UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Dimensionamiento de una mini central solar fotovoltaica para la electrificación del Centro Poblado de Palomino-Zaña

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

AUTOR
Juan Luis Tucto Torres

ASESOR
Jony Villalobos Cabrera
https://orcid.org/0000-0003-3643-5498

Chiclayo, 2025

Dimensionamiento de una mini central solar fotovoltaica para la electrificación del Centro Poblado de Palomino-Zaña

PRESENTADO POR

Juan Luis Tucto Torres

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Luis Gonzales Bazan
PRESIDENTE

Lucio Llontop Mendoza
SECRETARIO

Jony Villalobos Cabrera
VOCAL

Dedicatoria

Gracias a Dios por guiarme a tomar buenas decisiones, darme la fortaleza y sabiduría de mis pasos. Gracias por brindarme una maravillosa familia, amigos y docentes que me apoyaron en los momentos difíciles y a mi novia que me motivo para no rendirme en este proceso académico. Gracias a mis padres por todos sus consejos y constante atención y apoyo. Gracias a mis hermanos por compartir conmigo sus sueños y alegrías y novia siendo parte importante de mi familia.

Agradecimientos

Debo agradecer especialmente a mi familia y mi novia y a las personas que confiaron en mí para su guía metódica y profesional durante el desarrollo de este trabajo, sin cuya participación la creación de esta tesis no hubiera sido posible. Además, gracias por la gran cantidad y calidad de conocimiento que has brindado durante este tiempo. Asimismo, agradecemos a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Santo Toribio de Mogrovejo, en especial a nuestra querida Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y a todo su personal docente por el conocimiento y orientación adquiridos durante nuestra formación profesional.

Dimensionamiento de una mini central solar fotovoltaica para la electrificación del Centro Poblado de Palomino-Zaña

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	21%	5%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	11%
2	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

repositorio.upao.edu.pe

Índice

Resumen **11**

Abstract **12**

I. Introducción **13**

1.1. Realidad Problemática **14**

1.2. Justificación **15**

1.2.1 Justificacion tecnologica 15

1.2.2. Justificación económica 15

1.2.3. Justificación ambiental 15

1.2.4. Justificación social 15

1.3. Objetivos **16**

1.3.1. Objetivos General 16

1.3.2. Objetivos Específicos 16

II. Marco teórico **17**

2.1. Antecedentes **17**

2.1.1. Internacionales 17

2.1.2. Nacional 17

2.1.3. Regional 18

2.2. Bases teóricas – científicas **18**

2.2.1. Sistema eléctrico 18

2.2.2. Programas de electrificación rural (PER) 20

2.3. Energías renovables **21**

2.3.1 Energía solar 21

2.3.2. La radiación solar 21

2.3.3. Radiación solar directa 22

2.3.4. Radiación solar indirecta 22

2.4. Centrales solares **22**

2.4.1. Central Termoeléctricas 22
2.4.2. Central Fotovoltaicas 23
2.5. Tipo de sistemas Fotovoltaicos 23
2.4.1. Sistema conectado a la red 23
2.4.2. Sistema aislado 24
2.6. Equipos de un sistema fotovoltaico 25
2.7. Sistema de distribución 26
2.7.1. Normativa Peruana 26
2.6.2. Software Dired Cad 26
III. METODOLÓGIA 27
3.1. Tipo y nivel de investigación 27
3.2. Población y muestra 27
3.3. Operación de variables 27
3.4. Técnicas de recopilación de datos 27
3.5. Instrumentos de recopilación de datos 28
3.6. Procedimiento de recolección de datos 28
3.8. Procedimiento y análisis de datos 28
IV. RESULTADOS 29
4.1. Definir la demanda requerida para electrificación del Centro Poblado 29
4.1.1. Ubicación Geográfica 29
4.1.2. Características: 29
4.1.3. Cálculo del crecimiento poblacional 30
4.1.4. Cálculo del consumo eléctrico 32
4.1.5. Consumo eléctrico para alumbrado publico 32
4.1.6. Consumo eléctrico por cada año 34
4.1.7. Bosquejo de las viviendas 35
4.2 Estudio de la radiación solar en Centro Poblado de Palomino 36

4.2.1. Atlas de Energía Solar del Perú 36
4.2.2. PVWatts 38
4.2.3. Interpretación de la irradiación solar 39

4.3. Seleccionar los dispositivos requeridos para el funcionamiento del mini central fotovoltaico acorde con su demanda. 40

4.3.1. Calculo de la demanda requerida diaria 40
4.3.2. Inclinación de los paneles fotovoltaicos 41
4.3.3. Calculo del número paneles fotovoltaicos 41
4.3.4. Conexión de los paneles fotovoltaicos 42
4.3.5. Calculo del sistema de baterías: 43
4.3.6. Calculo del regulador de energía: 45
4.3.7. Calculo del inversor de corriente. 47
4.3.8. Dimensionamiento de los conductores 48
4.3.9. Calculo de la sección de los conductores: 49
4.3.12. Estructuras fotovoltaicas 51

4.4. Diseño de las redes distribución de baja tensión 52

4.4.1 Características del sistema 52
4.4.2. Cálculos eléctricos 52
4.4.4. Cálculo mecánico del conductor 57

4.5. Evalucion económica de la mini central fotovoltaica y sistema de distribución: 60

4.5.1 Presupuesto y metrado de la mini central fotovoltaica 60
4.5.2 Presupuesto de las redes secundarias de baja tensión del Centro Poblado Palomino . 61
4.5.3. Presupuesto del montaje de las redes de baja tensión. 62
4.5.4. Presupuesto total del proyecto 63
4.5.6. Costo de la energía generada 64
4.5.7. Evaluación de los indicadores económicos 65

V. CONCLUSIONES 70

VI. RECOMENDACIONES 71

VII. Referencias 72

ANEXOS 73

LISTA DE TABLAS

Tabla 01. Consumo eléctrico de electrodomésticos……...…..…….……20
Tabla 02. Población de los 8 últimos años……..……..…….30
Tabla 03. Proyección poblacional del Centro Poblado de Palomino…….……...….31
Tabla 04. Consumo eléctrico por cada casa……...……..….32
Tabla 05. Energía consumida en el Centro Poblado de Palomino…….…….…….……..33
Tabla 06. Consumo eléctrico de los próximos 20 años…….……..34
Tabla 07. Irradiación solar dependiendo el anglo de inclinación ……..…….…..39
Tabla 08. Características de panel Eco Green Energy solar modelo Helios Plus…….….41
Tabla 09. Batería solar estacionaria de 600ah UZS600-6 ……..…43
Tabla 10. Caída de tensión de las rutas de los equipos…….….49
Tabla 11. Altura mínima de seguridad a la superficie del suelo……..…….…….54
Tabla 12. Factores, parámetros y caída de tensión de los conductores …….54
Tabla 13. Caída de tensión de cada vano de los circuitos……..……55
Tabla 14. Especificaciones de los cables autoportantes…….…..…..57
Tabla 15. Hipótesis de estado del cable autoportante …….…...57
Tabla 16. Especificaciones de postes de concreto de 8 metros……..…59
Tabla 17. Costo de equipos y accesorios de la mini central fotovoltaica…….……..…60
Tabla 18. Costo total de la implementación de la mini central fotovoltaica …….….60
Tabla 19. Materiales de los suministros de las redes de distribución……..……61
Tabla 20. Montaje electromecánico del sistema de distribución…….…..62
Tabla 21. Presupuesto final total del proyecto……...63
Tabla 22. Conversión de energía a kg de CO2 al año…….....65
Tabla 23. Retribución anual del proyecto……..…65
Tabla 24. Consumo y costo del generador al día…….…...66
Tabla 25. Horas de trabajo del generador y costo de energía al mes y al año……..…....66
Tabla 26. Reposición de equipos inversor y regulador…….……..…67
Tabla 27. Reposición de las baterías…….…..……67
Tabla 28. Análisis económicos VAN y TIR…….…….68

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 01. Parque solar de Tacna……..……21
Imagen 02. Central termo solar tipo cilindros-parabólicos…….……..….23
Imagen 03. Central Fotovoltaica……..……..……23
Imagen 04. Esquema de un sistema conectado a red……..……24
Imagen 05. Esquema de un sistema aislado……...……..…….……24
Imagen 06. Mapa del Centro Poblado de Palomino….……..…29
Imagen 07. Lotización del Centro Poblado y área de la mini central fotovoltaica…….35
Imagen 08. Energía solar incidente diaria promedio anual ….…….……36
Imagen 09. Mapa de la irradiación solar de Lambayeque …….…….……..37
Imagen 10. Centro Poblado de Palomino página web PVWatts ……..……..…38
Imagen 11. Irradiación solar con un ángulo de 15°…….…….……..…38
Imagen 12. Tramos de las redes de distribución con sus circuitos y derivaciones…….....55
Imagen 13. Diagrama de cargas del sistema de distribución……..…56

.

LISTA DE GRAFICOS

Grafica 01. Crecimiento población del censo 1993-2017…...…….…..….30

Grafica 02. Irradiación solar del Centro Poblado Palomino anual …….…….…..….39

Resumen

A lo largo del tiempo las energías renovables han permitido el desarrollo humano dentro de ella encontramos a la energía solar que es aprovechada por los paneles solares, el Centro Poblado de Palomino no tiene energía eléctrica a causa de que se encuentra en una zona alejada de la concesionaria eléctrica, por sus problemas de litigio de sus tierras y el mal manejo de sus autoridades impidiendo el desarrollo del centro poblado. Por ello se dimensiono una mini central fotovoltaica permitiendo la electrificación centro poblado de Palomino. Según el Atlas del INEI y una encuesta realizada en lugar se determinó que 36 viviendas serán electrificadas, con el software PVWatts obtuvimos una irradiación solar de 5,41 kWh/m^2/d. La mini central fotovoltaica tendrá una generación diaria de 35,48 kW/día, la cual contará con 20 paneles fotovoltaicos, 24 baterías, 2 reguladores y 2 inversores. También se dimensiono el sistema de distribución con el conductor autoportante de 2+16+16/25 de aleación de aluminio en el cual recorrerá 45 postes de concreto 8/200 y 8/300, acompañado de 8 luminarias. El proyecto tendrá como inversión S/. 237 875,04 donde los indicadores económicos como el VAN: S/. 174 220,20 y un TIR: 23% fueron positivos por lo que se determinó que la mini central es viable para su implementación.

Palabras claves: Dimensionamiento, mini central, electrificación, centro poblado

Abstract

Over time, renewable energies have allowed human development, within it we find solar energy that is harnessed by solar panels, the Palomino Population Center does not have electricity because it is located in an area far from the electrical concessionaire, due to its land litigation problems and the poor management of its authorities preventing the development of the population center. For this reason, a mini photovoltaic plant was sized allowing the electrification of the Palomino population center. According to the INEI Atlas and a survey carried out on site, it was determined that 36 homes will be electrified, with the PVWatts software we obtained a solar irradiation of 5.41 kWh / m2 / d. The mini photovoltaic plant will have a daily generation of 35.48 kW / day, which will have 20 photovoltaic panels, 24 batteries, 2 regulators and 2 inverters. The distribution system was also dimensioned with the 2+16+16/25 self-supporting aluminum alloy conductor, which will run through 45 8/200 and 8/300 concrete poles, accompanied by 8 lights. The project will have an investment of S/. 237,875.04 where the economic indicators such as NPV: S/. 174,220.20 and an IRR: 23% were positive, so it was determined that the mini power plant is viable for its implementation.

Keywords: Sizing, mini power plant, electrification, population center

I. Introducción

En Perú existen diversos Centros Poblados que no tienen energía eléctrica ya sea por difícil acceso o por el mal manejo de sus autoridades. Según el ATLAS INEI en el centro poblado de Zaña existen varias localidades que no están electrificadas por estar apartadas de las cocesionarias eléctricas, esto impide el desarrollo de la población. Según el censo del INEI 2017 el 80,1% de los Centros Poblados cuentan con energía eléctrica.

En el Perú los índices de radiación solar son de los más altos en el mundo, dado esto es que en el norte del país se localiza la mayor cantidad de recurso solar esto se debe a que el Perú se encuentra una zona limítrofe a la línea ecuatorial, pero dicho recurso no es aprovechado, hasta el 2018 las energías renovables en el Perú son del 4,8% de la producida en el País.

Por ello la siguiente investigación se ejecutará en departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Zaña en el Centro Poblado de Palomino el cual no cuenta con energía eléctrica debido a su ubicación y sus conflictos de tierras. Sabiendo la problemática del centro poblado se realizará un estudio de los recursos energéticos para el dimensionamiento de una mini central fotovoltaica para la electrificación de Palomino. Lambayeque está ubicado en norte del país siendo el 3 departamento produciendo la caña de azúcar por eso es la energía eléctrica es importante para el desarrollo de las comunidades rurales permitiendo desarrollarse económicamente y socialmente. En el pueblo originario de Pijao en el departamento de Tolima Colombia se diseñó una central fotovoltaica para abastecer del suministro eléctrico 29 viviendas, donde la radiación solar es de 4,575 kWh/m^2 siendo muy eficiente para el funcionamiento de los paneles solares [1]. Teniendo en cuenta esto se espera dimensionar una mini central fotovoltaica para la electrificación del Centro Poblado de Palomino, buscando satisfacer la demanda requerida para los 20 años próximos.

1.1. Realidad Problemática

En el Departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, Distrito de Zaña existen diferentes centros poblados que no cuenta con energía eléctrica uno de ellos es el Centro Poblado de Palomino el cual tiene como coordenadas de longitud: -79,601573333 y una latitud: -6,9428300857.

El centro poblado debido a que se encuentra alejada de la cocesionaria eléctrica de Ensa, por los problemas de litigio de sus tierras y el mal manejo de sus autoridades, ha llevado a que la población tenga realizar sus actividades en otros lugares como la educación, salud, entre otras actividades. También al generar su energía con motores que utilizan combustibles fósiles generando contaminación al emitir CO_2 perjudicando la salud de las personas y la naturaleza del centro poblado. La falta de energía también conllevado a que la comunidad no pueda integrarse con la sociedad como es el tema de la tecnología (internet, televisión).

Sabiendo la problemática se realizará una investigación en la que se dimensionará una mini central fotovoltaica que pueda electrificar al Centro Poblado de Palomino.

Formulación de problema

¿A través del dimensionamiento de una mini central fotovoltaica se podrá electrificar el Centro Poblado Palomino en el distrito Zaña?

Delimitación de la investigación

El presente tema de investigación se basará en el dimensionamiento de una mini central fotovoltaica para la producción de energía eléctrica que permitirá la electrificación del Centro Poblado de Palomino.

1.2. Justificación

1.2.1 Justificacion tecnologica

La falta de energía eléctrica viene afectando a los pobladores de Palomino, siendo fundamental en crecimiento de los Centros Poblados, lo cual limite el acceso de servicios básicos (alcantarillado, salud, educación) por ello la investigación se plantea realizar el dimensionamiento de una mini central fotovoltaica para Palomino que contribuirá a mejorar las condiciones de vida de los pobladores.

1.2.2. Justificación económica

Con la electrificación del Centro Poblado de Palomino se dejará de utilizar combustibles fósiles generando ahorros en los pobladores ya que actualmente los combustibles tienen un costo elevado, esto también conlleva a realizar nuevas actividades socioeconómicas tales como tiendas, tallares de fabricación entre otros. Con la mini central fotovoltaica permitirá a futuro comercializar la energía con entidades públicas o cocesionarias eléctricas generando ingresos para los pobladores.

1.2.3. Justificación ambiental

A través de las energías renovables podremos generar la energía eléctrica la cual reducirá el impacto ambiental en Centro Poblado de Palomino, esto permitirá que los pobladores dejen de utilizar combustibles fósiles (petróleo, gasolina, entre otros) lo que generan grandes cantidades de CO_2 afectando al medio ambiente.

1.2.4. Justificación social

Con la instalación de la central fotovoltaica permitirá progreso de los pobladores del Centro Poblado Palomino el cual permite integrarse más con la sociedad mejorando la calidad de vida tanto en la educación, salud y alcantarillado que es de vital importancia, esto también conlleva al desarrollo de las tecnologías como son los medios de comunicación internet, radio, televisión entre otras cosas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos General

- Dimensionar el sistema de una mini central fotovoltaica para la electrificación del Centro Poblado de Palomino-Zaña.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Definir la demanda requerida para la electrificación del Centro Poblado Palomino
- Estudiar de la radiación solar en Centro Poblado Palomino.
- Seleccionar los dispositivos requeridos para el funcionamiento de la mini central fotovoltaico acorde con su demanda.
- Dimensionar el sistema de distribución de las redes de baja tensión para la distribución de energía en el Centro Poblado Palomino.
- Evaluar los costos económicos de la mini central fotovoltaica y sistema de distribución.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Pablo de la Lama, I (2019) “Diseño de un parque fotovoltaico de 30MW con conexión de la red de distribución” esta tesis tiene como objetivo diseñar un parque fotovoltaico conectada a la red cumpliendo con las normativas europeas, donde se simularon con los softwares PVSYST y ETAP para la construcción y producción del parque fotovoltaica arrojando una potencia máxima de 33 MVA.

Fuertes M (2019) “Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para una población del medio Atrato-Chocho (Caso Bete)” en Santiago de Cali, Colombia busca el fortalecimiento de las energías renovables, lo que genera gran impacto ambiental ante uso de combustibles fósiles, en la investigación se obtuvo una potencia instalada de 158,4 kW el cual consta de 480 paneles, 640 baterías y 160 inversores, generando una energía diaria alrededor de 404,800 kW.h que electrificaran 160 familias teniendo como inversión COP $ 6758514560,00.

2.1.2. Nacional

Camacho N, (2019) “Sistema de generación fotovoltaica para suministrar energía eléctrica al Caserío Higuerón, distrito de Pampas de Hospital, Tumbes, 2018” en la siguiente investigación se usó el método aplicado-descriptiva teniendo como objetivo resolver la falta de energía del caserío, realizando un estudio técnico, se realizó una visita técnica al lugar recogiendo los datos del consumo eléctrico de las viviendas y determinar la máxima demanda. Se calculó la radiación promedio que es de 3,48 kWh/m^2, con calculado se escogió los equipos del sistema para luego hacer un análisis económico del sistema.

Pérez C, (2019) “Diseño de un sistema fotovoltaico asilado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito Jaén-Cajamarca” este documento tuvo como objetivo el diseño de un sistema fotovoltaico utilizando la energía solar que permita reducir la contaminación medio ambiental, la cual será de tipo aplicada. Para el estudio de la radiación solar se utilizaron datos meteorológicos de NASA, la demanda requerida es

de 45,278 kWh/día. Para las redes de distribución 220 V se utilizó conductores del tipo CAAI2x16/25.

2.1.3. Regional

Chapoñan, C (2019) "Diseño de una Minicentral Eléctrica con Paneles Fotovoltaicos para el suministro de Energía, Centro poblado Totoras-Incahuasi- Lambayeque" en este documento propone diseñar fotovoltaico, el cual electrificara a 110 viviendas, 1 escuela , 1 centro de salud y el alumbrado público, mediante Atlas Solar del Perú se obtuvo la irradiación de la zona que es de 5,5 kWh/m^2/día que será aprovechada por 190 módulos solares, 97 baterías, 38 reguladores y 14 inversores generando una energía eléctrica de 213,97 kW/H al día, con una inversión de 1 376 412,04. Nuevos soles.

Nuñez, T (2023) "Diseño de una Microred Eléctrica utilizando Energía Solar Fotovoltaica para suministrar con Electricidad al CCPP Fala Rondan - Pueblo Nuevo Ferreñafe – Lambayeque" en la siguiente investigación de tipo aplicada no experimental, propone un análisis técnico, para luego determina el consumo eléctrico, y la radiación solar, que se utilizaran para los criterios del dimensionamiento de la micro red fotovoltaico y diferentes dispositivos electromecánicos. Para la obtención de la radiación se tomaron datos durante 7 meses con un medidor de sol del Modelo de Medidor Solar (SUN Meter TES 1333) de uso manual tomando datos de 7 de la mañana a 6 de la tarde para calcular mediante el método de Weibull.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Sistema eléctrico

Energía eléctrica

La energía eléctrica en la actualidad es el recurso más utilizadas en la actividad humana ya sea en las industrias, tecnología, transporte y comunicaciones, por ello se han desarrollado nuevas formas de generación (energías renovables) siendo más rápidas de transportar y de forma más eficiente, sostenibles, rentables y de manera limpia. Esto permitido tener una forma segura, rentable y de fácil conversión de energía (iluminación, calor, mecánica) [2].

Generación

La energía eléctrica se produce en las centrales eléctricas capaces de abastecer a las grandes ciudades o industrias. Las fuentes de generación renovables son la eólica, fotovoltaica, hidráulica entre otros. En las no renovables tenemos las térmicas y nuclear. Las empresas encargadas instalan centrales que generan energía eléctrica que luego la venden a compañías que comercializan la electricidad [2].

Transmisión

Es la conducción de energía eléctrica mediante las líneas de transmisión en que van desde los centros de generación hasta las subestaciones de las empresas distribuidoras, para lo cual la energía se transmite a largas distancias dentro del territorio nacional. Los líneas transmisión están compuestos por conductores eléctricos, subestaciones y torres con transformadores que aumentan o disminuyen la tensión, lo que permite interconectar las subestaciones. [2].

Distribución

La distribución es realizada a través de cocesionarias eléctricas, son los encargados de recibir la energía de las centrales de generación o equipos de transmisión. Se distribuye a los usuarios finales bajo condiciones controladas (voltaje, frecuencia, calidad) para garantizar un suministro confiable. Las redes de distribución funcionan a un voltaje más bajo que las líneas de transmisión a través de circuitos de voltaje medio y bajo, y la electricidad se entrega desde las subestaciones a los hogares, negocios y fábricas. [2].

Consumo eléctrico

Es la demanda energía eléctrica consumida diaria en los hogares o empresas en un determinado periodo de tiempo, este concepto es la facturación. El consumo se factura y valora en kilovatios-hora, esto dependerá de la compañía contratada la cual varia sus precios. El cliente pagara el precio kWh de los consumido.

Consumo eléctrico según los miembros de la familia

Según CNE en una vivienda de $90m^2$ la potencia base es de 3kW, esto varía según los equipos. Lo cual lo determinara el núcleo familiar de una vivienda, el mayor consumo se genera por la noche o fines de semana. Todos los hogares generan el mismo consumo eléctrico (televisor, ordenador, refrigeradora, licuadora, plancha). En lo que relaciona la calefacción y terma agua depende de los suministros de gas natural [3].

Consumo por artefactos

El consumo que genera un electrodoméstico en un determinado tiempo permite calcular el gasto energético. En las de viviendas, los equipos más utilizados suelen ser los mismos televisores, neveras, ordenadores, celulares entre otros. Por ello en el siguiente cuadro se muestran los kilovatios-hora que pueden consumir anualmente [3].

Tabla N.º 1: Consumo eléctrico electrodomésticos

Consumo anual electrodomésticos	
Electrodoméstico	Consumo Anual
Refrigeradora	105,1 kWh/año
Ordenador	100,4 kWh/año
Licuadora	47,7 kWh/año
Cafetera	126 kWh/año
Lavadora	79,5 kWh/año
Televisor	87,6 kWh/año
Plancha eléctrica	157,5 kWh/año

Fuente: Propia

2.2.2. Programas de electrificación rural (PER)

En Perú las cocesionarias eléctricas muestran poco interés en atender los pueblos que están alejados de las redes eléctricas, por eso desde 1993, el Ministerio de Energía y Minas (MEM), a través de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER), tiene como meta la electrificación rural de acuerdo a la Ley No. 28749, “Ley General de Electrificación Rural”, con ello buscan aumentar la cobertura de las redes eléctricas en las localidades que se encuentran alejadas, en convenio con los Gobiernos Regionales y Locales, y entidades públicas y privadas, lo que permita la electrificación de los pueblos del interior del país permitiendo desarrollar económicamente, disminuyendo la pobreza y tener una mejor calidad de vida. Esto tiene como objetivo un impacto social y económico sobre los habitantes con el acceso a la tecnología y que reduzcan la contaminación del medio ambiente. Por ello que el estado busca ejecutar proyectos que aprovechen los recursos naturales de la zona permitiendo la solución técnico-económica facilitando el servicio eléctrico.

2.3. Energías renovables

A través de los tiempos las energías renovables han sido son fuentes limpias he inagotables y de crecimiento competitivo, a diferencia de las no renovables que utilizan combustibles fósiles, las energías renovables aprovechan los recursos naturales existentes en las comunidades las cuales no producen efectos invernaderos causantes del cambio climático. Su crecimiento se ve contribuido en el desarrollo grandes ciudades en mundo por ello se prevé para el 2040 el 44% de la generación eléctrica sea de energías renovables de acuerdo la Agencia Internacional de la Energía (AIE), dentro de ellas tenemos la energía solar, hidráulica, eólica, mareomotriz entre otras energías.

2.3.1 Energía solar

La energía de sol aprovecha mediante la radiación electromagnética procedente del sol que se emite sobre la superficie de la tierra. Los sistemas que aprovechan dicho recurso son los parques o centrales solares, los cuales son de tipo (solar fotovoltaica y solar térmica). Su funcionamiento es de aprovechar la energía mediante los paneles fotovoltaicos los cuales reciben la irradiación del sol para transforma en energía eléctrica que luego será distribuida [4].

Imagen N.º 01: Parque solar de Tacna

Fuente: Osinerming

2.3.2. La radiación solar

Las principales de radiaciones solares son directa e indirecta, ambas son esenciales en la producción de energía solar. La radiación sol directa se refiere a la energía que

procede de la luz del sol, en cambio, la radiación solar indirecta se refiere a la energía que proviene del sol mediante el aire.

2.3.3. Radiación solar directa

El calor directo del sol se cuantifica en vatios por metro cuadrado (W/m2). Cuanta más radiación solar directa alcance el sistema fotovoltaico, más electricidad será capaz de producir. Esto implica que un sistema fotovoltaico situado en una zona con gran concentración de radiación solar directa alcanzará una eficiencia superior.

2.3.4. Radiación solar indirecta

En la radiación solar indirecta se refiere a la energía solar que se dispersa en el aire antes de alcanzar el sistema fotovoltaico. Esta radiación solar indirecta tiene el potencial de incrementar la eficacia de los sistemas de energía solar. Esto debido a que la radiación solar indirecta puede ser aprovechada por los paneles solares y transformada en electricidad. Pero la energía eléctrica producida por la radiación solar indirecta es menor que la cantidad generada por la radiación solar directa. Esto conlleva a que los sistemas fotovoltaicos en sitios con mayor radiación solar indirecta sean poco eficientes en comparación con sistemas fotovoltaicos ubicados con mucha radiación solar directa.

2.4. Centrales solares

Son centros de generación que aprovechan la radiación del sol para transfórmala en energía eléctrica. Existen 2 tipos de centrales las termoeléctricas y fotovoltaicas.

2.4.1. Central Termoeléctricas

En este tipo de centrales llevan espejos solares que concentran los rayos del sol hacia un punto en concreto generando altas temperaturas, el cual calienta un fluido produciendo un ciclo térmico donde la temperatura varia de 400°C a 2000°C, este transfiere el calor el cual pasa por intercambiadores de calor produciendo vapor de agua permitiendo girar una turbina generando energía. Sus sistemas son de tipos torres, cilindros-parabólicos y discos Stirling [5].

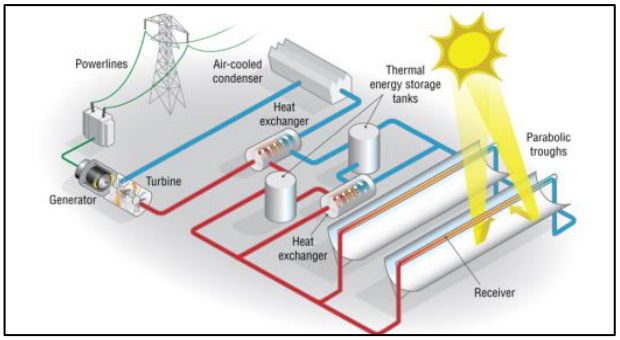


Imagen N.º 02: Central termo solar tipo cilindros-parabólicos

Fuente: NREL/SAM

2.4.2. Central Fotovoltaicas

Las centrales fotovoltaicas son sistemas que captan la irradiación solar que incide sobre panel solar el cual está formado por materiales semiconductores lo que generan un efecto fotoeléctrico, que convierte la irradiación solar en electricidad.

Este tipo de central tiene un gran número de paneles los cuales están conectados en paralelo y serie dependiendo de su diseño. En un sistema autónomo los paneles solares y las baterías deben estar acompañadas de un regulador cual cumple la función de ver que la batería están cargada. Para la distribución de la energía debe pasar por un inversor el cual convierte la energía CC a CA con la que funciona los artefactos de las viviendas y las pequeñas industrias [5].

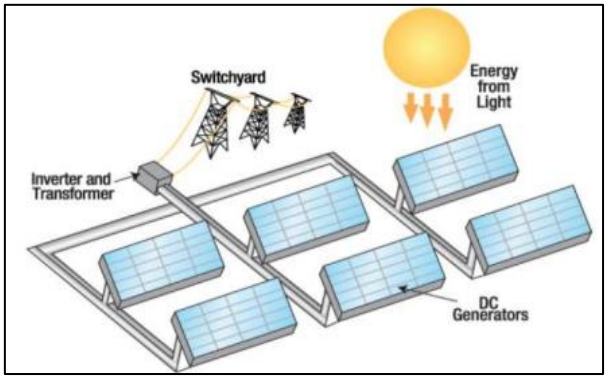


Imagen N.º 03: Central fotovoltaica

Fuente: Revista Researchgat

2.5. Tipo de sistemas Fotovoltaicos

2.4.1. Sistema conectado a la red

En una instalación conectado a red tiene como característica generar energía eléctrica

para luego conectarlo a la red, entre ellos tenemos centrales fotovoltaicas y térmicas que generan grandes cantidades de energía. Las pequeñas centrales abastecen de energía a viviendas, pero de no utilizarse toda la energía producida por medio de un bidireccional (dispositivo que permite medir la energía que generas y utilizas) puede inyectarse a una red eléctrica convirtiéndose en un pequeño proveedor de energía. Una de las diferencias entre el sistema aislado es que no lleva un banco de baterías [6].

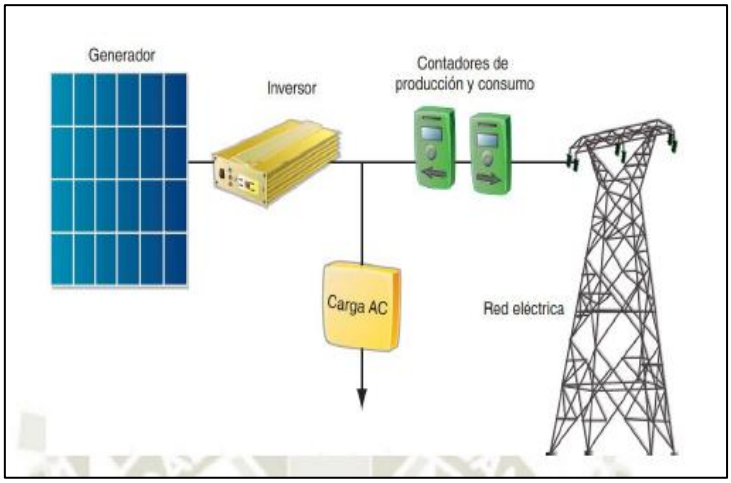


Imagen N.º 04: Esquema de un sistema conectado a la red

Fuente: "Aplicaciones de Sistemas Fotovoltaicos" por Bester, 2017"

2.4.2. Sistema aislado

Los sistemas aislados se caracterizan por generan su propia energía para su autoconsumo acumulándola en un banco de baterías al estar en zonas de difícil acceso o lejos de las líneas de trasmisión (distancia 2 Km) por ello es conveniente instalar este tipo de sistemas [6]

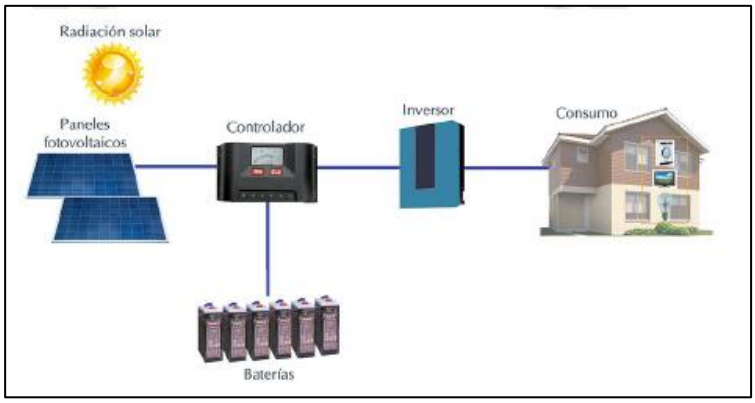


Imagen N.º. 05: Esquema de un sistema aislado

Fuente: "Aplicaciones de Sistemas Fotovoltaicos" por Bester, 2017"

2.6. Equipos de un sistema fotovoltaico

Paneles Fotovoltaico

El panel fotovoltaico tiene como funcionamiento de percibir la irradiación del sol para transfórmala en energía, el panel está compuesta por celdas conocidas como células fotovoltaicas que producen una reacción de fotones, lo que origina cargas positivas y negativas, este tráfico de cargas produce un campo eléctrico generando electricidad. Sus materiales de fabricación son de tipo semiconductor, monocristalino y policristalino siendo este último el más eficiente con un 25% y con un tiempo de vida 25 años [7].

Regulador

Los reguladores de carga son dispositivos que se instala entre los paneles fotovoltaico y las baterías para el correcto funcionamiento de la carga eléctrica, permite regular el flujo eléctrico entran hacia las baterías evitando las sobrecargas o posibles accidentes que puedan ocurrir. La instalación del regulador indispensables en sistemas aislados [7].

Inversor

El inversor tiene como función transformar la corriente eléctrica producida por los paneles fotovoltaicos que luego es almacenada en las baterías la cual se encuentran en DC para luego pasar AC, la cual se inyectará a la red distribución esto dependerá de la tensión eléctrica, la cual podría ser de 48V a 220V sistemas baja tensión la cual se utiliza para los electrodomésticos y alumbrado público [7].

Baterías

Las baterías tienen como función acumular la energía proveniente de los paneles fotovoltaicos que luego serán utilizadas en noche, lluvias o días de baja precipitación solar. Están compuestas por celdas electroquímicas, la cual cambian la energía química acumulada en electricidad, este equipo tiene electrodo positivo, uno negativo y electrolitos [7].

Conductores

Los conductores en los sistemas de eléctricos son seleccionados de acuerdo al tipo de voltaje, en los sistemas de CC que tiene tensión 12, 24, 48 V respectivamente y en los sistemas de CA son de 110, 220, 380 V siendo más elevado la tensión.

Por lo general en tramos de CA las tensiones deben ser 220 V en monofásicas y 380 V en trifásico. En los tramos de CC deben ser de 12 V a 48 V [6].

Equipos de protección

En las instalaciones fotovoltaicas los equipos deben ir acompañados por dispositivos protección, para sobre cargas atmosféricas, sobre tensiones y accidentes de personal de trabajo. Los equipos como panel, inversor, regulador y las baterías deben llevar interruptores termomagneticas o diferenciales y fusibles, en caso de que existan fallas atmosféricas el sistema debe tener pararrayos y puestas tierra.

Estructuras

Las estructuras fotovoltaicas sirven para el montaje de paneles fotovoltaicos la cuales van sujetadas con una inclinación óptima para su perfecto funcionamiento. Estos deben ser de materiales rígidos los cuales brindan estabilidad panel. Por su topología existen de tipos móviles, fijos, coplanares e inclinados.

2.7. Sistema de distribución

2.7.1. Normativa Peruana

Para el sistema de distribución se diseñará de acuerdo a normativas peruanas tales como:

- Código Nacional de Electricidad Suministros 2011
- Norma Técnica DGE ““Alumbrado de vías públicas en áreas rurales”.
- Bases de diseño de líneas y redes de secundarias con conductores autoportantes para electrificación en centros poblados
- Especificaciones técnicas de soportes normalizados para líneas secundarias de electrificación rural

2.6.2. Software Dired Cad

Para el sistema de distribución aéreos o subterráneos se utilizó software DIRED-CAD, el cual nos facilita resultados como máximas caídas de tensión del servicio público y alumbrado público de los circuitos o derivaciones de los conductores auto portantes, numero estructuras, hipótesis de estados de los conductores, accesorios del sistema entre otros resultados obtenidos.

III. METODOLÓGIA

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo aplicada-correlacional, donde el desarrollo de la investigación será con bases teóricas y datos estadísticos del Centro Poblado Palomino para la generación de energía.

3.2. Población y muestra

Población: Las viviendas del Centro Poblado de Palomino.

Muestra: Las viviendas del Centro Poblado de Palomino.

3.3. Operación de variables

Variable independiente

- ✓ Dimensionamiento de una mini central solar fotovoltaica

Variable dependiente

- ✓ Electrificación de la localidad proyectada.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
Dimensionamiento de una mini central solar fotovoltaica	La energía solar consiste en la transformación de la irradiación solar en energía eléctrica mediante los paneles fotovoltaicos, el dimensionamiento de la mini central fotovoltaica se debe realizar a partir de la energía requerida por la localidad.	Dimensionamiento de una mini central solar fotovoltaica	Radiación solar (kWh/m2) Panel solar (wp)
Electrificación de la localidad proyectada	La electrificación proporciona el desarrollo de localidad en los aspectos básicos de la sociedad	Definir la energía eléctrica necesaria para la electrificación de la localidad proyectada	Potencia (kW)

3.4. Técnicas de recopilación de datos

- ✓ Entrevista con los pobladores.
- ✓ Software o páginas web para recopilación de datos.
- ✓ Revisión de artículos científicos y trabajos de investigación.
- ✓ Fichas técnicas de los equipos.

3.5. Instrumentos de recopilación de datos

- ✓ Hoja de encuesta a los pobladores
- ✓ Recopilación de datos se obtuvo web Atlas INEI y el PVWatts, Google Earth Pro
- ✓ La información recopilada de los artículos e investigaciones se obtuvieron de RENATI y CORE plataformas de investigación.
- ✓ Revisión de catálogos de equipos para la mini central fotovoltaica.

3.6. Procedimiento de recolección de datos

La obtención de la información meteorológicos de la irradiación del sol se extraerá del Atlas Solar del Perú y el PVWatts, el cual permitirá determinar los dispositivos que llevaran la mini central fotovoltaica, con ello se diseñará el sistema de redes de baja tensión empleando investigaciones relacionadas.

Se revisará los datos censo del 2017 del INEI para establecer el número de familias que viven en Centro Poblado, cual permitirá calcular la población proyectada permitiendo definir la máxima demanda eléctrica. La revisión de artículos científicos permite el desarrollo da la investigación.

3.8. Procedimiento y análisis de datos

Con la obtención de los datos, se podrá seleccionar los equipos óptimos para la mini central fotovoltaico y dimensionar las redes de distribución teniendo él cuenta los costos de instalación.

IV. RESULTADOS

4.1. Definir la demanda requerida para electrificación del Centro Poblado

Imagen N.º 06: Mapa del Centro Poblado Palomino
Fuente: Google Earth Pro

4.1.1. Ubicación Geográfica

El Centro Poblado de Palomino se ubica en el distrito de Zaña, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Limita por el Norte con Tuman, por el este con distrito de Cayalti, por el sur con el distrito de Lagunas y por el oeste con el distrito de Reque.

4.1.2. Características:

Para obtener las características del Centro Poblado de Palomino se ingresó a la página web del ATLAS INEI.

- ✓ Superficie: 40 km
- ✓ Altitud media: 47,5 m.s.n.m
- ✓ 30 viviendas
- ✓ Uso horario: UTC-5
- ✓ Ubigeo: 1401150014
- ✓ Longitud: -79,6015733333
- ✓ Latitud: -6,94283008575
- ✓ Vias de mayor uso: Camino de herradura/trocha

4.1.3. Cálculo del crecimiento poblacional

Con la recopilación obtenida por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) se pudo obtener la población de Palomino en los últimos 8 años.

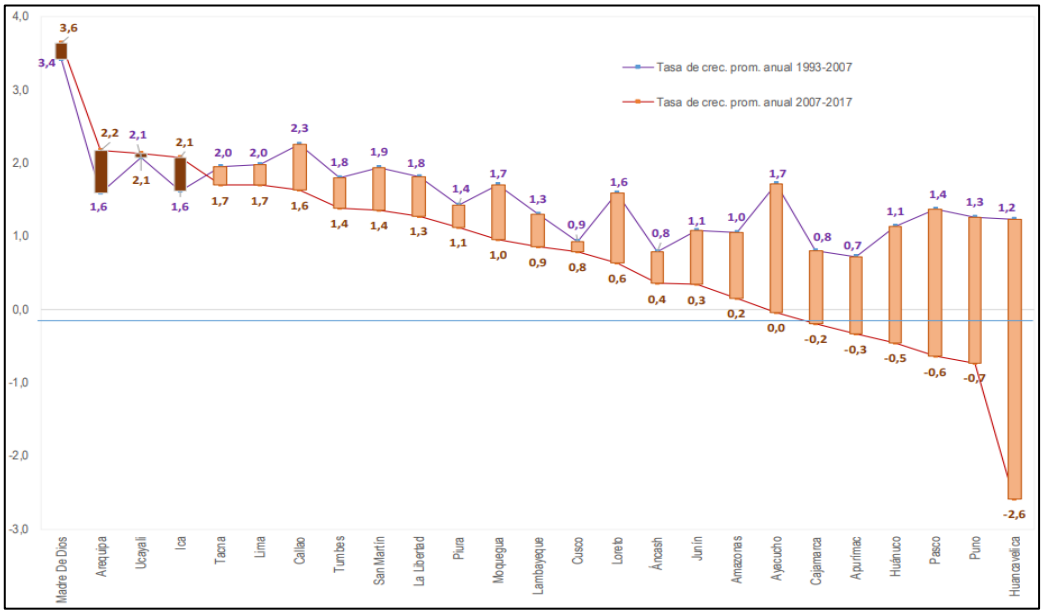
Tabla N.º 2: Población de los últimos 8 años

Año	Población
2014	108
2015	111
2016	112
2017	114
2018	116
2019	117
2020	119
2021	120

Fuente: INEI

Proyección del crecimiento poblacional en Palomino

Con la relación habitantes se podrá calcular el crecimiento poblacional de próximos años.



Grafica N.º 01: Crecimiento población del censo 1993-2017

Fuente:

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1673/libro.pdf

El grafico (1), se pudo obtener la taza poblacional de departamento de Lambayeque, hasta el año 2007 era de 1,3% el cual ha disminuido en los últimos años siendo de 0,9%, con esto se permitió determinar la población para los próximos 20 años, teniendo en cuenta el funcionamiento óptimo de paneles fotovoltaicos.

$$P_{20} = P_0(1+i)^n$$

Donde:

- ✓ P_0 = Población presente (120 personas)
- ✓ P_{20} =Población proyectada (20 años)
- ✓ i = Taza de crecimiento poblacional (0.9)

Remplazando obtenemos:

$$P_{20} = 120(1+0{,}009)^{20}$$

$$P_{20} = 144\ personas$$

Los pobladores de Palomino se dedican al comercio, agricultura y crianza de animales. Por cada vivienda existen entre 3 o 4 personas. En la tabla (3) se proyectada el número de personas para los próximos 20 años.

Tabla N.º 3: Proyección poblacional del Centro Poblado de Palomino

Número de años	Año de proyección	Población	Viviendas
0	2022	120	30
2	2024	122	31
4	2026	124	31
6	2028	127	32
8	2030	129	32
10	2032	131	33
12	2034	134	33
14	2036	136	34
16	2038	138	35
18	2040	141	35
20	2042	144	36

Fuente: Propia

4.1.4. Cálculo del consumo eléctrico

Para definir el consumo eléctrico requerido en el Centro Poblado de Palomino, se realizó una entrevista a los pobladores, definiendo los equipos utilizados en las viviendas.

Tabla N.º 4: Consumo eléctrico por cada casa

Equipo	Potencia del equipo (W)	Horas de uso (h)	Número de equipos	Potencia total (w)	Energia diaría (kWh)	Energía mensual (kWh)	Energía anual (kWh)
Luminarias	10	3	3	30	0,09	2,70	32,85
Laptop	65	3	1	65	0,20	5,85	71,18
Cargador de celular	10	3	2	20	0,06	1,80	21,90
Televisión	80	2	1	80	0,16	4,80	58,40
Radio	10	2	1	10	0,02	0,60	7,30
Refrigeradora	142,1	1	1	142,1	0,14	4,26	51,87
Total	317	14,0	9	347,10	0,667	20,01	243,49

Fuente: Propia

Con la calificación eléctrica requerida, se determinó que para cada casa hay una demanda diaria de 0,667 kWh y una potencia instalada de 347,10 W. Teniendo en cuenta esto para la electrificación de las 36 casas tendrán un consumo máximo diario de 24,02 kWh y una potencia instalada de 11,78 kW.

4.1.5. Consumo eléctrico para alumbrado publico

El consumo del alumbrado público y el número de luminarias, se calculó mediante la normativa establecida por DGE para “alumbrado de vías públicas en áreas rurales” la cual es aplicada en zonas aisladas según el anexo 1.

Cálculo de energía eléctrica en alumbrado público.

$$\mathrm{CMAP} = \mathrm{KALP} * \mathrm{NU}$$

Donde:

- ✓ CMAP: Consumo de alumbrado público mensual kWh.
- ✓ KALP: Factor de alumbrado (kW-h) para un sector tipo 4 que es 3,3
- ✓ NU: Número de viviendas, 36

$$\mathrm{CMAP} = \mathrm{KALP} \times \mathrm{NU}$$

$$1\mathrm{CMAP} = 3{,}3 \times 36$$

$$\mathrm{CMAP} = \ 118{,}8\ \mathrm{kWh}$$

El consumo diario del alumbrado público será de 3,96 kWh.

Determinar los números de puntos de iluminación

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

Donde:

- ✓ PI: Puntos de iluminación
- ✓ CMAP: Demanda de alumbrado público mensual kWh.
- ✓ NHMAP: Horas mensuales del servicio de alumbrado público (horas/mes).
- ✓ PPL: Potencia nominal promedio de la luminaria alumbrado público (watts).

Las horas del encendido del alumbrado público debe estar considerar entre 8 a 12 horas según DGE por ello se optó por 10 horas lo que correspondería a 300 h

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

$$PI = \frac{99 \times 1000}{300 \times 50}$$

$$PI = 7{,}92 = 8$$

Serán 8 luminarias que iluminarán el Centro Poblado cada luminaria tendrá un consumo diario de 0,495 kWh.

Demanda eléctrica del Centro Poblado Palomino

Tabla N.º 5: Energía consumida en el Centro Poblado de Palomino

Receptor	Energia (kWh)	Potencia (kW)	Cantidad	Potencia Instalada (kW)	Energía diaria (kWh)
Viviendas	0,667	0,347	36	12,496	24,016
Alumbrado	0,50	0,05	8	0,4	3,96
Total				12,90	27,98

Fuente: Propia

La energía eléctrica requerida para los próximos 20 años es de 28,88 kWh y una potencia de instalada de 12,90 kW se podrá determinar los equipos de mini central fotovoltaica y la sección de loa conductores del sistema de distribución la cual irán acorde con las viviendas proyectadas.

4.1.6. Consumo eléctrico por cada año

La tabla (6) se aprecia la demanda eléctrica de cada año del Centro Poblado Palomino para los próximos 20 años.

Tabla N.º 6: Consumo eléctrico de los próximos 20 años

Año de referencia	Número de viviendas	Consumo de las viviendas (kWh/año)	Numero de luminarias	Consumo del alumbrado publico (kWh/año)	Consumo Total (kWh/año)	Potencia instalada (kW)
2022	30	7304,75	7	1264,73	8569,47	10,76
2023	30	7304,75	7	1264,73	8569,47	10,76
2024	31	7548,24	7	1264,73	8812,96	11,11
2025	31	7548,24	7	1264,73	8812,96	11,11
2026	31	7548,24	7	1264,73	8812,96	11,11
2027	31	7548,24	7	1264,73	8812,96	11,11
2028	32	7791,73	8	1445,40	9237,13	11,51
2029	32	7791,73	8	1445,40	9237,13	11,51
2030	32	7791,73	8	1445,40	9237,13	11,51
2031	33	8035,22	8	1445,40	9480,62	11,85
2032	33	8035,22	8	1445,40	9480,62	11,85
2033	33	8035,22	8	1445,40	9480,62	11,85
2034	33	8035,22	8	1445,40	9480,62	11,85
2035	34	8278,71	8	1445,40	9724,11	12,20
2036	34	8278,71	8	1445,40	9724,11	12,20
2037	34	8278,71	8	1445,40	9724,11	12,20
2038	35	8522,20	8	1445,40	9967,60	12,55
2039	35	8522,20	8	1445,40	9967,60	12,55
2040	35	8522,20	8	1445,40	9967,60	12,55
2041	36	8765,69	8	1445,40	10211,09	12,90
2042	36	8765,69	8	1445,40	10211,09	12,90

Fuente: Propia

4.1.7. Bosquejo de las viviendas

En la siguiente imagen se puede observar la lotización de las viviendas, y el lugar de la mini central fotovoltaica del Centro Poblado de Palomino. También se puede observar las calles, con ello se podrá realizar las rutas de los tendidos eléctricos la cual no debe de exceder el 7% según el DGE del recorrido de la línea hacia la vivienda más alejada.

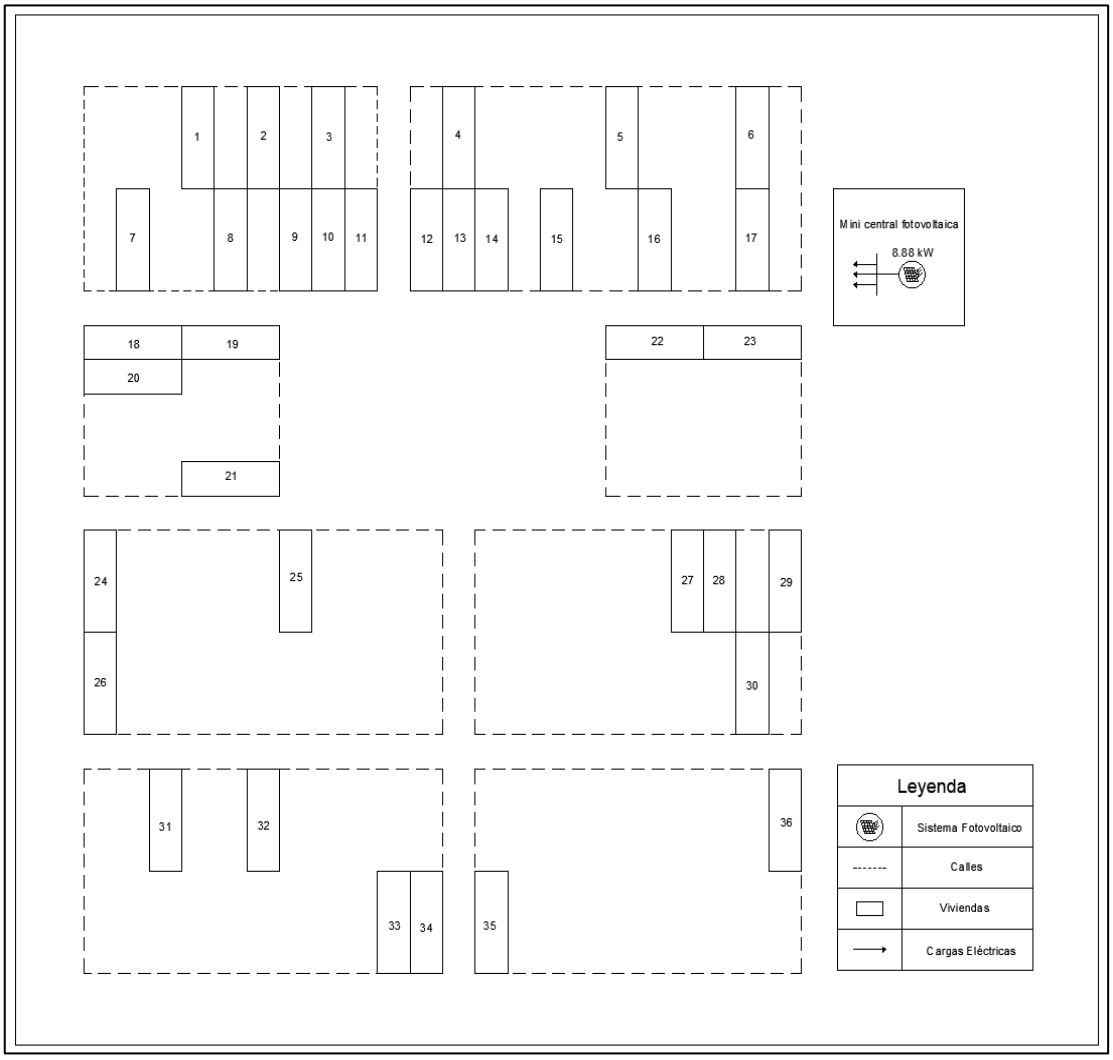


Imagen N.º 07: Lotización del Centro Poblado y área de la mini central fotovoltaica

Fuente: Propia

4.2 Estudio de la radiación solar en Centro Poblado de Palomino

Para obtener la energía solar que incidente sobre el Perú se ingresó a la web del repositorio solar del senamhi y el PVWatts facilitando la irradiación solar mensual.

4.2.1. Atlas de Energía Solar del Perú

En el Atlas de Energía Solar del Perú obtuvimos la irradiación solar que incide sobre los departamentos del Perú, en la cual Lambayeque cuenta con una adecuada precipitación solar que varía desde el desde los 4,0 kWh/m^2/d hasta un 6,0 kWh/m^2/d.

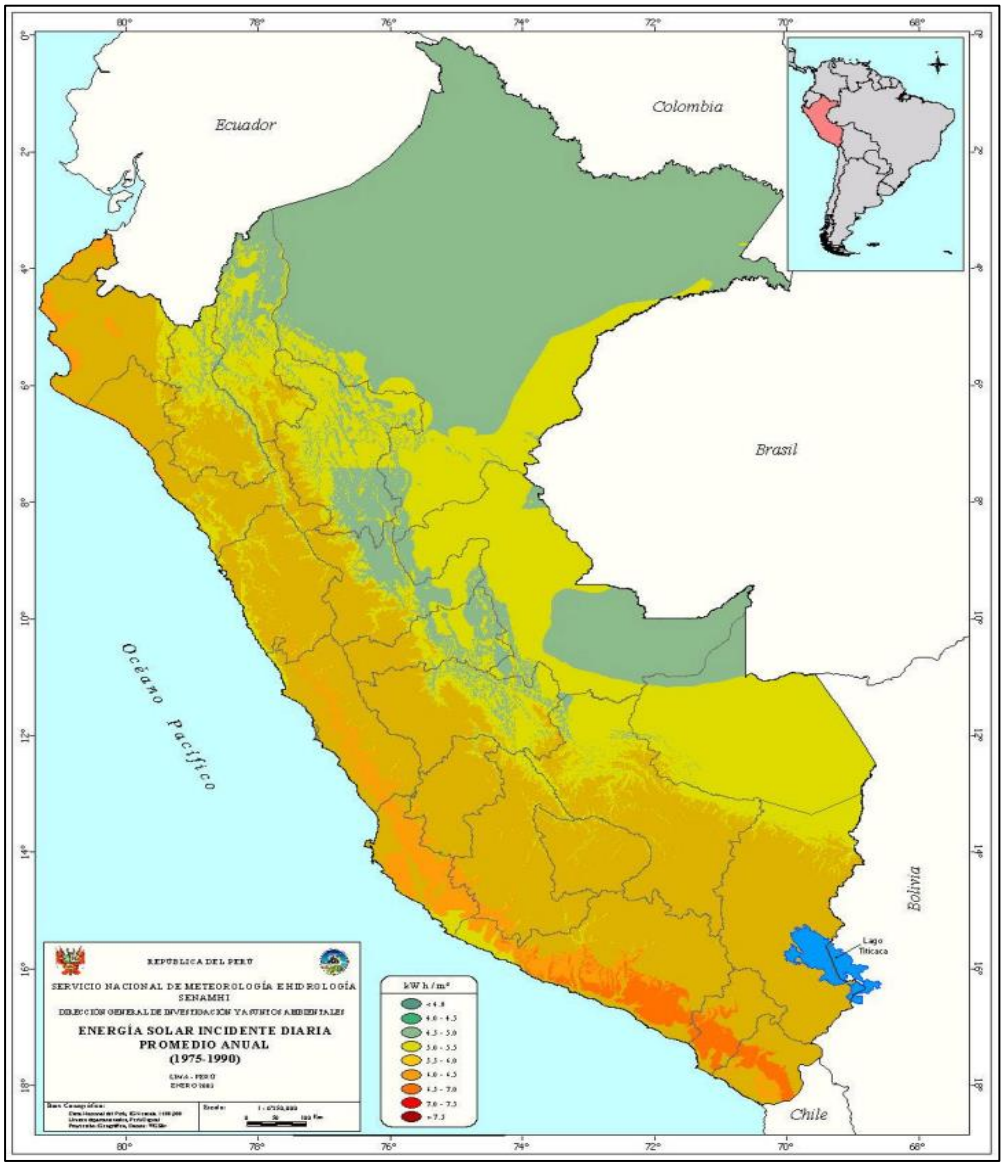


Imagen N.º 08: Energía solar incidente diaria promedio anual

Fuente: https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/343

4.2.1.1 Mapa solar de radiación solar de Lambayeque

En Lambayeque se pudo observar los meses con mayor y menor irradiación solar siendo entre los meses de mayo y agosto.

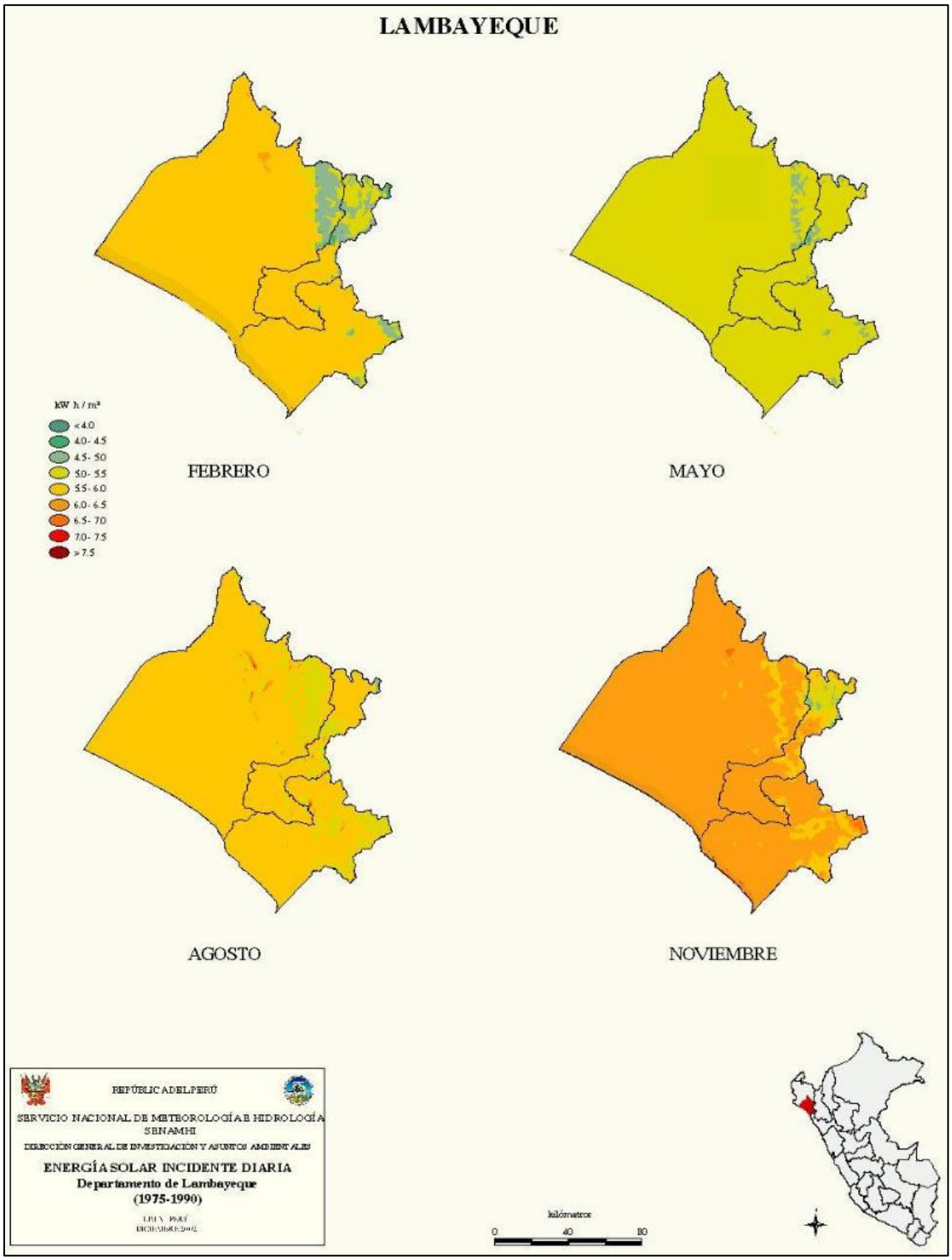


Imagen N.º 09: Mapa de irradiación solar en Lambayeque

Fuente: https://repositorio.senamhi.gob.pe/discover

4.2.2. PVWatts

La página web PVWatts se podrá evaluar la radiación solar mensual con las coordenadas del Centro Poblado de Palomino teniendo en cuenta que es utilizada en sistemas fotovoltaicos aislados.

Imagen N.º 10: Centro Poblado de Palomino página web PVWatts

Fuente: https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php

Una vez ingresado las coordenadas, se evaluará la irradiación solar con ángulo un de 15°.

RESULTADOS

Imprimir resultados

6.663 kWh/año*

Mes	Radiación solar (kWh/m²/día)	Energía CA (kWh)
enero	5.84	548
Febrero	5.91	496
Marzo	6.19	574
Abril	6.54	588
Mayo	6.21	578
Junio	5.41	494
Julio	5.70	539
Agosto	5.88	552
Septiembre	6.34	575
Octubre	6.36	598
Noviembre	6.18	562
Diciembre	5.96	559
Anual	6.04	6,663

Imagen N.º 11: Irradiación solar con un ángulo de 15°

Fuente: https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php

4.2.3. Interpretación de la irradiación solar

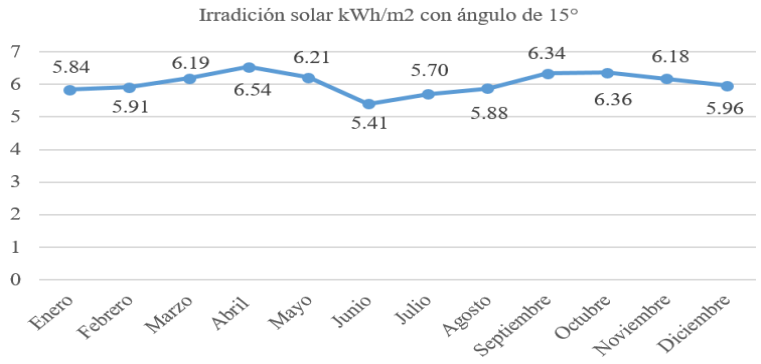
Evaluación de la irradiación solar en Centro Poblado Palomino con ángulos de 0°, 8° y 15° teniendo en cuenta que estos varían según la inclinación del panel fotovoltaico.

Tabla N.º 7: Irradiación solar dependiendo el ángulo de inclinación

Irradiación solar			
Mes	0°	8°	15°
Enero	6,47	6,18	5,84
Febrero	6,25	6,11	5,91
Marzo	6,21	6,24	6,19
Abril	6,18	6,42	6,54
Mayo	5,58	5,96	6,21
Junio	4,79	5,16	5,41
Julio	5,07	5,45	5,70
Agosto	5,46	5,72	5,88
Septiembre	6,22	6,33	6,34
Octubre	6,61	6,52	6,36
Noviembre	6,77	6,50	6,18
Diciembre	6,68	6,34	5,96
Promedio	6,02	6,08	6,04

Fuente: Propia

En la mini centrales fotovoltaicas conectadas a la red y aislados en ángulo inclinación del panel debe ser con referencia a la latitud del lugar y para sistemas aislados la inclinación de 15°.



Grafica N.º 02: Irradiación solar del Centro Poblado Palomino anual

Fuente: Propia

Irradiación mínima es de 5,41 kWh/m^2 y la máxima 6,34 kWh/m^2.

4.3. Seleccionar los dispositivos requeridos para el funcionamiento del mini central fotovoltaico acorde con su demanda.

Para la selección de los dispositivos de la mini central fotovoltaico se debe de tener en cuenta la radiación solar, características de los equipos y la demanda requerida.

4.3.1. Calculo de la demanda requerida diaria

$$\mathbf{E_{requerida}} = 27{,}98\ \text{kWh}$$

En las mini centrales fotovoltaicas se generan pérdidas (dispositivos, sistemas de control y cableado) y por el propio autoconsumo de algunos equipos por ello la demanda requerida y potencia deberá ser mayor.

$$\mathrm{E_{fotovoltaico\ a\ producir}} = \frac{\mathrm{E_{requerido}}}{\mathrm{F}}$$

- ✓ F: factor de pérdida de los dispositivos.

Donde:

$$\mathrm{F} = 1 - \left[\frac{\mathrm{f_a} * \mathrm{N}}{\mathrm{p_d}}\right] - \mathrm{f_b} - \mathrm{f_i} - \mathrm{f_j}$$

- ✓ f_a: Fracción perdida de energía por auto descarga, 0,005
- ✓ f_b: Factor de perdida por la eficiencia de la batería, 0,05
- ✓ f_i: Factor de perdida po la eficiencia del inversor, 0,05
- ✓ f_j: Factor de perdida global por el calentamiento conexiones, 0,05
- ✓ p_d: Profundidad de descarga máxima de las baterías, 0,8
- ✓ N: Número de días autonomía, 2

Por lo tanto:

$$\mathrm{F} = 1 - \left[\frac{0{,}005 * 2}{0{,}8}\right] - 0{,}05 - 0{,}05 - 0{,}05$$

$$\mathrm{F} = 0{,}8$$

Remplazamos:

$$\mathrm{E_{fotovoltaico\ a\ producir}} = \frac{28{,}88}{0{,}8375}$$

$$\mathrm{E_{fotovoltaico\ a\ producir}} = 33{,}40\ \text{kWh}$$

$$\mathrm{P}_{requerida} = 15{,}40\ \text{kW}$$

4.3.2. Inclinación de los paneles fotovoltaicos

Para tener un óptimo funcionamiento de los paneles fotovoltaicos se debe tener en cuenta la inclinación del panel por ello se calculará con la siguiente formula:

$$\beta_{opt} = 3{,}7 + 0{,}69 \times |\phi|$$

Donde:

- ✓ β_{opt}: Angulo de inclinación optima (grados)
- ✓ $|\phi|$: Latitud del Centro Poblado sin el signo negativo, |-6,94°|

Por lo tanto:

$$\beta_{opt} = 3{,}7 + 0{,}69 \times |6{,}94°|$$

$$\beta_{opt} = 8{,}49°$$

Según el MINEM DGE 003 (2007), la inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos está dado por:

$$\beta_{opt} = 5{,}0° + 8{,}488°$$

$$\beta_{opt} = 13{,}488$$

Por investigaciones realizadas y por instalaciones fotovoltaicas se debe de tener en cuenta un ángulo de inclinación de optimo el cual es 15°.

4.3.3. Calculo del número paneles fotovoltaicos

Para el cálculo de los paneles y para las conexiones, se debe tener el cuentan las características del panel solar e irradiación solar que incide sobre él, para este caso se optó por un panel tipo monocristalino, por su eficiencia energética y su resistencia a cualquier ambiente según el anexo 2.

Tabla N.º 8: Características de panel Eco Green Energy solar modelo Helios Plus

Helios Plus 360W		
Parámetros eléctricos	Unidad	
Potencia de salida (Pmáx)	350	W
Tensión máxima de alimentación (Vmp)	33,50	V
Corriente máxima de potencia (Imp)	10,45	A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	40,50	V
Corriente de cortocircuito (Isc)	11,05	A

Fuente: https://www.eco-greenenergy.com/es/centro-de-descargas/

4.3.3.1. Número de paneles fotovoltaicos necesarios:

$$N_{mod} = \frac{L_{mod}}{P_{MP} \times HPS \times PR}$$

Donde:

- ✓ N_{mod}: Numero de paneles
- ✓ L_{mod}: Energía fotovoltaica a producir 34,48 kWh
- ✓ P_{MP}: Potencia pico de panel en condiciones normales en caso de este utilizarse (Pmáx 360 Wp)
- ✓ HSP: Horas de sol pico en mes más desfavorable
- ✓ PR: El factor funcionamiento que va desde 0,65 y 0,95

4.3.3.2. Calculo de las horas de solares pico:

$$HSP = \frac{G}{I_{CEM}}$$

- ✓ G: Irradiación solar promedio diaria en mes más desfavorable, 5,41 kWh/m^2/d
- ✓ Icen: Irradiación nivel estándar STC 1000 W/m^2

Donde:

$$HSP = \frac{5{,}41\ \text{kWh/m}^2\text{/d} \times 1000}{1000\ \text{W}/m^2}$$

$$HSP = \ 5{,}41\ \text{h}$$

Por lo tanto:

$$N_{mod} = \frac{34{,}48\ \text{kWh}}{350\ \text{Wp} \times 5{,}41\ \text{h} \times 0{,}95}$$

$$N_{mod} = 18{,}6 = 20\ \text{paneles}$$

Para un mejor funcionamiento de la mini central se optó tomar 20 paneles fotovoltaicos para satisfacer de energía al Centro Poblado de Palomino.

4.3.4. Conexión de los paneles fotovoltaicos

Para la instalación de los paneles fotovoltaicos debe ser de forma adecuada lo que permita tener una óptima operación de voltaje hacia las baterías.

4.3.4.1. Conexión de los paneles en serie:

$$N_{Smf} = \frac{V_T}{V_{mf}}$$

- ✓ V_T: Tensión de operación de la mini central, 48V
- ✓ V_{mf}: Tensión nominal del panel, 24V

Remplazamos:

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

$$N_{Smf} = 2$$

4.3.4.2. Conexión de los paneles en paralelo:

$$N_{Pmf} = \frac{N_{mf}}{N_{Smf}}$$

- ✓ N_{mf}: Cantidad total de paneles, 20
- ✓ N_{Smf}: Cantidad de paneles conectados en serie, 2

Remplazamos:

$$N_{Pmf} = \frac{20}{2}$$

$$N_{Pmf} = 10$$

4.3.5. Calculo del sistema de baterías:

Para determinar el almacenamiento del sistema de baterías se tomó batería de tipo estacionaria de fabricación inglesa de la compañía Ultracell de modelo UZS600-6 6V 600Ah la cual tiene una alta eficiencia y un tiempo de autonomía de 8 años la cual la hace mejor que las demás baterías, su profundidad de descarga que es de 0,8 según el anexo (3).

Tabla N.º 9: Batería solar estacionaria de 600ah UZS600-6

Modelo UZS600-6 6V			
Ns bat	Baterias en serie	-	-
VT	Voltaje de operación de la mini central	48	V
Vbat	Voltaje de operación de las baterias	6	V

Fuente: https://autosolar.pe/acumuladores-estacionarios/bateria-estacionaria-600ah-6v-ultracell-uzs600-6

4.3.5.1. Calculo de la capacidad del sistema de baterías:

La cantidad de baterías que llevara la mini central fotovoltaica se debe considerar la capacidad de almacenamiento del sistema, la cual se calculara con la siguiente ecuación:

$$C_{sist} = \frac{E \times N}{V_{cc} \times P_d}$$

Donde:

- ✓ C_{sist}: Capacidad de las de baterías del sistema
- ✓ E: Demanda requerida, 34 478,33 Wh
- ✓ N: Días autonomía, 2
- ✓ Pd: Profundidad descarga, 0,8
- ✓ V_{cc}: Voltaje de la mini central, 48V

Por lo tanto:

$$C_{sist} = \frac{33\ 403{,}70\ \text{Wh} \times 2}{48\ \text{V} \times 0{,}8}$$

$$C_{sist} = 1\ 739{,}78\ \text{Ah}$$

4.3.5.2. Paneles conectados en serie:

Para calcular los baterías conectados en serie se debe de ver voltaje de operación de la batería la cual estará en anexo 2.

$$N_{S\ bat} = \frac{V_T}{V_{bat}}$$

Donde:

- ✓ V_T: Voltaje de operación de la mini central, 48V
- ✓ V_{bat}: Voltaje de operación de las baterías, 6V

Por lo tanto:

$$N_{S\ bat} = \frac{48\ \text{V}}{6\ \text{V}}$$

$$N_{S\ bat} = 8$$

Paneles conectados en serie serán de 8.

4.3.5.3. Baterías conectadas en paralelo:

$$N_{P\,bat} = \frac{C_T}{C_{bat}}$$

Donde:

- ✓ $N_{P\,bat}$: Baterías en paralelo
- ✓ C_T: Capacidad del sistema de baterías, 1 795,75 Ah
- ✓ C_{bat}: Capacidad de la batería a 600 Ah

Por lo tanto:

$$N_{P\,bat} = \frac{1\,739,78\ \text{Ah}}{600\ \text{Ah}}$$

$$N_{P\,bat} = 2{,}90 = 3\ \text{Baterías}$$

La conexión de las baterías en paralelo será de 4.

Total, de baterías:

$$N_T = N_{S\,bat} \times N_{P\,bat}$$

$$N_T = 8 \times 3$$

$$N_T = 24$$

Se necesitará 24 baterías en la mini central fotovoltaica para almacenar la energía generada.

4.3.6. Calculo del regulador de energía:

Para calcular la corriente que soportará el regulador deberá tener en cuenta las características panel y sus conexiones.

4.3.6.1. Corriente máxima del regulador:

$$I_{REG} = 1{,}2 \times I_{CCmf} \times N_{Pmf}$$

- ✓ I_{REG}: Corriente máxima que soportar el regulador
- ✓ I_{CCmf}: Corriente de corto circuito del panel fotovoltaico, 11,05 A
- ✓ $N_{P\,mf}$: Numero de ramales conectadas en paralelo, 10

Por lo tanto:

$$I_{REG} = 1{,}2 \times 11{,}05\ \text{V} \times 10$$

$$I_{REG} = 132{,}06\ \text{A}$$

La corriente que soportara el inversor de 132,06 A amperios.

4.3.6.2. Calculo del voltaje máximo que debe soportar el regulador:

$$V_{REG\ max} = 1{,}2 \times V_{OC\ mf} \times N_{S\ mf}$$

Donde:

- ✓ $V_{REG\ max}$: Voltaje máximo, que soportara el regulador (V)
- ✓ $V_{OC\ mf}$: Voltaje del circuito abierto (V), 40,50
- ✓ $N_{S\ mf}$: Cantidad de paneles en serie, 2

Por lo tanto:

$$V_{REG\ max} = 1{,}2 \times 40{,}50\ V\ \times 2$$

$$V_{REG\ max} = 97{,}2\ V$$

Una vez obtenida la corriente y voltaje máximo se podrá seleccionar el inversor que vaya acorde a la mini central.

Ahora se calculará la conexión del regulador será en base a sus características controlador SmartSolar MPPT 250V 100A VICTRON según el anexo 4.

4.3.6.3. Reguladores conectados en paralelo:

$$N_{P\ reg} = \frac{I_{REG}}{I_{reg}}$$

Donde:

- ✓ $N_{P\ reg}$: Cantidad de reguladores conectados en paralelo.
- ✓ I_{REG}: Corriente máxima del regulador, 134,76 A
- ✓ I_{reg}: Corriente del regulador, 100 A

Por lo tanto:

$$N_{P\ reg} = \frac{134{,}76\ A}{100\ A}$$

$$N_{P\ reg} = 1{,}35 = 2\ \text{reguladores}$$

4.3.6.4. Numero de paneles conectados a cada regulador:

$$Ramas\ por\ regulador = \frac{N_{P\ mf}}{N_{P\ reg}}$$

$$Ramas\ por\ regulador = \frac{10}{2}$$

$$Ramas\ por\ regulador = 5$$

Serán 5 paneles fotovoltaicos por regulador lo que nos dice que será 10 paneles conectados por cada regulador.

4.3.7. Calculo del inversor de corriente.

Para el inversor se tomó la potencia que será instalada del Centro Poblado de Palomino siendo de 15,40 kW.

4.3.7.1. Calculo de la potencia del inversor:

$$P_{INV} = P_{AC} \times F_S$$

Donde:

- ✓ P_{INV}: Potencia del inverso W
- ✓ P_{AC}: Potencia instalada en corriente alterna (W)
- ✓ F_S: Factor simultaneidad en condiciones extremas en el dimensionamiento de inversor se considerando (100% =1)

Por lo tanto:

$$P_{INV} = 15{,}40 \text{ kW} \times 1$$

$$P_{INV} = 15{,}40 \text{ kW}$$

4.3.7.2. Numero de inversores:

La potencia del inversor es de 15,40 kW, para ello hemos seleccionado el inversor de 8000 W de la marca Victron MultiPlus-II modelo de 48V/10kVA según el anexo 5, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$N_{INV} = \frac{P_{INV}}{P_{INV,SELEC}}$$

Donde:

- ✓ N_{INV}: Cantidad de inversores
- ✓ $P_{INV,SELEC}$: Potencia del inversor elegido, 8 kW

Por lo tanto:

$$N_{INV} = \frac{P_{INV}}{P_{INV,SELEC}}$$

$$N_{INV} = \frac{15{,}40 \text{ kW}}{8 \text{ kW}}$$

$$N_{INV} = 1{,}92 \rightarrow 2 \text{ inversores}$$

4.3.8. Dimensionamiento de los conductores

Los conductores eléctricos se dimensionaron tomando en cuenta los tramos de los dispositivos los cuales deben ser los más cortos posibles, lo cual permite que se la caída de tensión este dentro de los límites permitidos.

4.3.8.1. Intensidad máxima que debe soportar el tramo del panel fotovoltaico al regulador:

La intensidad máxima que soportara el conductor eléctrico desde el panel fotovoltaico hasta el regulador se calculara mediante la siguiente ecuación:

$$I_{MAX-P,R} = 1{,}25 \times I_{ccmf} \times N_{Ramas\ por\ regulador}$$

Donde:

- ✓ $I_{MAX-P,R}$: Corriente máxima del ramal de los paneles al regulador
- ✓ I_{CCmf}: Corriente de corto circuito del panel fotovoltaico, 11,05 A
- ✓ $N_{Ramas\ por\ regulador}$: Cantidad de ramas conectadas por regulador, 5

Por lo tanto:

$$I_{MAX-P,R} = 1{,}25 \times 11{,}05\ A \times 5$$

$$I_{MAX-P,R} = 69{,}06\ A$$

4.3.8.2. Intensidad máxima que debe soportar el tramo del regulador al inversor:

Para calcular la máxima intensidad de corriente que soportara la ruta del regulador al inversor se calculara con la siguiente formula:

$$I_{MAX-R,I} = \frac{1{,}25 \times P_{INV,SELEC}}{V_T \times n_i}$$

Donde:

- ✓ $I_{MAX-R,I}$: Corriente máxima del regulador al inversor
- ✓ $P_{INV,\ SELEC}$: Potencia del inversor seleccionado, en servicio continuo (A)
- ✓ V_T: Voltaje de operación de la mini central fotovoltaico, 48V
- ✓ n_i: Redimiendo del inversor, 0,96

Por lo tanto:

$$I_{MAX-R,I} = \frac{1{,}25 \times 8000\ W}{48\ V \times 0{,}96}$$

$$I_{MAX-R,I} = 217{,}01\ A$$

4.3.9. Calculo de la sección de los conductores:

Para obtener las secciones de los conductores eléctricos de cada tramo de la mini central fotovoltaico se debe de tener en cuenta la corriente, caída de tensión y su recorrido.

Tabla N.º 10: Caída de tensión de las tutas de los equipos

Tramo	Tensión de operación (V)	Caída permisible de tensión %	Caída de tensión promedio (V)	Recorrido del conductor (m)
Panel-Controlador	48	1% a 3%	1,44	7
Controlador-Batería	48	1%	0,48	3
Controlador-Inversor	48	1%	0,48	3
Otros equipos	48	3% a 5%	2,4	-

Fuente: Propia

4.3.9.1. Calculo de la sección mínima del conductor:

Para calcular la sección mínima se utilizará la siguiente ecuación:

$$S_{Cable} = \frac{2 \times L \times I_{MAX}}{56 \times \Delta V}$$

Donde:

- ✓ S_{Cable}: Sección de conductor (mm^2)
- ✓ L: Longitud (m)
- ✓ I_{MAX}: Corriente máxima (A)
- ✓ ΔV: Caída de tensión

4.3.9.2. Sección del conductor del tramo de panel fotovoltaico al regulador de carga:

$$S_{Cable} = \frac{2 \times 7\ m \times 69{,}09\ A}{56 \times 1{,}44\ V}$$

$$S_{Cable} = 12{,}19 = 25\ mm^2$$

4.3.9.3. Sección del conductor del tramo del regulador de carga a las baterías:

$$S_{Cable} = \frac{2 \times 3 \times 69{,}09\ A}{56 \times 0{,}48\ V}$$

$$S_{Cable} = 15{,}42 = \ 25\ mm^2$$

4.3.9.4. Sección del conductor del tramo de las baterías al inversor:

$$S_{Cable} = \frac{2 \times 3 \times 217{,}01}{56 \times 0{,}48}$$

$$S_{Cable} = 48{,}44 = 70\ mm^2$$

El tipo de conductor seleccionado es de la marca TOPSOLAR PV ZZ-F/H1Z2Z2-K el cual es utilizado para instalaciones solares fotovoltaicas la cual tiene una temperatura de operación de 120C° según el anexo 6.

4.3.10. Protecciones de los equipos a sobretensiones

Para calcular las protecciones de los equipos provocadas por los cortocircuitos y sobretensiones en los tramos de los equipos, se calculará con la siguiente formula:

$$I_B \leq I_n \geq 0{,}9 \times I_{adm}$$

Donde:

- ✓ I_B: Intensidad de corriente que pasara por el tramo (A)
- ✓ I_n: Intensidad nominal del fusible asignado al tramo (A)
- ✓ I_{adm}: Es la máxima intensidad admisible del cable conductor del tramo (A)

4.3.10.2. Tramo panel fotovoltaico al regulador de carga:

$$69{,}06\ A \leq I_n \geq 0{,}9 \times 167\ A$$

$$69{,}06\ A \leq I_n \geq 150{,}3\ A$$

$$I_n = 100A$$

4.3.11.1 Tramo regulador de carga a las baterías:

$$69{,}06\ A \leq I_n \geq 0{,}9 \times 167\ A$$

$$69{,}06\ A \leq I_n \geq 150{,}3\ A$$

$$I_n = 100^{a}$$

4.3.11.2. Tramo baterías al inversor:

$$217{,}02\ \text{A} \leq \text{I}_\text{n} \geq 0{,}9 \times 347\ \text{A}$$

$$217{,}02\ \text{A} \leq \text{I}_\text{n} \geq 312\ \text{A}$$

$$\text{I}_\text{n} = 250\ \text{A}$$

4.3.11.3. Protección del inversor:

El equipo de protección del inversor será una llave bipolar de 30 mA de sensibilidad la cual evita los contactos directos, el cual se calculó con la siguiente formula:

$$\text{I}_{\text{MAX Carga}} = \frac{\text{P}_\text{INV}}{\text{N}_\text{INV} \times \text{V}}$$

Donde:

- ✓ $\text{I}_{\text{MAX Carga}}$: Intensidad de corriente que soporta el inversor
- ✓ P_INV: Potencia del inversor, 8000 W
- ✓ N_INV: Total de inversores, 2
- ✓ V: Voltaje de inversor, 220 AC

Por lo tanto:

$$\text{I}_{\text{MAX Carga}} = \frac{8000\ \text{W}}{2 \times 220\ \text{V}}$$

$$\text{I}_{\text{MAX Carga}} = 18{,}2\ \text{A}$$

Por lo tanto, el interruptor termomagnético seleccionado será de 20 A y un interruptor diferencial de 25 A.

4.3.12. Estructuras fotovoltaicas

Para la selección de estructuras se tomó una cubierta plana de 5 ud (unidades) de superficie horizontal de 15° capaz de soportar vientos hasta de 29 m/s, la cual está fabricada de aluminio mientras tanto se tornillero será de acero inoxidable según el anexo 7.

4.4. Diseño de las redes distribución de baja tensión

Para el diseño de red la eléctrica BT (baja tensión) será de 220V, el cual será diseñado con cables autoportante en aleación de aluminio y postes de concreto centrífugos, que son establecidos por el DGE de la norma "BASES PARA EL DISEÑO DE LÍNEAS Y REDES SECUNDARIAS CON CONDUCTORES AUTOPORTANTES PARA LA ELECTRIFICACION RURAL".

4.4.1 Características del sistema

El sistema que se tomará para el Centro Poblado de Palomino será de tipo monofásico, en los circuitos de BT (baja tensión) teniendo como características:

- Conductor aluminio autoportante.
- Red de conexión tipo aérea
- Tensión fase-neutro 220 V
- Sistema monofásico con puesto a tierra
- Operación frecuencia de 60 Hz.
- Elevación 58 msnm.

4.4.2. Cálculos eléctricos

4.4.2.1. Resistencia eléctrica del conductor

En el cálculo de la resistencia del conductor tuvimos como datos la temperatura que operara el sistema que varía entre 40°C y 20°C, para ello se tomó la siguiente formula:

$$\mathrm{r40°\ C} = \mathrm{r20°\ C} + [\,1 + \alpha(t_2 - 20)]$$

Donde:

- ✓ r_{40}: Resistencia conductor eléctrico a 40°C
- ✓ r_{20}: Resistencia conductor eléctrico a 20°C
- ✓ α: Coeficiente de la corrección de temperatura 1°/C: 0,0036
- ✓ t_2: 40°C

En el cuadro 12 se mostrarán las características eléctricas de los conductores autoportantes y sus resistencias de fases.

4.4.3.4. Cálculo de la reactancia inductiva

En la reactancia inductiva del conductor eléctrico, se utilizó la siguiente formula:

$$X1 = \frac{0{,}1746 \log DMG}{RMG}$$

Donde:

- ✓ DMG: Distancia media geométrica
- ✓ RMG: Radio medio geométrico

En el cuadro 12 se puede apreciar las diferentes reactancias inductivas según la configuración de los conductores.

4.4.3.5. Caculo de la caída de tensión

En cada fin de línea de la red eléctrica se calculó la caída de tensión con la siguiente formula.

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3}$$

Donde:

- ✓ I: Corriente que recorre por el circuito, en A
- ✓ L: Distancia de la ruta en m
- ✓ K: Factor de caída de tensión, tabla (11).

4.4.3.6. Máxima caída de tensión permisible:

En los Centros Poblados no debemos pasar el 7% de la tensión nominal desde la subestación de distribución BT hacia el predio más alejada, esta norma está establecida por "Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico (NTCSE)" que en las redes monofásicas son 220 V y la caída máxima de ser de 15,4 V.

Factor de potencia (Cosf): Servicio particular (1,00) y alumbrado público (0,90).
Factor de simultaneidad: Servicio particular (0,50) y alumbrado público (1,00).

4.4.3.7. Distancias de seguridad

La red de distribución cumplirá con las distancias mínimas de seguridad (DMS) desde las redes hacia la vivienda tal como la tabla 11.

Tabla N.º 11: Altura mínima de seguridad a la superficie del suelo

Descripción	Distancia (m)
Lugares accesibles solo peatones	5,0
Zonas no accesibles a vehículos o personas	3,0
Lugares con circulación de máquinas agrícolas	6,0
A lo largo de calles y caminos de zonas urbanas	6,0
Cruce de calles, avenidas y vías férreas	6,5

Fuente: DGE

4.4.3.8. Corriente máxima que debe soportar el conductor

La corriente máxima que podrá llevar el conductor se calcula mediante la característica del inversor que será potencia activa (10000VA) y el voltaje de trabajo de la red de distribución 220V, entonces:

$$I_{MAX\ carga} = \frac{10\ 000\ \text{VA}}{220\ \text{A}}$$

$$I_{MAX\ carga} = 45{,}46\ \text{A}$$

Cuadro de los conductores auto portantes y sus características:

Tabla N.º. 12: Factores, parámetros y caída de tensión de los conductores

FORMACION	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE FASE (O/Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE ALUMBRADO PUBLICO (O/Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO (O/Km)		REACTANCIA INDUCTIVA (O/Km)		FACTOR DE CAIDA DE TENSION			CAPACIDAD DE CORRIENTE A 40 °C (A)	
	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	XL(30)	XL (10)	K (380-220 V)	K(440-220 V)	K(220 VAP)	Cond. Fase	Cond. A.P.
3x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,094	0,123	1,607	-	3,272	102	64
3x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,100	0,116	2,223	-	3,272	83	64
3x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,110	0,110	3,538	-	3,272	64	64
3x35/25	0,868	0,929	-	-	1,38	1,478	0,091	-	1,607	-	-	102	-
3x25/25	1,200	1,285	-	-	1,38	1,478	0,095	-	2,223	-	-	83	-
3x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	0,103	-	3,538	-	-	64	-
2x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,086	0,114		3,780	3,272	102	64
2x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,093	0.109		3,776	3,272	83	64
2x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,096	0,096	3,538	3,765	3,272	64	64
2x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,096	-	3,765	3,272	64	-
1x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,094	-		3,272	64	-

Fuente: DGE

Con la corriente máxima se seleccionó el conductor autoportante 2*16+16/25 para el S.P y A.P, la cual tiene una capacidad de corriente de 64 A.

4.4.3.9. Recorrido de las redes de distribución

Con el plano de lotización se podrá establecer el recorrido de las redes distribución.

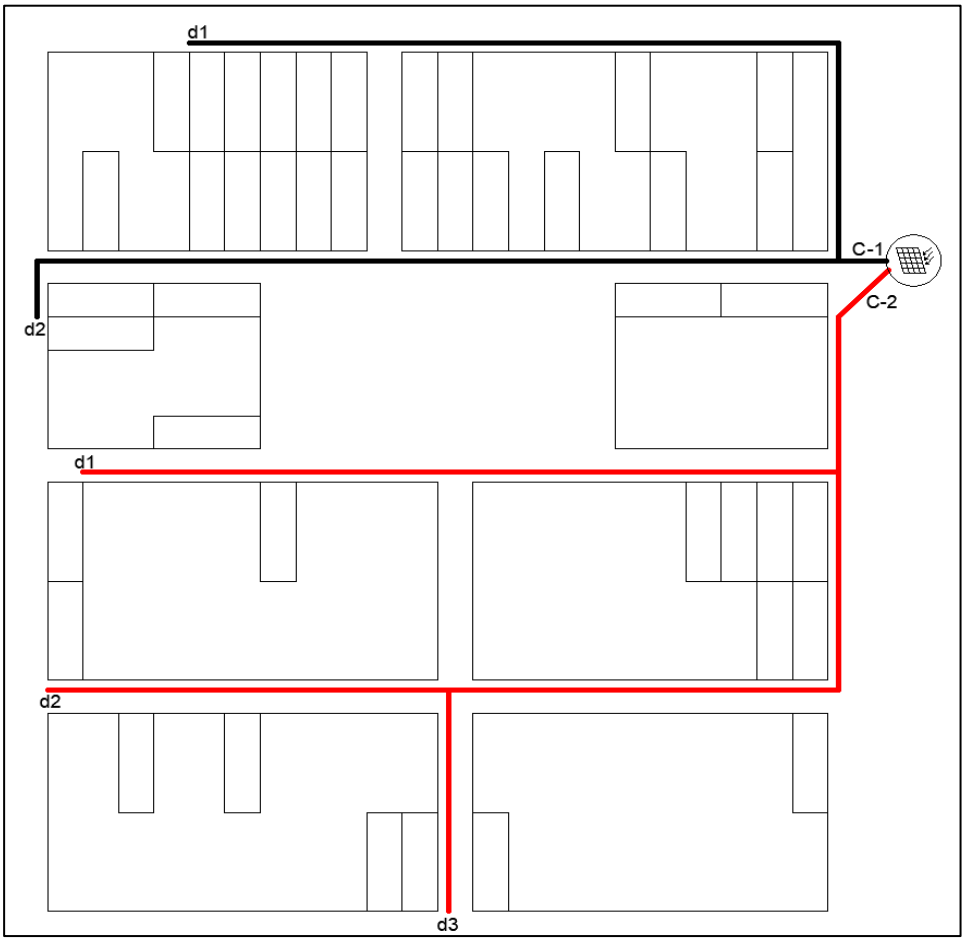


Imagen N.º 12: Tramos de las redes de distribución con sus circuitos y derivaciones

Fuente: Propia

En el cuadro (12) tenemos las características eléctricas del conductor autoportante del y mediante el software Dired Cad se calculó la caída de tensión del A.P y S.P, según anexo (8) se mostrará más detallado el sistema de distribución y sus recorridos.

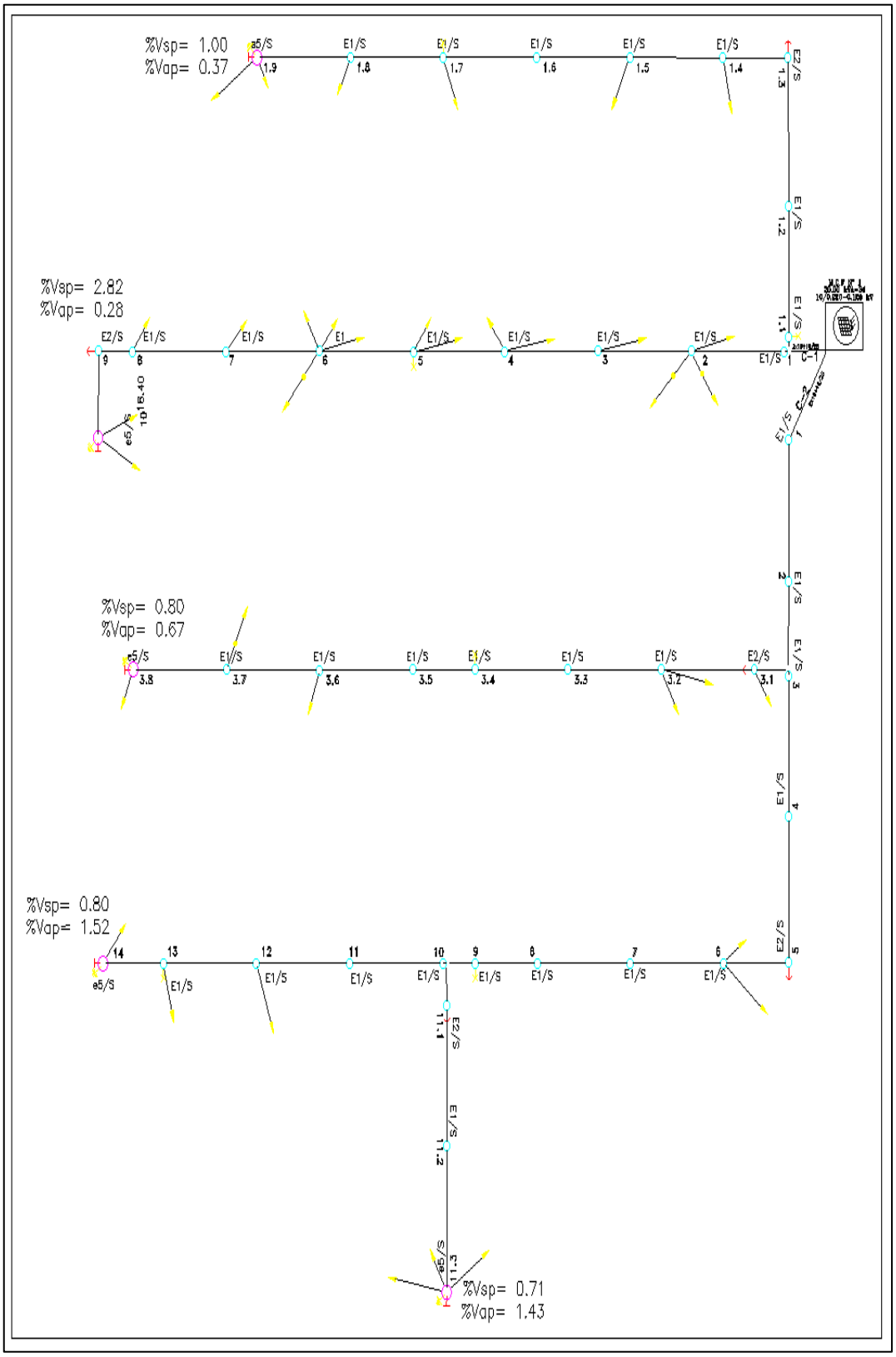
Tabla N.º 13: Caída de tensión de cada vano de los circuitos.

Circuito	Derivaciones	Conductor	Viviendas	Luminarias	S.P%	A.P%
C1	d1	2x16+16/26	6	2	1,00	0,37
	d2	2x16+16/27	16	1	2,76	0,28
C2	d1	2x16+16/28	6	1	0,80	0,67
	d2	2x16+16/29	5	2	0,80	1,52
	d3	2x16+16/30	3	1	0,76	1,45

Fuente: Propia

De la tabla 13 no obtuvimos algún ramal excedió el 7% de caída de tensión.

Imagen N.º 13: Cargas eléctricas sistema de distribución



Fuente: Propia

4.4.4. Cálculo mecánico del conductor

Para el cálculo mecánico de cable autoportante se tuvo en cuenta las tensiones y flechas a distintas condiciones meteorológicas. La tabla (14) muestra las características mecánicas de los cables:

Tabla N.º 14: Especificaciones de los cables autoportantes

FORMACION	SECCION DEL CONDUCTOR PORTANTE (mm²)	DIAM.EXTERIOR TOTAL (mm)	MASA TOTAL (kg/m)	MODULO DE ELAST.DEL PORTANTE (kN/mm²)	COEFICIEN. DE DILAT. TERMICA (1/°C)
3x35+16/25	25	20,0	0,481	60,82	21x10-6
3x25+16/25	25	18,5	0,397	60,82	21x10-6
3x16+16/25	25	16,5	0,310	60,82	21x10-6
3x35/25	25	20,0	0,419	60,82	21x10-6
3x25/25	25	18,5	0,336	60,82	21x10-6
3x16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x35+16/25	25	20,0	0,362	60,82	21x10-6
2x25+16/25	25	18,5	0,307	60,82	21x10-6
2x16+16/25	25	16,5	0,249	60,82	21x10-6
2x16/25	25	16,5	0,187	60,82	21x10-6
1x16/25	25	16,5	0,125	60,82	21x10-6

Fuente: DGE

4.4.4.1 Hipótesis de estado

Para la hipótesis del cable autoportante se tomó las características ambientales (velocidad del viento y la temperatura) del Centro Poblado.

Tabla N.º. 15: Hipótesis de estado del cable autoportante

Hipótesis I: Para el esfuerzo maximo	Temperatura: 5°C Viento: 75 km/h
Hipótesis II: Condición de mayor	Temperatura: 5°C Viento: 75 km/h
Hipótesis III: Flecha maxima	Temperatura: 5°C Viento: 75 km/h

Fuente: Propia

4.4.4.2. Esfuerzos mecánicos del conductor autoportante

En el conductor autoportante de aleación de aluminio será de 52 N/mm^2 en todos los casos, es aproximadamente el 18% del esfuerzo de ruptura del conductor.

El conductor no debe sobrepasar el esfuerzo máximo de 176 N/mm^2.

De presentar caída de hielo o granizo el esfuerzo del cable no debe pasar lo establecido, el cable tomara un esfuerzo EDS menor a 52,3 N/mm^2.

4.4.4.3 Cambio de estado del conductor

El estado de cambio del cable se calculó con la ecuación:

$$T_2^3 - \left[T_1 - \frac{d^2 E W_1^2}{24 S^2 T_1} - \propto E(t_2 - t_1)\right] T_2^2 = \frac{d^2 E W^2}{24 S^2}$$

Donde:

- ✓ Ti: Esfuerzo del conductor en forma horizontal en condiciones ambientales N/mm^2
- ✓ d: Distancia del vano calculado
- ✓ E: Elasticidad del conductor, en N/mm^2
- ✓ S: Diámetro del conductor mm^2
- ✓ Wi: Condición de carga
- ✓ ti: Temperatura en la condición i
- ✓ ∝: Coficiente de dilación del conductor (1°/C)

Para este cálculo tomamos el ramal más extenso de la red eléctrica según el anexo (8) los ramales tienen un promedio 30 m y tomamos el ramal de menor longitud de 5 m. El resultado de las hipótesis de estado estará en el anexo (9).

4.4.4.4. Altura de postes

En la altura que deben tener los postes desde suelo al cable será 5,50m y la distancia que debe tener desde el vértice del poste hasta el gancho de suspensión será de 0,30m: Distancia para el empotramiento del poste:

$$Altura\ de\ empotramiento = \frac{H}{10} + 0{,}2$$

Altura necesaria del poste:

$$H = \frac{H}{10} + 0{,}2 + D_{mín} + F_{máx} + H_c$$

Donde:

- ✓ H: Longitud del poste en (m).
- ✓ $D_{mín}$: Distancia mínima del terreno (m)
- ✓ $F_{máx}$: Flecha máxima en metros
- ✓ H_c: Distancia existente entre la punta del poste al último conductor metros

En lo que respecta para: $D_{mín}$: 5,5m, $F_{máx}$: 1,20m. y H: 7,80

Tomamos postes de concreto de 8m.

Tabla N.º 16: Especificaciones de postes de concreto de 8 metros

Características de postes de concreto	
Longitud del poste (m)	8,0
Longitud del empotramiento del poste (m)	1,0
Diámetro mínimo en la cabeza (mm)	120,0
Diámetro mínimo en la base (mm)	240,0
Diámetro de empotramiento (mm)	225,0
Altura donde se aplica la fuerza de viento (m)	3,140
Carga de trabajo a 0,15 m de la cabeza (kg)	200,0
Carga de rotura (kg)	400,0
Masa por unidad (kg)	385,0

Fuente: Propia

Altura de postes:

- ✓ Distancia máxima desde el cable hacia el suelo (calles): 5,50m
- ✓ Distancia perno de enganche hacia el vértice del poste será: 0,30m
- ✓ Distancia perno hacia el gancho de mordaza de suspensión será: 0,05m

La fecha en el peor de los casos de la hipótesis fue de 0,27 del vano de 25 m del conductor 2x16+16/25 de 25 mm^2 esto se puede apreciar en anexo (8).

Empotramiento del poste

$$He = 0{,}10 * H + 0{,}20$$

Para la cimentación de los postes se tomó en cuenta el empotramiento de los postes.

Tamaño del poste necesario

$$H = 0{,}30 + 0{,}05 + 1{,}9 + 5{,}50 + (0{,}10 \times H + 0.20)$$

$$H = 8{,}04\, m = 8m$$

Los postes utilizados en el sistema de distribución en el Centro Poblado de Palomino son de 8 metros, en tanto, el empotramiento fue de:

$$He = 0{,}10 * 8 + 0{,}20$$

$$He = 1\, m$$

Para los accesorios que irán acompañados con los postes están establecidos por el DGE de la norma de “ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SOPORTE NORMALIZADO PARA LÍNEAS Y REDES SECUNDARIAS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL”.

En anexos 10,11 se podrán ver los resultados con los cuadros resumen de los materiales y estructuras, el anexo 12 el plano de distribución eléctrico.

4.5. **Evalucion económica de la mini central fotovoltaica y sistema de distribución:**

4.5.1 Presupuesto y metrado de la mini central fotovoltaica

Tabla N.º 17: Costo de equipos y accesorios de la mini central fotovoltaica

Equipos	N. Equipos	Costo (S/.)	Costo total (S/.)
Panel solar Helio plus 360 (Wp)	20	S/ 900.00	S/ 18,000.00
Baterías Ultracell 600 (Ah)	24	S/ 1,967.00	S/ 47,208.00
Regulador Victron 250V/100A	2	S/ 5,015.00	S/ 10,030.00
Inversor Victron 8 (kW)	2	S/ 5,450.00	S/ 10,900.00
Estructuras fotovoltaicas (5u)	4	S/ 1,112.00	S/ 4,448.00
Accesorios	1	S/ 4,000.00	S/ 4,000.00
Total			S/ 94,586.00

Fuente: Propia

Cuadro N.º 18: Costo total de la implementación de la mini central fotovoltaica

Iten	Descripción	Costo (S/.)
1	Costo equipos	S/ 94,586.00
2	Movilidad de los equipos	S/ 4,000.00
3	Instalación electromecánico	S/ 10,000.00
Costo total		S/ 108,586.00

Fuente: Propia

4.5.2 Presupuesto de las redes secundarias de baja tensión del Centro Poblado Palomino

Tabla N.º 19: Materiales de los suministros de las redes de distribución

Codigo	Descipción de materiales	Unidad	Metrado	Costo por unidad S/.	Total S/.
1.00	**Poste de concreto**				
1.01	Poste 8/300 da N(incluye varilla)	u	5	S/ 430.00	S/ 2,150.00
1.02	Poste 8/200 da N(incluye varilla)	u	40	S/ 480.00	S/ 19,200.00
				Total	S/ 21,350.00
2.00	**Cable conductor**				
2.01	Conductor autoportante de aliacion de aluminio 2x16+16/25	km	1.4	S/ 8,000.00	S/ 11,200.00
				Total	S/ 11,200.00
3.00	**Accesorios de los conductores autoportantes**				
3.01	Grapa de supensión angular para conductores de aliación de aluminio de 25 a 35 mm2	u	35	S/ 10.20	S/ 357.00
3.02	Grapa de anclaje para conductor de aleacion de aluminio de 25 a 35 mm2	u	15	S/ 14.50	S/ 217.50
3.03	Correa plástica de amarre de color negro	u	180	S/ 0.40	S/ 72.00
3.04	Conector bimetálico para Al 25 mm2/Cu 4 – 10 mm, neutro desnudo tipo cuña	u	16	S/ 14.00	S/ 224.00
3.05	Conector bimetálico aislado para Al 35 mm2/Cu 4 – 10 mm, fase aislada lado tipo perforación	u	10	S/ 18.00	S/ 180.00
3.06	Conector para aluminio 25 mm2, neutro desnudo, tipo cuña	u	5	S/ 6.50	S/ 32.50
3.07	Conector aislado para Al 35 mm2, fase aislada tipo perforación	u	10	S/ 18.50	S/ 185.00
				Total	S/ 1,268.00
4.00	**Conductores de Cu**				
4.01	Conductor de Cu recocido tipo N2XY, bipolar, tripolar, tetrapolar de 10 mm , color negro	m	0	S/ 7.30	S/ 0.00
4.02	Conductor de cobre recoccido, tipo N2XY, bipolar , 2x2,5 mm2	m	12	S/ 6.30	S/ 75.60
4.03	Conductor concentrico de cobre 2 x 4 mm2 con aislante de PVC	m	75	S/ 9.00	S/ 675.00
4.04	Conductor puesta a tierra de cobre recocido de 16 mm2	m	50	S/ 9.20	S/ 460.00
				Total	S/ 1,210.60
5.00	**Luminarias y accesorios**				
5.01	Conector bimetalico para Al 25 mm2/Cu 4-10 mm2, neutro desnudo tipo cuña	u	8	S/ 14.00	S/ 112.00
5.02	Potafusible unipolar 220 V, 5A provisto con fusible de 1 A	u	8	S/ 15.50	S/ 124.00
5.03	Conector bimetalico forrado para Al 35 mm2/Cu 4-10 mm2, para fase aislado, tipo perforacion	u	8	S/ 18.00	S/ 144.00
5.04	Luminaria coompleta con equipo para lamapara de sodio 50 W	u	8	S/ 35.00	S/ 280.00
5.05	Pastoral de tubo A"G" 38 mm INT… 500 mm de avance horizontal, 720 mm altura y 20° inclinac	u	8	S/ 62.50	S/ 500.00
5.06	Lampara de vapor de sodio de 50 W	u	8	S/ 10.00	S/ 80.00
				Total	S/ 1,240.00
6.00	**Retenidas y anclajes**				
6.01	Alambre de acero N°12 BS para entorchado	m	30	S/ 4.00	S/ 120.00
6.02	Arandela cuadrada curva de 57x57x5 mm, agujero de 18 mm	u	110	S/ 7.00	S/ 770.00
6.03	Arandela de anclaje de acero de 102x102x5 mm con ajugero central de 18 mm	u	10	S/ 6.50	S/ 65.00
6.04	Bloque de concreto armado de 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	10	S/ 40.00	S/ 400.00
6.05	Cable de acero tipo SIEMENS MARTIN de 10 mm, 7 hilos	m	90	S/ 5.20	S/ 468.00
6.06	Conector doble via bemetalico para cable de acero de 10 mm y cobre de 16 mm2	m	10	S/ 5.20	S/ 52.00
6.07	Conector bimetalico, forrado para Al 25 mm2	u	5	S/ 7.80	S/ 39.00
6.08	MORDAZA PREFORMADA DE A° G° PARA CABLE DE 10 mmØ	u	80	S/ 6.30	S/ 504.00
6.09	Perno angular con ojal-GUARDACABO de 16 mm, long. según requerimiento, con turca contrat.	u	10	S/ 8.20	S/ 82.00
6.10	Varilla de anclaje de acero, de 16x2400 mm de long. provisto de ojal-GUARDACABO	u	10	S/ 30.00	S/ 300.00
				Total	S/ 2,800.00
7	**Accesorios de las estructuras**				
7.01	Perno con gancho de 16 mm, provisto de arandela, tuerca y contrapunta longitud 254 mm	u	5	S/ 7.20	S/ 36.00
7.02	Perno con gancho de 16 mm, provisto de arandela, tuerca y contrapunta longitud 305 mm	u	4	S/ 8.40	S/ 33.60
7.03	Perno de A"G" de 13 mm, provisto de tuerca y contratuerca longitud 254 mm	u	5	S/ 3.70	S/ 18.50
7.04	Perno de A"G" de 13 mm, provisto de tuerca y contratuerca longitud 305 mm	u	40	S/ 3.50	S/ 140.00
7.05	Perno con ojal de A"G" de 16 mm, provisto de tuerca y contrat. Long 305 mm	u	40	S/ 8.80	S/ 352.00
7.06	Tuerca con ojal de A"G" de 16 mm	u	3	S/ 6.30	S/ 18.90
7.07	Fleje de acero inoxidable e 19 mm provisto de hebilla	u	5	S/ 7.20	S/ 36.00
7.08	Arandela cuadrada curva de 57 x 57 mm, agujero de 18 mm	u	50	S/ 1.50	S/ 75.00
7.09	Porta línea unipolar A"G" provisto de pin de 10 mm	u	5	S/ 6.20	S/ 31.00
				Total	S/ 741.00
8	**Sistemas de puesta a tierra**				
8.01	conector de bronce, para AL 25 mm2/Cu 16 mm2, neutro desnudo tipo cuña	u	5	S/ 15.00	S/ 75.00
8.02	conector de bronce para electrodo de 16 mmø y conductor de cobre 16 mm2	u	5	S/ 7.20	S/ 36.00
8.03	electrodo de acero recubierto de cobre de 16 mmø x 2,40m	u	5	S/ 64.00	S/ 320.00
8.04	dosis de torghel	u	5	S/ 85.00	S/ 425.00
				Total	S/ 856.00
9	**Acometidas**				
9.01	Tubo de A"G" 19 mm θ, 3,0 de longitud provisto de CODO	u	0	S/ 0.00	S/ 0.00
9.02	Templador de A"G"	u	72	S/ 2.00	S/ 144.00
9.03	Conector bimetalico, para AL 35 mm2/CU 4-10 mm2, fase aislada tipo perforación	u	36	S/ 2.20	S/ 79.20
9.04	Conector bimetalico, para AL 25 mm2/CU 4-10 mm2, neutro desnudo, tipo cuña	u	36	S/ 7.50	S/ 270.00
9.05	Caja metlica portamedidor equipado con interruptor termomagnetico bipolar de 5 A, 220 V, 60 H	u	36	S/ 82.00	S/ 2,952.00
9.06	Medidor de energia activa 220 V, 60 Hz 1 θ	u	36	S/ 95.00	S/ 3,420.00
9.07	Tubo de a°g° standard/ redondo de 38mm x 1.5mm x 6.0m, provisto de codo	u	0	S/ 0.00	S/ 0.00
				Total	S/ 6,865.20
	Costo total de los materiales				S/ 47,530.80

Fuente: Propia

4.5.3. Presupuesto del montaje de las redes de baja tensión.

Tabla N.º 20: Montaje electromecánico de sistema de distribución

Codigo	Descripción de materiales	Unidad	Metrado	Costo por unidad S/.	Total S/.
1.00	**Obras preliminares**				
1.01	Replantianamiento topografico, ubicación de estrucuras e ingenieria de detalles de las redes secundaria	1	1	S/ 950.00	S/ 950.00
				Total	S/ 950.00
2.00	**Instalación de postes**				
2.01	Traslado de los postes de BT al punto de IZAGE	u	5	S/ 40.00	S/ 200.00
2.02	Excavación del hoyo en terreno TIPO I	u	40	S/ 30.00	S/ 1,200.00
2.03	Izado de postes	u	10	S/ 200.00	S/ 2,000.00
2.04	Cimectación de postes CAC de BT	u	5	S/ 30.00	S/ 150.00
2.05	Codificación de postes de CAC de BT	u	40	S/ 55.00	S/ 2,200.00
2.06	Soldado de concreto ciclpeo para postes de BT	u	45	S/ 18.00	S/ 810.00
2.07	Translados de agregados a punto IZAGE	m2	12	S/ 90.00	S/ 1,080.00
				Total	S/ 7,640.00
3.00	**Instalación de retenidas**				
3.01	Excavación de terreno TIPO I (arciloso)	m2	12	S/ 40.00	S/ 480.00
3.02	Instalación de retenida inclinada	u	5	S/ 60.00	S/ 300.00
3.03	Instalación de retenida vertical	u	5	S/ 75.00	S/ 375.00
3.04	Relleno de compactación de retenida vertical, inclinada	m2	12	S/ 38.00	S/ 456.00
				Total	S/ 1,611.00
4.00	**Montaje de armados**				
4.01	Armado tipo E1/S sin caja de drivación para cometida		35	S/ 15.00	S/ 525.00
4.02	Armado tipo E2/S sin caja de drivación para cometida		10	S/ 15.00	S/ 150.00
4.03	Armado tipo E3/S sin caja de drivación para cometida		0	S/ 15.00	S/ 0.00
4.04	Armado tipo E4/S sin caja de drivación para cometida		0	S/ 15.00	S/ 0.00
4.05	Armado tipo E5/S sin caja de drivación para cometida		0	S/ 15.00	S/ 0.00
4.06	Armado tipo E6/S sin caja de drivación para cometida		0	S/ 15.00	S/ 0.00
				Total	S/ 675.00
5.00	**Montaje de conductores**				
5.01	Comprende tendido y puesta tierra Conductor autoportante de aluminio 2x1/16+25	km	1.4	S/ 680.00	S/ 952.00
				Total	S/ 952.00
6.00	**Instalacion de puesta a tierra**				
6.01	Excavación en terreno TIPO I	m2	5	S/ 40.00	S/ 200.00
6.02	Instalacion de puesta tierra TIPO PAT-1	u	5	S/ 45.00	S/ 225.00
6.03	Relleno y compactación, puesta a tierra TIPO PAT-1 (tierra cerni	m2	5	S/ 45.00	S/ 225.00
				Total	S/ 650.00
7.00	**Pastoral de luminarias**				
7.01	Instalación de pastoral	u	8	S/ 25.00	S/ 200.00
7.02	Instalación de luminaria y lámpara	u	8	S/ 40.00	S/ 320.00
				Total	S/ 520.00
8.00	**Instalacion de las acometidas**				
8.01	Conexión de acometidas domiciliarias	u	36	S/ 70.00	S/ 2,520.00
8.02	Montaje de medidor de energia activa y caja	u	36	S/ 30.00	S/ 1,080.00
8.03	Constraste de medidor monofásico de energía activa-electrónico	u	36	S/ 30.00	S/ 1,080.00
				Total	S/ 4,680.00
9.00	**Pruebas y puesta en servicio**				
9.01	Pruebas de puesta a tierra	loc	1	S/ 600.00	S/ 600.00
9.02	Expediente conforme a obra (1origina + 3 copias) redes secunda	glb	1	S/ 1,400.00	S/ 1,400.00
				Total	S/ 2,000.00
Coste total del sistema de distribución					S/ 19,678.00

Fuente: Propia

4.5.4. Presupuesto total del proyecto

Tabla N.º 21: Presupuesto final del proyecto

Iten	Descripción	Costo S/.
1	Presupuesto de la mini central fotovoltai	S/ 108,586.00
2	Presupuesto de las redes de distribuccio	S/ 67,208.80
3	Sub total	S/ 175,794.80
3	Gasto generales (10%)	S/ 17,579.48
4	Utilidades (5%)	S/ 8,789.74
5	Gasto total	S/ 202,164.02
6	IGV (18%)	S/ 36,389.52
7	Costo total del proyecto	S/ 238,553.54

Fuente: Propia

El proyecto tendrá una inversión de S/. 238 553,54 Nuevos Soles

4.5.6. Costo de la energía generada

Para cálculo del precio de energía que genera la mini central se aplicara la siguiente ecuación:

$$\text{LOCE} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{i + Mt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E}{(1+r)^t}}$$

Donde:

- ✓ t: Tiempo de vida de la mini central, 20 años
- ✓ i: Costo del proyecto, S/. 108 586,00 Nuevos Soles
- ✓ Mt: Costo de mantenimiento de la mini central
- ✓ E: Energía que producira la mini central
- ✓ r: Tasa de descuento, 0.12

4.5.6.1 Costo de mantenimiento de la mini central fotovoltaica

El precio del mantenimiento que requerirá la mini central fotovoltaica es igual al 2% de la inversión que sostendrá el proyecto.

$$Mt_{Min} = i_{Min}\ x\ 2\%$$

Donde:

- ✓ i_{Min}: Inversión de la mini central fotovoltaica S/. 108 586,00 Nuevos soles

Por lo tanto:

$$Mt_{Min} = S/.\,108\,586{,}00\ x\ 0{,}02$$

$$Mt_{Min} = S/.\,2\,171{,}72\ \ Nuevos\ Soles$$

4.5.6.2. Energía que generara la mini central

Para determinar de la energía genera por la mini central se tomará la siguiente ecuación:

$$E = E_{anual} * t$$

Donde:

- ✓ E_{anual}: Energía a lo largo del año 12191 kWh

Por lo tanto:

$$E = 12\,191\ kWh * 20$$

$$\text{E} = 243\,820\ \text{kWh}$$

Costo de energía:

$$LOCE = \frac{\frac{108\,086 + 2\,161{,}72}{(1+0{,}12)^1} + \cdots + \frac{108\,086 + 2\,161{,}72}{(1+0{,}12)^{20}}}{\frac{243\,820}{(1+0{,}12)^1} + \cdots + \frac{243\,820}{(1+0{,}12)^{20}}}$$

$$LOCE = 0{,}45\ (S/.kW-h)$$

El precio de venta que tendrá la energía genera por la central será de 0,80 (S/.kWh)

4.5.7. Evaluación de los indicadores económicos

La evaluación de los indicadores económicos de VAN y TIR se consideró los ingresos y egresos de la mini central y la reposición de equipos, con ello se determinará la viabilidad del proyecto para los próximos 20 años.

4.5.7.1. Ahorro velas

En el Centro Poblado de Palomino utilizan velas lo que genera un gasto anual, el consumo diario es de 1 a 2 velas, teniendo cuenta que son 30 viviendas, y el costo de 0,30 céntimos tenemos un ahorro de S/.6 570 Nuevos Soles al año.

4.5.7.2. Bono CO_2 que brinda el estado

El estado peruano recompensa a las concesionarias eléctricas por la ejecución de centrales de generación renovables que permiten disminuir las emisiones de CO_2. Por ello el MINEN mediante la ley Técnica para el uso del Precio Social de Carbono en la Evaluación Social de Proyectos, estima que el precio por tonelada de carbono es de $.7,17 dólares convirtiendo esto en soles seria de S/. 27,96 soles.

Tabla N.º 22: Conversión de energía a kg de CO_2 al año

	Consumo anual	Factor de conversion	kg de co2
Energia (kwh)	12191	0.385	4693.5

Fuente: Propia

Tabla N.º 23: Retribución anual del proyecto

	1000 kg CO2	Tipo de cambio a	Precio por Ton CO2 en soles
Costo x 1 Ton	$7.17	S/.3.9	27.963
Pago Total	131.25		

Fuente: Propia

Por ello la retribución anual que recibirá el proyecto será de S/. 139,42 Nuevos Soles

4.5.7.3. Ahorro de combustibles

Para suministrar de energía a este centro poblado se debería utilizar un generador eléctrico diésel de 36 kW el cual tiene un consumo de combustible de 7,60 L/h, considerando el precio actual del galón tiene un aproximado de S/. 15,00 nuevos soles, por lo que se ahorraría S/. 113,00 nuevos soles por cada hora que se produzca energía.

Tabla N.º 24: Consumo y costo del generador al día

Consumo de Disel (G/kW.h)	Consumo de Diesel L/h 36 kW	Precio Diesel/Gal	Costo de energia 36 kW
0.211	7.6	S/ 15.00	S/ 114.00

Fuente: Propia

Tabla N.º 25: Horas de trabajo del generador y costo de energía al mes y al año

Costo de energia diaria por 36 kW por hora	Horas diarias	Precio de energia	Precio de energia al año
S/ 114.00	4	S/ 3,534.00	S/ 43,776.95

Fuente: Propia

Por lo tanto, se tiene un ahorro de 43 776,95 Nuevos Soles

4.5.7.4. Costo de mantenimiento

El precio que tendrá el mantenimiento del proyecto será 2% la inversión tanto de las redes de distribución y la mini centra fotovoltaica la cual se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Mt_{Proyecto} = Mt_{Min} + Mt_{Red}$$

Donde:

- ✓ Mt_{Min}: Mantenimiento de la mini central fotovoltaica 2 161,72 Nuevos Soles
- ✓ Mt_{Red}: Mantenimiento de la red de distribución

4.5.7.5. Costo de mantenimiento de la red de distribución

$$Mt_{Min} = i_{Min}\, x\, 2\%$$

Donde:

- ✓ i_{Red}: Inversión de la red de distribución S/. 67 208,80 Nuevos Soles

Por lo tanto:

$$Mt_{Min} = S/.67\ 208,80\ x\ 0{,}02$$

$$Mt_{Min} = S/.1\ 344{,}17\ \ Nuevos\ Soles$$

Por lo tanto, el mantenimiento del proyecto será:

$$Mt_{Proyecto} = 2\ 161{,}72 + 1\ 344{,}17$$

$$Mt_{Proyecto} = 3\ 505{,}90\ Nuevos\ Soles$$

4.5.7.6. Reposición de equipos

Para la reposición de equipos se debe tener en cuenta su tiempo de vida.

Tabla N.º 26: Reposición de equipos del inversor y regulador

El inversor y regulador tienene un tiempo de vida 12 años			
Equipo	Costo del equipo S/.	Numero de equipos	Costo Total S/.
Inversor 8 kW	S/ 5,450.00	2	S/ 10,900.00
Regulador (100A/250V)	S/ 5,015.00	2	S/ 10,030.00
Total			S/ 20,930.00

Fuente: Propia

Tabla N.º 27: Reposición de equipos de las baterías

Baterias tienen un tiempo de vida de 15 años			
Equipo	Costo del equipo S/.	Numero de equipos	Costo Total S/.
Bateria 6V/600A	S/ 1,967.00	24	S/ 47,208.00
Total			S/ 47,208.00

Fuente: Propia

4.5.7.7. Inversión total del proyecto

El proyecto tendrá una inversión total que incluye la mini central fotovoltaica y las redes de distribución cuyo monto será S/. 238 553,54 Nuevos Soles.

Tabla N.º 28: Análisis económicos VAN y TIR

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Egresos		S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90
Inversión	-S/ 238,553.54								
Mantenimiento del proyecto		-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90
Reposisción de equipos									
Ingresos		S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60
Ahorro en combustible		S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95
Bono por CO2		S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85
Ahorros en velas		S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00
Venta de enerrgia (0,49 kWh)		S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60
Total	-S/ 238,553.54	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90	S/ 3,515.90
-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90	-S/ 3,515.90
			-S/ 20,930.00			-S/ 47,208.00					
S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60	S/ 16,293.60
S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95	S/ 43,776.95
S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85	S/ 130.85
S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00	S/ 6,570.00
S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60	S/ 9,723.60
S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 35,755.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 9,477.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50	S/ 56,685.50

VAN	S/ 170,858.70
TIR	23%

Los datos obtenidos de VAN S/. 170 858,70 Nuevos Soles y el TIR 23% siendo los 2 datos obtenidos positivos siendo viable el proyecto viable para su ejecución.

V. CONCLUSIONES

La demanda requerida para la electrificación del centro Poblado de Palomino es de 35,48 kWh/día, electrificando a 36 viviendas, cada vivienda tiene un consume diario de 0,667 kWh y al alumbrado público con una demanda diaria de energía de 0,279 kWh y una potencia instalada en mini central de 12,90 kW.

La radiación solar del Centro Poblado de Palomino lo obtuvimos a través de la página web PVWatts el cual utiliza mapas de radiación solar internacionales, variando en diferentes meses del año, en junio la radiación 5,41 kWh/m^2 y en el mes de abril 6,54 kWh/m^2, la radiación obtenida es con ángulo de inclinación de 15º la cual permite el perfecto funcionamiento para una mini central fotovoltaica.

La mini central fotovoltaica del Centro Poblado de Palomino tiene 20 paneles de 350 Wp-24V monocristalinos de la marca ECOGREEN ENERGY, 24 baterías estacionarias de 600Ah de 6V Ultracell, 2 reguladores de 250V/100A y 2 inversores de 8000 W Victron, conductores, TOP SOLAR de 25 mm^2 y 70 mm^2, fusibles de 100 A y 250 A, llave termomagnética de 20 A y una llave diferencial de 25 A para el inversor.

El sistema de distribución eléctrica cuenta con el cable autoportante 2x16+16/25 para el servicio particular y alumbrado público, el sistema contara con 45 postes de concreto, 8 luminarias, 10 retenidas y 5 puestas tierras en cada fin de la línea.

La evaluación económica de la mini central y de red distribución de baja tensión tendrá un valor de inversión de S/. 237 875,04 Nuevos Soles, en tanto los indicadores económicos TIR y VAN obtuvimos resultados positivos lo cual nos indica que proyecto es viable para su implementación.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar el estudio energía eólica debido a que la localidad presente una buena precipitación de viendo usando el recurso natural de la zona esto permitiría el diseño de un sistema hibrido.

Implementar un dispositivo como el bidireccional que permite medir el consume diario energía y de no consumir toda energía poder inyectarla a la red, permitiendo vender la energía a la cocesionaria eléctrica generando ingresos para el Centro Poblado.

Dimensionar los equipos de protección y el sistema de control que asistirá la red de distribución para evitar fallas por sobre tensiones eléctricas.

VII. Referencias

[1] J. D. M. M. B. P. R. J. S. V. V. Tania Julieth Guayazan Pinto, «Diseño de un sistema solar fotovoltaicopara la comunidad indígena Pijao ubicada en el resguardo Pocharco,» Base, Bogota, 2020.

[2] F. M. A. M. A. C. N. Alfredo Dammert Lira, *Fundamentos Técnicos y Económicos DEL Sector Eléxctrico Peruano,* Lima: Grapex Perú S.R.L, 2011.

[3] M. d. E. y. Minas, *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético,* Lima , 2017.

[4] Osinergmin, *ENERGÍAS RENOVABLES EXPERIENCIA Y PERSPECTIVAS EN LA RUTA DEl PERÚ HACIA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA,* Lima , 2019.

[5] E. E. Christian Kwaku Amuzuvi, «Researchgate.net/,» 28 Febrero 2014. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/275567857_Design_of_a_Photovoltaic_System_as_an_Alternative_Source_of_Electrical_Energy_for_Powering_the_Lighting_Circuits_for_Premises_in_Ghana. [Último acceso: 29 Abril 2022].

[6] A. M. Quintanilla Rodrigues, «DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRAR DE ENERGÍA ELÉCTRICA LA LOCALIDAD DE PATAHUASI -PAMPA CAÑAHUAS,» Renati, Arequipa , 2020.

[7] E. J. M. G. S. L. A. Andrés Felipe Serna Ruiz, «Herramienta para el dismensionamiento de sistesmas fotovoltaicos,» *Lámpsakos,* vol. 16, nº 16, p. 14, 2016.

ANEXOS

Anexo 1

NORMA DGE "ALUMBRADO DE VÍAS PÚBLICAS EN ÁREAS RURALES"

1. OBJETIVO

La presente norma tiene como objetivo establecer los requerimientos mínimos que deben cumplir las instalaciones de alumbrado de vías públicas, en aquellas zonas donde se desarrollen proyectos y obras de electrificación rural cuyas inversiones se rigen por la Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera.

2. BASE LEGAL

Ley No. 27744 "Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera".

3. ALCANCES

La presente Norma es de aplicación imperativa para la dotación del servicio de alumbrado de vías públicas para toda entidad que diseñe, opere o administre instalaciones de alumbrado eléctrico y provea el servicio en vías públicas en zonas rurales en el ámbito de la Ley de Electrificación Rural y de Localidades Aisladas y de Frontera.

4. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO DE VÍAS PÚBLICAS

La cantidad de puntos de iluminación en una localidad se debe determinar con el procedimiento mostrado a continuación:

4.1 Se determina un consumo de energía mensual por alumbrado público de acuerdo a la fórmula:

$$CMAP = KALP \times NU$$

Donde:

CMAP : Consumo mensual de alumbrado público en kWh
KALP : Factor de AP en kWh/usuario-mes
NU : Número de Usuarios de la localidad

El Factor KALP es el correspondiente al Sector Típico 4 : KALP = 3,3

El Factor KALP será revisado por OSINERG y presentado al Ministerio de Energía y Minas para su aprobación.

4.2 Para calcular el número de puntos de iluminación se debe considerar una potencia promedio de lámpara de alumbrado y el número de horas de servicio mensuales del alumbrado público (NHMAP). Se aplica la siguiente fórmula:

$$PI = (CMAP \times 1000) / (NHMAP \times PPL)$$

Donde:

PI: Puntos de Iluminación
CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kWh
NHMAP: Número de horas mensuales del servicio alumbrado público (horas/mes)
PPL: Potencia nominal promedio de la lámpara de alumbrado público en watts

Anexo 2

HELIOS PLUS por Eco Green Energy

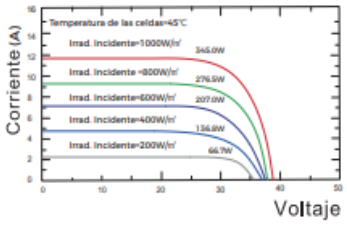
EGE-350/375W-120M(M6)

INFORMACIÓN ELÉCTRICA EN STC*

Potencia máxima (Pmax)	350 W	355 W	360 W	365 W	370 W	375 W
Tolerancia de potencia	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W
Eficiencia del módulo	19.0 %	19.3 %	19.6 %	19.9 %	20.2 %	20.45 %
Máxima capacidad de voltaje (Vmp)	33.50 V	33.70 V	33.90 V	34.10 V	34.30 V	34.04 V
Máxima capacidad de corriente (Imp)	10.45 A	10.54 A	10.62 A	10.71 A	10.79 A	11.01 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	40.50 V	40.70 V	40.90 V	41.10 V	41.30 V	41.04 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	11.05 A	11.14 A	11.23 A	11.32 A	11.41 A	11.61 A

*Condiciones Estándar de Medida:Radiación:1000 W/m² ·Temperatura de las celdas:25ºC · AM:1.5

MÓDULO FV : EGE-370W-120M(M6)

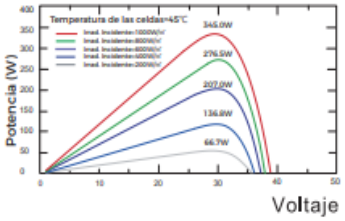


INFORMACIÓN ELÉCTRICA EN NOCT*

Potencia máxima de salida (Pmax)	259.11 W	262.65 W	266.53 W	270.43 W	274.37 W	279.61 W
Capacidad máxima de voltaje (Vmp)	30.70 V	30.90 V	31.10 V	31.30 V	31.50 V	31.92 V
Capacidad máxima de corriente (Imp)	8.44 A	8.50 A	8.57 A	8.64	8.71 A	8.75 A
Voltaje de Circuito Abierto (Voc)	37.80 V	38.00 V	38.20 V	38.40 V	38.60 V	38.06 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8.89 A	8.95 A	9.03 A	9.09 A	9.17 A	9.44 A

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

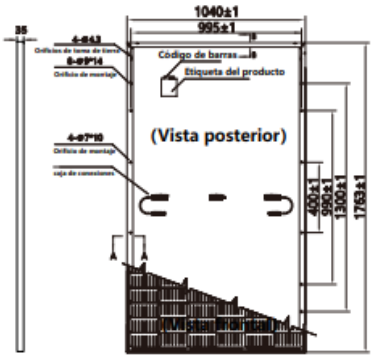
MÓDULO FV : EGE-370W-120M(M6)



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tipo de celdas	Monocristalino (166x83 mm)
Número de celdas	120
Dimensiones	1763x1040x35mm
Peso	20.5 kg
Vidrio	3.2 mm vidrio templado
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones	Clasificación IP68 (3 diodos de paso)
Cable	4.0 mm² , 300/1300mm ; La longitud se puede personalizar
Conector	MC4 EVO2 compatible
Máxima carga frontal (ejem. nieve)	5400 Pa
Máxima carga posterior (ejem. viento)	2400 Pa

DISEÑO DE INGENIERÍA



CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA RANGO MÁXIMO

NMOT	41 °C ±3 °C
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0.35%/°C
Coeficiente de temperatura de Voc	-0.30%/°C
Coeficiente de temperatura de Isc	+0.05%/°C

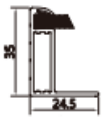
Rango de temperatura de operación	-40 °C ~+85 °C
Máximo voltaje del sistema	1000V/DC(IEC) 1500V/DC(IEC)
Rango máximo de capacidad del fusible	25 A

Sección transversal del marco A-A

EMBALAJE (1763x1040x35mm)

Tipo	Peso	Peso
Paleta	31 pzas	680 kg
Contenedor 40HQ	806 pzas (26 paletas)	17.7 t

Sección transversal del marco B-B



ECO GREEN ENERGY
Building a Greener World

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

Anexo 3

UZS600-6

6V 600AH

Ultracell®

'Quality in Every Language'

UZS600-6

Physical Specification

Part Number	UZS600-6
Length	295 ± 2 mm
Width	178 ± 2 mm
Container Height	405 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
Without Electrolyte	34.5 kg
With Electrolyte	52.0 kg

Specifications

	Nominal Voltage	6V
	Nominal Capacity (120HR)	600AH
Terminal Type	Standard Terminal	F22
Container Material	Standard Option	ABS
Rated Capacity	120hr, 1.80V/cell, 25°C	600.0 AH/ 5.00A
	100hr, 1.80V/cell, 25°C	550.0 AH/ 5.50A
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	360.0 AH/ 36.0A
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	324.0 AH/ 64.8A
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	202.0 AH/ 202A
Max Discharge Current	1300A (5s)	
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C~50°C(5°F~122°F)
		Charge: -10°C~50°C(14°F~122°F)
		Storage: -20°C~50°C(-4°F~122°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C
	Float Charging Voltage (25°C)	6.60 ~ 6.72V at 25°C Temp. Coefficient -18mV/°C
	Cycle Charging Voltage (25°C)	7.05 ~ 7.20V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C
	Capacity affect by Temperature (10HR)	40°C 102%
		25°C 100%
		0°C 85%
		-15°C 65%
Design Floating Life at 20°C	20 Years	

Anexo 4

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 250/60	MPPT 250/70	MPPT 250/85	MPPT 250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a12, 24 ó 48V (Se precisa una herramienta de *software* para ajustar el sistema en 36V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48 V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A x con. MC4)		70A (max 30A x MC4 con.)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250V máximo absoluto en las condiciones más frías 245V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35mA a 12V / 20mA a 48V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura			
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC			
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales FV 3)	35mm² / AWG2 (modelos Tr), Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/60 y 250/70) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4 de 250/85 y 250/100)			
Bornes de batería	35mm² / AWG2			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	3 kg		4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215x250x95 mm		Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246x295x103 mm	
NORMATIVAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.
1b) La tensión FV debe exceder en 5 V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1 V.
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.
Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)

Anexo 5:

Inversor/cargador MultiPlus-II

► Página del producto en línea

https://ve3.nl/6H

Un MultiPlus, con funcionalidad ESS (Sistema de almacenamiento de energía)
El MultiPlus-II es un inversor/cargador multifuncional con todas las funciones del MultiPlus, más un sensor de corriente externa opcional que amplía las funciones PowerControl y PowerAssist hasta 50 A y 100 A respectivamente.
El MultiPlus-II es ideal para su uso profesional en el ámbito marino, navegación de recreo, vehículos y aplicaciones terrestres no conectadas a la red.
También dispone de una funcionalidad antiisla incorporada y homologaciones en cada vez países para su uso como ESS. Existen varias configuraciones del sistema posibles. Podrá encontrar información más detallada en el Manual de diseño y configuración de sistemas ESS.

PowerControl y PowerAssist – aumento de la capacidad de la red o de un generador
Se puede establecer una corriente máxima del generador o de la red. El MultiPlus-II tendrá en cuenta las demás cargas de CA y utilizará la corriente sobrante para cargar la batería, evitando así sobrecargar el generador o la red (función PowerControl).
PowerAssist lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus-II compensará la falta de potencia del generador, de la toma de puerto o de la red con energía de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

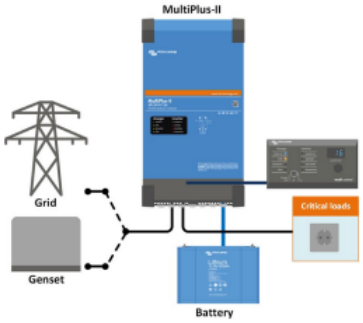
Energía solar: Energía CA disponible incluso durante un apagón
El MultiPlus II puede utilizarse en sistemas fotovoltaicos, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas de energía alternativos. Es compatible tanto con controladores de carga solar como con inversores conectados a la red.

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

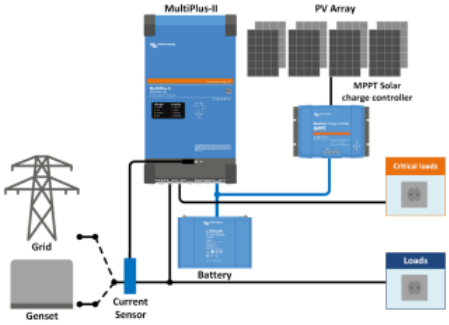
Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico (no disponible para los modelos de 8k y 10k).
Hasta 6 Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 48/5000/70, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 420 amperios.
Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una capacidad de inversor de 75 kW / 90 kVA y más de 1200 amperios de capacidad de carga.

Configuración, seguimiento y control del sistema in situ
La configuración puede cambiarse en cuestión de minutos con el software VEConfigure (se necesita un ordenador o un portátil y una interfaz MK3-USB).
Hay varias opciones de seguimiento y control disponibles: Color Control GX, Venus GX, Octo GX, CANvu GX, portátil, ordenador, bluetooth (con la mochila opcional VE.Bus Smart), monitor de baterías, panel Digital Multi Control.

Configuración y seguimiento remotos
Instale un Color Control GX u otro producto GX para conectarse a Internet.
Los datos de funcionamiento se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).
Una vez conectado a Internet, se puede acceder a los sistemas de forma remota y se puede cambiar la configuración.



Aplicación estándar marina, móvil o no conectada a la red
Las cargas que deberían apagarse cuando no hay energía en la entrada de CA pueden conectarse a una segunda salida (no se muestra en la imagen). La función PowerControl y PowerAssist tendrá en cuenta estas cargas para limitar la entrada de CA a un valor seguro.



Topología paralela a la red con controlador de carga solar MPPT
El MultiPlus-II utilizará los datos del sensor de CA externa (pedir por separado) o del medidor de energía para optimizar el autoconsumo y, si lo desea, evitar la devolución a la red del excedente de energía solar. En caso de un corte del suministro eléctrico, el MultiPlus-II seguirá alimentando las cargas críticas.

MultiPlus-II	12/3000/120-32 24/3000/70-32 48/3000/35-32	24/5000/120-50 48/5000/70-50	48/8000/110-100	48/10000/140-100
PowerControl y PowerAssist	Sí			
Conmutador de transferencia	32 A	50 A	100 A	50 A
Corriente máxima de entrada CA	32 A	50 A	100 A	50 A
INVERSOR				
Rango de tensión de entrada CC	12V - 9,5–17 V 24 V - 19–33 V 48 V – 38-66 V			
Salida	Tensión de salida: 230 V CA ± 2 % Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (1)			
Potencia cont. de salida a 25 °C (3)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA
Potencia cont. de salida a 25°C	2400 W	4000 W	6400 W	8000 W
Potencia cont. de salida a 40 °C	2200 W	3700 W	5500 W	7000 W
Potencia cont. de salida a 65 °C	1700 W	3000 W	4000 W	6000 W
Balance neto máximo aparente (corriente retornada a la red)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA
Pico de potencia	5500 W	9000 W	15000 W	18000 W
Eficacia máxima	93 %/ 94 % / 95 %	96 %	95 %	96 %
Consumo en vacío	13 / 13 / 11 W	18 W	29 W	38 W
Consumo en vacío en modo AES	9 / 9 / 7 W	12 W	19 W	27 W
Consumo en vacío en modo búsqueda	3 / 3 / 2 W	2 W	3 W	4 W
CARGADOR				
Entrada de CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz			
Tensión de carga de "absorción"	28,8 V		57,6 V	
Tensión de carga de "flotación"	27,6 V		55,2 V	
Modo de almacenamiento	26,4 V		52,8 V	
Máxima corriente de carga de la batería (4)	120 / 70 / 35 A	120 / 70 A	110 A	140 A
Sensor de temperatura de la batería	Sí			
GENERAL				
Salida auxiliar	Sí (32 A)		Sí (50 A)	
Sensor de CA externa (opcional)	50 A		100 A	
Relé programable (5)	Sí			
Protección (2)	a – g			
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo (no para los modelos de 8k y 10k) y trifásico, control remoto e integración del sistema			
Puerto de comunicaciones de uso general	Sí, 2 puertos			
On/Off remoto	Sí			
Temperatura de trabajo	-40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)			
Humedad (sin condensación)	máx. 95 %			
CARCASA				
Material y color	acero, azul RAL 5012			
Grado de protección	IP22			
Conexión de la batería	Pernos M8		Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)	
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm^2 (6 AWG)		Pernos M6	Pernos M6
Peso	19 kg	30 kg	42 kg	49 kg
Dimensiones (al x an x p)	546 x 275 x 147 499 x 268 x 141 499 x 268 x 141	565 x 328 x 240 560 x 320 x 141	642 x 363 x 206	677 x 363 x 206
NORMAS				
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2			
Emisiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2 EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3 IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3			
Sistema de alimentación ininterrumpida	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web			
Antiisla	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web			

Anexo 6:

Top Cable

TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K

Cable solar certificado TÜV.

NORMAS DE REFERENCIA: EN 50618/ IEC 62930 / UTE C 32-502

100% Green Energy Cable Production

Cca

APLICACIÓN

El cable TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K está certificado por TÜV según la norma EN 50618 y por AENOR según la norma IEC 62930. Es adecuado para instalaciones solares fijas y móviles (huertos solares, instalaciones solares en tejados, autoconsumo y plantas flotantes).
Se trata de un cable muy flexible especialmente indicado para la conexión entre paneles fotovoltaicos, y desde los paneles al inversor. Es compatible con la mayoría de los conectores.
Gracias a las prestaciones de sus materiales puede ser instalado a la intemperie o directamente enterrado en plenas garantías.

CONSTRUCCIÓN

Conductor
Cobre electrolítico recocido y estañado, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

Aislamiento
Aislamiento de goma reticulada de baja emisión de humos y libre de halógenos (LSHF).
Aislamiento según tabla B1, Anexo B de norma EN 50618 e IEC 62930.

Cubierta
Goma flexible de baja emisión de humos y libre de halógeno (LSHF), según tabla B1, Anexo B de norma EN 50618 e IEC 62930.
Color rojo o negro.

CARACTERÍSTICAS

Características eléctricas
Baja tensión: 1,5/1,5 (1,8) kV DC.
1,0/1,0 kV AC.

Características térmicas
Temperatura máxima del conductor: 120 °C durante 20.000 h.
Temperatura máxima en cortocircuito: 250 °C (máximo 5 s).
Temperatura mínima de servicio: -40 °C (estático con protección).

Características frente al fuego
No propagador de la llama según UNE-EN 60332-1-2 / IEC 60332-1-2.
No propagador del incendio según EN 50399.
Reacción al fuego CPR: C_{ca} s1b, d2, a1, según EN 50575.
Libre de halógenos según UNE-EN 60754-1 / IEC 60754-1.
Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 / IEC 61034:
Transmitancia luminosa > 60%.
Baja emisión de gases corrosivos según UNE-EN 60754-2 / IEC 60754-2.

Características mecánicas
Radio de curvatura:
4x diámetro de cable (diámetro de cable ≤ 8 mm)
5x diámetro del cable (8 < diámetro del cable ≤ 12 mm).
6x diámetro de cable (diámetro de cable > 12 mm).
Resistencia a los impactos: AG2 Medio.

Características medioambientales
Resistencia a grasas y aceites: Excelente.
Resistencia a los ataques químicos: Excelente.
Resistente al ozono según EN 50618.
Resistencia a los rayos ultravioleta según EN 50618.
Presencia de agua AD8 Sumersión.

Condiciones de instalación
Al aire.
Enterrado.
Entubado.

NORMAS / CERTIFICACIONES

Norma de referencia
EN 50618/ IEC 62930 / UTE C 32-502

Certificaciones
TÜV (desde 2,5 hasta 25 mm² en rojo y negro) / RETIE / AENOR / RoHS / CE

CPR (Reglamento de Productos de la Construcción)
C_{ca}-s1b, d2, a1

TÜVRheinland RETIE CPR RoHS Compliant CE AENOR

Top Cable

TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K

DIMENSIONES E INTENSIDADES ADMISIBLES

Sección (mm^2)	Diámetro (mm)	Peso (kg/km)	Int. Aire (A)	Int. sobre Superficie (A)	Int. adyacente a superficies (A)	Caída tensión (V/A · km)
1 x 1,5	4,5	35	30	29	24	38,1
1 x 2,5	5,0	45	41	39	33	22,8
1 x 4	5,4	60	55	52	44	14,3
1 x 6	6,0	80	70	67	57	9,49
1 x 10	7,0	120	98	93	79	5,46
1 x 16	8,2	180	132	125	107	3,47
1 x 25	10,2	280	176	167	142	2,23
1 x 35	11,5	375	218	207	176	1,58
1 x 50	13,3	525	276	262	221	1,10
1 x 70	15,0	720	347	330	278	0,772
1 x 95	17,0	930	416	395	333	0,585
1 x 120	18,7	1.175	488	464	390	0,457
1 x 150	21,0	1.475	566	538	453	0,368
1 x 185	23,5	1.805	644	612	515	0,301
1 x 240	26,3	2.345	775	736	620	0,228

Las tolerancias de los diámetros exteriores nominales son:
Cables con diámetro exterior d ≤ 7 mm. → -0,1 +0,2 mm
Cables con diámetro exterior 7 < d < 10 mm. → -0,1 +0,3 mm
Cables con diámetro exterior d ≥ 10 mm. → -0,2 +0,4 mm

Las capacidades de conducción de corriente, en amperios, son según EN 50618 (temperatura ambiente de 60 °C).
En todos los casos se supone un circuito de corriente continua.
La caída de tensión se calcula con una temperatura del conductor de 120 °C.

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURAS DEL AIRE

Temp. Aire (°C)	Up to 60	70	80	90
Factor	**1**	0,92	0,84	0,75

Para los factores de reducción de grupos según IEC 60364-5-52, se aplicará la tabla A.52-17.

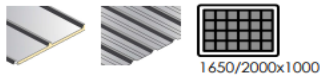
Anexo 7

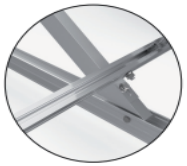
Soporte inclinado cerrado para cubierta de chapa metálica, vertical

10V-11V

Distancia máxima entre pórticos: ≤1650 mm.

Distancia máxima entre pórticos: ≤1550 mm.



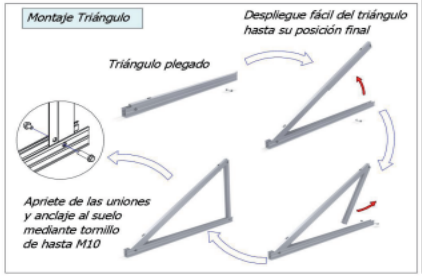


Válido para:
- Cubierta de chapa metálica, subestructura.
- Anclaje a correas.
- Soporte premontado.

- Tornillería de anclaje NO incluida

Disponibilidad de tuercas antirrobo.
Material 100% reciclable.
Cómoda instalación.

- Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
- Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada
- Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.
- Los presores no se deben apretar con máquinas de impacto.
- Para el montaje de los arriostramientos consultar detalle de montaje en menú "Detalles y Accesorios"



El kit incluye:

Triángulos 10V-11V
Perfiles G1
Uniones G1
Presores laterales
Presores centrales
Arriostramientos

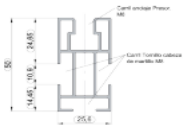
Número de paneles
- Vertical: de 1 a 6 módulos
- Inclinaciones: estándar 15°/30°

Para módulos de 60 y 72 células (1650/2000x1000) de 33 a 50 mm de espesor.

Viento	150 Km/h
MATERIALES	Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
TORNILLERÍA	Tornillería acero inoxidable A2-75

-Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
-Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada

Para más información consultar



Perfil compatible: G1

Herramientas necesarias:

Seguridad:

Par de apriete:	
Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Reservado el derecho a efectuar modificaciones · Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original

Anexo 8

Caída de tensión de los circuitos de distribución.

Circuito 1

PROYECTO :		RED SECUNDARIA			W/Lote :		327										
LOCALIDAD :		Palomino			FS (SP) :		0,5										
PROVINCIA :		Chiclayo			FS (AP) :		1										
DEPARTAMENTO :		Lambayeque			Cos f (SP) :		1										
					Cos f (AP) :		0,9										
SE N° :	SISTEMA :	Pot.Nominal(I	Pot.Entregada	PÉRDIDAS SE (W):													
1	3F:220	20	6,58	105,68													
CIRCUITO N	TRAMO:	Pot.Cargas Tı	Perdidas Tramo (W):														
C-2	R_2	2,58	47,57														
CONFIGURACIÓN			SERIVICIO PARTICULAR								ALUMBRADO PÚBLICO						
Soporte	Tipo	Long.	N° de	Pot. C.E.	Pot. SP	Pot. Total	I. Nodo	Delta V.	% Caida		N° Luminaria	Pot. Nodo	Pot. TOtal	I (AP)	Caida Nodo	% Caida	
N°	Conductor	(m)	Lotes	(KW)	(KW)	(KW)	(A)	(V)	-		(u)	(KW)	(KW)	(A)	(V)	-	
1	2x16+16/25	22,78	0	0	0	2,29	9,16	0,85	0,39		0	0	0,29	2,58	0,19	0,17	
2	2x16+16/25	30	0	0	0	2,29	9,16	1,12	0,51		0	0	0,29	2,58	0,25	0,37	
3	2x16+16/25	18,79	0	0	0	2,29	9,16	0,7	0,32		0	0	0,29	2,59	0,16	0,5	
3	2x16+16/25	1,3	0	0	0	1,31	5,25	0,03	0,33		0	0	0,22	1,94	0,01	0,5	
4	2x16+16/25	30	0	0	0	1,31	5,25	0,64	0,61		0	0	0,22	1,94	0,19	0,66	
5	2x16+16/25	31	0	0	0	1,31	5,25	0,67	0,62		0	0	0,22	1,95	0,2	0,82	
6	2x16+16/25	21	2	0	0,33	1,31	5,25	0,45	0,52		0	0	0,22	1,95	0,13	0,92	
7	2x16+16/25	30	0	0	0	0,98	3,95	0,48	0,74		0	0	0,22	1,95	0,19	1,08	
8	2x16+16/25	30	0	0	0	0,98	3,95	0,48	0,74		0	0	0,22	1,95	0,19	1,23	
9	2x16+16/25	20	0	0	0	0,98	3,95	0,32	0,67		1	0,07	0,22	1,96	0,13	1,33	
11	2x16+16/25	9,2	0	0	0	0,98	3,95	0,15	0,59		0	0	0,14	1,31	0,04	1,36	
10	2x16+16/25	1,2	0	0	0	0,49	1,97	0,01	0,6		0	0	0,07	0,65	0	1,37	
11	2x16+16/25	30	0	0	0	0,49	1,97	0,24	0,7		0	0	0,07	0,65	0,06	1,42	
12	2x16+16/25	30	1	0	0,16	0,49	1,97	0,24	0,7		0	0	0,07	0,65	0,06	1,47	
13	2x16+16/25	30	1	0	0,16	0,33	1,32	0,16	0,78		1	0,07	0,07	0,65	0,06	1,52	
14	2x16+16/25	19,5	1	0	0,16	0,16	0,66	0,05	0,8		0	0	0	0	0	1,52	
3,1	2x16+16/25	11	1	0	0,16	0,98	3,94	0,18	0,4		0	0	0,07	0,65	0,02	0,52	
3,2	2x16+16/25	30	2	0	0,33	0,82	3,28	0,4	0,58		0	0	0,07	0,65	0,06	0,57	
3,3	2x16+16/25	30	0	0	0	0,49	1,97	0,24	0,69		0	0	0,07	0,65	0,06	0,62	
3,4	2x16+16/25	30	0	0	0	0,49	1,97	0,24	0,69		1	0,07	0,07	0,65	0,06	0,67	
3,5	2x16+16/25	20	0	0	0	0,49	1,97	0,16	0,66		0	0	0	0	0	0,67	
3,6	2x16+16/25	30	1	0	0,16	0,49	1,97	0,24	0,69		0	0	0	0	0	0,67	
3,7	2x16+16/25	30	1	0	0,16	0,33	1,32	0,16	0,77		0	0	0	0	0	0,67	
3,8	2x16+16/25	30	1	0	0,16	0,16	0,66	0,08	0,8		0	0	0	0	0	0,67	
11,1	2x16+16/25	8,9	0	0	0	0,49	1,97	0,07	0,62		0	0	0,07	0,65	0,02	1,38	
11,2	2x16+16/25	30	0	0	0	0,49	1,97	0,24	0,7		1	0,07	0,07	0,65	0,06	1,43	
11,3	2x16+16/25	31	3	0	0,49	0,49	1,97	0,25	0,71		0	0	0	0	0	1,43	

Circuito 2

PROYECTO	RED SECUNDARIA				W/Lote :	327										
LOCALIDAD	Palomino				FS (SP) :	0.5										
PROVINCIA	Chiclayo				FS (AP) :	1										
DEPARTAMEI	Lambayeque				Cos f (SP) :	1										
					Cos f (AP) :	0.9										
SE N° :	SISTEMA :	Pot.Nominal(KV	Pot.Entregada(K	PÉRDIDAS SE (W):												
1	3F:220	20	6.5	105.28												
CIRCUITO N°	TRAMO:	Pot.Cargas Trai	Perdidas Tramo (W):													
C-2	R_2	2.58	47.57													
CONFIGURACIÓN		SERIVICIO PARTICULAR									ALUMBRADO PÚBLICO					
Soporte	Tipo	Long.	N° de	Pot. C.E.	Pot. SP	Pot. Total	I. Nodo	Delta V.	% Caida		N° Luminarias	Pot. Nodo	Pot. TOtal	I (AP)	Caida Nodo	% Caida
N°	Conductor	(m)	Lotes	(KW)	(KW)	(KW)	(A)	(V)	-		(u)	(KW)	(KW)	(A)	(V)	-
1	2x16+16/25	22.78	0	0	0	2.29	9.16	0.85	0.39		0	0	0.29	2.58	0.19	0.17
2	2x16+16/25	30	0	0	0	2.29	9.16	1.12	0.51		0	0	0.29	2.58	0.25	0.37
3	2x16+16/25	18.79	0	0	0	2.29	9.16	0.7	0.32		0	0	0.29	2.59	0.16	0.5
3	2x16+16/25	1.3	0	0	0	1.31	5.25	0.03	0.33		0	0	0.22	1.94	0.01	0.5
4	2x16+16/25	30	0	0	0	1.31	5.25	0.64	0.61		0	0	0.22	1.94	0.19	0.66
5	2x16+16/25	31	0	0	0	1.31	5.25	0.67	0.62		0	0	0.22	1.95	0.2	0.82
6	2x16+16/25	21	2	0	0.33	1.31	5.25	0.45	0.52		0	0	0.22	1.95	0.13	0.92
7	2x16+16/25	30	0	0	0	0.98	3.95	0.48	0.74		0	0	0.22	1.95	0.19	1.08
8	2x16+16/25	30	0	0	0	0.98	3.95	0.48	0.74		0	0	0.22	1.95	0.19	1.23
9	2x16+16/25	20	0	0	0	0.98	3.95	0.32	0.67		1	0.07	0.22	1.96	0.13	1.33
11	2x16+16/25	9.2	0	0	0	0.98	3.95	0.15	0.59		0	0	0.14	1.31	0.04	1.36
10	2x16+16/25	1.2	0	0	0	0.49	1.97	0.01	0.6		0	0	0.07	0.65	0	1.37
11	2x16+16/25	30	0	0	0	0.49	1.97	0.24	0.7		0	0	0.07	0.65	0.06	1.42
12	2x16+16/25	30	1	0	0.16	0.49	1.97	0.24	0.7		0	0	0.07	0.65	0.06	1.47
13	2x16+16/25	30	1	0	0.16	0.33	1.32	0.16	0.78		1	0.07	0.07	0.65	0.06	1.52
14	2x16+16/25	19.5	1	0	0.16	0.16	0.66	0.05	0.8		0	0	0	0	0	1.52
3.1	2x16+16/25	11	1	0	0.16	0.98	3.94	0.18	0.4		0	0	0.07	0.65	0.02	0.52
3.2	2x16+16/25	30	2	0	0.33	0.82	3.28	0.4	0.58		0	0	0.07	0.65	0.06	0.57
3.3	2x16+16/25	30	0	0	0	0.49	1.97	0.24	0.69		0	0	0.07	0.65	0.06	0.62
3.4	2x16+16/25	30	0	0	0	0.49	1.97	0.24	0.69		1	0.07	0.07	0.65	0.06	0.67
3.5	2x16+16/25	20	0	0	0	0.49	1.97	0.16	0.66		0	0	0	0	0	0.67
3.6	2x16+16/25	30	1	0	0.16	0.49	1.97	0.24	0.69		0	0	0	0	0	0.67
3.7	2x16+16/25	30	1	0	0.16	0.33	1.32	0.16	0.77		0	0	0	0	0	0.67
3.8	2x16+16/25	30	1	0	0.16	0.16	0.66	0.08	0.8		0	0	0	0	0	0.67
11.1	2x16+16/25	8.9	0	0	0	0.49	1.97	0.07	0.62		0	0	0.07	0.65	0.02	1.38
11.2	2x16+16/25	30	0	0	0	0.49	1.97	0.24	0.7		1	0.07	0.07	0.65	0.06	1.43
11.3	2x16+16/25	31	3	0	0.49	0.49	1.97	0.25	0.71		0	0	0	0	0	1.43

Anexo 9

Hipótesis de estado del conductor autoportante de 2x16+16/25 de 25mm^2

Vano	Desnivel	Hip. 1			Hip. 2			Hip. 3			Hip. 4		
(m)	(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)	TiroH(N)	TMax(N)	Flecha(m)
5	0.5	1252.8	1259.67	0.01	1729.56	1738.87	0	1579.1	1588.15	0.01	434.3	437.12	0.02
15	1.5	1252.8	1261.01	0.06	1712.53	1723.19	0.04	1628.09	1639.97	0.08	583.96	588.99	0.12
25	2.5	1252.8	1262.47	0.15	1681.83	1693.89	0.12	1701.8	1716.91	0.21	708.12	715.37	0.27

Anexo 10

Resumen de Materiales

CUADRO RESUMEN DE MATERIALES											
ESTRUCTURAS		POSTES		CONDUCTORES		ACOMETIDAS		LUMINARIAS		RETENIDAS	
Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad(m)	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
E1/S	35	8/200	40	2x16+16/25	1122,212	Acom SC	28	150 W	0	R. Inclinada	5
E2/S	5	TOTAL :	40	TOTAL :	1122,21	Acom CC	8	70 W	0	TOTAL :	5
e2/S	5					TOTAL :	36	50 W	8		
TOTAL :	45							TOTAL :	8		

Anexo 11

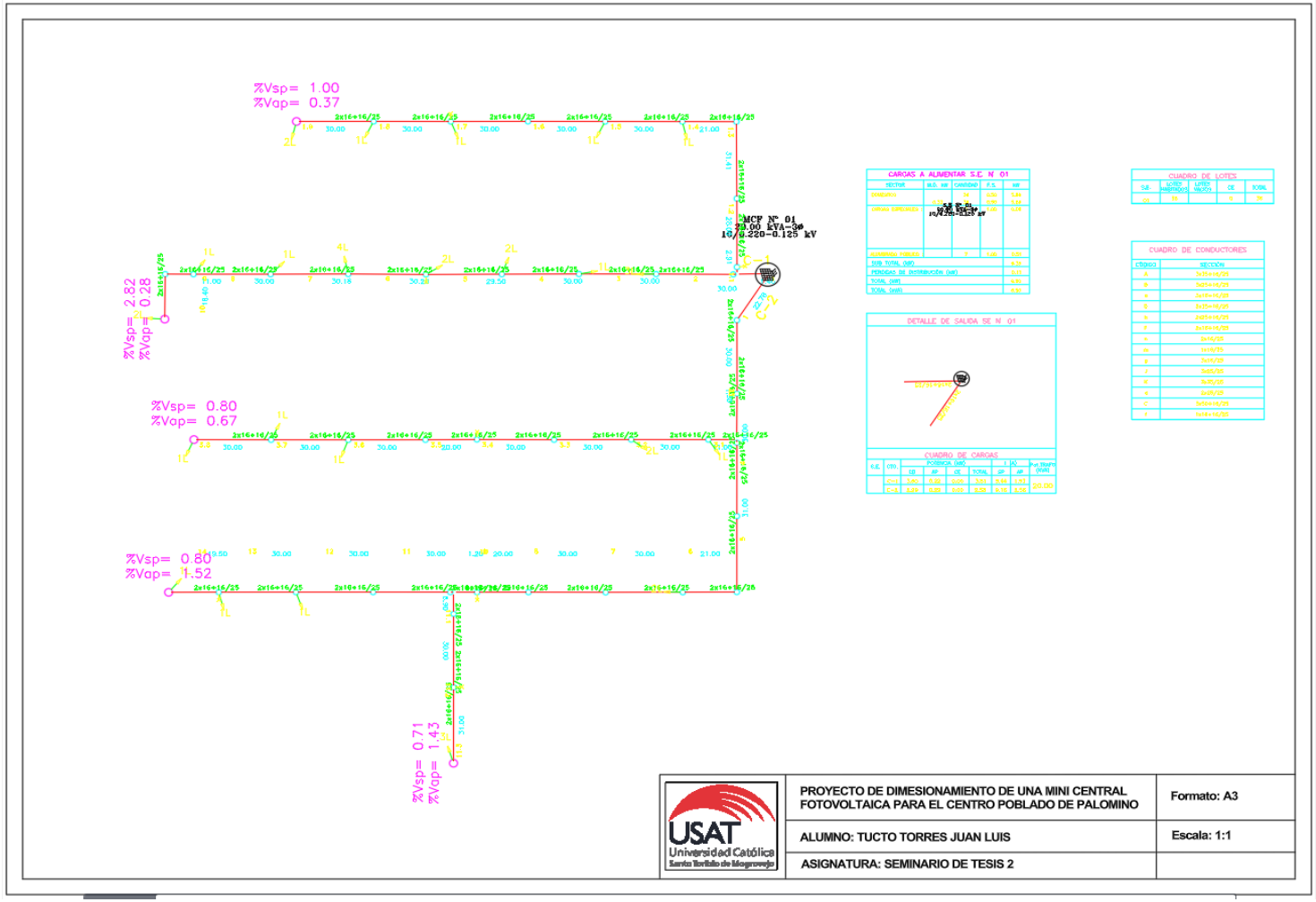
Planilla de estructuras

SE	Circuito	Soporte	Distancia	Conductor	N° Postes		Clase	Retenidas			PAT	AP	Armado1	Armado2	Acometidas	
N°	N°	N°	(m)	Tipo	BT	MT	Poste	RI	RV	RC	(u)	(u)	(u)	(u)	Corta	Larga
1	1	0	2	2x16+16/25	1	0	8/200					0	E1/S		0	0
1	1	1	12,49	2x16+16/25	0	0						0			0	0
1	1	1	1,46	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	1	2	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		1	2
1	1	3	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		1	0
1	1	4	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		1	E1/S		2	0
1	1	5	29,5	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		1	E1/S		2	0
1	1	6	20,2	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		2	0
1	1	7	20,18	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		1	1
1	1	8	30,18	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		2	0
1	1	9	30,82	2x16+16/25	1	0	8/200	1	0	0		0	E2/S		0	0
1	1	10	18,4	2x16+16/25	0	0	8/300	0	1	0	NoPat	0	e2/S		2	0
1	1	1,1	2,91	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		1	E1/S		0	0
1	1	1,2	28	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	1	1,3	31,41	2x16+16/25	1	0	8/200	1	0	0		0	E2/S		0	0
1	1	1,4	21	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		1	0
1	1	1,5	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		1	0
1	1	1,6	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	1	1,7	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		1	E1/S		1	0
1	1	1,8	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		1	0
1	1	1,9	30	2x16+16/25	0	0	8/300	0	1	0	NoPat	0	e2/S		2	0

1	2	1	22,78	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	2	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	3	18,79	2x16+16/25	0	0						0			0	0
1	2	3	1,3	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	4	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	5	31	2x16+16/25	1	0	8/200	1	0	0		0	E2/S		0	0
1	2	6	21	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		1	1
1	2	7	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	8	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	9	20	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		1	E1/S		0	0
1	2	11	9,2	2x16+16/25	0	0						0			0	0
1	2	10	1,2	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	11	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	12	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	1
1	2	13	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		1	E1/S		0	1
1	2	14	19,5	2x16+16/25	0	0	8/300	0	1	0	NoPat	0	e2/S		1	0
1	2	3,1	11	2x16+16/25	1	0	8/200	1	0	0		0	E2/S		1	0
1	2	3,2	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		2	0
1	2	3,3	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	3,4	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		1	E1/S		0	0
1	2	3,5	20	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	0
1	2	3,6	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		1	0
1	2	3,7	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		0	E1/S		0	1
1	2	3,8	30	2x16+16/25	0	0	8/300	0	1	0	NoPat	0	e2/S		1	0
1	2	11,1	8,9	2x16+16/25	1	0	8/200	1	0	0		0	E2/S		0	0
1	2	11,2	30	2x16+16/25	1	0	8/200	0	0	0		1	E1/S		0	0
1	2	11,3	31	2x16+16/25	0	0	8/300	0	1	0	NoPat	0	e2/S		2	1

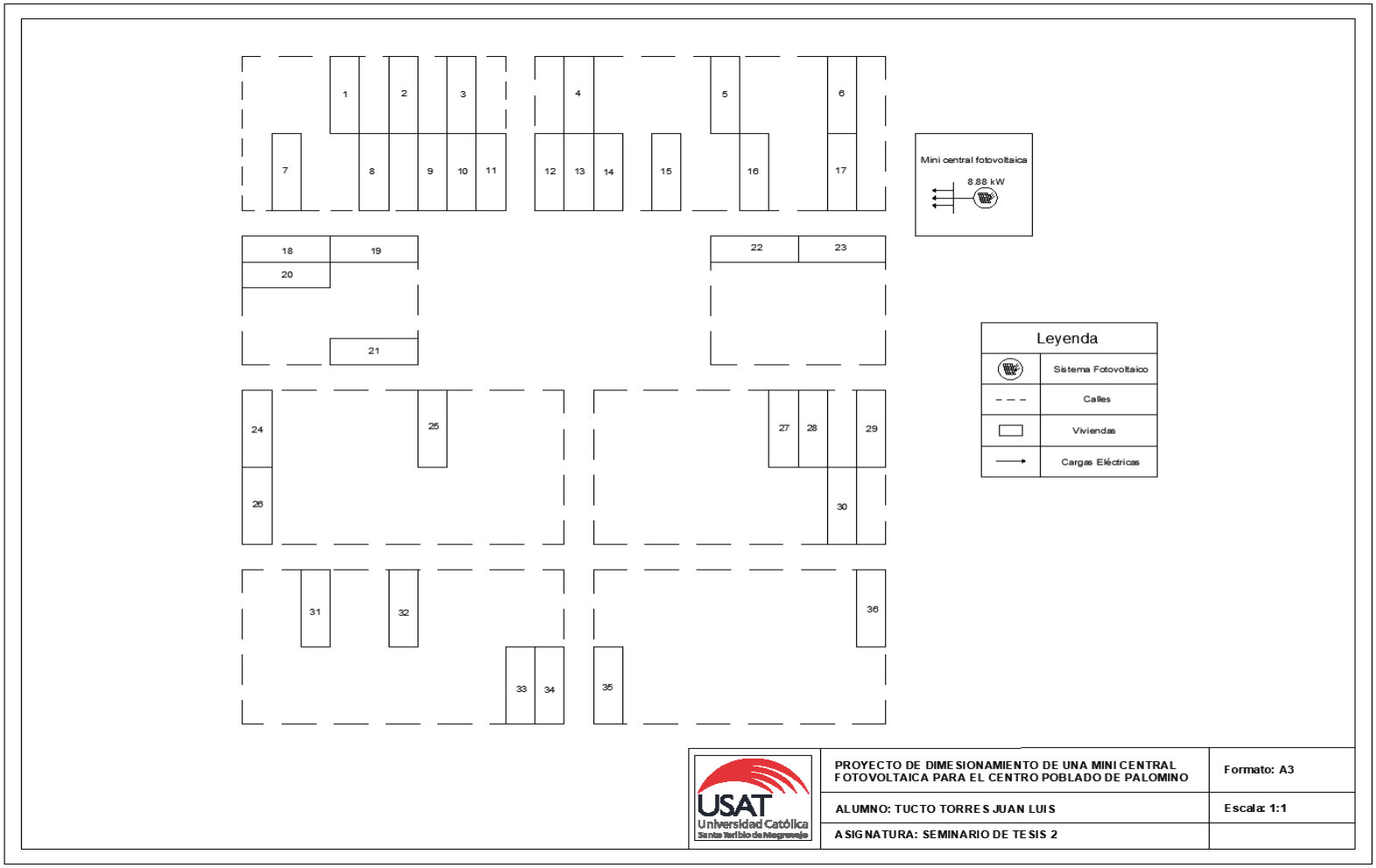
Anexo 12

Plano de distribución eléctrica del Centro Poblado



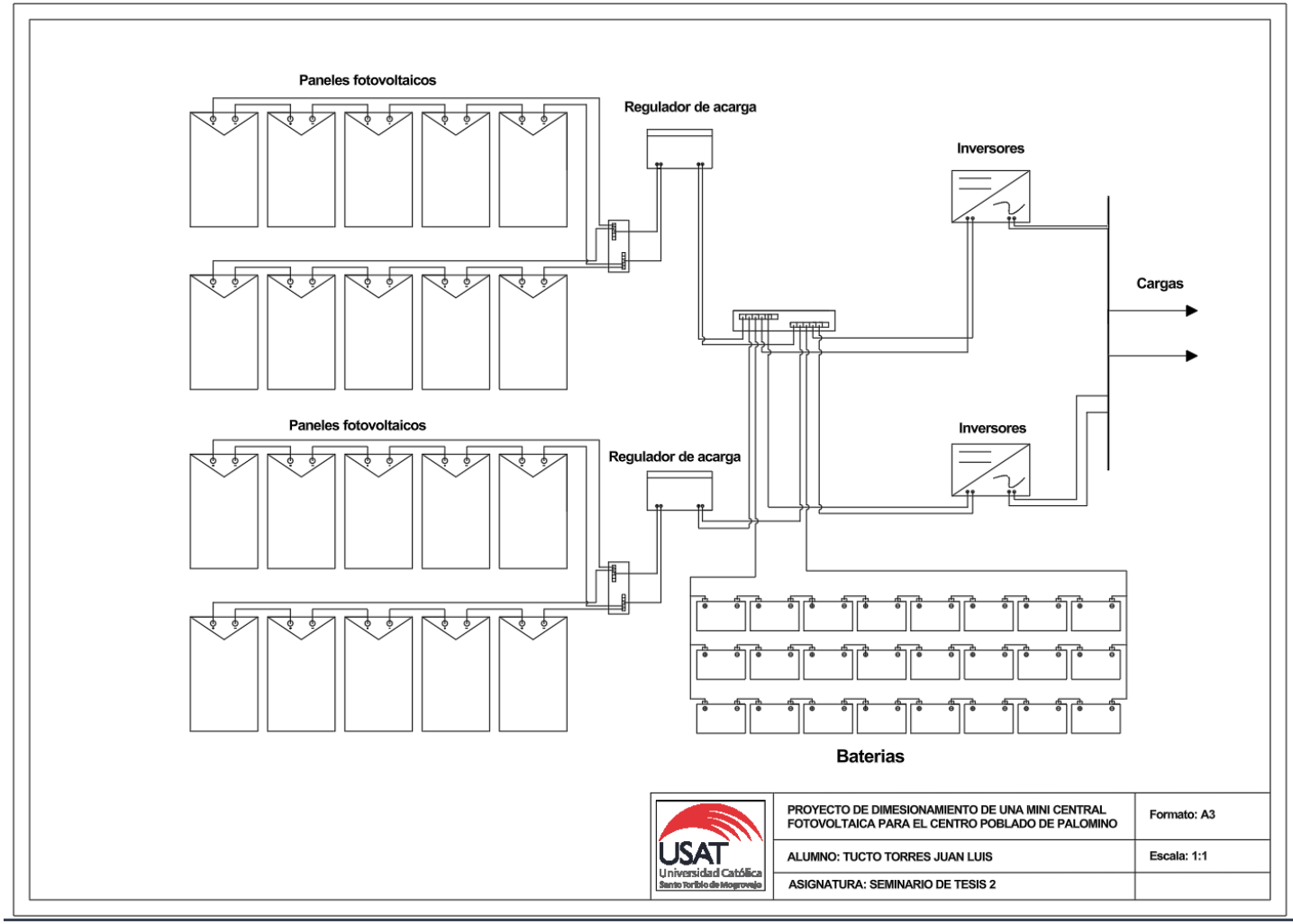
Anexo 13

Plano de lotización del Centro Poblado Palomino



Anexo 14

Plano del sistema fotovoltaico



Anexo 15

Centro Poblado de Palomino

Ing. SIMON
SALDAÑA