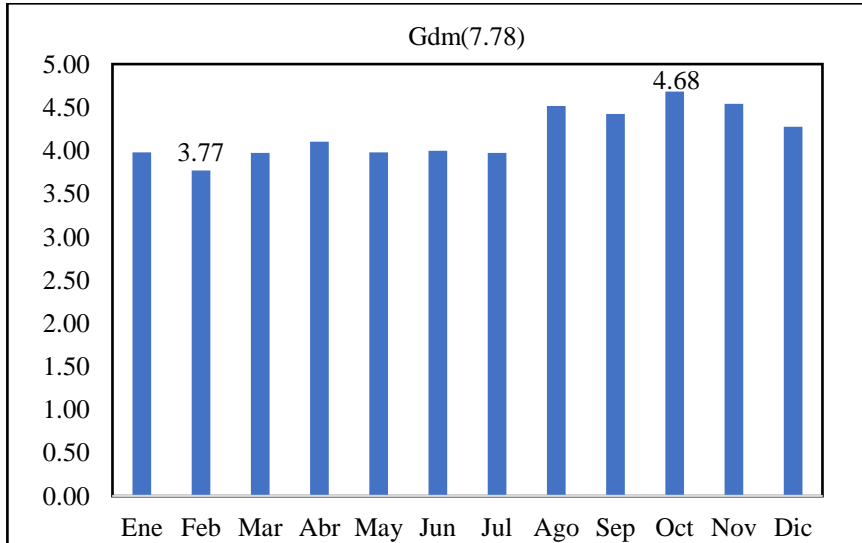
Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$G_{dm}(5.91^\circ)$	4.01	3.78	3.98	4.10	3.96	3.97	3.95	4.49	4.42	4.69	4.57	4.30
$G_{dm}(7.78^\circ)$	3.98	3.77	3.97	4.11	3.98	4.01	3.98	4.52	4.43	4.68	4.54	4.27
$G_{dm}(9.09^\circ)$	3.96	3.76	3.97	4.11	4.00	4.03	4.00	4.54	4.43	4.67	4.52	4.25

Nota. Datos tomados del aplicativo NASA (2022).

En el mismo contexto se analizó los datos obtenidos de la radiación solar promedio diaria, para el ángulo óptimo de inclinación 7.78° , se puede verificar que la radiación solar más desfavorable o crítica se genera en el mes de febrero teniendo una radiación de $3.77 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ y el mes más favorable tiene una radiación solar de $4.68 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ correspondiente al mes de octubre, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6

*Radiación promedio diaria para el ángulo óptimo 7.78°, caserío Banguar
kWh/m²/día*



Nota. Datos tomados del aplicativo NASA (2022).

4.2. Determinación de la demanda eléctrica del caserío Banguar

a) Proyección del proyecto

Los fabricantes de componentes de sistemas fotovoltaicos en especial los de paneles solares, indican que el tiempo de vida útil del panel solar es de 20 años, por tal motivo se ha adoptado dichos años para la proyección del proyecto. Según Espinoza y Zanoni (2021), la proyección de un proyecto está determinado por el tiempo de vida o ciclo de vida, en este caso, el horizonte o periodo de utilización de la infraestructura y equipos que conforman el sistema fotovoltaico determinará dicho periodo, que en términos generales es del orden de 20 años.

El tiempo de vida de un sistema de generación fotovoltaica está determinada por la Ley de concesiones eléctricas la cual establece que la proyección para este tipo de proyectos debe ser de 20 años. A si la demanda eléctrica que requerirá el caserío Banguar es una demanda proyectada a 20 años según el crecimiento poblacional de la zona. Actualmente en el caserío se tiene un total de 13 viviendas y 4 instituciones, como se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7*Usuarios del caserío Banguar en el año 2022*

Ítem	Edificación	Cantidad	
1	Vivienda unifamiliar	13	76%
2	Colegios	2	12%
3	Local comunal	1	6%
4	Iglesia	1	6%
Total		17	100%

Nota. El caserío Banguar cuenta con diecisiete usuarios.

Los datos de población se adoptaron del distrito de Cumba al cual pertenece el caserío Banguar debido a que no existe registro de censos del caserío. El registro de censos del INEI, se tomaron con una data de los años 2007 y 2017 como se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8*Población Censada del Distrito de Cumba*

Censo (Año)	Población
2007	2754
2017	3014

Nota. Adaptado de censo población, INEI (2007; 2017).

El aumento de la demanda de energía eléctrica proyectado a 20 años se deberá al crecimiento poblacional del caserío Banguar. Mediante la Ecuación (3) se estima la tasa de crecimiento poblacional, obteniendo como resultado, que la tasa de crecimiento poblacional para el caserío Banguar es de 0.906.

$$TCD = \left(\left(\frac{P^{t+n}}{P^T} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) 100 \quad (3)$$

$$TCD = \left(\left(\frac{3014}{2754} \right)^{\frac{1}{10}} - 1 \right) 100$$

$$TCD = 0.906$$

Donde:

TCD : Tasa de crecimiento poblacional

P^{t+n} : Población final en el periodo de referencia

P^T : Población inicial en el periodo de referencia

n : Años transcurridos entre el intervalo o periodo

El promedio de personas por vivienda para el año cero es de 4 habitantes vivienda, por lo tanto, estimada la tasa de crecimiento poblacional, se determinó el número de habitantes en el año cero y su proyección para los 20 años futuros, así mismo, se dimensionó el número de viviendas tanto para el año cero y su proyección a 20 años. La Tabla 9 muestra los resultados de cálculo.

Tabla 9

Crecimiento de población y viviendas para los 20 años futuros

Año	Número de habitantes	Número de viviendas
0	52	13
1	52	13
2	53	13
3	53	13
4	54	13
5	54	14
6	55	14
7	55	14
8	56	14
9	56	14
10	57	14
11	57	14
12	58	14
13	58	15
14	59	15
15	60	15
16	60	15
17	61	15
18	61	15
19	62	15
20	62	16

Nota. En el año 20 se contará con 62 habitantes y 16 viviendas.

b) Puntos de iluminación

Al considerar que el caserío Banguar ya dispondrá de energía se establece que también deberá tener alumbrado público. Por ende, los puntos de iluminación se dimensionarán según MINEM (2003), en su norma DGER 017-2003-EM “alumbrado de vías públicas en áreas rurales”. Mediante la Ecuación (4) se calculó el consumo mensual de alumbrado público, considerando que el caserío Banguar cuenta con 17 usuarios. Las zonas rurales están consideradas dentro del sector de distribución tipo 5, y para ello el KALP es 6.3.

$$\text{CMAP} = \text{KALP} \times \text{NU} \quad (4)$$

$$\text{CMAP} = 6.3 \times 17$$

$$\text{CMAP} = 107.1 \text{ kWh}$$

Donde:

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh

KALP : Factor de AP en kWh/usuario-mes.

NU : Número de usuarios de la localidad

Considerando que el alumbrado público trabajara durante 12 horas, según la norma DGE “alumbrado de vías públicas en áreas rurales” se dimensiono la cantidad de puntos de alumbrado público considerando un mes promedio de 30 días. Este dimensionamiento se desarrolló mediante la Ecuación (5), obteniendo como resultado 4.958 puntos de iluminación, por lo tanto, se considera 5 puntos de iluminación.

$$\text{PI} = \frac{1000 \times \text{CMAP}}{\text{NHMAP} \times \text{PPL}} \quad (5)$$

$$\text{PI} = \frac{1000 \times 107.1}{360 \times 60}$$

$$\text{PI} = 4.958 \approx 5$$

Donde:

PI : Puntos de iluminación.

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh.

NHMAP : Número de horas mensuales del servicio alumbrado público en horas/mes.

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

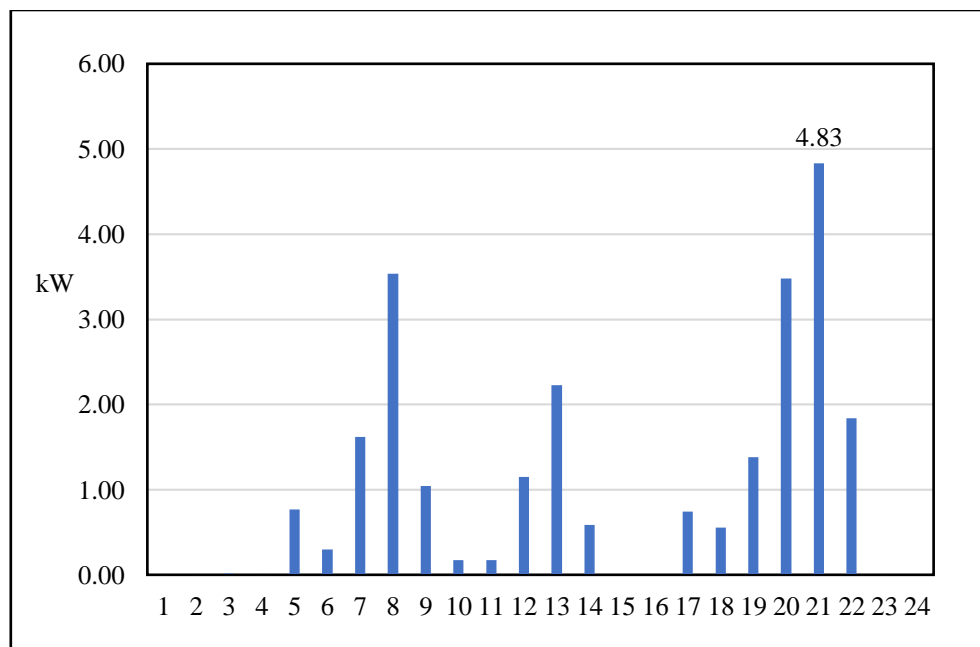
c) Diagramas de carga diario

Es la representación gráfica de cómo varía la demanda o carga eléctrica en el transcurso del tiempo. El intervalo de tiempo a elegir para realizar el análisis, puede ser diario, semanal, mensual, anual.

En la Figura 7, se muestra un diagrama de carga diario para el servicio particular; y en la Figura 8, el diagrama de carga diario para el alumbrado público para el caserío Banguar.

Figura 7

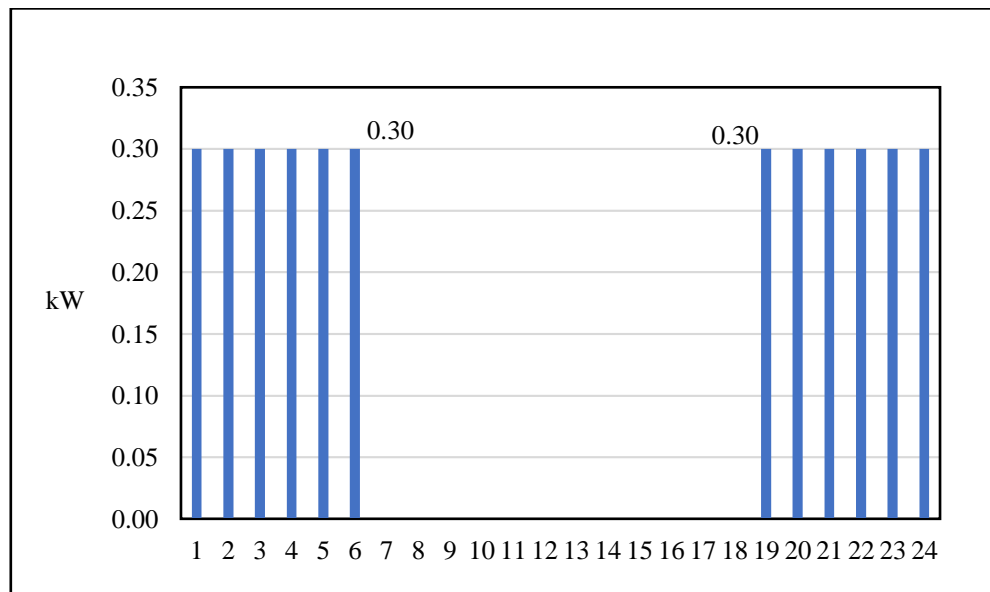
Diagrama de carga diario del caserío Banguar



Nota. Muestra el diagrama de carga diario servicio particular.

Figura 8

Diagrama de carga diario del alumbrado publico



Nota. Muestra el diagrama de carga diario para 12 horas de alumbrado público

d) Máxima demanda

La máxima demanda eléctrica del caserío Banguar, proyectado a 20 años, se dimensiono, según el Ministerio de Energía y Minas (2003), DGER “Bases para el Diseño de Líneas y Redes Secundarias con Conductores Autoportantes para Electrificación Rural”, en el mismo contexto, de acuerdo a la normativa, el caserío Banguar es una localidad de tipo II, por lo tanto, la calificación eléctrica correspondiente para las viviendas es de 400 W con un factor de simultaneidad de 0.5. Para el alumbrado público se consideró un factor de simultaneidad de 1. Las cargas especiales serán dependientes de sus consumos con un factor de simultaneidad de 1. También se consideró un 5% por perdidas de distribución en la red secundaria. En la Tabla 10 se muestra la máxima demanda eléctrica total del caserío Banguar.

Tabla 10*Máxima demanda total del caserío Banguar*

Item	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	F.s	Horas /día	Máxima demanda parcial (W)	Energía (Wh/día)
1	Viviendas	16	400	0.5	8	3200	25600
2	Local comunal	1	620	1	2	620	1240
3	I.E Primaria	1	365	1	6	365	2190
4	I.E Inicial	1	305	1	5	305	1525
5	Iglesia católica	1	340	1	3	340	1020
6	Alumbrado publico	5	60	1	12	300	3600
Potencia instalada (kW)					8.33		
Máxima demanda (kW)					5.13		
Perdidas por distribución (5%)					0.26		
Total, máxima demanda (kW)					5.39		
Total, Energía (kWh/día)					35.18		

Nota. F.s, es el factor de simultaneidad. 0.5 para viviendas, y 1 para cargas especiales y alumbrado público.

Con la proyección del proyecto a 20 años se obtiene una máxima demanda eléctrica creciente en el transcurso del tiempo a consecuencia del aumento de las viviendas. El caserío Banguar en el año 0, cuenta con 13 viviendas, al proyectarlo a 20 años que viene a ser el tiempo de vida útil de algunos componentes del sistema fotovoltaico autónomo, el caserío contara con 16 viviendas, mientras tanto las instituciones del caserío en 20 años serán igual al año 0 por lo que no se provee de información de su crecimiento. Por lo tanto, la máxima demanda eléctrica del caserío Banguar es de 35.18 kWh/día.

4.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el caserío Banguar

a) Rendimiento global del sistema

La base para el diseño de un sistema de generación fotovoltaico autónomo es la energía que se va a consumir, esta energía calculada con anterioridad no es necesariamente la que se requiere almacenar en el banco de baterías, debido a que en el sistema fotovoltaicos existen pérdidas generadas por los equipos que forman parte

de la instalación fotovoltaica. Según Alvarado (2018), en la Tabla 11 muestra los factores de pérdida de los equipos del sistema fotovoltaico, por lo tanto, el cálculo del rendimiento global del sistema, se realizó mediante la Ecuación (6), exceptuando la profundidad de descarga, según MINEM (2005) y Pareja (2016), “la profundidad de descarga debe ser el 80% de su capacidad nominal”.

Tabla 11

Rendimiento global del sistema fotovoltaico

Factor	Descripción del factor	Valor predeterminado
k_b Factor de pérdidas en el conjunto de baterías		
	Baterías nuevas, sin descargas profundas	0.05
	Baterías viejas, descargas profundas	0.1
k_i Factor de pérdidas del inversor		
	No hay inversor en la instalación	0
	Rendimiento inversor 95%	0.05
	Rendimiento inversor 90%	0.1
	Rendimiento inversor 85%	0.15
	Rendimiento inversor < 85%	0.2
k_r Perdidas en el controlador de carga		
	Controlador de carga eficiente	0.1
	Controlador de carga antiguo, poco eficiente	0.15
k_v Factor de pérdidas varias (efecto Joule, caídas de tensión, etcétera)		
	Si no se han tenido en cuenta pérdidas en cableado y equipos	0.1
	Si ya se ha realizado un estudio detallado de pérdidas	0.05
k_a Coeficiente de autodescarga diaria de las baterías		
	Baterías de baja autodescarga, sin mantenimiento	0.002
	Baterías estacionarias de energía solar	0.005
	Baterías de alta descarga	0.012
N Número de días de autonomía		
	Vivienda fines de semana	3
	Vivienda habitual	5
	Instalaciones especiales con servicio prioritario	15
	Instalaciones especiales alta fiabilidad	20
P_d Profundidad de descarga de las baterías		0.8

Nota. Datos, rendimiento global del sistema, reproducido de Alvarado (2018).

$$R = (1 - k_b - k_i - k_r - k_v)(1 - k_a \frac{N}{P_d}) \quad (6)$$

$$R = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.1)(1 - 0.005 \frac{1}{0.8})$$

$$R = 0.795$$

b) Energía de diseño

Después de estimarse el rendimiento global del sistema, la demanda eléctrica proyectada a 20 años se debe reajustar. A este nuevo cálculo de la máxima demanda eléctrica se le denomina energía de diseño, por lo tanto, mediante la Ecuación (7) convirtiendo la energía teórica a energía de diseño obtenemos como resultado que la energía de diseño es de 44.64 kWh/día.

$$E_{\text{diseño}} = \frac{E_{\text{teórica}}}{R} \quad (7)$$

$$E_{\text{diseño}} = \frac{35.18}{0.788}$$

$$E_{\text{diseño}} = 44.64 \text{ kWh/día}$$

Donde:

$E_{\text{diseño}}$: Energía de diseño en kWh/día

$E_{\text{teórica}}$: Energía teórica en kWh/día

R : Rendimiento global del sistema

c) Dimensionamiento de la potencia del campo solar

En primera instancia se determina las horas solares pico (HSP) las cuales se calcula considerando la radiación más crítica presente en el caserío Banguar que es de 3.77 kWh/m²/día correspondiente al mes de febrero del 2022, con esta radiación se calculó el proyecto para que se pueda solventar el requerimiento de potencia y energía, y en el mes de mayor radiación se obtenga mucha más energía de la requerida. Según Cantos (2016), para el dimensionamiento de las horas solar pico se toma, la irradiancia de 1000 W/m² parámetro en la cual se encuentran fabricado los paneles solares. Las HSP se determinaron con la Ecuación (8).

$$HSP = \frac{R_d}{I_r} \quad (8)$$

$$\text{HSP} = \frac{3.77 \times 1000}{1000}$$

$$\text{HSP} = 3.77$$

Donde:

HSP : Hora solar pico

Rd : Radiación en kWh/m²

Ir : Irradiancia en W/m²

Después de cuantificar las horas solar pico, se determinó la potencia del campo solar. Según Cantos (2016), mediante la Ecuación (9), de tal manera que la potencia del campo solar correspondiente al caserío Banguar es 11.85 kW.

$$P_{c,solar} = \frac{E_{diseño}}{\text{HPS}} \quad (9)$$

$$P_{c,solar} = \frac{44.64}{3.77}$$

$$P_{c,solar} = 11.85 \text{ kW}$$

Donde:

P_{c,solar} : Potencia del campo solar

E_{diseño} : Energía de diseño en kWh/día

HPS : Horas solar pico en h/día

d) Dimensionamiento del inversor

Según Pareja (2016), el inversor se seleccionará con una potencia nominal superior a todas las cargas en corrientes alterna de la instalación fotovoltaica, además para la selección del inversor se tiene que tener en cuenta el escenario más crítico, es decir cuando todos los equipos consumidores estén conectados al mismo tiempo. La máxima demanda estimada es de 5.39 kW, y la potencia instalada del caserío es de 8.33 kW. Para la selección del inversor, se toma en cuenta el caso más crítico de que todos los equipos consumidores estén conectados al mismo tiempo, y la potencia pico calculada del campo solar (11.85 kW). Para sistemas eléctricos rurales de distribución secundaria las tensiones homologadas son 440/220 V, y 380/220 V. El caserío Banguar, se ubica en una zona netamente rural, no se pudo encontrar en el

mercado un inversor con una tensión 440/220 V; por lo tanto, se consideró un inversor híbrido comercial de tensión 380/220 V, con una potencia de 10 kW de salida, en la Tabla 12 se muestran los parámetros técnicos del inversor seleccionado.

Tabla 12

Datos técnicos del inversor híbrido seleccionado

	Descripción	Parámetros
	Potencia máxima (Wp)	A:8000/B:5000
	Tensión máxima (V)	1000
	Tensión nominal (V)	720
	Rango de tensión de operación MPPT (V)	180-950
Entrada (DC)	Tensión de entrada mínima (V)	180
	Intensidad máxima por MPPT (A)	A:20/B:11
	Intensidad máxima de cortocircuito por MPPT	A:23/B:24
	Cantidad de rastreadores MPPT	2
	Número de entradas por MPPT	A:2/B:1
	Conexión a red eléctrica	3 fases
	Potencia nominal (W)	10000
	Intensidad máxima (A)	16
Salida (AC)	Tensión nominal de salida (V)	380/220
	Frecuencia nominal de red (Hz)	50/60
	Eficiencia (%)	97.8
Salida batería (DC)	Rango de voltaje de batería (V)	160-800
	Max. corriente continua de carga/descarga(A)	25

Nota. Datos reproducidos de la ficha técnica del fabricante.

e) **Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico**

Se ha considerado un panel solar monocristalino Era Solar 400 W, de acuerdo a las especificaciones técnicas de la Tabla 13, por ser un uno de los más potentes en su gama, y que garantiza una alta eficiencia en climas críticos. Para determinar el total de paneles solares, se consideró la potencia del campo solar y la potencia del panel seleccionado. Según Cantos (2016), el cálculo se desarrolló mediante la Ecuación (10), obteniendo como resultado un total 29.61 paneles solares, para el proyecto se considera 30 paneles.

Tabla 13*Datos técnicos panel solar seleccionado*

Descripción	Parámetros
Potencia del Panel Solar	400W
Tensión Máxima Potencia	41.7 V
Corriente en Cortocircuito ISC	10.36A
Eficiencia del Módulo	20.17%
Amperios Máximos de Salida IMP	9.6A
Tensión en Circuito Abierto	49.8V
Voltaje de Trabajo del Panel Solar	24V

Nota. Datos reproducidos de la ficha técnica del fabricante.

$$N_p = \frac{P_{c,solar}}{P_{pfv}} \quad (10)$$

$$N_p = \frac{11845.94}{400}$$

$$N_p = 29.61 \approx 30$$

Donde:

N_p : Número de paneles

$P_{c,solar}$: Potencia del campo solar en W

P_{pfv} : Potencia del panel fotovoltaico en W

Según Florián (2021), para determinar el rango máximo y mínimo de paneles solares a conectar al inversor seleccionado, se toma parámetros de la ficha técnica del panel solar según Tabla (13) y parámetros técnicos del inversor híbrido, según Tabla (12). Por lo tanto, el dimensionamiento se realizó mediante las Ecuaciones (11) y Ecuación (12).

$$N_{serie,paneles-max MPPT} \leq \frac{V_{DCmax-MPPT Inv}}{V_{max,paneles}} \quad (11)$$

$$N_{serie,paneles-max MPPT} \leq \frac{950}{41.7}$$

$$N_{serie,paneles-max MPPT} \leq 22.78 \approx 22 \text{ paneles}$$

$$N_{serie,paneles-min MPPT} \leq \frac{V_{DCmin-MPPT Inv}}{V_{max,paneles}} \quad (12)$$

$$N_{\text{serie,paneles-min MPPT}} \leq \frac{180}{41.7}$$

$$N_{\text{serie,paneles-min MPPT}} \leq 4.32 \approx 4 \text{ paneles}$$

El inversor híbrido seleccionado según la ficha técnica, tiene incorporado dos reguladores MPPT (seguimiento de punto de máxima potencia). Por lo tanto, para dimensionar el número de paneles en paralelo por cada MPPT del inversor, se tomó la intensidad máxima por cada MPPT del inversor y la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico. El dimensionamiento se obtuvo mediante la Ecuación (13) y (14).

$$N_{\text{paralelo,paneles-max MPPT}} \leq \frac{I_{\text{DCmax-MPPT Inv}}}{I_{\text{sc,paneles}}} \quad (13)$$

$$N_{\text{paralelo,paneles-max MPPT}} \leq \frac{20}{10.36}$$

$$N_{\text{paralelo,paneles-max MPPT}} \leq 1.93 \approx 2 \text{ para el MPPT1}$$

$$N_{\text{paralelo,paneles-max MPPT}} \leq \frac{11}{10.36} \quad (14)$$

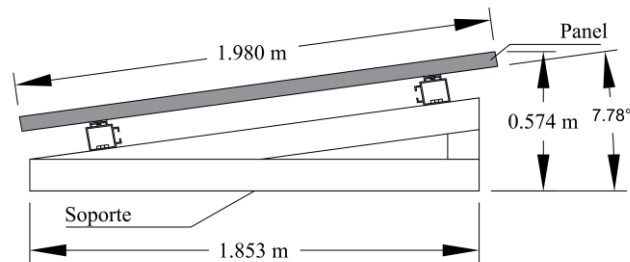
$$N_{\text{paralelo,paneles-max MPPT}} \leq 1.06 \approx 1 \text{ para el MPPT2}$$

Según el cálculo realizado para el sistema fotovoltaico autónomo se requiere 30 paneles solares, por lo tanto, en la entrada del MPPT1, con un arreglo de 10 paneles en serie y 2 en paneles en paralelo, mientras tanto para la entrada del MPPT2 el número de paneles solares son 10 en serie y 1 panel en paralelo. El sistema fotovoltaico según el arreglo de paneles solares, la tensión de generación de sistema fotovoltaico autónomo obtenido es de 417 V, valor que se encuentra dentro del rango del inversor híbrido. De tal manera para el MPPT1 la potencia de generación es de 8 kW y para el MPPT2, la potencia de generación es de 4 kW, estos resultados indican que las potencias límites de entras al inversor para cada MPPT si cumplen.

Las sombras en el sistema fotovoltaico autónomo tales como los objetos aledaños, los árboles, la sombra de paneles vecinos, afectan en el rendimiento del panel solar, para ello se deben dimensionar la distancia adecuada entre paneles. Mediante una modelación en el programa de dibujo AutoCAD se pudo establecer la altura de la sombra que se genera en la instalación de cada panel

Figura 9

Topología de un panel solar sobre un soporte metálico.



Nota. Muestra las dimensiones del panel solar y estructura de soporte.

Como se aprecia en la Figura 9, el panel solar tiene una inclinación óptima de 7.78° , la altura máxima que alcanza el panel solar es de 0.574 m. Según Castejón y Santamaria (2010), el factor de sombra k , se calcula mediante la Ecuación (15).

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \quad (15)$$

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - (-5.9134))}$$

$$k = 0.426$$

Donde:

k : Factor de distancia

latitud : Latitud del lugar

Mediante la Ecuación (16), se determina la distancia de separación de los paneles solares mediante el producto de la altura y el factor de distancia, se obtiene que la distancia entre paneles solares es de 242.27 mm.

$$d = k \times h \cos(\beta) \quad (16)$$

$$d = 0.426 \times 574 \cos(7.78)$$

$$d = 242.27 \text{ mm}$$

f) Dimensionamiento de baterías

En la Tabla 14 se muestra 10 tipos de baterías, el objetivo es seleccionar la batería más económica en los 20 años de proyección que tiene el sistema fotovoltaico.

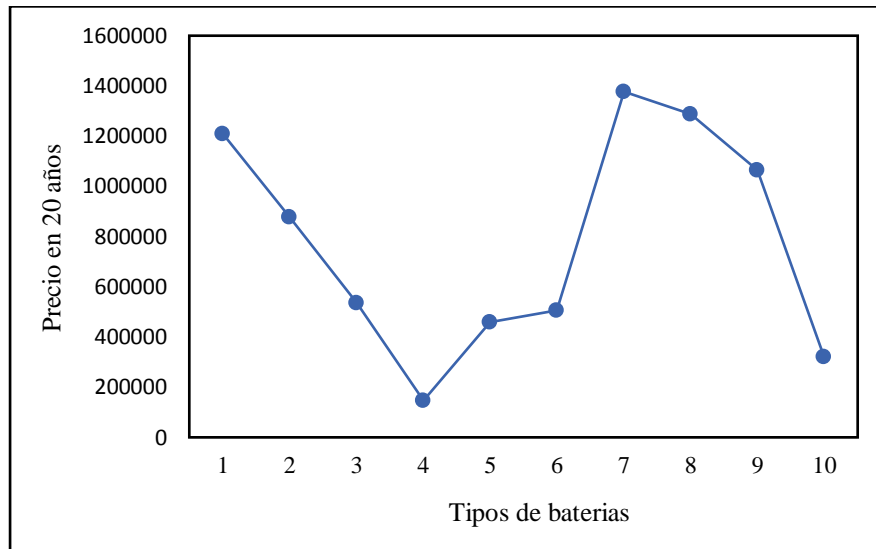
Tabla 14*Características técnicas para la selección de la batería*

Item	Descripción	A	V	N° baterías	P. descarga	Ciclos	Vida Útil	P. unitario S/.	P. sub total S/.	N° reversiones	P. total S/.
1	Batería 250 Ah AGM 12V TFS Upower	250	12	38	80%	470	1	1 673.78	63 603.64	19	1 208 469.16
2	Batería 12V 265 Ah UOPzSU-power	265	12	38	80%	1200	3	3 299.8	12 5392.40	7	87 7746.8
3	Batería Hoppecke Power VL 2-215 48V 280Ah	280	48	10	80%	1500	4	10 735.31	107 353.10	5	536 765.5
4	Batería Litio LG Chem Resu 10H	63	417	3	80%	6000	16	24 400.01	73 200.03	2	146 400.06
5	Batería Litio LG RESU 10 48V	189	48	10	80%	6000	16	22 989.25	229 892.50	2	459 785
6	LG Chem batería Resu 13 batería de litio 6000 ciclos	252	48	10	80%	6000	16	25 352.47	25 3524.70	2	507 049.4
7	Batería 12V 60Ah AGM Ciclo Profundo VISION	60	12	114	80%	470	1	635.38	72 433.32	19	1 376 233.08
8	Batería AGM 12V 138Ah Ultracell UC-138-12	138	12	76	80%	470	1	890.86	67 705.36	19	1 286 401.84
9	Elemento Acumulador TUDOR ENERSOL-T 2V 760Ah	760	2	229	80%	1500	4	930.26	213 029.54	5	1 065 147.7
10	Batería solar Fronius 12.0	16	460	10	80%	8000	22	32 059.07	320 590.70	1	320 590.7

Nota. Datos reproducidos de ficha técnica del fabricante, evaluación a 20 años.

Figura 10

Baterías en función de su costo, en 20 años de proyección



Nota. Muestra que la batería del Item 4 (Batería Litio LG Chem Resu 10H Tipo - R) es la más económica.

Para el dimensionamiento del banco de baterías, de acuerdo a la Figura (10), la batería más económica en 20 años de proyección, resulta ser la batería de marca LG Chem Resu 10H - Tipo R, esta batería es la asumida en el proyecto, cuya capacidad es de 63 Ah, rango de voltaje 350-450 V, estas especificaciones se muestran en la ficha técnica del fabricante Anexo 05. Según Mejía (2019), para dimensionar la capacidad requerida de las baterías y la capacidad nominal del banco de baterías, se realizó mediante la Ecuación (18).

$$C_{\text{req}} = \frac{E_{\text{diseño}}}{V_{\text{nom}}} \quad (18)$$

$$C_{\text{req}} = \frac{44638.32}{417}$$

$$C_{\text{req}} = 107.05 \text{ Ah/día}$$

Donde:

C_{req} : Capacidad requerida en Ah

$E_{\text{diseño}}$: Energía de diseño en kWh/día

V_{nom} : Voltaje nominal del inversor en V

f. s : Factor de perdidas 10%

Según MINEM (2005), el factor de profundidad de descarga máxima diaria será del 80% y su factor de corrección de temperatura es de 90%. Para el caserío Banguar se consideró 1 día de autonomía con la finalidad de no sobredimensionar el sistema fotovoltaico. Según Mejía (2019), con la Ecuación (19) se determinó la capacidad nominal del banco de baterías.

$$C_{B,baterias} = \frac{C_{req} \times N_{d,aut}}{F_{P,m\acute{a}x.DB,d} \times F_{CF}} \quad (19)$$

$$C_{B,baterias} = \frac{107.05 \times 1}{0.8 \times 0.9}$$

$$C_{B,baterias} = 148.68 \text{ Ah}$$

Donde:

$C_{B,baterias}$: Capacidad nominal del banco de baterías en Ah

C_{req} : Capacidad requerida en Ah/día

$N_{d,aut}$: Días de autonomía.

$F_{P,m\acute{a}x.DB,d}$: Factor de profundidad de descarga máxima diaria.

F_{CF} : Factor de corrección por temperatura.

Según Mejía (2019) y IDAE (2009), para cuantificar el número de baterías en paralelo y en serie, se realiza con las ecuaciones (20) y (21). En la Ecuación (21) se considera el voltaje de la batería seleccionada igual al voltaje de generación, que viene a ser 417 V.

$$N_{b,paralelo} = \frac{C_{B,baterias}}{C_{n,bateria}} \quad (20)$$

$$N_{b,paralelo} = \frac{148.68}{63}$$

$$N_{b,paralelo} = 2.36 \approx 3$$

$$N_{b,serie} = \frac{V_{n,baterias}}{V_{n,bateria}} \quad (21)$$

$$N_{b,serie} = \frac{417}{417}$$

$$N_{b,serie} = 1$$

Donde:

$C_{B,baterias}$: Capacidad nominal del banco de baterías en Ah.

$C_{n,bateria}$: Capacidad nominal de la batería seleccionada.

$V_{n,baterias}$: Voltaje nominal del banco de baterías

$V_{n,bateria}$: Voltaje nominal de la batería

g) Cálculo de la sección de conductores

Según Style (2012), para dimensionar la sección de los conductores por cada tramo del sistema fotovoltaico autónomo, la caída de tensión del panel solar al inversor MPPT1 y al MPPT2 es de 3%, del inversor a las baterías es de 1%, y del inversor a la total máxima demanda (cargas en AC) es el 3% del voltaje del sistema. (p.73). El dimensionamiento se realizará mediante las Ecuaciones (22) y (23), los resultados se muestran en la Tabla 15.

$$S_{cable} = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\Delta V} \quad (22)$$

$$S_{cable} = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I \times \cos \phi}{\Delta V} \quad (23)$$

Donde:

L : Longitud en m

I_{max} : Intensidad máxima en A

ΔV : Caída de tensión en V

ρ : Resistividad del material ($\rho_{Cu 75^\circ C} = 0.022 \Omega mm^2/m$)

Tabla 15

Sección de conductores por cada tramo del sistema fotovoltaico

Descripción	Total, long	Potencia W	Voltaje nominal	Intensidad	Caída de tensión admisible máx.	Resistividad del cobre $\Omega mm^2/m$	Sección del conductor (mm^2)	AWG
Panel solar - MPPT1	15.924	8000	417	19.18	3%	0.022	1.07	16
Panel solar - MPPT2	17.654	4000	417	9.59	3%	0.022	0.60	18
Inversor-batería	2.365	12000	417	28.78	1%	0.022	0.72	18
Inversor - tablero de distribución	12	5130	380	13.5	3%	0.022	0.54	18

Nota. La sección de los conductores se muestra en AWG (calibre de alambres estadounidense)

h) Protección del sistema fotovoltaico

Según Pareja (2016), los fusibles y los interruptores termomagnético son equipos que sirven de protección al sistema fotovoltaico autónomo, protegiendo de cortocircuito y sobre tensiones. El dimensionamiento de la protección del sistema fotovoltaico, se determinó mediante las Ecuaciones (24 a 27).

- Fusible en el tramo, panel solar - MPPT1 del inversor

$$I_{\text{fusible-P,MPPT1}} \geq I_{\text{sc,panel}} \times N_{\text{p,paralelo}} \quad (24)$$

$$I_{\text{fusible-P,MPPT1}} \geq 10.36 \times 2$$

$$I_{\text{fusible-P,MPPT1}} \geq 20.72 \text{ A}$$

- Fusible en el tramo, panel solar - MPPT2 del inversor

$$I_{\text{fusible-P,MPPT2}} \geq I_{\text{sc,panel}} \times N_{\text{p,paralelo}} \quad (25)$$

$$I_{\text{fusible-P,MPPT2}} \geq 10.36 \times 1$$

$$I_{\text{fusible-P,MPPT2}} \geq 10.36 \text{ A}$$

- Fusible en el tramo inversor - batería

$$I_{\text{fusible-I,B}} \geq \frac{P_{\text{DC-inv}}}{V_{\text{n-banco de baterias}}} \quad (26)$$

$$I_{\text{fusible-I,B}} \geq \frac{12000}{417}$$

$$I_{\text{fusible-I,B}} \geq 28.78 \text{ A}$$

- Termomagnético, inversor-total máxima demanda (carga CA)

$$I_{\text{termomagnético-I,MD}} \geq \frac{\text{Total}_{\text{MD}}}{\sqrt{3} \times V_{\text{n}}} \quad (27)$$

$$I_{\text{termomagnético-I,MD}} \geq \frac{5386.50}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$I_{\text{termomagnético-I,MD}} \geq 8.18 \text{ A}$$

El sistema fotovoltaico, según al cálculo, se seleccionó fusibles estandarizados del tipo gl cilíndricos, para el tramo panel solar - MPPT1 un fusible de 25 A, para el panel solar - MPPT2 de 12 A, tramo inversor- batería de 30 A, y para el tramo inversor – total máxima demanda (carga CA) se selecciona un interruptor termomagnético trifásico de 10 A.

i) Estructura del soporte

Los paneles solares dimensionados, se anclarán en una estructura metálica de montaje en el suelo, para ello se ha seleccionado estructuras, compuestas de acero galvanizado, con un ángulo de inclinación de $0^\circ - 30^\circ$. Para el proyecto el ángulo óptimo de inclinación es 7.78° , ángulo que se alcanza mediante la estructura seleccionada. La configuración de los paneles para el MPPT1 es [2x10] (panel solar: 1980x1003) y para el MPPT2 es [1x10] (panel solar: 1980x1003).

Figura 11

Estructura de soporte; primera y segunda fila para el MPPT1 y la tercera fila para el MPPT2

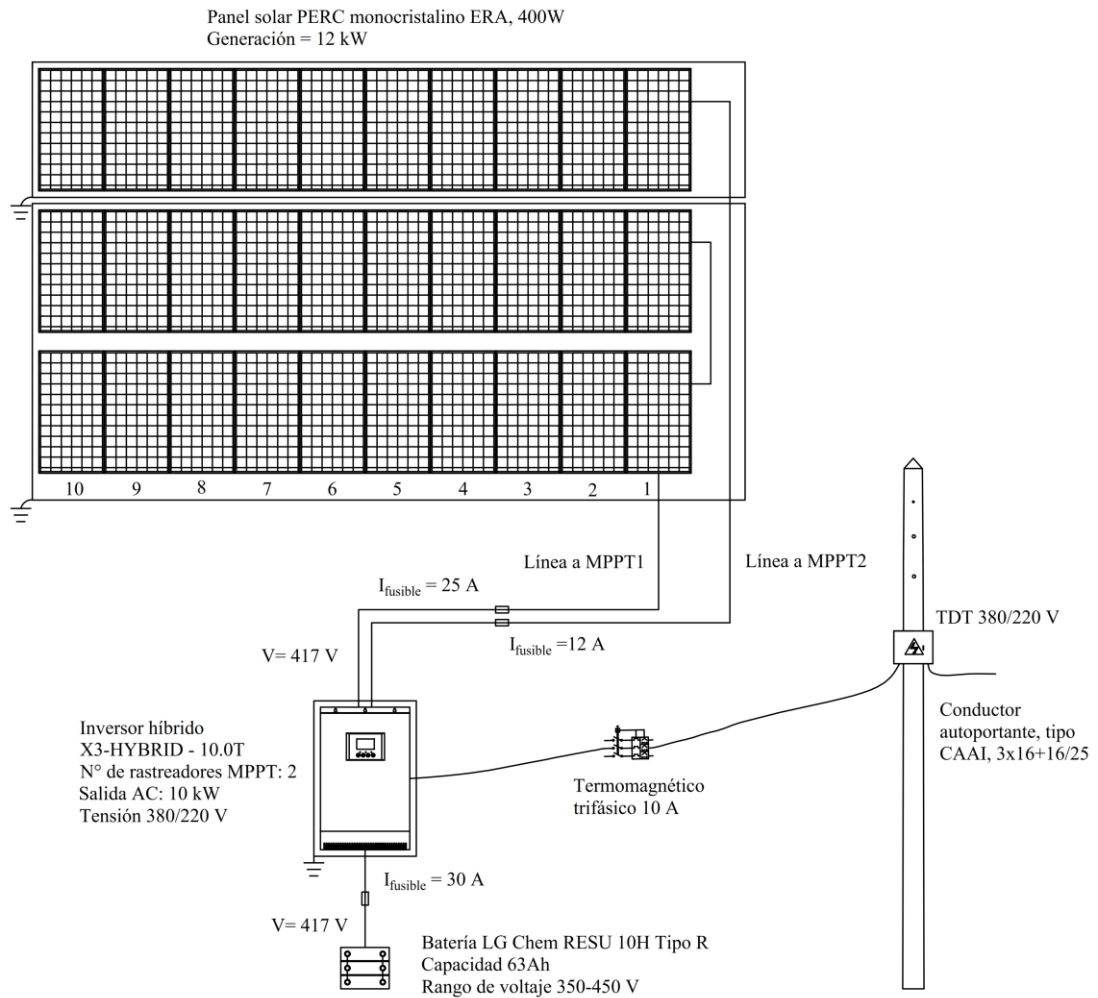


j) Topología de sistema fotovoltaico

En la Figura 12, se muestra la topología del sistema fotovoltaico autónomo eléctrico dimensionado para el caserío Banguar.

Figura 12

Topología del sistema fotovoltaico



Nota. Muestra los competentes y equipos de protección del sistema fotovoltaico.

4.4. Dimensionamiento red de distribución secundaria para el caserío Banguar

Mediante la red de distribución secundaria 380/220 V, en este proyecto permite que el suministro de energía llegue a los usuarios del caserío Banguar tanto en el año 0 y en los 20 años futuros las mismas que están diseñadas desde la salida del sistema fotovoltaico autónomo hasta las viviendas de los usuarios, cargas especiales, y el alumbrado público. El cálculo de la red de distribución secundaria, está fundamentado según lo establece MINEM (2003), “Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural”.

El cálculo de la caída de tensión se realizó mediante la Ecuación (28), además el conductor seleccionado es un conductor autoportante y neutro portante de aleación de

aluminio aislado del tipo CAAI. En la Figura 13 se muestra un plano unifilar de la distribución de las cargas particulares del caserío Banguar, el procedimiento de cálculo se muestra en la Tabla 16, mientras tanto en la Figura 14 se muestra la distribución de los puntos de iluminación y en la Tabla 17 se muestra el procedimiento de cálculo.

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3} \quad (28)$$

Donde:

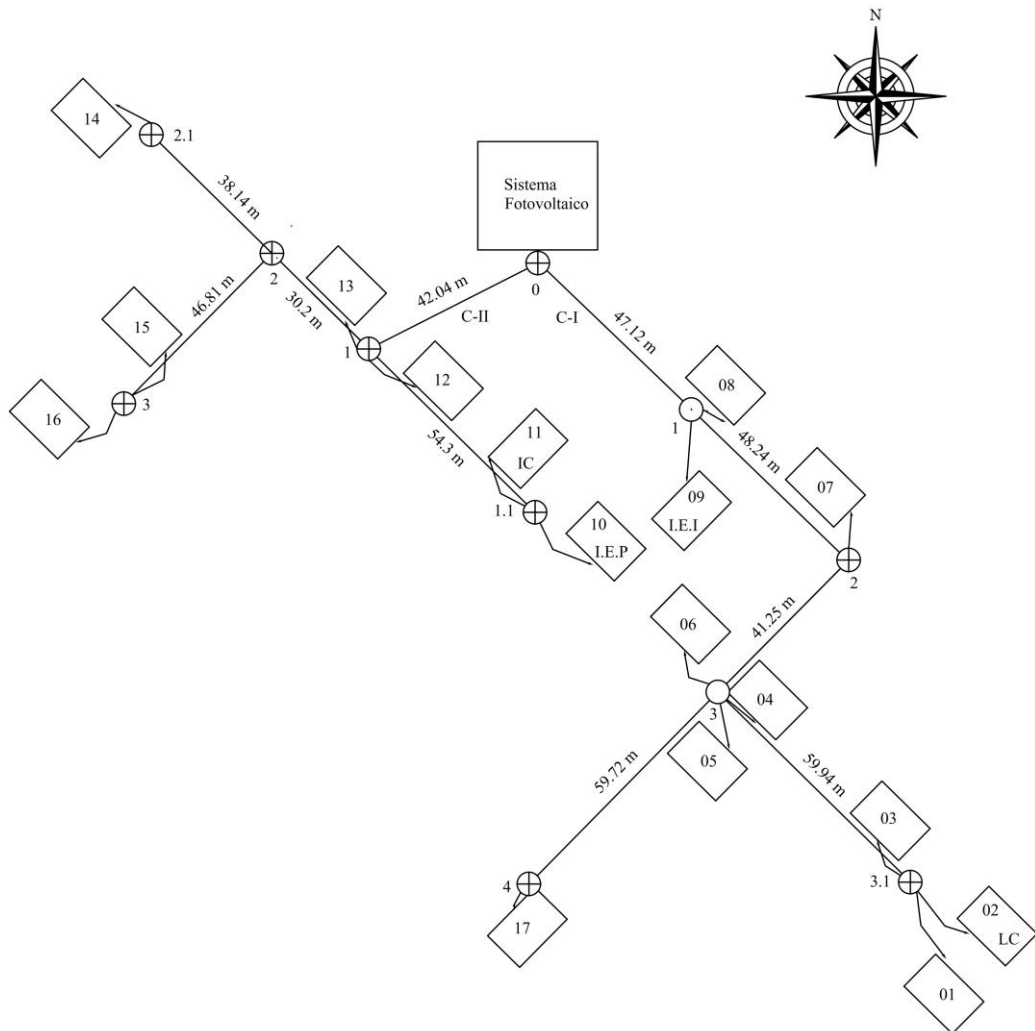
K : Factor de caída de tensión en V/ A. m

L : Longitud del vano en m

I : Intensidad en A

Figura 13

Distribución de redes secundarias servicio particular caserío Banguar



Nota. Muestra el diagrama de cargas del servicio particular.

Tabla 16*Caída de tensión servicio particular caserío Banguar*

Nodo	Long. (m)	N° de lotes		Carga			Formación del conductor	K (Ohm/Km)	Corr. (A)	Caída de tensión			
		V	CE	V (kW)	CE (kW)	Acum. (kW)				DV	DV Acum.	Tensión fase-neutro	%DV
Bornes BT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220	0
Tablero	2	13	4	2.6	1.63	4.23	3x16+16/25	3.538	6.43	0.05	0.05	219.90	0.00
Circuito C-I													
0	0	0	0	0	0	2.525	3x16+16/25	3.538	3.84	0.00	0.00	219.90	0.00%
1	47.12	1	1	0.2	0.305	2.525	3x16+16/25	3.538	3.84	0.64	0.64	218.59	0.17%
2	48.24	1	0	0.2	0	2.02	3x16+16/25	3.538	3.07	0.52	1.16	217.44	0.31%
3	41.25	3	0	0.6	0	1.82	3x16+16/25	3.538	2.77	0.40	1.57	216.55	0.41%
3.1	59.94	2	1	0.4	0.620	1.02	3x16+16/25	3.538	1.55	0.33	1.90	215.83	0.50%
4	59.72	1	0	0.2	0	0.2	3x16+16/25	3.538	0.30	0.06	1.96	215.69	0.52%
Circuito C-II													
0	0	0	0	0	0	1.705	3x16+16/25	3.538	2.59	0.00	0.00	219.90	0.00%
1	42.04	2	0	0.4	0	1.705	3x16+16/25	3.538	2.59	0.39	0.39	219.15	0.10%
1.1	51.71	0	2	0	0.705	0.705	3x16+16/25	3.538	1.07	0.20	0.58	218.72	0.15%
2	30.2	0	0	0	0	0.6	3x16+16/25	3.538	0.91	0.10	0.68	218.51	0.18%
2.1	38.14	1	0	0.2	0	0.2	3x16+16/25	3.538	0.30	0.04	0.72	218.42	0.19%
3	46.81	2	0	0.4	0	0.4	3x16+16/25	3.538	0.61	0.10	0.82	218.20	0.22%

Nota. V = Viviendas, CE= Cargas especiales.

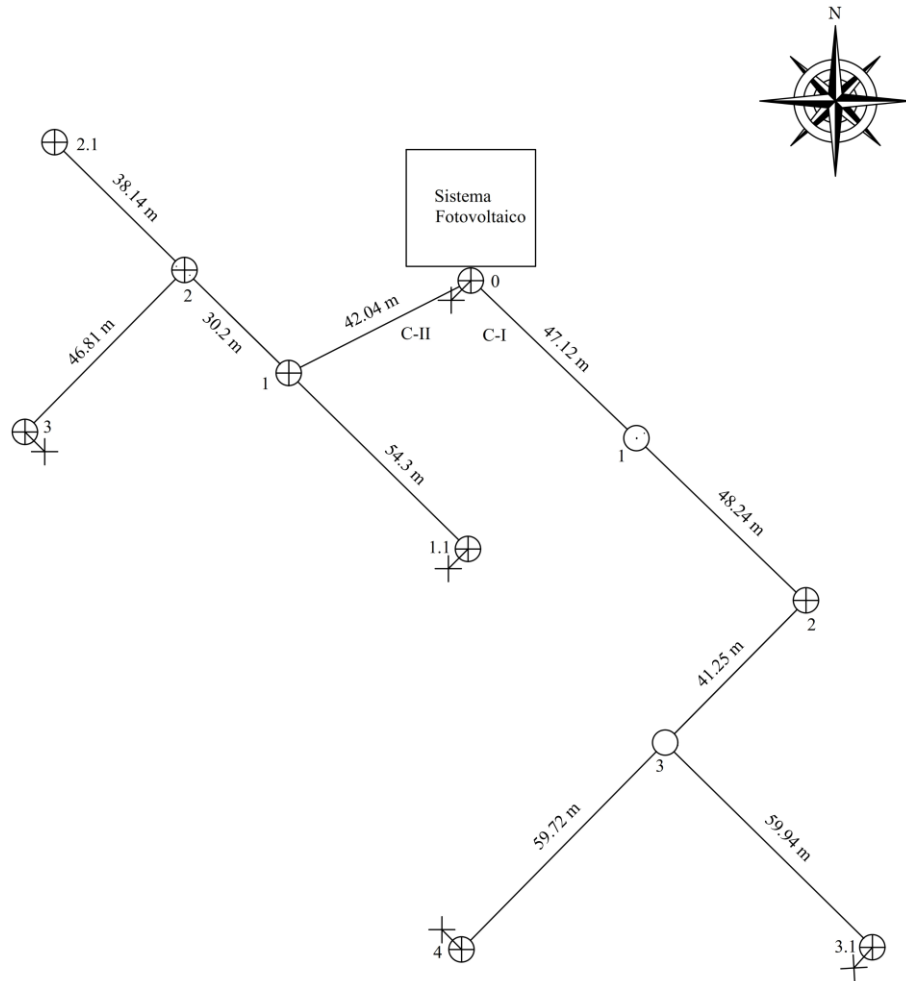
Tabla 17*Calculo de la caída de tensión para el alumbrado publico*

Nodo	Long. m	Carga			Formación del conductor	K (Ohm/m)	Corr. (A)	Caída de tensión			
		N° de lámparas	Potencia (kW)	Acum. (kW)				DV	DV Acum.	Tensión fase - neutro	%DV
Bornes BT	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	220	0.00
Tablero	2	5	0.3	0.3	3x16+16/25	3.272	1.36	0.01	0.01	219.98	0.00
Circuito C-I											
0	0	1	0.06	0.18	3x16+16/25	3.272	0.82	0.00	0.00	219.98	0.00%
1	47.12	0	0.00	0.12	3x16+16/25	3.272	0.55	0.08	0.08	219.81	0.04%
2	48.24	0	0.00	0.12	3x16+16/25	3.272	0.55	0.09	0.17	219.63	0.08%
3	41.25	0	0.00	0.12	3x16+16/25	3.272	0.55	0.07	0.24	219.46	0.11%
3.1	59.94	1	0.06	0.06	3x16+16/25	3.272	0.27	0.05	0.30	219.35	0.14%
4	59.72	1	0.06	0.06	3x16+16/25	3.272	0.27	0.05	0.35	219.23	0.16%
Circuito C-II											
0	0	0	0.00	0.12	3x16+16/25	3.272	0.55	0.00	0.00	220.00	0.00%
1	42.04	0	0.00	0.12	3x16+16/25	3.272	0.55	0.08	0.08	219.83	0.03%
1.1	51.71	1	0.06	0.06	3x16+16/25	3.272	0.27	0.05	0.12	219.73	0.06%
2	30.2	0	0.00	0.06	3x16+16/25	3.272	0.27	0.03	0.15	219.67	0.07%
2.1	38.14	0	0.00	0.00	3x16+16/25	3.272	0.00	0.00	0.15	219.67	0.07%
3	46.81	1	0.06	0.06	3x16+16/25	3.272	0.27	0.04	0.19	219.58	0.09%

Nota. Datos reproducidos de MINEM (2003).

Figura 14

Distribución de redes secundarias alumbrado público caserío Banguar



Nota. Muestra el diagrama de cargas del alumbrado público

a) Caída de tensión permisible

Según MINEM (2003), en la distribución secundaria, la caída máxima de tensión desde la subestación de distribución hasta el punto más alejado del circuito eléctrico no deberá exceder el 7.0 % de su tensión nominal. Para el caserío Banguar la caída de tensión en el punto más alejado del circuito eléctrico para la distribución del servicio particular circuito C-I es de 0.52%, circuito C-II es 0.22% y para el servicio de alumbrado público circuito C-I es 0.16%, circuito C-II es 0.09%.

b) Tablero de distribución

El tablero de distribución a utilizar sera un trifasico 380/220 V (TD), con tapa para lluvia y con abrazaderas para anclaje en el poste de concreto (Dimensiones referenciales del tablero ancho 600 x alto 400 x 200 mm profundidad). El interruptor general termomagnético trifásico es de caja moldeada, según calculo el valor es 6.88 A, el valor comercial del interruptor es de 3 x 11.2 -16 A en la marca Schneider, también se dimensiona interruptores termomagnético para el servicio particular tanto para el circuito C-I, y circuito C-II cada circuito contará con un interruptor 3 x 6 A de marca Eaton, e interruptores termomagnético monofasico para el alumbrado público de 2 x 6 A marca Eaton (lo más recomendable es considerar un solo interruptor de 2 x 6 A para todo el alumbrado público). El totalizador será un trifasico de 10 A . Los interruptores termomagnéticos de servicio particula se dimensionaron mediante las Ecuaciones (29) y (30).

$$I_{\text{termomagnético-G,SP}} = \frac{MD}{\sqrt{3} \times V_n} \quad (29)$$

$$I_{\text{termomagnético-AP}} = \frac{MD}{V_n} \quad (30)$$

Donde:

MD : Potencia de carga en W

V_n : Voltaje nominal en V

- Interruptor termomagnético trifásico general

$$I_{\text{termomagnético-G}} = \frac{4530}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$I_{\text{termomagnético-G}} = 6.88 \text{ A}$$

- Interruptor termomagnético trifásico, servicio particular, circuito C-I

$$I_{\text{termomagnético-S,P}} = \frac{2525}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$I_{\text{termomagnético-S,P}} = 3.84 \text{ A}$$

- Interruptor termomagnético trifásico, servicio particular, circuito C-II

$$I_{\text{termomagnético-S,P}} = \frac{1705}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$I_{\text{termomagnético-S,P}} = 2.59 \text{ A}$$

- Interruptor termomagnético monofásico alumbrado público, circuito C-I.

$$I_{\text{termomagnético-AP}} = \frac{180}{220}$$

$$I_{\text{termomagnético-AP}} = 1.02 \text{ A}$$

- Interruptor termomagnético monofásico alumbrado público, circuito C-II.

$$I_{\text{termomagnético-AP}} = \frac{120}{220}$$

$$I_{\text{termomagnético-AP}} = 0.68 \text{ A}$$

c) Postes para conductores autoportantes en la red de distribución secundaria

Los postes seleccionados para para la red de distribución secundaria 380/220 V para el caserío Banguar son postes de concreto armado 8 m/200 kg se usarán en postes de alineamiento y el poste de 8 m/300 kg se usarán como poste de anclaje.

d) Sistema de puesta en tierra

El sistema fotovoltaico autónomo del caserío Banguar, contará un sistema de puesta a tierra tipo PAT-1. Así mismo la red de distribución secundaria aproximadamente cada 200 metros contara con una puesta a tierra tipo PAT-1. Para el trabajo de investigación, se considera un sistema de puesta a tierra de acuerdo con las especificaciones del Código Nacional de Electrificación (CNE): cable de cobre de 5/8" Ø x 2.40 m, conector de cobre Clase AB, caja de registro de concreto, y conductor de cobre 16 mm². Según MINEM (2003), la resistencia del neutro a tierra tendrá un valor máximo de 6 Ω. Utilizar dosis de bentonita.

e) Retenidas

El cable de retenida homologado por el Código Nacional de Electricidad y Normas DGE para electrificación rural es de acero grado Siemens Martin de 10 mm de diámetro, 7 hilos; las varillas de anclaje son de acero forjado y galvanizado en caliente, estarán forjado de ojal gurdacabo de una vía en un extremo, y será roscado en el otro extremo, las dimensiones serán de 2.40 m de longitud, 16 mm de diámetro, carga de rotura mínima 71 kN; perno angular con ojal gurdacabo de 16 mm de diámetro de 205 mm de longitud, con tuerca y contratuerca; aislador de tracción tipo Nuez 54-1 ANSI. Bloques de concreto armado de 0.40 x 0.40 x 0.15 m, entre otros accesorios. El ángulo de inclinación de la retenida respecto al eje vertical será de 30°.

f) Alumbrado público

Par el alumbrado público, se utiliza luminarias con lámpara de vapor de sodio de 60W; cable NLT bipolar 2 x 2.5 mm²; pastorales de F°G° de 38 mm de diámetro, que irá fijado al poste concreto mediante abrazaderas de F°G°, entre otros accesorios.

4.5. Evaluación económicamente del sistema fotovoltaico.

a) Presupuesto de inversión inicial

La inversión inicial consiste en los costos que involucra el sistema fotovoltaico autónomo, la red de distribución secundaria 380/220 V, el montaje electromecánico, los costos de transporte, los gastos generales. En la región Amazonas la población no pagan el Impuesto General de las Ventas (IGV), por tal motivo en el proyecto no se consideró el costo por IGV, además para proveer de servicios, transporte, y el suministro de materiales se consideró el mercado local más cercano. En las Tablas (18), (19) y (20) se muestra los valores referenciales del presupuesto. El detalle de los costos de cada partida se muestra en el Anexo 04.

Tabla 18*Valor referencial sistema fotovoltaico*

Item	Descripción	Precio (S/.)
1	Suministro de materiales	109,027.98
2	Montaje e instalación del sistema fotovoltaico	9,459.26
3	Transporte	5,451.40
Total		123,938.64

Tabla 19*Valor referencial redes de distribución secundaria 380/220 V*

Item	Descripción	Precio (S/.)
1	Suministro de materiales	25,419.33
2	Montaje, pruebas y puesta en servicio	10,932.57
3	Transporte	2,541.93
Total		38,893.84

Tabla 20*Valor referencial - Sistema fotovoltaico autónomo y red de distribución secundaria 380/220 V*

Item	Descripción	Precio (S/.)
1	Sistema fotovoltaico	123,938.64
2	Red secundaria 380/220 V	38,893.84
3	Gastos generales (10%)	16,283.25
4	I.G.V (0%)	0.00
Total		179,115.72

b) Venta de energía

En la venta de la energía eléctrica se determinó considerando los pliegos tarifarios de Electro Oriente por ser la concesionaria que brinda servicio eléctrico a la región Amazonas, la cual estipula que el cago de facturación para la distribución secundaria en zonas rurales es el pliego tarifario BT5B, datos tomas en octubre del 2022, como se muestra la Tabla (21);

Tabla 21

Cargo de facturación en distribución secundaria, pliego tarifario BT5B, octubre 2022

Tarifa BT5B:	Tarifa con simple medición de energía		
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S/. /mes	4.40
	Cargo por Energía Activa	ctm. S/. /kWh	93.85

Nota. Datos reproducidos de Electro Oriente (2022).

c) Presupuesto por reinversión

La inversión se realizó en el año 0 siendo un total de S/.179 115.72 pero en el horizonte del proyecto no es la única vez que se realiza una inversión, dado a que en el año 10 se realiza la reinversión del inversor, y en el año 17 se realiza la reinversión de baterías. Los costos de estos equipos se estiman con el mismo valor de adquisición e instalación previstas en el presupuesto inicial. En la Tabla (22) y Tabla (23) se muestra la reposición de componentes según los años de operación.

Tabla 22

Reinversión en el año 10 - inversor híbrido

Item	Descripción de partidas	Unid.	Cant.	Precio unit. (s/.)	Total (s/.)
1	Inversor híbrido X3-HYBRID-10.0T	und	1	5,700.00	5,700.00
2	Instalación	und	1	60.00	60.00
Total					5,760.00

Nota. Muestra el costo de la reinversión, inversor e instalación en el año 10.

Tabla 23

Reinversión en el año 16 - baterías

Item	Descripción de partidas	Unid.	Cant.	Precio unit. (s/.)	Total (s/.)
1	Batería Litio LG Chem Resu 10H	und	3	24,400.01	73,200.03
2	Instalación	und	3	25.00	75.00
Total					73,275.03

Nota. Muestra el costo de la reinversión de batería e instalación en el año 16.

d) Costo de operación y mantenimiento

Según Buendía (2014) señala que los costos de operación y mantenimiento anuales de sistemas fotovoltaicos es de \$ 27.75/kW-año, que convertido a soles sería aproximadamente 106.28 S/. kW-año. La potencia pico (Wp) de generación del sistema fotovoltaico autónomo es de 12 kW. En la Tabla 24, se presentan los costos anuales de operación y mantenimiento.

Tabla 24

Costos anuales de operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico autónomo

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo (S/.)	Sub total (S/.)
	Operación y mantenimiento				
1	sistema fotovoltaico autónomo (106.28 S/./kW-año)	und	1	1,275.39	1,275.39
Total					1,275.39

e) Evaluación de los indicadores de rentabilidad

Según Ministerio de Economía y Finanzas (2011), una vez concluido la elaboración de los flujos de caja anuales de costos y beneficios del proyecto a precios del mercado, el siguiente paso es el cálculo de los indicadores de rentabilidad, como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Según el Ministerio de Economía y Finanzas la tasa de descuento para interés privado es el 12%.

De acuerdo a los resultados de cálculo de los indicadores económicos de la Tabla 25, se puede observar que el proyecto en las condiciones de participación totalmente privada, el proyecto sistema fotovoltaico autónomo para el caserío Banguar, resulta no viable, dado a que se obtiene un indicador VAN negativo. De acuerdo a ello, el proyecto fotovoltaico debe considerarse como un proyecto de aplicación social.

En este escenario se requiere el financiamiento del proyecto mediante el aporte de algún órgano competente externo o ONG, interesados en la conservación del medio ambiente y en la rentabilidad de los beneficios para la sociedad en su conjunto. Se considera que un órgano competente externo o una ONG aporte el 69%

de la inversión inicial, de tal forma que el 31% equivalente a S/. 55,704.98 será la inversión inicial restante. En dicho escenario se obtiene indicadores de rentabilidad positivos con un VAN S/2,260.27 y un del TIR del 13% s. Los resultados se muestran en la Tabla 26.

Tabla 25

Evaluación económica del proyecto con ajuste de inversión y reinversión

Año	V	CE	Consumo		Venta de energía		Inversión (S/.)	Costo de O&M (S/.)	Balance - Flujo Neto de caja (S/.)	FNC actualizado (Calculo del VAN) (S/.)	Flujo Neto de caja acumulado (S/.)	Tiempo de recuperación (Años)	
			Diario kWh	ctm. S./kWh	Diario (S/.)	Anual (S/.)							
0							179,115.72		- 179,115.72	- 179,115.72	- 179,115.72		
1	13	4	30.38	93.85	28.51	10,457.83		1,275.39	9,182.44	8,198.61	- 170,917.11		
2	13	4	30.38	93.85	28.51	10,457.83		1,275.39	9,182.44	7,320.19	- 163,596.93		
3	13	4	30.38	93.85	28.51	10,457.83		1,275.39	9,182.44	6,535.88	- 157,061.05		
4	13	4	30.38	93.85	28.51	10,457.83		1,275.39	9,182.44	5,835.61	- 151,225.44		
5	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92		1,275.39	9,730.53	5,521.36	- 145,704.08		
6	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92		1,275.39	9,730.53	4,929.79	- 140,774.29		
7	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92		1,275.39	9,730.53	4,401.60	- 136,372.69		
8	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92		1,275.39	9,730.53	3,930.00	- 132,442.70		
9	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92		1,275.39	9,730.53	3,508.93	- 128,933.77		
10	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92	5,760.00	1,275.39	3,970.53	1,278.40	- 127,655.37		
11	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92		1,275.39	9,730.53	2,797.29	- 124,858.08		
12	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92		1,275.39	9,730.53	2,497.58	- 122,360.49		
13	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00		1,275.39	10,278.61	2,355.59	- 120,004.90		
14	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00		1,275.39	10,278.61	2,103.21	- 117,901.69		
15	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00		1,275.39	10,278.61	1,877.86	- 116,023.83		
16	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00	73,275.03	1,275.39	- 62,996.42	- 10,276.08	- 126,299.91		
17	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00		1,275.39	10,278.61	1,497.02	- 124,802.89		
18	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00		1,275.39	10,278.61	1,336.63	- 123,466.26		
19	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00		1,275.39	10,278.61	1,193.42	- 122,272.85		
20	16	4	35.18	93.85	33.01	12,102.08		1,275.39	10,826.69	1,122.37	- 121,150.48		
										57,965.25			
Tasa de interés								12%					
VAN								-S/	121,150.48				
TIR								-5%					

Tabla 26

Evaluación económica del proyecto, en el escenario del financiamiento con aporte

Año	V	CE	Consumo		Venta de energía		Inversión inicial (S/.)	Aporte 69%	Inversión 31%	Costo de O&M (S/.)	Balance - Flujo Neto de caja (S/.)	FNC actualizado (Calculo del VAN) (S/.)	Flujo Neto de caja acumulado (S/.)	Tiempo de recuperación (Años)
			Diario kWh	ctm. S/./kWh	Diario (S/.)	Anual (S/.)								
0							179,115.72	123,589.85	55,704.98		- 55,704.98	- 55,704.98	- 55,704.98	
1	13	4	30.38	93.85	28.51	10,457.83				1,275.39	9,182.44	8,198.61	- 47,506.37	
2	13	4	30.38	93.85	28.51	10,457.83				1,275.39	9,182.44	7,320.19	- 40,186.19	
3	13	4	30.38	93.85	28.51	10,457.83				1,275.39	9,182.44	6,535.88	- 33,650.31	
4	13	4	30.38	93.85	28.51	10,457.83				1,275.39	9,182.44	5,835.61	- 27,814.70	
5	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92				1,275.39	9,730.53	5,521.36	- 22,293.34	
6	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92				1,275.39	9,730.53	4,929.79	- 17,363.55	
7	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92				1,275.39	9,730.53	4,401.60	- 12,961.95	
8	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92				1,275.39	9,730.53	3,930.00	- 9,031.96	
9	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92				1,275.39	9,730.53	3,508.93	- 5,523.03	
10	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92			5,760.00	1,275.39	3,970.53	1,278.40	- 4,244.63	
11	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92				1,275.39	9,730.53	2,797.29	- 1,447.33	
12	14	4	31.98	93.85	30.01	11,005.92				1,275.39	9,730.53	2,497.58	1,050.25	
13	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00				1,275.39	10,278.61	2,355.59	3,405.84	
14	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00				1,275.39	10,278.61	2,103.21	5,509.05	
15	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00				1,275.39	10,278.61	1,877.86	7,386.91	
16	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00			73,275.03	1,275.39	- 62,996.42	- 10,276.08	- 2,889.17	
17	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00				1,275.39	10,278.61	1,497.02	- 1,392.15	
18	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00				1,275.39	10,278.61	1,336.63	- 55.52	18.05
19	15	4	33.58	93.85	31.51	11,554.00				1,275.39	10,278.61	1,193.42	1,137.90	
20	16	4	35.18	93.85	33.01	12,102.08				1,275.39	10,826.69	1,122.37	2,260.27	
											57,965.25			
Tasa de interés										12%				
VAN										S/ 2,260.27				
TIR										13%				

V. Discusión

La radiación solar en el caserío Banguar varía de 3.77 kWh/m²/día para el mes más crítico presente en febrero, y durante el año el mes más favorable es octubre con 4.68 kWh/m²/día, así mismo el ángulo de inclinación óptima de los paneles solares es 7.78°. Para diseñar el sistema fotovoltaico autónomo se consideró el mes más desfavorable con 3.77 kWh/m²/día. Este procedimiento concuerda con los procedimientos encontrados por Pérez y Delgado (2019), que diseñaron un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al caserío Jaway, distrito y provincia de Jaén – Cajamarca. Los autores, para determinar la radiación solar en la zona de estudio utilizaron el aplicativo NASA, el ángulo de inclinación óptimo es 7.21°. Los valores obtenidos por cálculo varían, por tratarse de distintas zonas geográficas y el comportamiento de la radiación solar es dependiente de la posición de la zona de estudio.

El proyecto tiene un horizonte de vida de 20 años, por lo tanto, la máxima demanda eléctrica del caserío Banguar en el año 0 es 30.38 kWh/día y una máxima demanda de 4.53 kW, correspondiente a las 13 viviendas y 4 instituciones estas denominadas cargas especiales. En el año 20 la demanda máxima de energía eléctrica es de 35.18 kWh/día y una máxima demanda de 5.39 kW, correspondiente a 16 viviendas, 4 cargas especiales y alumbrado público. Esta metodología de cálculo se asemeja a Bernilla (2020), que el horizonte de vida de su proyecto es de 20 años; la demanda máxima de energía eléctrica en el año 0 es de 21.74 kWh/día con una potencia de 4.51 kW, correspondiente a 20 viviendas. En el año 20 la máxima demanda eléctrica será de 34.37 kWh/día con una potencia de 7.16 kW para un total de 24 viviendas. Como se observa la máxima demanda de energía eléctrica y la potencia máxima son valores diferentes debido al número de viviendas en los caseríos.

Los componentes del sistema fotovoltaico autónomo, para la generación se determinó 30 paneles solares monocristalino Era Solar 400 W, se agruparon de acuerdo al número de rastreadores MPPT del inversor, la tensión de generación es de 417 V, se seleccionó un inversor híbrido X3-HIBRID-10.0T, con 2 rastreadores MPPT, con una tensión de salida 380/220 V, además para el sistema de almacenamiento se seleccionó la batería LG Chem RESU10H Tipo R de 350-450 V con capacidad de 63 Ah. El inversor híbrido y las baterías seleccionadas concuerdan con Florián (2021), quien seleccionó un inversor híbrido X3-HYBRID-10.0T, con 2 rastreadores MPPT, y una tensión de salida 380/220 Vca, además también ha seleccionado baterías LG Chem RESU10H tipo R, con una capacidad de 63 Ah.

La tensión y el almacenamiento de la energía, depende directamente de las cargas eléctricas que se generan o que se desea alimentar, según el origen de estudio ya sea electrificación rural, urbano, institución, fábricas, vivienda, etc.

La red de distribución secundaria 380/220 V del caserío Banguar se distribuyó en circuito I y II, la formación del conductor es 3x16+16/25, la caída de tensión en el punto más alejado de la distribución para las cargas de servicio particular circuito C-I es 0.52% y el circuito C-II es 0.22%; la caída de tensión para alumbrado público circuito C-I es 0.16% y circuito C-II es 0.09%. La metodología aplicada de la caída de tensión según norma peruana concuerda con Pérez y Delgado (2019), que la máxima caída de tensión permisible en el punto más alejado no debe excederse del 7%, por lo tanto, es su proyecto para el servicio particular la caída de tensión es 0.4% y para el servicio de alumbrado público el 0.1%. Se coincide con Pérez y Delgado, porque al no excederse el valor permitido de caída de tensión, permite proteger los equipos e instalaciones eléctricas, así mismo, la tensión de la red secundaria es dependiente de las cargas que se requiere alimentar, la distribución de circuitos se realiza con la finalidad de no excederse el valor permitido de la caída de tensión.

La evaluación económica se realizó en base al presupuesto tanto del sistema fotovoltaico autónomo y de la distribución secundaria, haciendo un total de S/ 179,115.72. Mediante un flujo de caja, y con una tasa de descuento del 12%, se obtuvo un VAN de - S/121,150.48, y un TIR de - 5% de mostrando que el proyecto para la inversión privada no es rentable. El proyecto debe evaluarse para una aplicación social. Por lo tanto, se considera que un órgano competente externo o una ONG aporte el 69% de la inversión inicial, en tal sentido se obtiene un VAN de S/. 2,260.27 y un TIR del 13%. El proyecto guarda relación con lo propuesto por Ullillen (2020), la evaluación económica del proyecto a precios privados, no es factible. Los costos de O&M deben ser cubiertos por los pobladores, además considera que un ente gubernamental aporte el 96% de la inversión inicial, y el costo de la reposición de las baterías. Mediante este escenario se obtiene un VAN de S/16,876.56 con una tasa de interés del 12% y un TIR 19%. La evaluación económica de un sistema fotovoltaico autónomo debe evaluarse para aplicaciones directamente sociales, donde la inversión inicial debe ser financiada por un ente gubernamental u ONG, interesados en el medio ambiente y en los beneficios sociales.

Conclusiones

La radiación solar en el caserío Banguar varía de 3.77 kWh/m²/día para el mes más crítico presente en febrero, y durante el año el mes más favorable es noviembre con 4.68 kWh/m²/día, así mismo el ángulo de inclinación óptima de los paneles solares es 7.78°. Para diseñar el sistema fotovoltaico autónomo se consideró el mes más desfavorable con 3.77 kWh/m²/día.

El proyecto tiene un horizonte de vida de 20 años, por lo tanto, la máxima demanda de energía eléctrica del caserío Banguar en el año 0 es 30.38 kWh/día y una potencia nominal de 4.53 kW, correspondiente a las 13 viviendas y 4 instituciones estas denominadas cargas especiales. En el año 20 la demanda máxima de energía eléctrica es de 35.18 kWh/día y una máxima demanda de 5.39 kW, correspondiente a 16 viviendas, 4 cargas especiales, alumbrado público.

Los componentes del sistema fotovoltaico autónomo, para la generación se determinó 30 paneles solares monocristalino Era Solar 400 W, se agruparon de acuerdo al número de rastreadores MPPT del inversor, la tensión de generación es de 417 V, se seleccionó un inversor híbrido X3-HIBRID-10.0T, con 2 rastreadores MPPT, con una tensión de salida 380/220 V, además para el sistema de almacenamiento se seleccionó la batería LG Chem RESU10H tipo C de 350-450 V con capacidad de 63 Ah.

La red de distribución secundaria 380/220 V del caserío Banguar se distribuyó en circuito C-I y C-II, la formación del conductor es 3x16+16/25, la caída de tensión en el punto más alejado de la distribución para las cargas de servicio particular circuito C-I es 0.52% y el circuito C-II es 0.22%. La caída de tensión para alumbrado público circuito C-I es 0.16% y circuito C-II es 0.09%.

La evaluación económica se realizó en base al presupuesto tanto del sistema fotovoltaica y de la distribución secundaria, haciendo un total de S/ 179,115.72. Mediante un flujo de caja, y con una tasa de descuento del 12%, se obtuvo un VAN de -S/121,150.48, y un TIR de -5%, demostrando que el proyecto para la inversión privada no es rentable. El proyecto debe evaluarse para una aplicación social. Por lo tanto, se considera que un órgano competente externo o una ONG aporte el 69 % de la inversión inicial, en tal sentido se obtiene una rentabilidad positiva con un VAN de S/. 2,260.27 y un TIR del 13%.

Recomendaciones

Para afianzar los datos de radiación obtenidos se debe establecer equipos de medición más cercanos a los centros poblados así se podrá determinar de mejor manera o de forma más específica la real cantidad de radiación en la zona del proyecto.

Contrastar indicadores de crecimiento de consumo energético de las concesionarias de la zona con los establecidos en la investigación.

Buscar otras tecnologías basadas en MPPT para generar un contraste en cuanto a la eficiencia de los inversores híbridos dimensionados.

Para la viabilidad de los proyectos autónomos de electrificación se requiere del apoyo de entes gubernamental y otros organismos interesados en el cuidado del medio ambiente y en el bienestar social común de los pobladores de los caseríos de difícil acceso.

Referencias bibliográficas

- Abella, M. A. (2005). *Sistemas fotovoltaicos*.
- Alexander, K., y Sadiku, N. (2000). *Fundamentos de Circuitos Electricos*. McGraw-Hill Interamericana.
- Alvarado, L. d. (2018). *Diseño y calculo de una instalación fotovoltaica aislada*. [Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.].
- Andino, S. P. (2012). *Desarrollo del Proyecto de Invesyigación Fin de Carrera*. [Universidad Nacional SEK, Ecuador].
- Andrade, P., Vignochi, L., y Possamai, O. (2018). Simulação de sistema fotovoltaico para o setor comercial. *Exacta*, 13((3)), 17-30 .
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/810/81058961002/81058961002.pdf>
- Arango, J. M., Ascencio, M., Barrientos, R., Briones, C., Buttner, L., Carrillo, O., Cisneros, G. Cota, A. Donaghe, R. Ellis, A., Estratada, L., Fernadez, A., Foster, R., Graham, S., Hanley, C. y Montufar, O. (2001). *Guía para el desarrollo de proyecto de bombeo de agua con eergía fotovoltaica* (Vol. 1). Temixco: Ecoturismo y Nuevas tecnologías.
http://www.solartronic.com/download/guia_bombeo.pdf
- Arias, G. J. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. (Enfoques Consulting (ed.); 1era Ed.).
- Ayllu solar. (2018). *Manual sobre instalaciones de plantas fotovoltaicas*. Obtenido de Ayllu solar.http://ayllusolar.cl/wpcontent/uploads/2018/05/manual_instalaciones_fotovoltai cas.pdf
- Beatty, C., Brown, J. M., Schott, A. C., Corley, N., & Mukhamedov, M. (2017). *Schools Going Solar. Data driven lessons and activities to support and incorporate installed photovoltaic systems into the classroom learning environment*.
- Bernilla, R. S. (2020). *Diseño del sistema de generación fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al caserío Naranjo, Distrito Miracosta, Cajamarca*. [Universidad Cesar Vallejo]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44518/Bernilla_RSV-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Buele, C. O., y Chazi, A. M. (2019). *Moderación del sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana*. [Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18210/1/UPS-CT008653.pdf>

- Buendía, Y. A. (2014). *Caracterización y evaluación económica para la inversión en plantas menores A 20 MW conectados al sistema interconectado nacional (SIN) de Colombia a partir de fuentes de energía renovables eólica y solar*. [Universidad Nacional de Colombia, Medellín]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/31089>
- Cantos, S. J. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. (Parafino (ed.); 1era Ed.).
- Castejón, A., y Santamaria, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. (Editex (ed.); 1era Ed.).
- Cayatopa, M. J. (2019). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas* [Universidad Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/7996>
- ComexPerú. (14 de Febrero de 2019). *Electrificación rural: No perdamos las energías*. comexperu.org.pe: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/electrificacion-rural-no-perdamos-las-energias>
- Cortés, C. L., Gómez, G. S., Betancur, F., Carvajal, S. X., y Guerrero, N. (2020). Análisis experimental del rendimiento de un sistema solar fotovoltaico con inversor centralizado y con microinversores: caso de estudio Manizales. *TecnoLógicas*, 23(47), 3-23. <https://dx.doi.org/10.22430/22565337.1403>
- Cuenca, B. W. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro alternativo de energía eléctrica al interior de un vehículo tipo Casa-Rodante en la ruta turística Spondylus o ruta del sol* [Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20469/1/Cuenca%20Ben%c3%adtez%2c%20Wilson%20Alc%c3%advar.pdf>
- Davila Newman, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12, 180-205. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- De la Cruz, F. E. (2019). *Diseño de un sistema eléctrico aislado utilizando el software Homer para electrificar el caserío Santa Rosa de Tumar en el Distrito de Huambos, Provincia de Chota - Cajamarca* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8078>

- De Soto, V. C., y Miguel, R. M. (2022). *proyecto de electrificación rural en Nyumbani Village (Kitui, Kenia): planificación de la generación de la energía mediante paneles solares* [ICAI de la Universidad Pontificia Comillas, Madrid.].
- Díaz, R., Gerard, H., Castro, M., y Herrera, B. (2012). Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica, su diseño. *ResearchGate*, 1-11.
https://www.researchgate.net/publication/317098488_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_CONECTADO_A_LA_RED_ELECTRICA_SU_DISENO
- Entrena, F. J. (2014). *UF0212: Determinación de potencial solar*. (IC (ed.); 1era Ed.)
- Fernández-Infantes, A., Contreras, J., & Bernal-Agustín, J. L. (2006). Design of grid connected PV systems considering electrical, economical and environmental aspects: A practical case. *Renewable Energy*, 31(13), 2042-2062. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.09.028>
- Florián, C. H. (2021). *Dimensionamiento de un sistema eléctrico fotovoltaico para la demanda del taller procesos de manufactura de la Universidad Politécnica Amazonica* [Universidad Politécnica Amazonica, Bagua Grande, Perú].
<http://hdl.handle.net/20.500.12897/92>
- Hernández, M. S., y Duana, A. D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativo del ICEA*, 9(17), 51-53.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>
- Hernández, S. R. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill education.
- IDAE. (2009). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red*.
<https://www.idae.es/en>
- Lewis, N. S. (2007). Hacia un uso rentable de la energía solar. *Science*, 315(5813), 798-801.
 doi:DOI: 10.1126 / science.1137014
- Martín, S. (2019). *Estudio de las células y paneles de una instalación fotovoltaica* [Universidad de Valladolid, Valladolid].
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/36784/TFG-I-1155.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mbinkar, E. N., Asoh, D. A., Tchuidjan, R., & Baldeh, A. (2021). Diseño de un Sistema de Mini-Red Fotovoltaica para Electrificación Rural en África Subsahariana. *Scientific Research An Academi Publisher*, 13(3), 91-110. Obtenido de <https://doi.org/10.4236/epe.2021.133007>

- Mejía, V. E. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Amazónica. *Revista Científica Pakamuros*, 7(2), 73-88. <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/95/89>
- Méndez, J. M., y Cuervo, R. (2007). *Energía solar fotovoltaica*. (FC (ed.); 2da Ed.).
- Mikati, M., Santos, M., & Armenta, C. (2012). Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 9(3), 267-281. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2012.05.010>
- MINEM. (2003). *Alumbrado de vías públicas en áreas rurales (DGE RD 017-2003-EM)*. Ministerio de Energía y Minas. http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=6&idTitular=628&idMenu=sub114&idCateg=342
- MINEM. (2003). *Bases para el diseño de líneas y redes secundarias con conductores autoportantes para electrificación rural (R.D. N° 031-2003 EM/DGE)*. <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/dispositivos/rd031-2003-EM.pdf>
- MINEM. (2007). *Especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural (DG N° 003-2007-EM/DGE)*. <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/compendio/rd003-2007.pdf>
- MINEM. (2011). Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011). <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM>.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos*. (Imprenta forma e imagen (ed.); 1 era Ed.).
- Morillo, C. A., y Ayala, T. A. (2021). Implementación de Reflectores con Paneles Fotovoltaicos para la Iluminación de la Cancha Sintética del Bloque B en la Universidad Técnica De Cotopaxi [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7943>
- Ndagijimana, M. T., & Kunjithapathan, B. (2019). Design and Implementation PV Energy System fo Electrification Rural Areas. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 8(5), 2249-8958. <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i5/E6953068519.pdf>

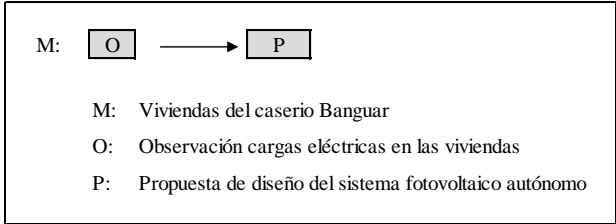
- Núñez, T., y Cruz, V. M. (2013). Diseño de Sistemas de energía solar fotovoltaica – Aplicada en el Perú. *Paidei XXI*, 3(4), 160-170. <https://doi.org/10.31381/paideia.v3i4.935>
- Ñaupas Paitan, H., Mejia Mejia, E., Novoa Ramirez, E., y Villagomez Paucar, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (Ediciones de la U (ed.); 5ta Ed.).
- Pareja, M. A. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica cálculo de una Instalación Aislada*. (Marcombo (ed.); 3era Ed.).
- Perez , C. D., y Delgado , T. J. (2019). *Diseño un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén-Cajamarca* [Universida Nacional de Jaén]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/67/1/P%c3%a9rez_CDY_Delgado_TJ.pdf
- Red Eléctrica de España. (2009). *El suministro de la electrecidad*. (Domènech e-learning multimedia (ed.); 1 era Ed.).
- Saenz , G. E. (2021). *Elaboración de estudios y diseños para proyectos de electrificación en zonas no interconectadas de Colombia* [Universidad de Antioquia,Medellin]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.udea.edu.co/bitstream/10495/24341/1/SaenzEyner_2021_DisenosProyectosElectrificacion.pdf
- Sector Electrecidad. (24 de julio de 2014). Distribución de Energía Eléctrica. Sector Electrecidad.<https://www.sectorelectricidad.com/9602/distribucion-de-energia-electrica/>
- Serrano , J. C. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. (Parafino (ed.); 1 era Ed.)
- Style, O. (2012). *Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionamiento e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo*. (Itaca (ed.); 1 era Ed.).
- Tamayo, G. (2001). Diseños muestrales en la investigación. *Udem*, 4(7), 14. <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1410/1542>
- Twenergy. (28 de abril de 2019). *El problema de la electrecidad en el mundo*. Twenergy. <https://twenergy.com/energia/energia-electrica/un-cuarto-de-la-poblacion-mundial-vive-sin-electricidad-193/>

Anexos

Anexo 01

Matriz de consistencia

1. TITULO	4. VARIABLE DE ESTUDIO	8. INSTRUMENTOS
<p>Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia de Utcubamba – Amazonas</p>	<p>a) Variable independiente (VI) Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo</p> <p>b) Variable dependiente (VD) Energía eléctrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de registro del número de viviendas y cargas especiales - Guía de demanda de energía eléctrica de cargas especiales - Ficha de registro de radiación solar
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	5. HIPOTESIS GENERAL	
<p>¿Se podrá diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia Utcubamba-Amazonas?</p>	<p>Se puede diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia Utcubamba-Amazonas.</p>	

3. OBJETIVOS	6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO
3.1. Objetivo General	El diseño de la investigación es descriptivo con propuesta de diseño.	El análisis de datos se realizó mediante el análisis de estadística descriptiva dado a que
Diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia de Utcubamba - Amazonas.		permite la metodología para la distribución de los datos recolectados, mediante la distribución de frecuencias que se expresó en gráfica de barras y para procesar dichos datos se utilizó el
3.2. Objetivos Específicos		Software Excel.
<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el recurso solar disponible en el caserío Banguar. - Determinar la demanda eléctrica del caserío Banguar. - Dimensionar el sistema fotovoltaico para el caserío Banguar. - Dimensionar la red de distribución secundaria para el caserío Banguar. - Evaluar económicamente el sistema fotovoltaico. 	7. POBLACION Y MUESTRA Población. <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de radiación solar en el caserío Banguar del distrito de Cumba, Utcubamba - Viviendas del caserío Banguar del distrito de Cumba, Utcubamba. Muestra <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de radiación solar en el caserío Banguar, del distrito de Cumba, Utcubamba en el año 2022. - Viviendas del caserío Banguar del distrito de Cumba, Utcubamba en el año 2022. 	

Anexo 02

Instrumentos de recolección de datos

Instrumento 1: Guía de registro del número de viviendas y cargas especiales

GUIA DE REGISTRO DEL NÚMERO DE VIVIENDAS Y CARGAS ESPECIALES

Caserío: Distrito: Provincia: Departamento:

N° viviendas	Nombre y apellidos del usuario	Coordenadas		Tipo de acometida para el diseño (Corta /larga)
		Y	X	

Instrumento 2: Guía de demanda de energía eléctrica de cargas especiales

GUIA DE DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA DE CARGAS ESPECIALES

Caserío: Distrito: Provincia: Departamento:

Institución		Iluminación cocina	Iluminación salón	Iluminación baño	Iluminación exterior	Laptop	Equipo de sonido	Cargadorde celular	Pequeños electrodomésticos	Otras cargas
Potencia por artefacto (W)										
Número de artefactos										
Potencia (W)										
00:00:00	01:00:00									
01:00:00	02:00:00									
02:00:00	03:00:00									
03:00:00	04:00:00									
04:00:00	05:00:00									
05:00:00	06:00:00									
06:00:00	07:00:00									
07:00:00	08:00:00									
08:00:00	09:00:00									
09:00:00	10:00:00									
10:00:00	11:00:00									
11:00:00	12:00:00									
12:00:00	13:00:00									
13:00:00	14:00:00									
14:00:00	15:00:00									
15:00:00	16:00:00									
16:00:00	17:00:00									
17:00:00	18:00:00									
18:00:00	19:00:00									
19:00:00	20:00:00									
20:00:00	21:00:00									
21:00:00	22:00:00									
22:00:00	23:00:00									
23:00:00	00:00:00									
Potencia total (W)										
Energía diaria total (Wh)										

Nombre:

DNI:

Cargo:

Instrumento 3: Ficha de registro de radiación solar

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

Anexo 03

Validez y confiabilidad de instrumentos

Constancia de evaluación

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

Por medio de la presente he revisado con fines de validación los instrumentos: Guía de registro del número de viviendas y cargas especiales, guía de demanda de energía eléctrica de cargas especiales, y ficha de registro de radiación solar; de la tesis del Bachiller José Walter Altamirano Coronel, titulada **“Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia de Utcubamba-Amazonas”**.

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

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

Conclusión: El instrumento es:

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

En señal de conformidad firmo la presente, en la ciudad de Bagua Grande a los 17 días del mes de marzo del 2023.

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

Anexo 04

Observaciones realizadas

GUIA DE REGISTRO DEL NÚMERO DE VIVIENDAS Y CARGAS ESPECIALES

Caserío: Banguar Distrito: Cumba Provincia: Utcubamba Departamento: Amazonas

N° viviendas	Nombre y apellidos	Coordenadas		Tipo de acometida
		Y	X	
1	Gilberto Vásquez Bustamante	-5.907152	-78.56317	Larga
2	Local Comunal	-5.907152	-78.563029	Corta
3	Einer Coronel Cieza	-5.906911	-78.563029	Corta
4	Yuli Delgado Silva	-5.906669	-78.563067	Corta
5	Jeremias Coronel Cieza	-5.906632	-78.563196	Larga
6	Justimiano Tongo Delgado	-5.906477	-78.563054	Larga
7	I.E Primaria	-5.906314	-78.563084	Corta
8	I.E Inicial	-5.906275	-78.562974	Larga
9	Benito Tongo Monsalve	-5.906226	-78.562674	Corta
10	Alsiviades Delgado Vásquez	-5.906504	-78.5628	Corta
11	Iglesia Católica	-5.906111	-78.563001	Corta
12	Donatila Vásquez Pérez	-5.905921	-78.563077	Corta
13	Roberto Campos Delgado	-5.905756	-78.563058	Corta
14	Adan Delgado Herrera	-5.905428	-78.563257	Corta
15	Grabiela Delgado Vásquez	-5.905647	-78.563378	Corta
16	Elmer Regalado Diaz	-5.905609	-78.563545	Corta
17	Juvencio Mejía Diaz	-5.906647	-78.563439	Corta

GUIA DE DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA DE CARGAS ESPECIALES

Caserío: Banquar Distrito: Cumba Provincia: Utcubamba Departamento: Amazonas

Institución		Iluminación cocina	Iluminación salón	Iluminación baño	Iluminación exterior	Laptop	Equipo de sonido	Cargador de celular	Pequeños electrodomésticos
<u>Local Comunal</u>									
Potencia por artefacto (W)		20	20	10	20	65	400	10	80
Número de artefactos		0	4	2	1	0	1	2	1
Potencia (W)		0	80	20	20	0	400	20	80
00:00:00	01:00:00								
01:00:00	02:00:00								
02:00:00	03:00:00								
03:00:00	04:00:00								
04:00:00	05:00:00								
05:00:00	06:00:00								
06:00:00	07:00:00								
07:00:00	08:00:00								
08:00:00	09:00:00								
09:00:00	10:00:00								
10:00:00	11:00:00								
11:00:00	12:00:00								
12:00:00	13:00:00								
13:00:00	14:00:00								
14:00:00	15:00:00								
15:00:00	16:00:00								
16:00:00	17:00:00								
17:00:00	18:00:00								
18:00:00	19:00:00								
19:00:00	20:00:00								
20:00:00	21:00:00								
21:00:00	22:00:00								
22:00:00	23:00:00								
23:00:00	00:00:00								
Potencia Total (W)		620							
Energía Diaria Total (Wh)		1240							

W. Walter

Nombre: José Walter Altamirano Coronel

DNI: 77144690

Cargo: Tesista

GUIA DE DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA DE CARGAS ESPECIALES

Caseario: Banguas Distrito: Cumba Provincia: Utabamba Departamento: Amazonas

Institución		Iluminación cocina	Iluminación salón	Iluminación baño	Iluminación exterior	Laptop	Equipo de sonido	Cargador de celular	Pequeños electrodomésticos
<u>Iglesia Católica</u>									
Potencia por artefacto (W)		20	20	10	20	65	400	10	80
Número de artefactos		0	6	2	4	0	0	4	1
Potencia (W)		0	120	20	80	0	0	40	80
00:00:00	01:00:00								
01:00:00	02:00:00								
02:00:00	03:00:00								
03:00:00	04:00:00								
04:00:00	05:00:00								
05:00:00	06:00:00								
06:00:00	07:00:00								
07:00:00	08:00:00								
08:00:00	09:00:00								
09:00:00	10:00:00								
10:00:00	11:00:00								
11:00:00	12:00:00								
12:00:00	13:00:00								
13:00:00	14:00:00								
14:00:00	15:00:00								
15:00:00	16:00:00								
16:00:00	17:00:00								
17:00:00	18:00:00								
18:00:00	19:00:00								
19:00:00	20:00:00								
20:00:00	21:00:00								
21:00:00	22:00:00								
22:00:00	23:00:00								
23:00:00	00:00:00								
Potencia Total (W)		340							
Energía Diaria Total (Wh)		1020							

W. Walter

Nombre: José Walter Altamirano Coronel

DNI: 77144690

Cargo: Tesista

GUIA DE DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA DE CARGAS ESPECIALES

Caserío: Banquax Distrito: Cumba Provincia: Utcubamba Departamento: Amazonas

Institución		Iluminación cocina	Iluminación salón	Iluminación baño	Iluminación exterior	Laptop	Equipo de sonido	Cargador de celular	Pequeños electrodomésticos
I.E. Primaria									
Potencia por artefacto (W)		20	20	10	20	65	400	10	80
Número de artefactos		2	4	2	2	1	0	4	1
Potencia (W)		40	80	20	40	65	0	40	80
00:00:00	01:00:00								
01:00:00	02:00:00								
02:00:00	03:00:00								
03:00:00	04:00:00								
04:00:00	05:00:00								
05:00:00	06:00:00								
06:00:00	07:00:00								
07:00:00	08:00:00								
08:00:00	09:00:00								
09:00:00	10:00:00								
10:00:00	11:00:00								
11:00:00	12:00:00								
12:00:00	13:00:00								
13:00:00	14:00:00								
14:00:00	15:00:00								
15:00:00	16:00:00								
16:00:00	17:00:00								
17:00:00	18:00:00								
18:00:00	19:00:00								
19:00:00	20:00:00								
20:00:00	21:00:00								
21:00:00	22:00:00								
22:00:00	23:00:00								
23:00:00	00:00:00								
Potencia Total (W)		365							
Energía Diaria Total (Wh)		2190							

Walter

Nombre: José Walter Altamirano Casanel

DNI: 77144690

Cargo: Tesista

GUIA DE DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA DE CARGAS ESPECIALES

Caserío: Banguar Distrito: Cumba Provincia: Ucayaba Departamento: Amazonas

Institución		Iluminación cocina	Iluminación salón	Iluminación baño	Iluminación exterior	Laptop	Equipo de sonido	Cargador de celular	Pequeños electrodomésticos
I.C. Inicial									
Potencia por artefacto (W)		20	20	10	20	65	400	10	80
Número de artefactos		2	2	2	1	1	0	4	1
Potencia (W)		40	40	20	20	65	0	40	80
00:00:00	01:00:00								
01:00:00	02:00:00								
02:00:00	03:00:00								
03:00:00	04:00:00								
04:00:00	05:00:00								
05:00:00	06:00:00								
06:00:00	07:00:00								
07:00:00	08:00:00								
08:00:00	09:00:00								
09:00:00	10:00:00								
10:00:00	11:00:00								
11:00:00	12:00:00								
12:00:00	13:00:00								
13:00:00	14:00:00								
14:00:00	15:00:00								
15:00:00	16:00:00								
16:00:00	17:00:00								
17:00:00	18:00:00								
18:00:00	19:00:00								
19:00:00	20:00:00								
20:00:00	21:00:00								
21:00:00	22:00:00								
22:00:00	23:00:00								
23:00:00	00:00:00								
Potencia Total (W)		305							
Energía Diaria Total (Wh)		1525							

W. Walter

Nombre: José Walter Altamirano Coronel

DNI: 77144690

Cargo: Testista

Anexo 05

Metrado y presupuesto

Presupuesto de suministro de materiales

PRESUPUESTO					
DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS					
TESISTA: JOSE WALTER ALTAMIRANO CORONEL					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID	CANT	P.UNT S/.	PARCIAL S/.
1.00	POSTES DE CONCRETO				5,631.74
1.01	POSTE DE C.A.C 8/300 m daN (INCLUYE PERILLA)	und	9	520.07	4,680.66
1.02	POSTE DE 8/200 m daN (INCLUYE PERILLA)	und	2	475.54	951.08
2.00	CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO				4,589.27
2.01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 3x16+16+NA25 mm ²	m	445.6	10.30	4,589.27
3.00	ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES				426.37
3.01	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm ²	und	7	6.97	48.79
3.02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm ²	und	13	7.66	99.58
3.03	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	und	30	0.50	15.00
3.04	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO AISLADO, TIPO CUÑA	und	10	12.00	120.00
3.05	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 35 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	und	8	15.00	120.00
3.06	CONECTOR, PARA Al 25 mm ² , PARA NEUTRO ASLADO, TIPO CUÑA	und	2	4.00	8.00
3.07	CONECTOR AISLADO, PARA Al 25 mm ² , PARA FASES AISLADAS, TIPO PERFORACIÓN	und	1	15.00	15.00
5.00	ALUMBRADO PUBLICO				583.25
5.01	PASTORAL TUBO A°G° 38 mm f, INT.; 500 mm AVANCE HORIZ.; 720 mm ALTURA, Y 20° INCLINACION, PROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC	und	5	52.31	261.55
5.02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	und	5	27.64	138.20
5.03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	und	5	4.70	23.50
5.04	PORTA FUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	und	5	12.00	60.00
5.05	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 35 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA TIPO PERFORACIÓN	und	5	8.00	40.00
5.06	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO AISLADO TIPO CUÑA	und	5	12.00	60.00
6.00	RETENIDAS Y ANCLAJES				1,159.34
6.01	ALAMBRE DE ACERO N° 12; PARA ENTORCHADO	m	68	2.96	201.28
6.02	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	und	9	6.58	59.22
6.03	ARANDELA DE ANCLAJE, DE A° G°, 102 x 102 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	und	9	5.00	45.00

6.04	BLOQUE DE CONCRETO DE 0,40 x 0,40 x 0,15 m	und	9	2.96	26.64
6.05	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, DE 10 mm Ø, 7 HILOS	m	76.5	3.20	244.80
6.06	CONECTOR DOBLE VIA BIMETÁLICO PARA CABLE DE ACERO DE 10mmØ Y COBRE DE 16 mm ²	m	9	4.00	36.00
6.07	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 25 mm ² Y COBRE DE 16mm ² , TIPO CUÑA	und	5	6.50	32.50
6.08	MORDAZA PREFORMADA DE A°G° PARA CABLE DE 10 mm Ø	und	9	4.18	37.62
6.09	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE A°G°, 16 mm Ø x 254 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	und	9	5.92	53.28
6.10	VARILLA DE ANCLAJE DE A° G° DE 16 mm Ø x 2.40 m, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA Y CTCA EN EL OTRO	und	9	25.00	225.00
6.11	GUARDACABLE F°G° 1/16 x 8 (2400 mm)	und	9	22.00	198.00
7.00	ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS				236.32
7.01	PERNO CON GANCHO DE 16 mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	und	2	6.12	12.24
7.02	PERNO CON GANCHO DE 16 mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 305 mm	und	1	7.03	7.03
7.03	PERNO DE A°G° DE 13 mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	und	5	2.65	13.25
7.04	PERNO DE A°G° DE 13 mm Ø , PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 305 mm	und	10	2.86	28.60
7.05	PERNO CON OJAL, DE A°G° DE 16 mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 305 mm	und	10	7.71	77.10
7.06	TUERCA-OJAL DE A°G° PARA PERNO DE 16 mm Ø	und	2	5.26	10.52
7.07	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA	und	5	6.58	32.90
7.08	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57 x 57 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	und	12	0.99	11.88
8.00	PUESTA A TIERRA				3,357.61
8.01	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE 16 mm ²	und	4	8.75	35.00
8.02	CONECTOR DOBLE VIA BIMETALICO PARA CABLE DE ALEACIÓN DE ALUMINIO HASTA 35 mm ² Y COBRE DE 16 mm ²	und	4	26.25	105.00
8.03	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2,40 m	und	4	138.41	553.63
8.04	AGUA	lt	50	0.70	35.00
8.05	DOSIS DE TORGHHEL	und	4	136.50	546.00
8.06	CINTA VULCANIZANTE	m	2.5	25.00	62.50
8.07	TUBO DE PVC 19 mm Ø x 3 LONG	und	4	8.75	35.00
8.08	CAJA REGISTRO DE CONCRETO PARA PUESTA A TIERRA DE 396 mm Ø x 300 mm; CON ASA Y TAPA	und	4	87.33	349.30
8.09	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 35 mm ²	m	44	34.83	1,532.30
8.10	CINTA AISLANTE VINILICA	m	2.5	3.75	9.38
8.11	CONECTOR DE BRONCE TIPO AB PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE DE 35 mm ²	und	4	23.63	94.50
9.00	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN				2,459.11

9.01	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO CAJA MOLDEADA, REGULABLE TRIFASICO 11.2 - 6 A - SCHNEIDER	und	1	679.35	679.35
9.02	INTERRUPTOR AUTOMATICO TRIFASICO 6 A	und	2	129.45	258.90
9.02	INTERRUPTOR AUTOMATICO MONOFASICO 6 A	und	1	105.93	211.86
9.03	MEDIDOR DE ENERGÍA TRIFASICO 380/220 V -CHINA SHOP	und	1	359.00	359.00
9.04	GABINETE 600 x 400 x 200 mm	und	1	950.00	950.00
10.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS				2,476.33
10.01	TUBO PLASTICO DE PVC SAP, DE 19 mm f x 3 m PROVISTO DE CODO (19 mm f x 180°)	und	17	12.00	204.00
10.02	TEMPLADOR DE A°G°	und	34	1.40	47.60
10.03	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓN	und	17	1.81	30.77
10.04	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	und	17	6.00	102.00
10.05	CAJA METÁLICA PORTAMEDIDOR, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10 A	und	17	72.38	1,230.46
10.06	MEDIDOR MONOF. DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICRO PROCESADOR DE 220 V; 10-40 A; 60 Hz; CLASE 1.	und	17	45.00	765.00
10.07	TUBO DE A°G° STANDARD / REDONDO DE 38 mm x 1,5 mm x 6,0 m, PROVISTO DE CODO	und	17	5.00	85.00
10.08	CORREA PLASTICA DE AMARRE	und	23	0.50	11.50
11.00	SISTEMA FOTOVOLTAICO				109,027.98
11.01	PANEL SOLAR 400 W PERC MONOCRISTALINO ERA	und	30	882.49	26,474.70
11.02	BATERIA LG Chem RESU10H Tipo C	und	3	24,400.01	73,200.03
11.03	INVERSOR HIBRIDO X3-HYBRID-10.0T	und	1	5,700.00	5,700.00
11.04	SOPORTES DE PANELES SOLARES	und	3	850.00	2,550.00
11.05	FUSIBLE 25 A - DF ELECTRIC	m	1	30.00	30.00
11.06	FUSIBLE 12 A - DF ELECTRIC	m	1	20.00	20.00
11.07	FUSIBLE DF 30 A - DF ELECTRIC	und	1	38.00	38.00
11.08	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO CURVA C, 3 X 10 A - SCHNEIDER	und	1	102.69	102.69
11.09	CONECTOR MC4 MULTICONTACO MACHO - HEMBRAS	und	32	19.00	639.36
11.10	CABLE 16 AWG - ELCOPE	und	32	3.85	123.20
11.11	CABLE 18 AWG - ELCOPE	und	36	3.20	115.20
11.12	CABLE 18 AWG - ELCOPE	und	6	5.80	34.80
12.00	OTROS				
12.01	CASETA PREFABRICADA 3.3 X 4.83 M	und	1	4,500.00	4,500.00
TOTAL, SUMINISTRO DE MATERIALES					134,447.31

Presupuesto de montaje electromecánico

PRESUPUESTO						
DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA AL CASERIO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS						
TESISTA: JOSE WALTER ALTAMIRANO CORONEL						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID	METRADO	P. UNIT S/.	PARCIAL S/.	
1.00	OBRAS PRELIMINARES				1,200.00	
1.01	REPLANTEO TOPOGRÁFICO, UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS E INGENIERÍA DE DETALLE	Loc	1	1,200.00	1,200.00	
2.00	INSTALACIÓN DE POSTES				3,904.13	
2.01	TRANSLADO DE POSTES DE BT AL PUNTO DE IZAJE	und	11	70.00	770.00	
2.02	EXCAVACION DE HOYO EN TERRENO TIPO I	und	11	53.83	614.13	
2.03	SOLADO DE CONCRETO CICLPEO PARA POSTES DE BT	m ³	11	86.25	948.75	
2.04	CIMENTACION DE POSTES CAC DE BT	und	11	27.93	307.23	
2.04	CODIFICACION DE POSTES DE CAC DE BAT	und	11	35.16	386.76	
2.04	IZADO DE POSTES	und	11	52.90	581.90	
2.06	TRASLADOS DE AGREGADOS A PUNTO DE IZAJE	m ³	7	50.26	360.26	
3.00	INSTALACIÓN DE RETENIDAS				728.58	
3.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (ARCILLOSO)	m ³	9	37.33	336.00	
3.02	INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA	und	9	23.73	213.60	
3.03	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE RETENIDA INCLINADA Y VERTICAL	m ³	9	19.89	178.98	
4.00	MONTAJE DE ARMADOS				150.87	
4.01	ARMADO TIPO E1/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	und	1	13.12	13.12	
	ARMADO TIPO E2/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	und	1	13.60	13.60	
4.02	ARMADO TIPO E3/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	und	6	13.12	78.72	
4.03	ARMADO TIPO E4/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	und	2	13.22	26.24	
4.04	ARMADO TIPO E5/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	und	1	14.89	13.12	
5.00	MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES				944.59	
5.01	COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 3X25+16/25 mm ²	m	445.56	2.12	944.59	
6.00	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA				1,200.22	
6.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso)	m ³	4	98.00	392.00	
6.02	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1	und	4	52.03	208.11	
6.03	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 CON TIERRA CERNIDA	m ³	4	150.03	600.11	
7.00	PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS				447.60	
7.01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° G°	und	5	20.33	101.65	
7.02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA	und	5	32.19	160.95	
7.03	INSTALACIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN RED SECUNDARÍA	und	1	185.00	185.00	

8.00	CONEXIONES DOMICILIARIAS				1,406.58
8.03	CONEXIÓN DE ACOMETIDAS DOMICILIARIAS	und	17	36.49	620.33
8.05	MONTAJE DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA Y CAJA	und	17	20.34	345.78
8.06	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA - ELECTRÓNICO	und	17	25.91	440.47
9.00	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO				950.00
9.01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	glb	1	950.00	950.00
10.00	INSTALACION DE CENTRAL				9,459.26
10.01	NIVELACION DEL TERRENO	m ²	639	10.00	6,389.00
10.02	INSTALACION DE SOPORTES DE PANEL	und	3	45.00	135.00
10.03	MONTAJE DE PANELES SOLARES	und	33	32.22	1,063.26
10.04	INSTALACION Y ANCLAJE DE CASETA PREFABRICADA	glb	1	1,300.00	1,300.00
10.05	INSTALACION DE BATERIAS	und	3	25.00	75.00
10.06	INSTALACION DE INVERSORES	und	1	60.00	60.00
10.07	CABLEADO ENTRE PANALES	glb	1	120.00	120.00
10.08	CABLEADO ENTRE PANALES E INVERSOR	glb	1	230.00	230.00
10.09	CABLEADO ENTRE BATERIA E INVERSOR	glb	1	87.00	87.00
TOTAL, MONTAJE ELECTROMECAÁNICO					20,391.83

Anexo 06

Especificaciones técnicas de los componentes del sistema fotovoltaico

ESPSC

Monocrystalline Solar Module

SPECIFICATIONS

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

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

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

CHARACTERISTICS

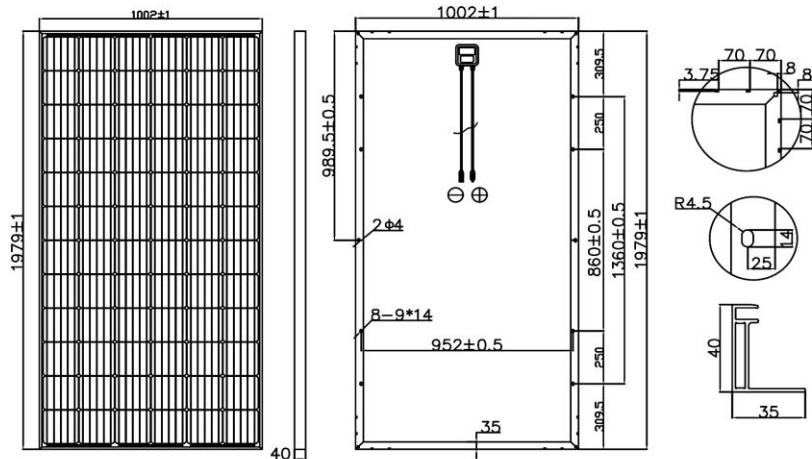
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient I_{SC}	+0.02973%/°K
Temperature-Coefficient V_{OC}	-0.38038%/°K
Temperature-Coefficient P_{MPP}	-0.57402%/°K
NOCT***	45°C

CERTIFICATES

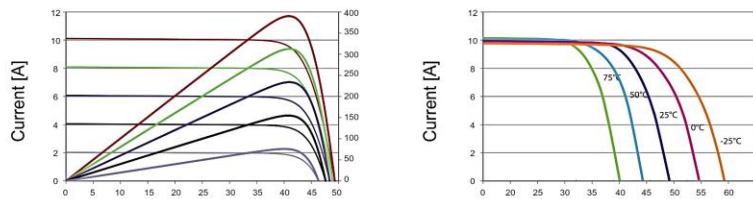
IEC 61215 edition 2 (TÜV Nord)
(TÜV Rheinland)
IEC 61730 MCS INMETRO
CE CEC SALT-MIST
UL1703 CSA
PID Resistant

INSURANCE

Chubb



CURRENT-VOLTAGE CURVES



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

Module characteristics at variable module temperatures and constant module irradiance of 1.000 W/m²

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

* MPP: Maximum Power Point

** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5

*** Normal Operating Cell Temperature



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



X3-HYBRID HV (THREE PHASE)

X3-HYBRID-5.0T

X3-HYBRID-6.0T

X3-HYBRID-8.0T

X3-HYBRID-10.0T

INPUT (DC)

Max.PV array power [Wp]	A:3000/B:3000	A:4000/B:4000	A:6000/B:4000	A:8000/B:5000
Max.DC voltage [V]	1000	1000	1000	1000
Nominal DC operating voltage [V]	720	720	720	720
Max. input current (input A/input B) [A]	11/11	11/11	20/11	20/11
Max. short circuit current (input A/input B) [A]	14/14	14/14	23/14	23/14
MPPT voltage range[V]	180-950	180-950	180-950	180-950
Start operating voltage[V]	180	180	180	180
No. of MPP trackers	2	2	2	2
Strings per MPP tracker	A:1/B:1	A:1/B:1	A:2/B:1	A:2/B:1

INPUT AC

Max. apparent AC power[VA]	5000	6000	8000	10000
Max. AC current[A]	8.0	9.6	12.8	16.0
Nominal grid voltage(AC voltage range)[V]	400/230;380/220	400/230;380/220	400/230;380/220	400/230;380/220
Nominal grid Frequency/range[Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60

OUTPUT AC

Nominal AC power [VA]	5000	6000	8000	10000
Max. apparent AC power [VA]	5000	6000	8000	10000
Nominal grid voltage(AC voltage range) [V]	400/230;380/220			
Nominal grid frequency/range [Hz]	50/60			
Nominal AC current [A]	7.2	8.7	11.6	14.5
Max. AC current [A]	8.0	9.6	12.8	16.0
Displacement power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging			
THDi, rated power [%]	<3			

OUTPUT DC (BATTERY)

Battery voltage range [V]	160-800			
Max.continuous charge/discharge current [A]	25			
Communication interfaces	CAN/RS485			
Reverse connect protection	Yes			

EPS OUTPUT (WITH BATTERY)

EPS MAX. continuous apparent power [VA]	5000	6000	8000	10000
EPS rated voltage[V],Frequency [Hz]	400/230VAC;380/220VAC; 50/60			
EPS MAX.continuous current [A]	7.2	8.7	11.6	14.5
EPS peak apparent power [VA] Duration[s]	<10000 60	<12000 60	<14000 60	<15000 60
Changeover time [s]	<1.5			
THDv, linear Load [%]	<2			

EFFICIENCY

MPPT efficiency [%]	99.9			
Euro efficiency [%]	97.0			
Max. efficiency [%]	97.8			
Battery charge/discharge efficiency [%]	97.0/96.0	97.0/96.0	97.5/96.5	97.5/96.5

POWER CONSUMPTION

Standby consumption (Night) [W]	50 in standby mode, 10 in idle mode			
---------------------------------	-------------------------------------	--	--	--

STANDARD

Safety	IEC62109-1/-2			
EMC	EN61000-6-1/EN61000-6-2/EN61000-6-3			
Certification	VDE 0126-1-1 A1:2012 / VDE-AR-N 4105 / G98 / AS4777 / EN50549 / CEI 0-21 / and so on			

ENVIRONMENT LIMIT

Degree of protection(according to IEC60529)	IP65			
Operating temperature range [°C]	-20~+60 (derating at +45)			
Max. operation altitude [m]	2000			
Humidity [%]	0-100 (non-condensing)			
Storage temperature [°C]	-20~+60			
Typical noise emission [dB]	40			

DIMENSION AND WEIGHT

Dimensions(WxHxD) [mm]	457*654*228			
Weight[kg]	45			
Cooling concept	Natural			
Topology	Non-isolated			
Communication interfaces	Ethernet/Meter/Pocket WiFi(optional)/Pocket LAN(optional)/Pocket GPRS(optional)/DRM/USB/ISO alarm/CAN/BMS/NTC			
LCD display	Backlight 20*4 character			
Standard warranty [years]	5-10			

48V



Models		RESU3.3	RESU6.5	RESU10	RESU13
Total Energy [kWh] ¹⁾		3.3	6.5	9.8	13.1
Usable Energy [kWh] ²⁾		2.9	5.9	8.8	12.4
Capacity [Ah]		63	126	189	252
Nominal Voltage [V]		51.8			
Voltage Range [V]		42.0-58.8			
Max Power [kW]		3.0	4.2	5.0	5.0
Peak Power [kW] (for 3 sec.)		3.3	4.6	7.0	7.0 11.0 (Backup Mode)
Dimension [W x H x D, mm]		452 x 403 x 120	452 x 656 x 120	452 x 484 x 227	452 x 626 x 227
Weight [kg]		31	52	75	97
Enclosure Protection Rating		IP55			
Communication		CAN2.0B			
Certificates	Cell	UL1642			
	Product	UL1973 / TUV (IEC 62619) / CE / FCC / RCM			TUV(IEC 62619)/CE/FCC/RCM

Compatible Inverter Brands : SMA, SolaX, Ingeteam, Redback, GoodWe, Sungrow, Victron Energy, Selectronic - More brands to be added

1) Total Energy is measured at the initial stage of battery life under the condition as follows : Temperature 25°C

2) Usable Energy is based on battery cell only

RESU PLUS



RESU Plus is an expansion kit specially designed for 48V models of the RESU series. With RESU Plus, all 48V models can be cross-connected with each other.

- Dimension : 216 x 156 x 121 (W x H x D, mm)
- Number of Expandable Battery Units : Up to 2EA
- IP55

400V



Models	RESU7H		RESU10H	
	Type-R	Type-C	Type-R	Type-C
Total Energy [kWh] ¹⁾	7.0		9.8	
Usable Energy [kWh] ²⁾	6.6		9.3	
Capacity [Ah]	63		63	
Voltage Range [V]	350-450	430-550	350-450	430-550
Max Power [kW]	3.5		5.0	
Peak Power [kW]	5.0 (for 5 sec.)	5.0 (for 10 sec.)	7.0 (for 10 sec.)	
Dimension [W x H x D, mm]	744 x 692 x 206	744 x 907 x 206	744 x 907 x 206	744 x 907 x 206
Weight [kg]	75	87	97	99.8
Enclosure Protection Rating	IP55			
Communication	RS485	CAN2.0B	RS485	CAN2.0B
Certificates	Cell	UL1642		
	Product	TUV (IEC 62619) / CE / FCC / RCM	TUV (IEC 62619) / CE / RCM	UL1973 / TUV (IEC 62619) / CE / FCC / RCM

Compatible Inverter Brands : SMA, SolarEdge, Fronius, Huawei - More brands to be added

1) Total Energy is measured at the initial stage of battery life under the condition as follows : Temperature 25°C

2) Usable Energy is based on battery cell only

Tabla de Datos Técnicos

CALIBRE CONDUCTOR	DIÁMETRO CONDUCTOR APROX.	ESPESOR AISLAMIENTO	DIÁMETRO EXTERIOR	PESO APROX.	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)
(AWG)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(A)
22	0.77	0.5	1.77	5.9	6
20	0.92	0.5	1.92	8.02	9
18	1.16	0.6	2.36	12.42	14
16	1.46	0.6	2.66	17.77	19
14	1.84	0.6	3.04	26	29
12	2.32	0.7	3.72	40.3	33
10	2.96	0.8	4.56	62.6	48
8	3.62	1	5.62	98.7	67

Consideraciones de Instalación

(*) Temperatura ambiente: 30°C

Todos los diseños especificaciones y detalles de nuestros conductores son estrictamente indicativos. No podrán ser considerados contractuales para ELCOPE.



No propagación de la llama



Resistente al aceite



Tensión nominal 600V



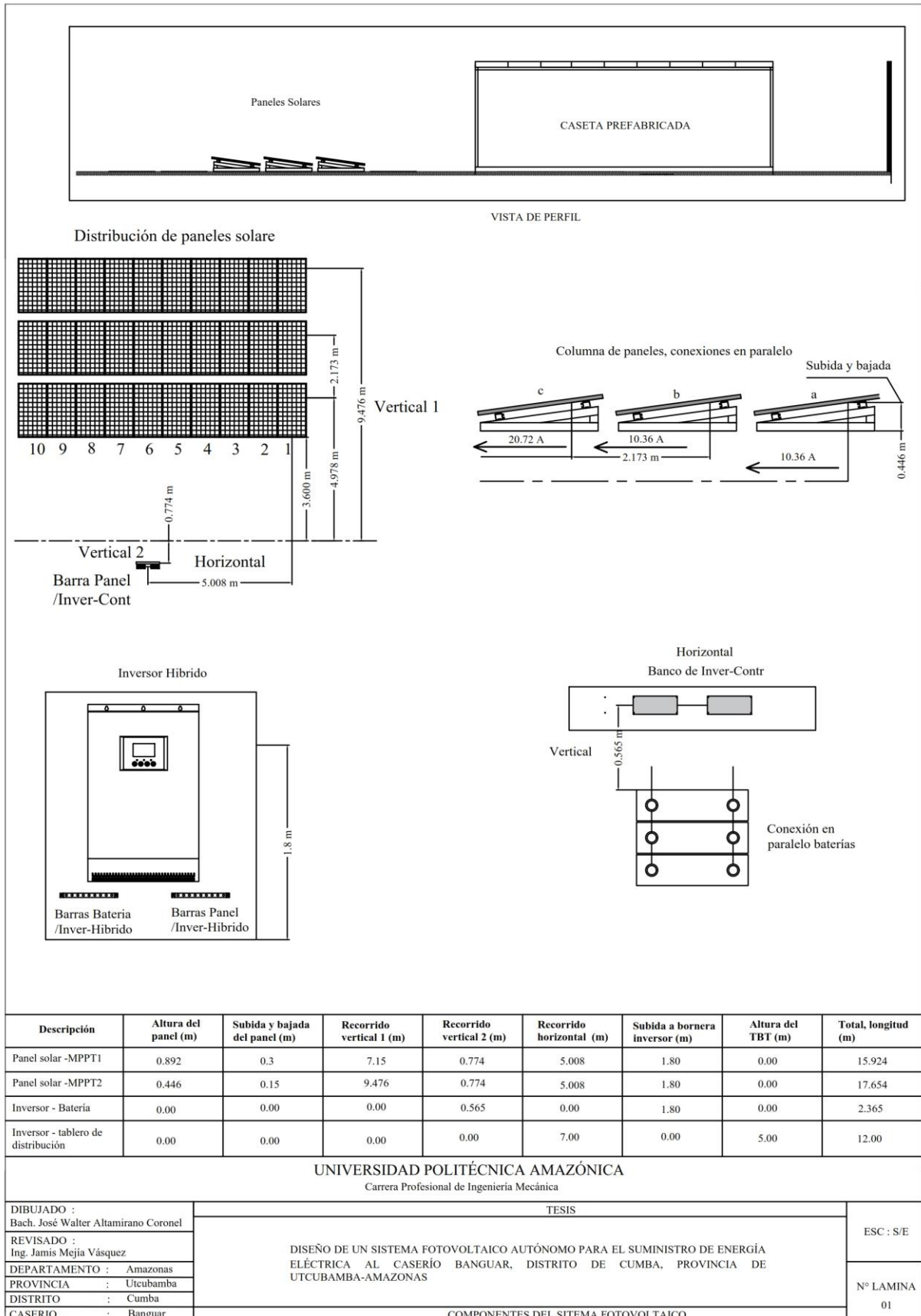
Resistente a la humedad



Temperatura de operación 75°C

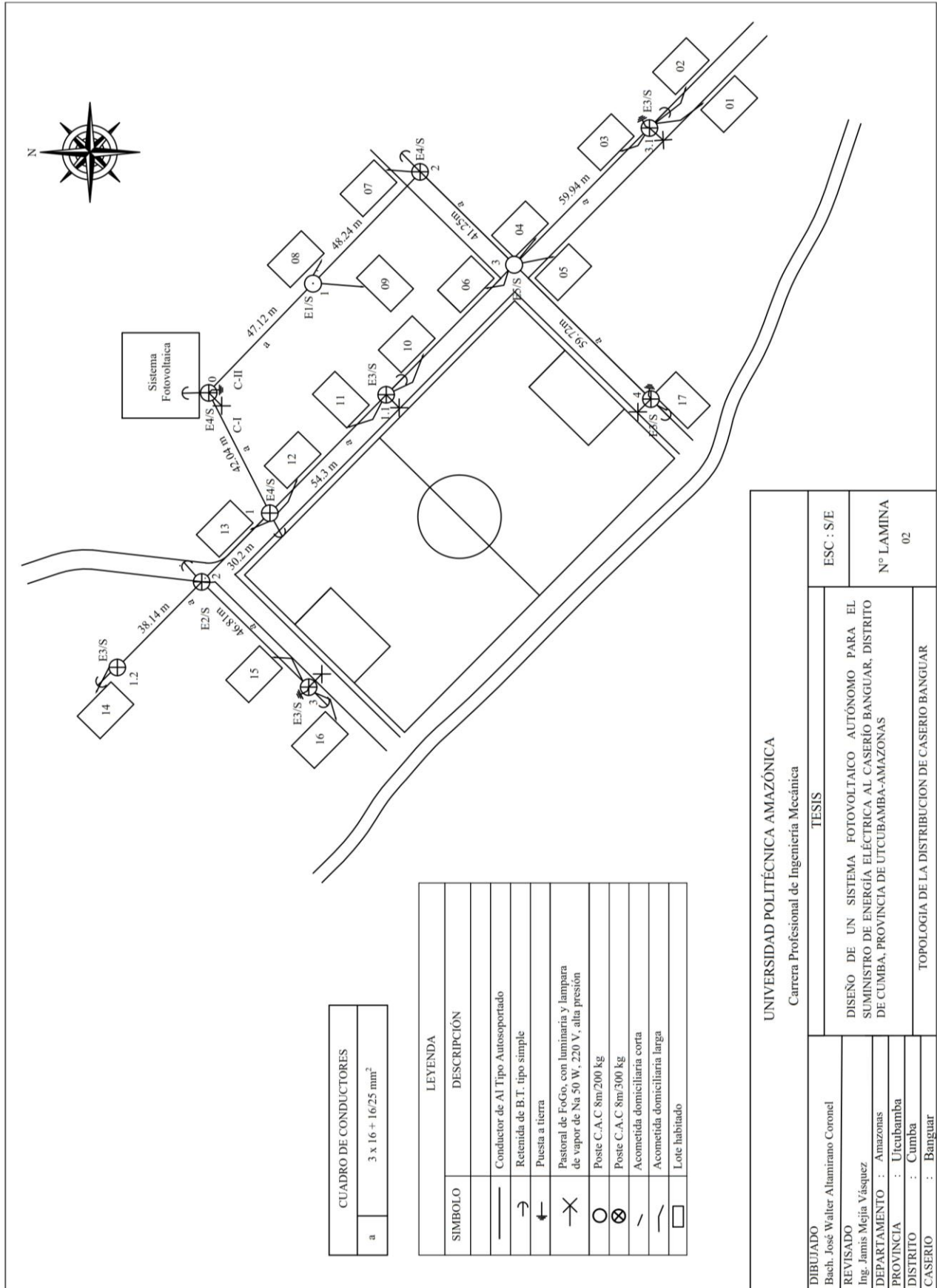
Anexo 07

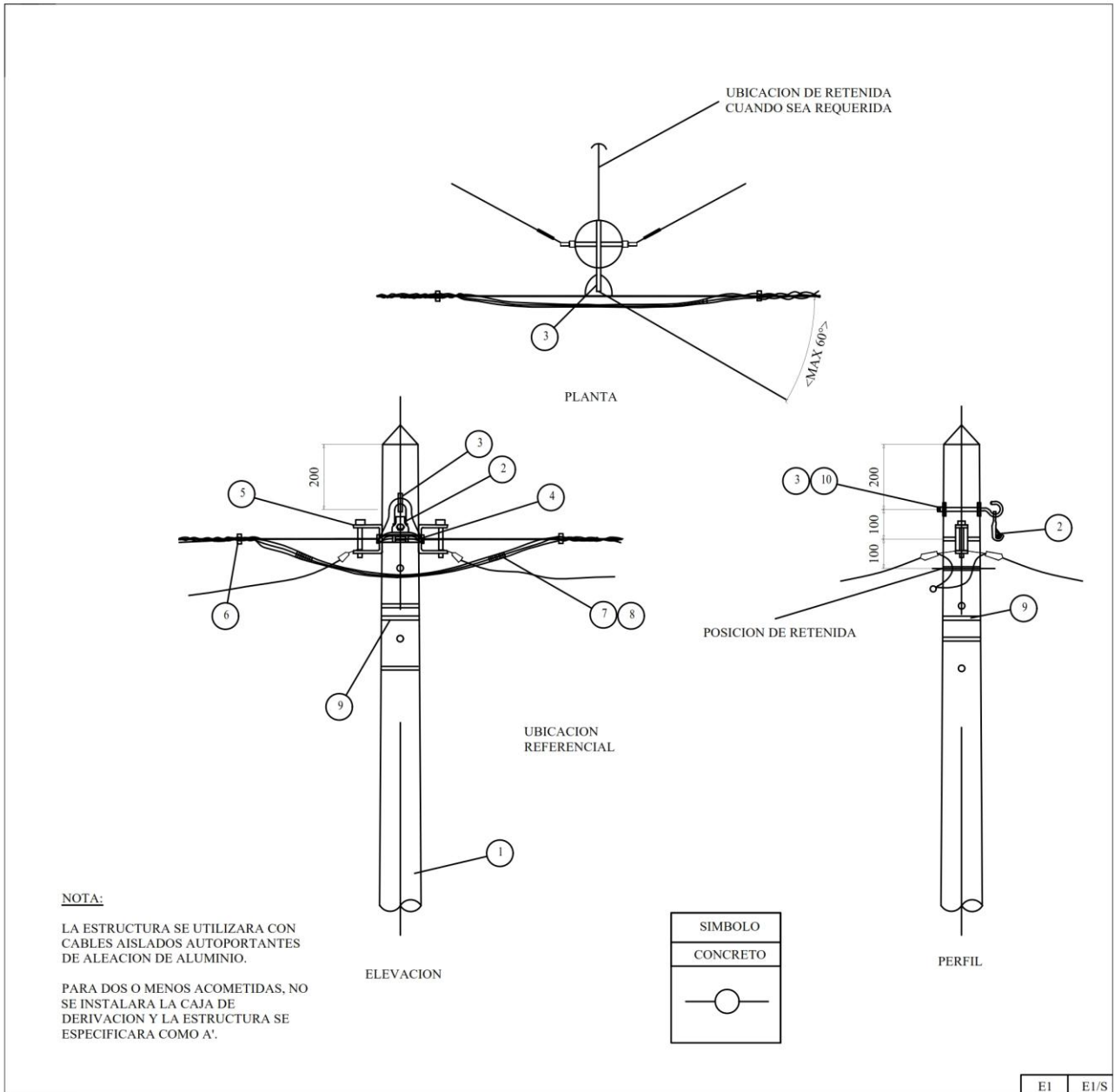
Especificaciones técnicas de los componentes del sistema fotovoltaico



Anexo 08

Topología de la distribución red secundaria caserío Banguar

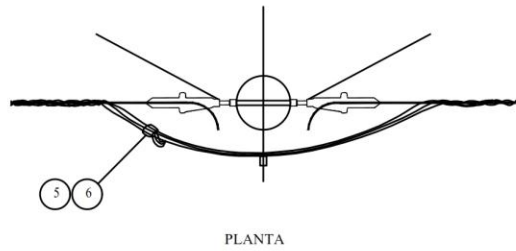




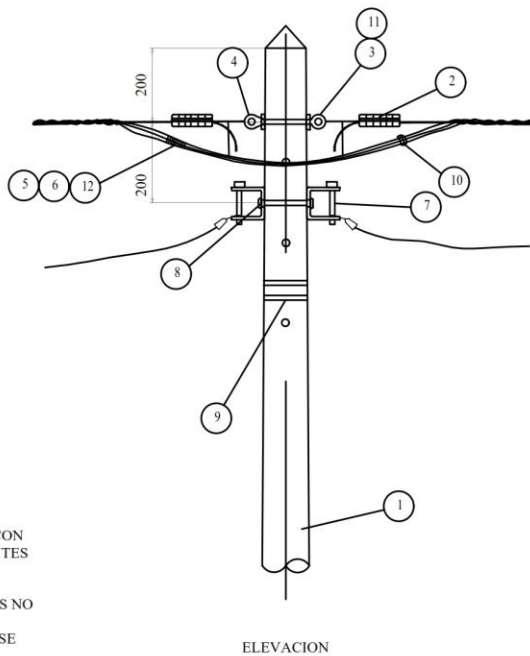
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	EI/S
10	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57x5 mm, AGUJERO DE 18 mmØ	1	1
9	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, EN METROS	1	0
8	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , TIPO CUÑA -PARA CONEXION DE PUESTA A TIERRA	1	Req
7	CONECTOR DERIVACION T/ CUÑA, cadmiado P/ Al 16-35 mm ²	2	Req
6	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	4	4
5	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	2	Req
4	PERNO DE A°G° DE 13 mm Ø 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	1	Req
3	PERNO CON GANCHO, 16 mmØ x 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE ARANDELA, T Y CT	1	1
2	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 mm ²	1	1
1	POSTE DE CONCRETO 8/200	1	1
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	EI/S

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA AMAZÓNICA
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica

DIBUJADO : Bach. José Walter Altamirano Coronel	TESIS DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS ESTRUCTURA EI/S	ESC : S/E
REVISADO : Ing. Jamis Mejía Vásquez		
DEPARTAMENTO : Amazonas		Nº LAMINA 03
PROVINCIA : Utcubamba		
DISTRITO : Cumba		
CASERIO : Banguar		



PLANTA

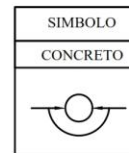


ELEVACION

NOTA:

LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO

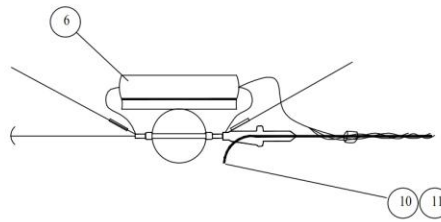
PARA DOS O MENOS ACOMETIDAS NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO ANG'



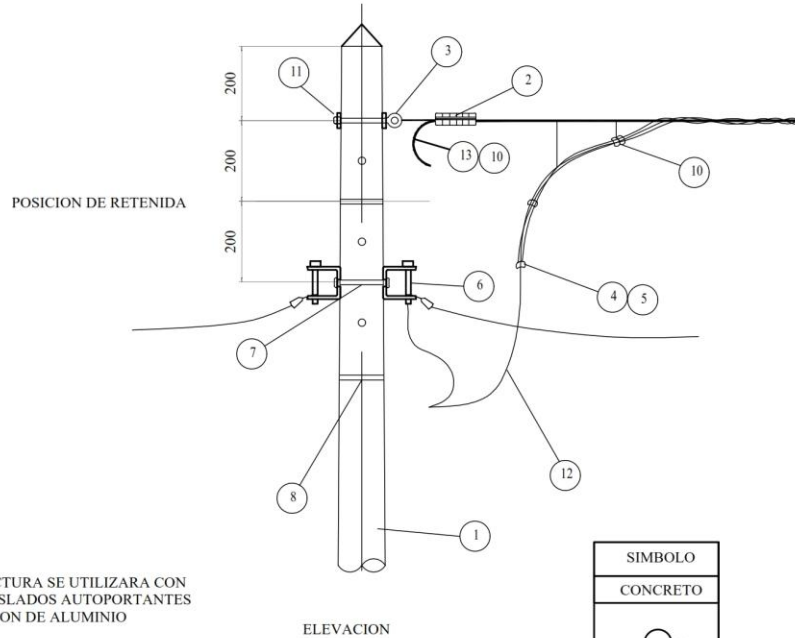
ITEM	DESCRIPCION	E2	E2/S
11	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	2	2
10	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	4	4
9	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, EN METROS	1	0
8	PERNO DE A°G° DE 13 mm Ø 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	1	Req
7	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mmØ	2	Req
6	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , TIPO CUÑA -PARA CONEXION DE PUESTA A TIERRA	1	Req
5	CONECTOR BIMETALICO AISLADO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , FASE AISLADA TIPO PERFORACION	2	Req
4	TUERCA-OJAL DE A°G° PARA PERNO DE 16 mm Ø	1	1
3	PERNO CON OJAL DE A°G° DE 16 mm Ø x 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	1	1
2	GRAPA DE ANCLAJE CONICA DE ALEACION DE ALUMINIO	2	2
1	POSTE DE CONCRETO 8/300	1	1
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	CANT.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA AMAZÓNICA
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica

DIBUJADO : Bach. José Walter Altamirano Coronel	TESIS	ESC : S/E
REVISADO : Ing. Jamis Mejía Vásquez	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS	
DEPARTAMENTO : Amazonas		Nº LAMINA 04
PROVINCIA : Utcubamba		
DISTRITO : Cumba		
CASERIO : Banguar	ESTRUCTURA E2/S	



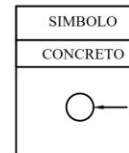
PLANTA



NOTA:

LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO

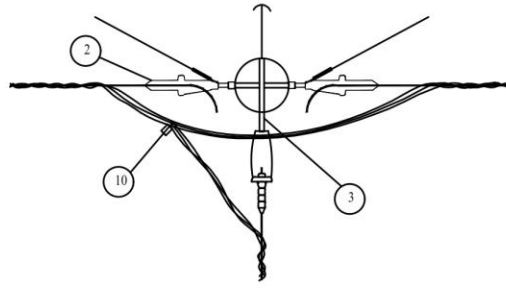
PARA DOS O MENOS ACOMETIDAS NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO F'.



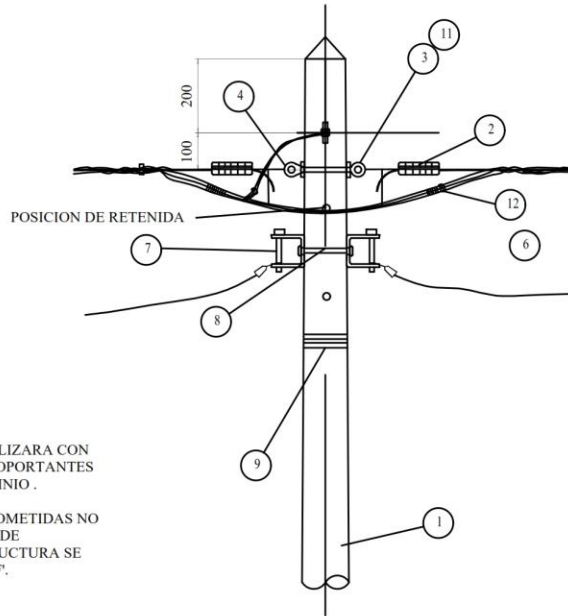
ITEM	DESCRIPCION	E3	E3/S
11	CINTA AUTOFUNDENTE PARA EXTREMO DE CABLE	0.30m	0.30m
10	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57 x 57 x5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	2	2
9	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	4	4
8	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, EN METROS	1	0
7	PERNO DE A°G° DE 13 mm Ø 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	1	Req
6	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	2	Req
5	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , TIPO CUÑA -PARA CONEXION DE PUESTA A TIERRA	1	Req
4	CONECTOR BIMETALICO AISLADO PARA Al 25 mm ² /Cu 4 - 10 mm ² , FASE AISLADA TIPO PERFORACION	2	Req
3	PERNO CON OJAL DE A°G° DE 16 mm Ø x 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	1	1
2	GRAPA DE ANCLAJE CONICA DE ALEACION DE ALUMINIO	1	1
1	POSTE DE CONCRETO 8/300	1	1
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	CANT.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA AMAZÓNICA
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica

DIBUJADO : Bach. José Walter Altamirano Coronel	TESIS	ESC : S/E
REVISADO: Ing. Jamis Mejía Vásquez	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS	
DEPARTAMENTO : Amazonas		N° LAMINA 05
PROVINCIA : Utcubamba		
DISTRITO : Cumba		
CASERIO : Banguar	ESTRUCTURA E3/S	



PLANTA

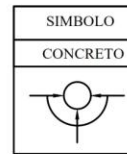


ELEVACION

NOTA:

LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO .

PARA DOS O MENOS ACOMETIDAS NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO VF.



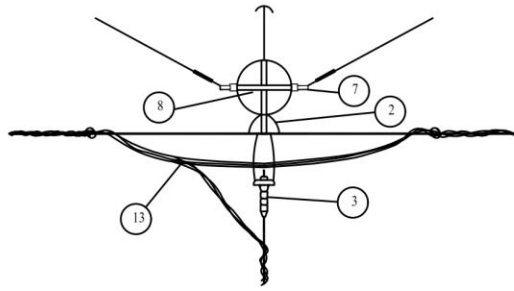
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	CANT.
11	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57x5mm AGUJERO DE 18 mm Ø	4	4
10	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	6	6
9	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, EN METROS	1	0
8	PERNO DE A°G° DE 13 mm Ø 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	1	Req
7	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	2	Req
6	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , TIPO CUÑA -PARA CONEXION DE PUESTA A TIERRA	1	Req
5	CONECTOR BIMETALICO AISLADO PARA Al 25 mm ² /Cu 4 - 10 mm ² , FASE AISLADA TIPO PERFORACION	2	Req
4	TUERCA-OJAL PARA PERNO DE 16 mm Ø	1	1
3	PERNO CON OJAL DE A°G° DE 16 mm Ø x 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	2	2
2	GRAPA DE ANCLAJE CONICA DE ALEACION DE ALUMIN-IO	3	3
1	POSTE DE CONCRETO 8/300	1	1
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	CANT.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA AMAZÓNICA
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica

DIBUJADO :	Bach. José Walter Altamirano Coronel
REVISADO :	Ing. Jamis Mejía Vásquez
DEPARTAMENTO :	Amazonas
PROVINCIA :	Utcubamba
DISTRITO :	Cumba
CASERIO :	Banguar

TESIS	
DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERIO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS	
ESTRUCTURA E4/S	

ESC : S/E
N° LAMINA 06

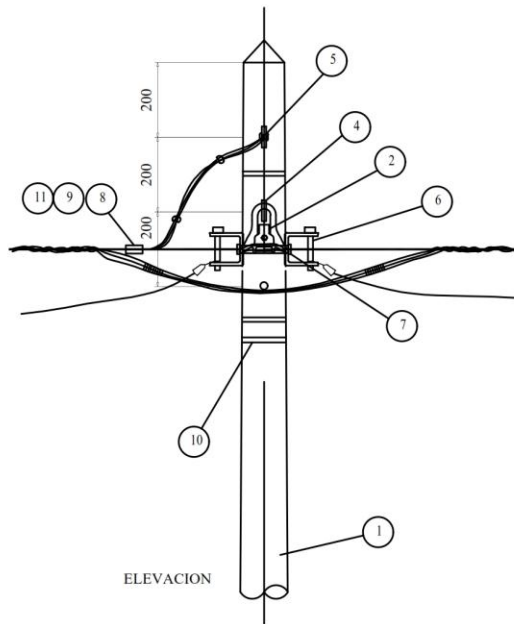


PLANTA

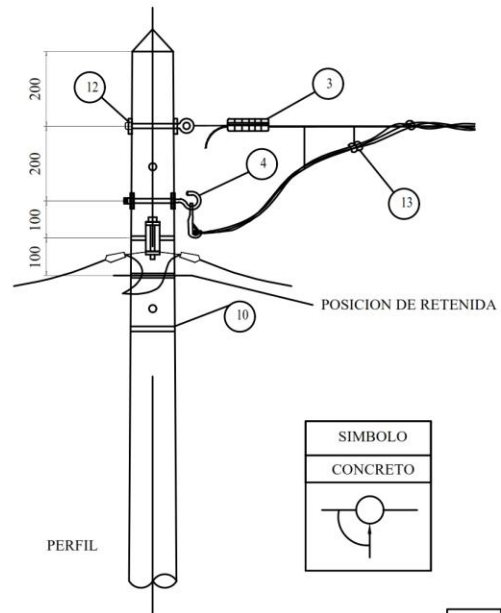
NOTA:

LA ESTRUCTURA SE UTILIZARA CON CABLES AISLADOS AUTOPORTANTES DE ALEACION DE ALUMINIO.

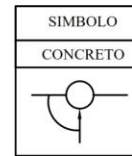
PARA DOS O MENOS ACOMETIDAS NO SE INSTALARA LA CAJA DE DERIVACION Y LA ESTRUCTURA SE ESPECIFICARA COMO DVF



ELEVACION



PERFIL

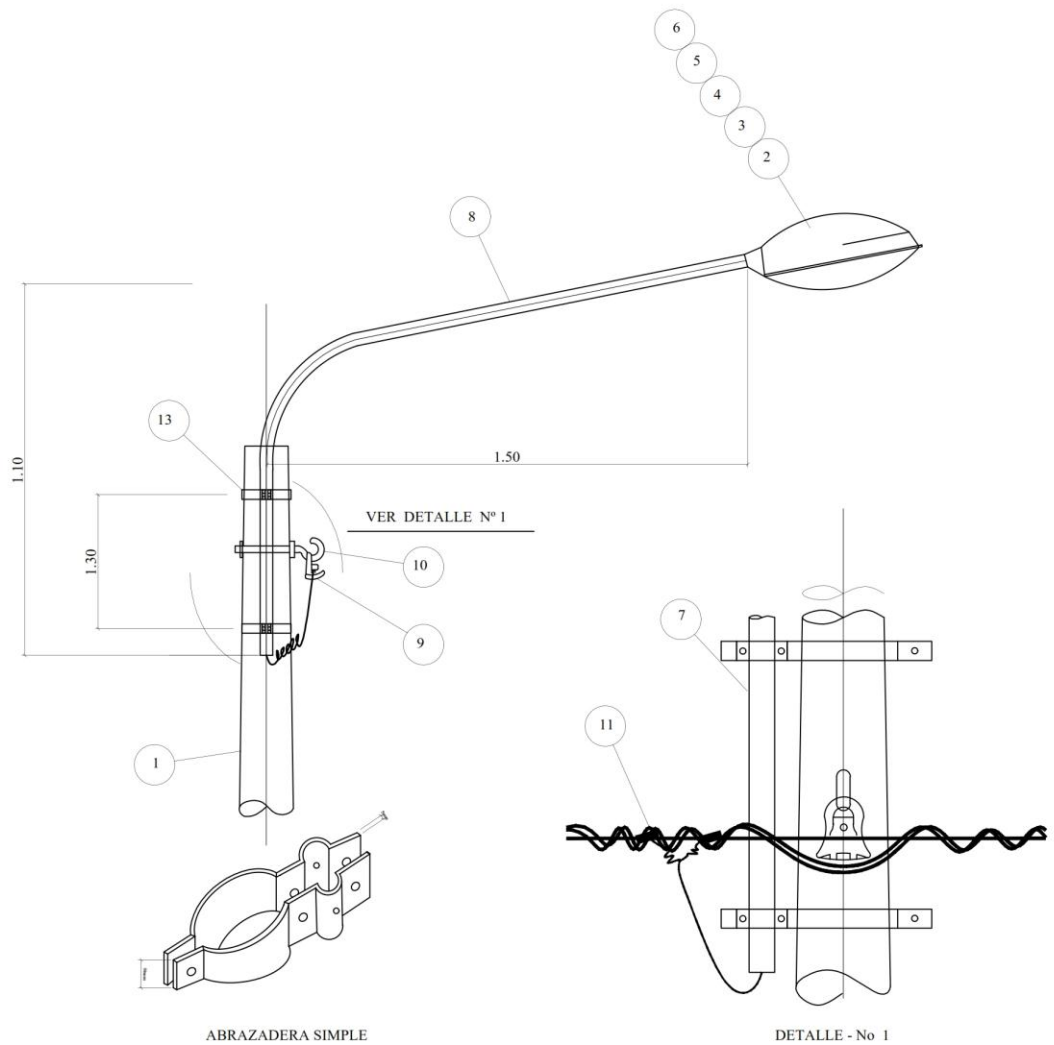


ITEM	DESCRIPCION	E5	E5/S
14	CONECTOR PARA Al 25 mm ² , NEUTRO DESNUDO TIPO CUÑA		
13	CONECTOR AISLADO, PARA Al 25 mm ² , FASE AISLADA TIPO PERFORACION		
12	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	3	3
11	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	5	5
10	FLEJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, EN METROS	1	0
9	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , TIPO CUÑA - PARA CONEXION DE PUESTA A TIERRA	1	Req
8	CONECTOR BIMETALICO AISLADO, PARA Al 25 mm ² /Cu 4-10 mm ² , FASE AISLADA TIPO PERFORACION	2	Req
7	PERNO DE A°G° DE 13 mm Ø x 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	1	Req
6	PORTALINEA UNIPOLAR DE A°G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	2	Req
5	PERNO CON OJAL DE A°G° DE 16 mm Ø x 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE T Y CT	1	1
4	PERNO CON GANCHO, 16 mm Ø x 254 mm LONG; 100 mm MAQUINADO; PROVISTO DE ARANDELA, T Y CT	1	1
3	GRAPA DE ANCLAJE CONICA DE ALEACION DE ALUMINIO	1	1
2	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR DE ALEACION DE ALUMINIO	1	1
1	POSTE DE CONCRETO 8/300	1	1
		CANT.	CANT.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA AMAZÓNICA

Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica

DIBUJADO : Bach. José Walter Altamirano Coronel	TESIS	ESC : S/E
REVIDADO : Ing. Jamis Mejía Vásquez.	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS	
DEPARTAMENTO : Amazonas		
PROVINCIA : Utcubamba		
DISTRITO : Cumba		
CASERIO : Banguar	ESTRUCTURA E5/S	Nº LAMINA 07



SIMBOLO $\rightarrow \times$

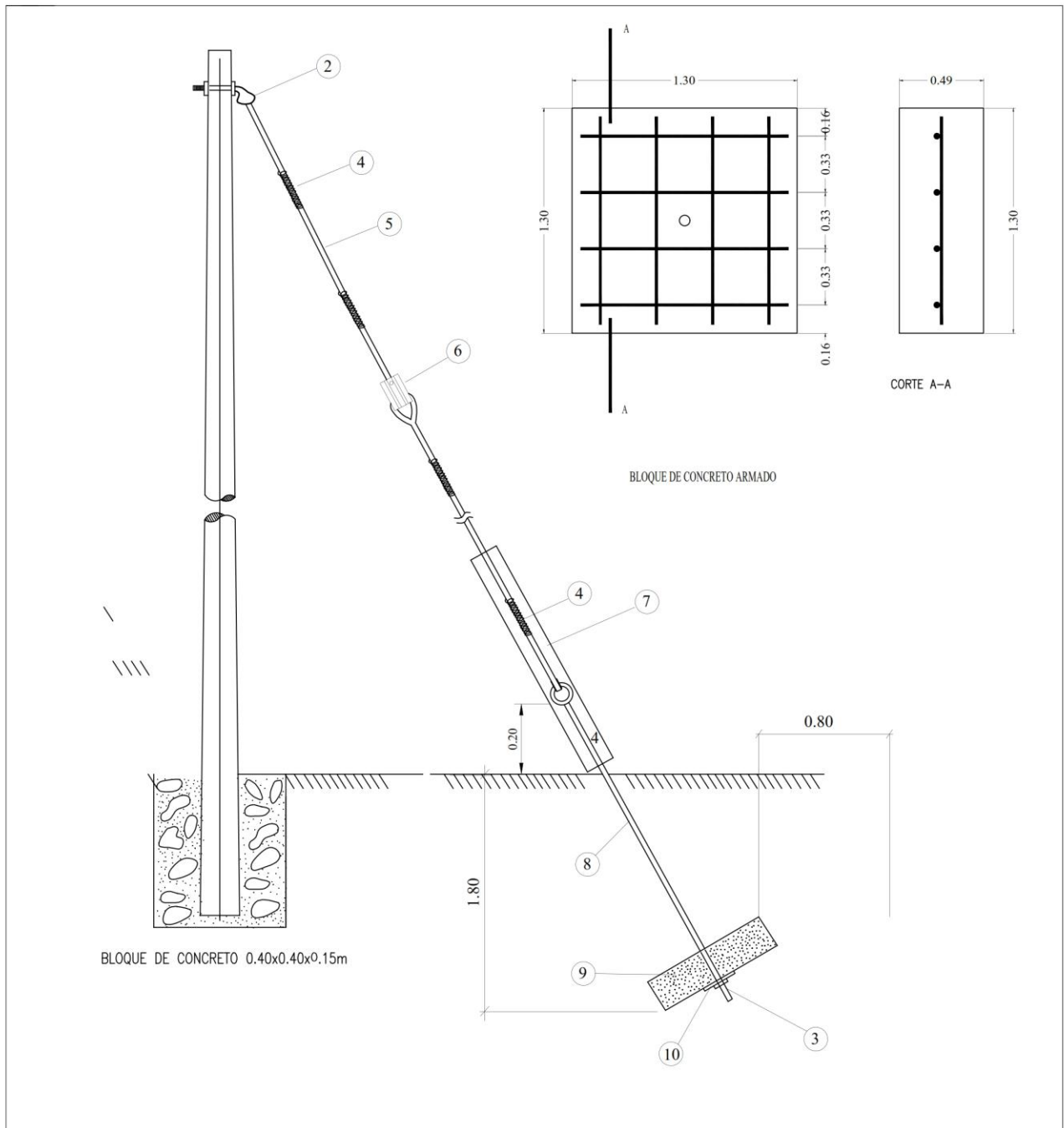
(*) : SEGUN REQUERIMIENTO

11	2	CONECTOR DEL TIPO PERFORACIÓN	13	2	ABRAZADERAS DE AoGo 2" x 140 mm Ø (POSTE BT) 1 1/2"Ø (PASTORAL), 3/16" ESPESOR (SIMPLE)
	1	GRAPA DE SUSPENSION	10	1	ABRAZADERAS DE AoGo 2" x 245 mm Ø (POSTE MT) 1 1/2"Ø (PASTORAL), 3/16" ESPESOR (SIMPLE)
	*	CABLE EXTRAFLEXIBLE TIPO NLT 2 x 2.5 mm ² .	8	1	PERNO OJAL ABIERTO 5/8"Ø x 8"
	1	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE 50W	6	1	PASTORAL DE TUBO AoGo PS/1.5 m/1.10 m/1.5"Ø/15°
	4	IGNITOR PARA LAMP. Na 50W Y BALASTO	4	1	PORTAFUSIBLE Y FUSIBLE 5 A.
	1	POSTE DE C.A.C. DE 8 m	4	1	CONDENSADOR PARA LAMP. Na 50W
			2	1	LUMINARIA HERMETICA PARA LAMP. Na 50W
POS.	CANT	DESCRIPCION	POS.	CANT.	DESCRIPCION

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA AMAZÓNICA

Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica

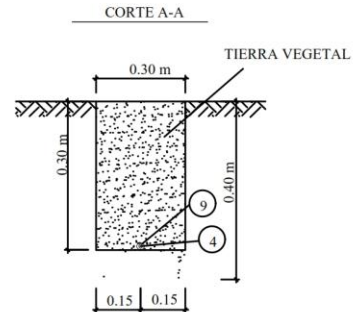
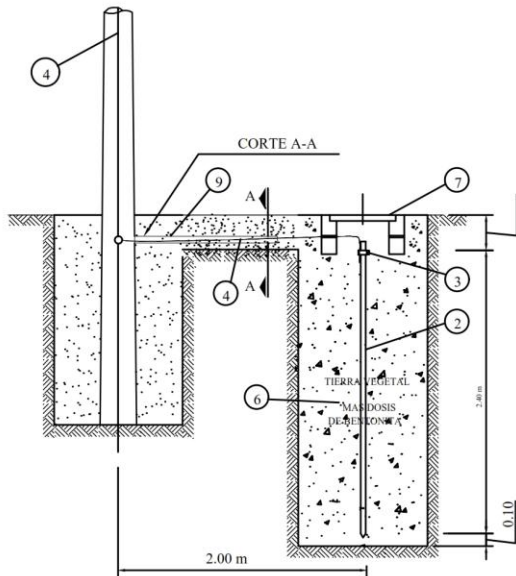
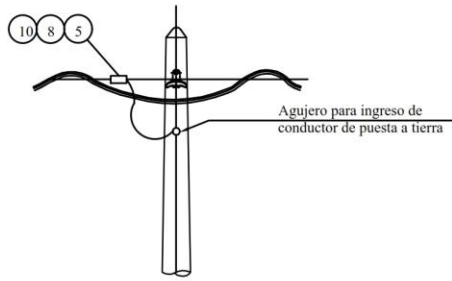
DIBUJADO : Bach. José Walter Altamirano Coronel	TESIS		ESC : S/E
REVISADO : Ing. Jamis Mejía Vásquez	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS		
DEPARTAMENTO : Amazonas	PASTORAL Y ACCESORIO PARA ALUMBRADO PUBLICO		Nº LAMINA 08
PROVINCIA : Utcubamba			
DISTRITO : Cumba			
CASERIO : Banguar			



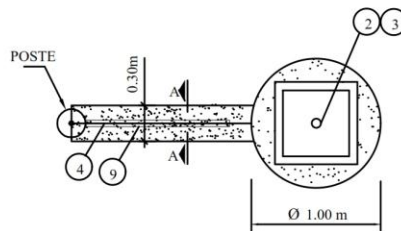
9	1		10	1	ARANDELA CUADRADA FoGo 100 (4") x100 (4") x 6.35 (1/4")
7	1	GUARDACABLE FoGo 1/16" x 8'(2400 mm)	8	1	VARILLA CON GUARDACABO AoGo 16 mm Ø x1800 mm
5	8.50m	CABLE ACERO 3/8" Ø, 7 HILOS	6	1	AISLADOR TIPO NUEZ
3	1	TUERCA CIEGA DE BRONCE 5/8"	4	1	MORDAZA PROFORMADA
1	1	POSTE DE C.A.C. 9-8 m/13-12 m.	2	1	PERNO ANGULAR FoGo 16 mm (5/8") Ø x 203 mm (8")
POS	CANT	DESCRIPCION	POS.	CANT.	DESCRIPCION

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA AMAZÓNICA
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica

DIBUJADO : Bach. José Walter Altamirano Coronel	TESIS		ESC : S/E
REVISADO : Ing. Jamis Mejía Vásquez	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS		
DEPARTAMENTO : Amazonas	RETENIDA INCLINADA		Nº LAMINA 09
PROVINCIA : Utcubamba			
DISTRITO : Cumba			
CASERIO : Banguar			



TIPO	VOLUMEN (m ³)	
	EXCAVACION	RELLENO
PAT-1	1.41	1.41



9	CINTA VULCANIZANTE	0.20 rll
8	TUBO DE PVC 19 mm DIAMETRO X 3.00 mm LONGITUD	1
7	CINTA AISLANTE VINILICA	0.2 rll
6	CAJA REGISTRO DE CONCRETO PARA PUESTA A TIERRA DE 396 mm Ø x 300 mm; CON ASA Y TAPA	1
5	CONECTOR BIMETALICO PARA AI - 25 mm ² /Cu-35 mm ² CUÑA TIPO I	1
4	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 35 mm ²	11 m
3	CONECTOR DE BRONCE TIPO AB PARA ELETCTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE DE 35 mm ²	1
2	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2.40 m	1
1	CONECTOR DOBLE VIA BIMETALICO PARA CABLE DE ACERO DE 10 mm Ø Y COBRE DE 35 mm ²	1
ITEM	DESCRIPCION	CANT.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA AMAZÓNICA
Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica

DIBUJADO : Bach. José Walter Altamirano Coronel	TESIS	ESC : S/E
REVISADO : Ing. Jamis Mejía Vásquez	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL CASERÍO BANGUAR, DISTRITO DE CUMBA, PROVINCIA DE UTCUBAMBA-AMAZONAS	
DEPARTAMENTO : Amazonas		Nº LAMINA 10
PROVINCIA : Utcubamba		
DISTRITO : Cumba		
CASERIO : Banguar	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	

Anexo 09
Fotografías



Nota. Observación de cargas eléctricas local comunal.



Nota. Observación de cargas eléctricas Institución Educativa Primaria.



Nota. Observación cargas eléctricas Institución Educativa Inicial.



Nota. Observación cargas eléctricas viviendas e instituciones.

Anexo 10

Reporte de similitud

Resultado del análisis

Archivo: INFORME FINAL -José Walter Altamirano Coronel.docx

Estadísticas

Sospechosas en Internet: 8,72%

Porcentaje del texto con expresiones en internet .

Sospechas confirmadas: 6,92%

Confirmada existencia de los tramos en las direcciones encontradas .

Texto analizado: 69,69%

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

Éxito del análisis: 99,93%

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

Direcciones más relevantes encontrados:

Dirección (URL)	Ocurrencias	Semejanza
https://www.academia.edu/443/91781656/Dise%C3%B1o_del_sistema_de...	43	16,89 %
https://1library.co/document/y9ge5xrq-diseno-fotovoltaico-suministro-electrico-caserio-distrito-provincia-cajamarca.html	43	15,37 %
https://docplayer.es/89444950-Norma-dge-bases-para-el-diseno-de-lineas-y-redes-secundarias-con-conductores-autoportantes-para-electrificacion-rural.html	37	7,23 %
https://www.elor.com.pe/portal_elor/Media/Uploads/Decretos/INVENTARIO%20LAMAS%20DORADO_SAN%20MARTIN_RS.pdf	33	5,97 %
https://transparencia.unap.edu.pe/web/wp-content/uploads/2022/04/acta20211210RR-1.pdf	32	1,89 %
https://www.elor.com.pe/portal_elor/Media/Uploads/Decretos/INVENTARIO%20CACI%20III_RS_MAYNAS.pdf	34	5,94 %

Texto analizado:

-269630-26963000FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica al caserío Banguar, distrito de Cumba, provincia de Utcubamba-Amazonas

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

Bach. José Walter Altamirano Coronel

ORCID: 0000-0001-8806-7522

ASESOR:

Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

ORCID: 0000-0002-9018-9569

Registro: UPA-PITIM0008

Bagua Grande Perú

2023

Dedicatoria

A mi madre Emma Coronel Delgado, por ser la persona mas sensible y maravillosa de mi vida, que me da la motivación y fortaleza para cumplir