

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
DE GLOBOS SOLARES PARA EL SUMINISTRO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CASERÍO JAWAY, JAÉN,
CAJAMARCA**

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

Autor: Bach. Euler Joel Corrales Sanchez

Autor: Bach. Emerson Edin Santos Moreto

Asesor: Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicon

Línea de investigación: Eficiencia energética

JAÉN – PERÚ

2025

Euler Joel Corrales Sanchez Emerson Edin Santos M...

Dimensionamiento de un Sistema de Globos Solares para el Suministro de Energía Eléctrica del Caserío Jaway, Jaén, Caja...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3274423348

92 Páginas

Fecha de entrega

11 jun 2025, 8:36 p.m. GMT-5

19.945 Palabras

Fecha de descarga

11 jun 2025, 8:45 p.m. GMT-5

107.420 Caracteres

Nombre de archivo

EMERSON_1.pdf

Tamaño de archivo

2.4 MB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable I+D+i de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

1% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

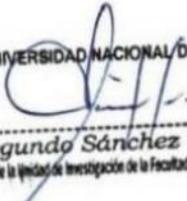
Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable del Área de Investigación de la Facultad de Ingeniería



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día martes 24 de junio del 2025, siendo las 17:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Mg. Juan Antonio Labrin Romero
Secretario : Mg. Marco Luis Pérez Silva
Vocal : Mg. José Andrés Fernández Mera

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

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

Titulado: **"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GLOBOS SOLARES PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL CASERÍO JAWAY, JAÉN, CAJAMARCA"**.

Presentado por los bachilleres: **Euler Joel Corrales Sánchez y Emerson Edin Santos Moreto**, de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.

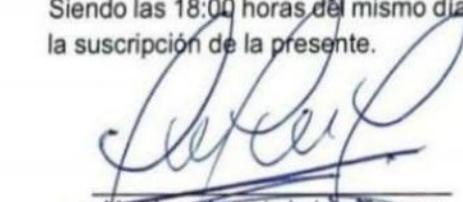
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

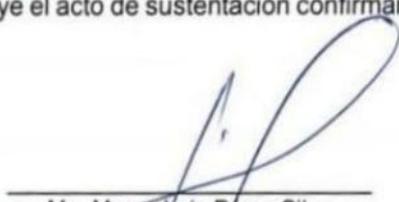
(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

| | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (17) |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 18:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando con la suscripción de la presente.


Mg. Juan Antonio Labrin Romero
Presidente Jurado Evaluador


Mg. Marco Luis Pérez Silva
Secretario Jurado Evaluador


Mg. José Andrés Fernández Mera
Vocal Jurado Evaluador

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, **Corrales Sanchez Euler Joel**, con DNI, N°71575943, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y **Santos Moreto Emerson Edin**, con DNI, N°70926986, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, declaro bajo juramento que somos autores del trabajo de investigación titulado: “**Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico de globos solares para el suministro de energía eléctrica del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca**” Cuya autoría es el resultado de nuestro esfuerzo, sacrificio y dedicación. El mismo que fue revisado por mi asesor, **Félix Poicon Edwin Carlos Lenin**, quien dio la conformidad considerando matriz de desarrollo que exige la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Dejo constancia que en el supuesto que incurra en el incumplimiento de la originalidad de trabajo de investigación, o en el caso de incurrir en el plagio parcial o total del mismo soy consciente en los efectos que produzcan dicho incumplimiento.

Me ratifico en lo expresado y en señal de conformidad firmo la presente declaración jurada en la provincia de jaén, a los 14 días del mes de Julio del 2025. En forma conjunta con mi asesor.



Bach. Corrales Sanchez Euler Joel

DNI: 71575943



Bach. Santos Moreto Emerson Edin

DNI: 70926986



ASESOR. Félix Poicon Edwin Carlos Lenin

DNI: 21870431

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| CARÁTULA | I |
| ÍNDICE | II |
| ÍNDICE DE TABLAS | IV |
| INDICE DE FIGURAS | V |
| ÍNDICE DE ANEXOS | VI |
| RESUMEN | VII |
| ABSTRACT | VIII |
| I. INTRODUCCIÓN | 9 |
| II. MATERIAL Y MÉTODOS | 16 |
| 2.1. Ubicación del área de estudio | 16 |
| 2.1.1. Ubicación geográfica | 16 |
| 2.2. Materiales | 16 |
| 2.3. Población, muestra y muestreo | 17 |
| 2.3.1. Población | 17 |
| 2.3.2. Muestra | 17 |
| 2.3.3. Muestreo | 18 |
| 2.4. Método | 18 |
| 2.4.1. Diseño | 18 |
| 2.4.2. Alcance de la investigación | 18 |
| 2.4.3. Técnicas | 19 |
| III. RESULTADOS | 21 |
| 3.1. Determinar la radiación solar promedio del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca | 21 |
| 3.1.1. Radiación solar | 21 |
| 3.1.2. Cálculo del ángulo óptimo | 22 |
| 3.2. Determinar el consumo de electricidad del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca | 24 |
| 3.2.1. Calificación eléctrica | 24 |
| 3.2.2. Alumbrado de vías públicas | 25 |
| 3.2.3. Determinación de la demanda eléctrica total | 27 |
| 3.3. Dimensionar el tamaño adecuado de un sistema fotovoltaico con globos solares del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca | 30 |
| 3.3.1. Cálculo del generador para el sistema de globos solares | 32 |
| 3.3.2. Potencia del sistema de generación | 35 |
| 3.3.3. Cálculo de baterías para del sistema fotovoltaico de globos solares | 36 |

| | |
|---|----|
| 3.3.4. Corriente de operación del generador | 39 |
| 3.3.5. Corriente de controlador de carga | 41 |
| 3.3.6. Cálculo del inversor DC/AC | 44 |
| 3.3.7. Cálculo de los conductores | 47 |
| 3.3.8. Cálculo de la sección de los conductores | 48 |
| 3.3.9. Protección del sistema fotovoltaico de globos solares | 50 |
| 3.3.4. Evaluar la factibilidad económica del diseño realizado del sistema fotovoltaico de globos solares para el caserío Jaway, Jaén, Cajamarca | 54 |
| 3.4.1. Retorno de la inversión | 56 |
| 3.4.2. Beneficio económico | 57 |
| IV. DISCUSIÓN | 65 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 70 |
| VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS..... | 74 |
| AGRADECIMIENTO | 77 |
| DEDICATORIA..... | 78 |
| ANEXOS..... | 79 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Promedio mensual de la radiacion solar | 21 |
| Tabla 2 Promedio de la radiacion solar solar (15°) | 23 |
| Tabla 3 Calificacion electrica | 24 |
| Tabla 4 Consumo electrico para la iluminacion publica | 26 |
| Tabla 5 Consumo electrico total | 27 |
| Tabla 6 Selección de conductores y caida de tension..... | 49 |
| Tabla 7 Presupuesto para la instalacion del sistema fotovoltaico basado en globos solares | 54 |
| Tabla 8 Costos unitarios de los gastos de mantenimiento del sistema de globos solares... | 56 |
| Tabla 9 Proyeccion de la demanda total a 20 años | 59 |
| Tabla 10 Flujos Netos durante 20 años de vida del sistema | 62 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Globo solar de la empresa Cool Earth..... | 31 |
| Figura 2 Descripción de un Globo solar..... | 33 |
| Figura 3 Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON | 43 |
| Figura 4 Inversor Cargador 5KVA 4000W 48V MPPT 80A Must Solar | 46 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1. Ubicación geográfica del caserío de Jaway | 79 |
| Anexo 2. Plano catastral | 80 |
| Anexo 3. Datos técnicos Batería Rolls 12cs 11p..... | 81 |
| Anexo 4. Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON | 84 |
| Anexo 5. Inversor Cargador 5KVA 4000W 48V MPPT 80A Must Solar | 85 |
| Anexo 6.. Fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000 VDC..... | 88 |
| Anexo 7. Fusible de cuchilla NH 3 ST de 1000 VDC..... | 89 |
| Anexo 8. Datos técnicos cable THW-90 | 90 |
| Anexo 9. Interruptor Diferencial 2x25A 30MA 230V | 91 |
| Anexo 10. Project de gastos generales | 912 |

RESUMEN

La energía eléctrica en algunas zonas rurales de la región Cajamarca es inaccesible debido a la lejanía a las redes de electricidad, siendo indispensable para el desarrollo local del caserío Jaway llevar a cabo el diseño de un sistema fotovoltaico de globos solares. Se estableció que el mes de febrero tiene los valores más bajos de radiación ($3.14 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$). El consumo eléctrico promedio diario calculado fue de $29,132.70 \text{ Wh/día}$, y la corriente necesaria para garantizar que el sistema cubra las demandas energéticas diarias alcanzó los 193.29 A . Se determinó que se requieren 20 globos solares de 500 Wp , 24 baterías Rolls 12cs 11p de 318 Ah , cinco reguladores MPPT Blue Solar $150\text{V } 35\text{A}$ VICTRON y tres Inversor $5\text{KVA } 4000\text{W } 48\text{V}$ MPPT 80A Must Solar. Se seleccionó cable tipo THW-90 para los tramos, con fusibles de cuchilla NH 1 ST y NH 3 ST de 1000 VDC para protección. Para el inversor, se eligió un interruptor termomagnético de $30 \text{ mA} \times 25 \text{ A}$. El costo de ejecución del proyecto es de S/. $107,195.21$, con periodo de retorno de inversión a los 16 años. Se concluyó que el proyecto es económicamente viable, generando un valor actual neto positivo (s./ $16,1350$) y una tasa interna de retorno (13.8%) mayor a la tasa de descuento, lo cual indica que es rentable desde un enfoque de sostenibilidad económica.

Palabras clave: Globos solares, sistema fotovoltaico, radiación solar, consumo eléctrico

ABSTRACT

Electricity in some rural areas of the Cajamarca region is inaccessible due to the distance from electricity grids, making it essential for the local development of the Jaway hamlet to carry out the design of a solar balloon photovoltaic system. It was established that the month of February has the lowest radiation values (3.14 kWh/m²/day). The calculated average daily electricity consumption was 29,132.70 Wh/day, and the current required to ensure that the system covers daily energy demands reached 193.29 A. It was determined that 20 500 Wp solar balloons, 24 Rolls 12cs 11p 318 Ah batteries, five Blue Solar 150V 35A VICTRON MPPT regulators and three 5KVA 4000W 48V MPPT 80A Must Solar inverters are required. THW-90 type cable was selected for the sections, with NH 1 ST and NH 3 ST 1000 VDC blade fuses for protection. For the inverter, a 30 mA x 25 A thermal magnetic switch was chosen. The project execution cost is S/. 107,195.21, with a payback period of 16 years. It was concluded that the project is economically viable, generating a positive net present value (S/. 16,1350) and an internal rate of return (13.8%) greater than the discount rate, which indicates that it is profitable from an economic sustainability perspective.

Keywords: Solar balloons, photovoltaic system, solar radiation, electricity consumption

I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica en algunas zonas rurales de la región Cajamarca es inaccesible debido a la lejanía a las redes de electricidad, y siendo indispensable para el desarrollo local, es conveniente llevar a cabo el diseño de un sistema fotovoltaico de globos solares considerando que es un sistema eficiente, accesible y que ayude a minimizar la contaminación ambiental. Últimamente, los investigadores han buscado la manera de crear sistemas que provean energía eléctrica de manera más accesible para la población, a menor costo y que ayude a minimizar con la contaminación ambiental. El objetivo a largo plazo es utilizar estos sistemas a gran escala.

Debido al uso de combustibles fósiles, que generan emisiones de gases que causan efecto invernadero han tenido un aumentado significativo en las últimas décadas. Uno de los principales motivos que impulsa la búsqueda de nuevas fuentes de energía es la falta de progreso en la ejecución de proyectos energéticos gubernamentales en zonas alejadas de las capitales de algunas regiones del país, así como la necesidad de minimizar el daño ambiental y la contaminación (Díaz, 2018).

Un importante recurso renovable es la energía solar y en ese sentido, el sol se considera una fuente de energía renovable inagotable, esto permite crear nuevas condiciones marco para generar energía eléctrica. En ese sentido, la radiación solar puede utilizarse para producir la energía eléctrica que se necesita para sustituir a otras fuentes de energía no renovables mediante la tecnología fotovoltaica. Dado que los países latinoamericanos tienen regiones con alta radiación solar, pueden considerar implementar sistemas que produzcan energía eléctrica utilizando esta fuente de energía (Salas et al., 2018).

El problema fundamental en esta área de estudio es que no posee energía eléctrica, situación que obstaculiza el crecimiento socioeconómico. Sin embargo, con una radiación solar de 3,14 a 4,31 kWh/m², tiene las mejores características climáticas para aprovechar la energía solar. Esta realidad es una oportunidad para aprovechar el potencial de energía solar existente para generar electricidad y alimentar hogares rurales alejados de la red. Hoy en día, estas familias recurren a las velas para la iluminación y a la leña para preparar sus comidas.

El caserío Jaway se ubica en Cajamarca, exactamente en la provincia de Jaén, con las coordenadas UTM Norte: 9353386.93 y Este: 745902.99. Consta de nueve viviendas domiciliarias, un local comunal y una iglesia, y tiene una población de 45 personas. Se trata de una zona de cría de mamíferos de cuatro patas (cabritos, ovejas, etc.) y para aprovechar

su estiércol como biomasa con la finalidad de producir biogás se necesita de una gran cantidad de heces de vaca y otros animales, que actualmente no se dispone en el lugar.

Teniendo en cuenta la situación local mencionada, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo se puede calcular el tamaño adecuado de un sistema fotovoltaico con globos solares con el fin de abastecer de electricidad al caserío Jaway?

Este estudio tiene una justificación técnica sólida debido a varios factores: Necesidad energética insatisfecha: El caserío Jaway no tiene acceso a la red eléctrica tradicional, esto genera una necesidad real de soluciones alternativas para garantizar un suministro eléctrico constante y confiable para los residentes. Potencial de la energía solar: Cajamarca, especialmente la zona de Jaén, recibe una gran cantidad de radiación solar, lo que convierte en una opción viable y sostenible a la energía solar para cubrir las necesidades energéticas del caserío. Innovación tecnológica: El uso de globos solares como parte del sistema fotovoltaico puede representar una solución innovadora y eficiente en términos de captación de energía solar, este enfoque puede ser particularmente relevante en áreas rurales donde el espacio para paneles solares convencionales puede ser limitado. Impacto socioeconómico: La implementación de este sistema fotovoltaico no solo proporcionaría acceso a energía limpia y confiable para los residentes de Jaway, sino que también podría generar un impacto positivo en el desarrollo socioeconómico del caserío al mejorar las condiciones de vida y facilitar oportunidades de educación y trabajo. Sostenibilidad ambiental: Al aprovechar la energía solar, el proyecto contribuiría a disminuir la cantidad de gases que causan el efecto invernadero y fomentaría el uso de prácticas energéticas más sostenibles y amigables con el medio ambiente. En resumen, el estudio busca abordar una necesidad energética real en el caserío Jaway utilizando una solución técnica innovadora y sostenible, con el potencial de mejorar significativamente la calidad de la vida de la comunidad y beneficiar al medio ambiente.

En cuanto a la justificación económica, la energía solar es de particular interés porque está disponible más o menos en todo el mundo y su uso permite un crecimiento económico sostenible sin restricciones pues no se encuentra limitado por las fluctuaciones del precio de los combustibles fósiles y asimismo tiene menor impacto en la contaminación ambiental. Según diversas empresas y fabricantes del sector, utilizando energía solar se obtiene energía gratuita durante varios años, con un retorno de la inversión de proyecto de 5-6 años aproximadamente.

En la justificación social, tener acceso a electricidad mejora la calidad de vida de los pobladores y juega un papel importante en el desarrollo local. Muchas actividades diarias vitales se pueden llevar a cabo con una fuente de energía continua, confiable y económica. En la justificación ambiental, utilizar la energía solar para producir energía eléctrica supone eliminar emisiones de los gases que impactan en el efecto invernadero al eliminar la dependencia de los combustibles fósiles (Escobedo, 2018).

En cuanto a los antecedentes, Zhang et al. (2024) en su artículo “A portable balloon integrated photovoltaic system deployed at low altitude” presentaron un sistema fotovoltaico portátil integrado en globo (BIPVS) que se despliega a baja altitud. Gracias a su diseño inflable y desinflable, el sistema ofrece una mayor flexibilidad y movilidad, permitiendo su uso en una variedad más amplia de escenarios. Se realizaron estudios de caso utilizando datos de las ciudades de Vasteras, Vancouver, Nueva York, Shanghái y Hong Kong para evaluar el potencial de generación de energía anual de 10,000 BIPVS. Las zonas de latitudes medias y altas no son ideales para la generación de energía solar en invierno debido a la nieve y el hielo, pero, excluyendo los meses de invierno, los resultados de la simulación muestran que la generación promedio mensual de energía en los meses de operación efectiva fue de 3,921 GWh, 4,238 GWh, 4,275 GWh, 3,337 GWh y 3,379 GWh en cada ciudad, respectivamente. Esto demuestra que las latitudes medias y altas tienen un rendimiento superior en comparación con las latitudes bajas. A lo largo de su vida útil, los sistemas BIPVS generaron una capacidad acumulada de energía de 479.492 GWh, 592.18 GWh, 672.105 GWh, 641.155 GWh y 708.334 GWh, con beneficios totales de 79.614 millones de USD, 37.007 millones de USD, 75.146 millones de USD, 12.946 millones de USD y 107.369 millones de USD, respectivamente, y una rentabilidad de la inversión del 218.6 %, 101.6 %, 206.3 %, 35.5 % y 294.8 %. Estos resultados subrayan las ventajas energéticas y económicas significativas, así como el gran potencial de los sistemas BIPVS.

Somov y Venuganti (2024) en su artículo “Solar panel efficiency and visible light detection on high altitude balloons” indicaron que los experimentos realizados con globos aerostáticos de gran altitud a menudo requieren una fuente de energía eléctrica, lo que tradicionalmente se ha resuelto con baterías desechables, como las de zinc-carbono o las de polímero de iones de litio. Este artículo investiga la viabilidad de usar pequeños paneles solares como complemento para suministrar energía eléctrica y los retos que implica su implementación. Se llevaron a cabo vuelos de prueba con dos paneles solares de polisilicio de 5,9 x 8,9 cm, montados de manera bilateral en una estructura de carga útil impresa en 3D.

Durante el vuelo, se registraron los voltajes y corrientes generados por los paneles. Para medir las condiciones ambientales, se instalaron sensores de luminosidad junto a los paneles solares en el mismo plano y se utilizó un sensor ambiental para medir la presión, temperatura y humedad del entorno. Los sensores de luminosidad no solo ayudaron a registrar las condiciones atmosféricas, sino que también permitieron comparar fácilmente la generación de energía a distintas altitudes bajo diferentes condiciones de luz. Se observaron las tendencias generales y se graficaron los datos obtenidos. Los vuelos de prueba se realizaron tanto en condiciones de luz diurna como durante el eclipse solar total de 2024. Los resultados preliminares sugieren que los paneles solares podrían ser una opción útil para complementar la generación de energía en vuelos de globos de gran altitud con exposición solar directa.

Öznur (2024) en su artículo “Effect of Thermal Environment on Heat Transfer Mechanism of Solar-Powered Balloon” indicó que una opción prometedora es instalar unidades de energía solar sobre la envoltura de los globos para suministrarles energía. Sin embargo, para evitar problemas como el sobrecalentamiento y la sobrepresión, es crucial controlar la eficiencia térmica del globo solar. En este estudio, se desarrolló y simuló un modelo térmico de un globo solar de presión cero utilizando técnicas iterativas en el lenguaje de programación FORTRAN, validándolo con datos experimentales previos. La simulación del vuelo estratosférico del globo solar se realizó bajo condiciones atmosféricas reales de diferentes estaciones del año. Se analizó cómo varían las temperaturas de los paneles solares, el helio interno y la envoltura del globo, comparándolas con las de un globo sin energía en condiciones de invierno y verano. También se reportó el rendimiento de la potencia de salida del panel fotovoltaico montado en el globo, tanto con como sin los efectos térmicos. Además, se exploraron los efectos de la longitud, el ángulo y el área del panel solar sobre la temperatura y la potencia del panel. Se observó que la temperatura máxima del helio y la envoltura del globo solar alcanzan 350,03 K y 351,19 K, respectivamente, especialmente durante el solsticio de verano, siendo mucho más alta que la del globo sin propulsión. Este estudio proporciona valiosa información que puede ser utilizada para mejorar el diseño de las unidades de energía de los globos estratosféricos, permitiendo su operación durante periodos prolongados.

Rose y Gentile (2021) en su artículo “Photovoltaic Balloons: A Look into Mobile, Renewable Energy Technology” indicaron que la energía renovable está experimentando un crecimiento acelerado, con innovaciones que surgen cada año para aprovecharla de nuevas maneras. Las tecnologías en este campo están en constante evolución, y un ejemplo de ello

son las células solares versátiles, capaces de adherirse a casi cualquier superficie, ahora integradas en globos para capturar la luz solar de manera eficiente. Estos globos pueden ser utilizados para suministrar energía a zonas afectadas por desastres naturales o incluso transportados en naves espaciales para ser enviados a Marte. Desarrollar tecnologías móviles que aprovechen la energía renovable es esencial para asegurar nuestro futuro, no solo para garantizar nuestra supervivencia en la Tierra, sino también para planificar la vida en otros planetas.

Jiang et al. (2021) en su artículo “Layout optimization of stratospheric balloon solar array based on energy production” indicaron que los paneles solares son fundamentales para el sistema energético de los globos estratosféricos, y optimizar su disposición puede mejorar significativamente la producción de energía. Sin embargo, la investigación en esta área es limitada. Este artículo propone un modelo teórico que incluye tanto un modelo térmico y energético como un equilibrio entre el peso y la sustentación. Se desarrolló un programa en MATLAB para simular la potencia de salida de los paneles solares y su capacidad de captación de energía, considerando factores como la longitud de conexión y el diámetro del globo. A través de un análisis comparativo, se validó la viabilidad del modelo teórico. Además, se examinaron los efectos de la longitud de conexión, el diámetro del globo y la relación entre ambos en el rendimiento del sistema. Los resultados indican que la potencia de salida total de los paneles solares depende de estos factores. Asimismo, la disposición de los paneles puede optimizarse aumentando la relación entre la longitud de conexión y el diámetro del globo, aunque el aumento de la potencia se estabiliza cuando esta relación supera 1,5. Por lo tanto, seleccionar la relación adecuada entre la longitud de conexión y el diámetro del globo podría ser clave para mejorar la eficiencia energética de los globos estratosféricos.

Zhu et al. (2019) en su artículo “Thermal performance of high-altitude solar powered scientific balloon” indicó que un globo científico solar de gran altitud puede ser alimentado por un panel solar de película delgada montado directamente en el globo. La temperatura del panel solar puede afectar considerablemente el rendimiento térmico del globo, ya que está vinculado a problemas como el sobrecalentamiento y la sobrepresión del mismo. Se desarrolló un modelo térmico para estudiar cómo el panel solar influye en este rendimiento, comparándolo con un globo que no tiene sistema energético. Para ello, se creó un programa en un software de dinámica de fluidos computacional, basado en el modelo térmico propuesto. Además, se examinaron cómo diversos factores de diseño y el tamaño del panel

solar afectan el rendimiento térmico del globo. Los resultados indican que, durante el día, la temperatura tanto de la envoltura del globo como del helio interno es considerablemente más alta en el globo solar en comparación con uno sin energía, y la velocidad máxima del helio interno disminuye al instalar el panel solar. También se observó que aumentar la altura y el tamaño del panel solar provoca un aumento en la temperatura y la presión del helio interno, aunque la velocidad del helio y el flujo general no se vieron significativamente afectados.

En Colombia, Salas et al. (2018) en su estudio titulado: “Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada”, a través de este estudio experimental, se encontró que la radiación pico fluctuaba entre 5.56 y 5.57 kWh/m²/día en ángulos de pendiente de 15° y 10°, seleccionando una inclinación de 10° como la más adecuada para el diseño. Como componentes del sistema se seleccionan baterías con una capacidad de 160 Ah, dos de las cuales están conectadas en serie a 12 V y se utilizan para un sistema de 24 V. Para el sistema de 12 V, se usó un regulador de 60 A y se conectaron cuatro paneles en paralelo; asimismo, en el sistema de 24V un regulador de 30 A, dos paneles en paralelo y dos en serie. El análisis económico mostró que en el sistema de 12V el retorno de la inversión se logrará después de 7 años, y para el sistema de 24V el retorno de la inversión se logrará después de 9 años.

López (2019) propone en su tesis doctoral titulada “Desarrollo y desafíos de proyectos de generación de energía solar fotovoltaica en Chile” que, en los últimos años, las energías renovables no convencionales han mostrado un importante crecimiento e impulso en Chile, y la rapidez de su integración al sistema eléctrico ha sorprendido a todos los participantes del mercado. Dentro de las energías renovables no convencionales, la energía solar sobresale, ya que Chile cuenta con los niveles de radiación solar más altos del mundo, esto genera que la inversión en sistemas de energía solar en este país sea atractiva. También se resalta lo importante que es incorporar energías limpias en la matriz energética del país.

Quintanilla (2020) en su tesis “Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para suministrar de energía eléctrica la localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas” tuvo como propósito dimensionar un sistema fotovoltaico con la finalidad de electrificar la localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas - Arequipa, el cual no tiene suministro de energía eléctrica en 40 viviendas y dos restaurantes. Tomando en consideración una investigación aplicada determinaron que la radiación solar para 15° fue de 5.35 kWh/m²/día. La demanda de energía diaria fue 325.86 kWh/día. Asimismo, se consideró: 266 módulos fotovoltaicos policristalinos de 340Watts cada uno, un inversor, 192 acumuladores de energía y un SPS

(Administrador de Energía), entregando una potencia instalada de 90 kW. Se obtuvo un VAN de S/. 442,645.07, asimismo para la inversión el periodo de recuperación fue de 17 años con un TIR del 5%.

Cayotopa (2019) en su tesis titulada “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yamborasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas” tuvo como propósito dimensionar un sistema fotovoltaico con la finalidad de electrificar el caserío Flor del Valle, compuesto por 20 viviendas y un local comunal que no poseen suministro de energía eléctrica. La radiación solar que se consideró fue 3.64 kWh/m²/día considerando un ángulo de 15°. La demanda de energía total diaria fue de 13,511 kWh/día. En el diseño se consideró 16 baterías de acumuladores 260 Ah, 20 paneles fotovoltaicos de 320 Wp, dos inversores de 48/3000-230 V, 02 reguladores de carga 150/70; así como elementos de protección, con un costo de S/ 206,019.36.

La hipótesis planteada para este estudio: el tamaño adecuado de un sistema fotovoltaico con globos solares, es significativo para abastecer de electricidad al caserío Jaway.

Asimismo, el objetivo general es: Dimensionar un sistema fotovoltaico de globos solares para abastecer de energía eléctrica del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca. Los objetivos específicos: (1) Determinar la radiación solar promedio del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca, (2) Determinar el consumo de energía eléctrica del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca, (3) Dimensionar el tamaño adecuado de un sistema fotovoltaico con globos solares del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca. (4) Evaluar la factibilidad económica del diseño realizado del sistema fotovoltaico de globos solares para el caserío Jaway, Jaén, Cajamarca, (5) Elaborar la proyección de la demanda para el periodo de vida del sistema fotovoltaico de globos solares para el caserío Jaway, Jaén, Cajamarca.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del área de estudio

2.1.1. Ubicación geográfica

El caserío de Jaway se ubica en Jaén, región Cajamarca, en el norte de Perú. Para el diseño del sistema de globos solares que abastecerá al caserío, es esencial considerar una serie de factores específicos del lugar. Esto incluye no solo las condiciones climáticas y geográficas, sino también las actividades realizadas en la comunidad, ya que afectan directamente el consumo energético. Es importante analizar tanto la radiación solar máxima, que nos indica el potencial de generación de energía en las mejores condiciones, como la radiación solar más baja, que representa los momentos de menor eficiencia del sistema. Estos aspectos, junto con el desafío principal que enfrenta el caserío—la falta de acceso a energía eléctrica—son fundamentales para diseñar una solución adecuada. Tener en cuenta todas estas variables nos permitirá crear un sistema fotovoltaico de globos solares eficiente y sostenible, capaz de satisfacer las demandas energéticas de la comunidad, incluso en sus momentos de mayor demanda o cuando las condiciones solares no son óptimas.

En el Anexo 1, se presenta un mapa que muestra la ubicación geográfica exacta del caserío Jaway. Este pequeño poblado se encuentra en las coordenadas de Latitud -5.8432° Sur y Longitud -78.7792° Oeste, lo que lo sitúa en una región específica de la zona norte de Perú. Además, se ubica a una altitud de 695 msnm, lo que influye tanto en su clima como en las condiciones de radiación solar. La ubicación geográfica, junto con su elevación, es de suma importancia para evaluar la viabilidad de la solución energética propuesta, ya que influye directamente en el potencial de generación de energía solar y en las necesidades de la comunidad.

2.2. Materiales

Software de hoja de cálculo Excel

Permite a los usuarios organizar, analizar y manipular datos numéricos y textuales en una tabla compuesta por filas y columnas. Son útiles para realizar cálculos matemáticos y financieros, gestionar listas de datos, crear gráficos visuales y llevar a cabo simulaciones. Este tipo de software puede tener una variedad de funciones, como fórmulas y funciones predefinidas (por ejemplo, SUMA, PROMEDIO, BUSCARV), que permiten realizar análisis complejos sin necesidad de programar. Las hojas de cálculo se utilizan ampliamente

en ámbitos como la contabilidad, la administración de empresas, el análisis de datos y la investigación científica.

National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Es una entidad del gobierno de Estados Unidos responsable de la investigación y el avance de la ciencia y tecnología en el campo aeroespacial. Fue fundada en 1958 con el objetivo de explorar el espacio exterior, realizar investigaciones sobre el vuelo en la atmósfera y liderar el desarrollo de tecnologías en el campo de la aeronáutica y la astronáutica. La NASA juega un papel fundamental en el envío de misiones tripuladas y no tripuladas al espacio, como los programas Apollo, los telescopios espaciales como Hubble y las sondas enviadas a otros planetas. En términos de radiación solar, la NASA lleva a cabo investigaciones y monitoreo a través de satélites y misiones espaciales para entender cómo la radiación solar afecta la atmósfera de la Tierra, el clima y las comunicaciones espaciales, lo que es crucial para las predicciones meteorológicas y las condiciones operativas de los satélites.

El acceso a la NASA es completamente gratuito. Esto significa que cualquier persona puede explorar una gran cantidad de recursos, investigaciones y datos que la NASA pone a disposición del público sin ningún costo. Ya sea para aprender más sobre exploración espacial, ciencia, tecnología o incluso acceder a imágenes y videos de sus misiones, todo está al alcance de cualquiera, promoviendo la educación y el interés por la ciencia de manera abierta y accesible para todos.

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

En este contexto, la "población" se refiere a todos los datos relacionados con las mediciones de la radiación solar dentro del caserío Jaway. Es decir, son todos los registros de radiación solar que se han realizado en esa área específica, que abarcan diferentes momentos y condiciones climáticas. Estos datos de radiación solar son los que forman la base para el análisis dentro del proyecto, ya que permiten conocer con precisión el comportamiento de la radiación solar en esa localidad.

2.3.2. Muestra

Consiste en un conjunto seleccionado de mediciones de radiación solar realizadas durante un periodo determinado de años dentro del caserío Jaway. En lugar de analizar todos los datos posibles (lo cual sería muy extenso y difícil de gestionar), se ha tomado un segmento representativo de estos registros a lo largo del tiempo. Esta muestra de datos

permite hacer una aproximación fiable a las condiciones generales de radiación solar en el área, facilitando la planificación y el dimensionamiento del sistema fotovoltaico sin necesidad de trabajar con un volumen excesivo de información.

2.3.3. Muestreo

Se utilizó el muestreo no probabilístico intencional. Esto significa que, en lugar de elegir los datos de forma aleatoria, se ha tomado una decisión consciente sobre cuáles mediciones serán las más representativas o relevantes para el estudio. Este tipo de muestreo es adecuado cuando se busca obtener información específica o cuando se tiene conocimiento previo sobre qué datos serán más útiles para el análisis. En este caso particular, el muestreo se ha enfocado en las mediciones de radiación solar dentro del caserío Jaway, que tiene como objetivo diseñar un sistema eficiente y adaptado a las necesidades de esa comunidad.

2.4. Método

Esta investigación es de tipo aplicada porque su objetivo fue dar solución a un problema específico y práctico en el caserío Jaway. El enfoque no se centró solo en generar conocimiento teórico, sino en utilizar ese conocimiento para diseñar y dimensionar un sistema de globos solares para proporcionar energía eléctrica a la comunidad. La investigación buscó aplicar soluciones concretas y viables para optimizar la calidad de vida de los pobladores del caserío, basándose en mediciones reales de radiación solar y considerando las necesidades energéticas locales. Por lo tanto, se trata de una investigación cuyo propósito fue resolver un desafío práctico, utilizando los resultados para implementar una solución que sea funcional y beneficiosa para la comunidad (Bernal, 2021)

2.4.1. Diseño

No experimental porque no se controla el entorno. En lugar de intervenir, se observa y analiza dimensionar adecuadamente un sistema de globos solares para el caserío de Jaway, bajo sus condiciones naturales. El objetivo es evaluar cómo funcionaría este sistema en ese contexto específico, utilizando datos existentes y observaciones directas (Arias, 2022)

2.4.2. Alcance de la investigación

Esta investigación tiene un alcance descriptivo porque la investigación no modificará el estado de situación de las viviendas en estudio Palomino et al., (2019). El enfoque de la investigación será cuantitativo porque analizará datos numéricos de radiación solar, máxima demanda eléctrica, etc. Ramírez y Calles, (2021).

Temporal: Este estudio se realizó durante el año 2024 en el caserío de Jaway, lo que permite evaluar el sistema fotovoltaico de globos solares en un periodo específico, considerando las condiciones climáticas y energéticas propias de ese tiempo.

Espacial: El estudio se centró en el caserío de Jaway, ubicado en la región de Jaén, Cajamarca. Este lugar fue seleccionado por sus características geográficas y necesidades energéticas, lo que proporciona un marco adecuado para analizar el impacto del sistema fotovoltaico de globos solares en una comunidad rural.

Normativo: Este estudio se apoya en marcos legales clave como el Decreto Legislativo N°613, que establece el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, y la Ley N°2682, que fomenta el uso responsable y sostenible de los recursos naturales en Perú. Estas normativas aseguran que el estudio se alinee con las políticas medioambientales y de desarrollo sostenible del país.

Técnico: Desde un enfoque técnico, la investigación implementa el uso de globos solares, una tecnología innovadora que se evalúa como una alternativa energética eficiente y sostenible para comunidades rurales, permitiendo la exploración de nuevas soluciones para el abastecimiento eléctrico en zonas apartadas.

Metodológica: En términos metodológicos, la investigación adopta un enfoque innovador al aplicar la tecnología de globos solares, lo cual permite un análisis detallado de su viabilidad y eficiencia en el contexto del caserío de Jaway, utilizando métodos de observación directa y análisis de datos sobre el desempeño del sistema.

2.4.3. Técnicas

a) Observación: es una técnica clave en esta investigación, mediante la cual se recopilaban datos sobre la radiación solar, su eficiencia y su impacto en la comunidad, sin interferir o alterar las condiciones del entorno. Esta técnica fue fundamental para identificar patrones en el rendimiento del sistema bajo las condiciones locales, y para registrar información precisa que sirviera como base para el análisis posterior.

b) Análisis documental: se utilizó para revisar y estudiar información relevante sobre tecnologías fotovoltaicas, políticas energéticas en Perú y casos previos de implementación de sistemas solares en áreas rurales. Esta técnica implicó la recopilación de informes, leyes y estudios previos. El análisis documental permitió conocer las mejores prácticas, las normativas vigentes y el avance de la tecnología relacionado con el uso de la energía solar, lo que contribuyó a la planificación y el diseño adecuado del sistema.

c) Herramientas: Se emplearon diversas herramientas tecnológicas y metodológicas. En primer lugar, se utilizó el software Excel para el cálculo del dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico de globos solares, con el fin de determinar la capacidad adecuada de los globos solares para cubrir las necesidades energéticas del caserío.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar la radiación solar promedio del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

3.1.1. Radiación solar

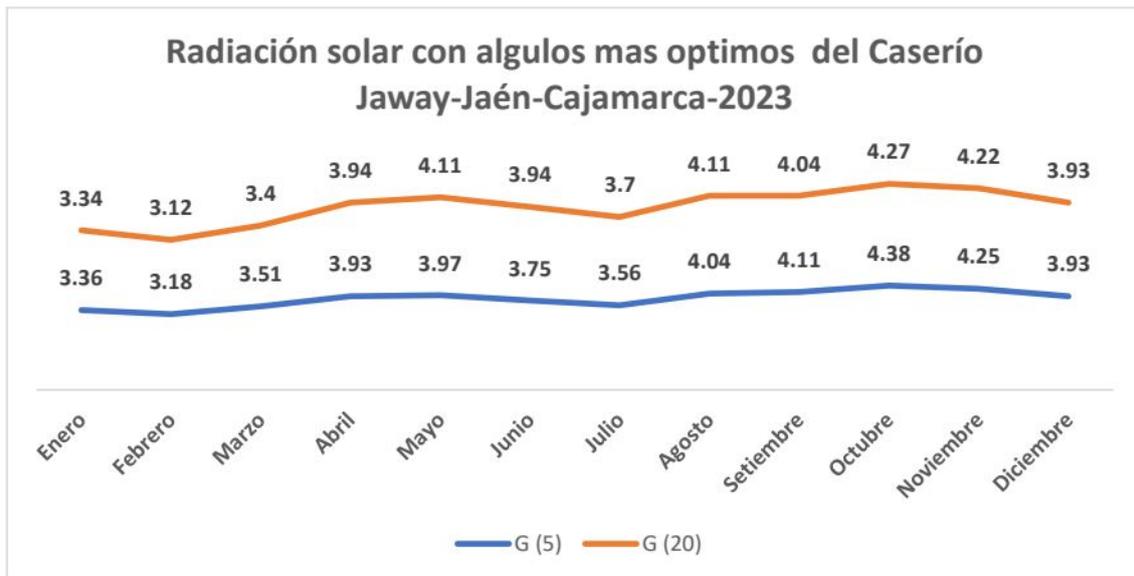
Para analizar el potencial solar del caserío, se utilizó información de la base de datos histórica que proporciona la NASA. Estos datos, que reflejan la radiación solar histórica, fueron esenciales para determinar la cantidad de energía solar disponible durante todo el año, con un enfoque especial en los meses de menor radiación, ya que estos son los períodos más críticos. Con base en esta información, se hicieron los cálculos requeridos para dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico con globos solares, asegurando que pueda cubrir la demanda de energía del caserío, incluso durante los meses con menos sol. La Tabla 1 presenta los valores de radiación promedio mensual (kWh/m²/día) para los ángulos de inclinación de: 0°, 5°, 20° y 90°. Al analizar estos datos, se concluye que los ángulos de inclinación más efectivos para aprovechar al máximo la radiación solar en Jaway están entre los 5° y 20°, lo que permitiría optimizar la captación de energía y asegurar un rendimiento más eficiente del sistema fotovoltaico durante todo el año.

Tabla 1

Promedio mensual de radiación solar

| Meses / Ángulos | Ángulos de inclinación | | | |
|-----------------|------------------------|-------|--------|--------|
| | G (0) | G (5) | G (20) | G (90) |
| Enero | 3.34 | 3.36 | 3.34 | 1.74 |
| Febrero | 3.18 | 3.18 | 3.12 | 1.52 |
| Marzo | 3.51 | 3.51 | 3.40 | 1.45 |
| Abril | 3.89 | 3.93 | 3.94 | 1.95 |
| Mayo | 3.88 | 3.97 | 4.11 | 2.38 |
| Junio | 3.65 | 3.75 | 3.94 | 2.47 |
| Julio | 3.48 | 3.56 | 3.70 | 2.22 |
| Agosto | 3.98 | 4.04 | 4.11 | 2.15 |
| Setiembre | 4.10 | 4.11 | 4.04 | 1.70 |
| Octubre | 4.37 | 4.38 | 4.27 | 1.69 |
| Noviembre | 4.22 | 4.25 | 4.22 | 1.99 |
| Diciembre | 3.89 | 3.93 | 3.93 | 2.06 |
| Promedio | 3.79 | 3.83 | 3.84 | 1.94 |

Fuente: NASA (2023)



Fuente: Elaboracion propia tomando en cuenta los datos Nasa(2023)

La radiación solar con el promedio mas elevado son en los meses de mayo y octubre en el Caserío Jaway, con un angulo de inclinacion de 5 y 20 grados, además se determino que el promedio anual de radiación con ángulo de 5 ° es de 3.83 kWh/m²/día y con un ángulo de 15° es 3.84 kWh/m²/día en el año 2023.

3.1.2. Cálculo del ángulo óptimo

El ángulo de inclinación más apropiado se calculó con la Ecuación 1, la cual se deriva de análisis estadísticos detallados sobre la radiación solar en el año que incide sobre las superficies fijas considerando diversas inclinaciones. Estos análisis han considerado ubicaciones en distintas latitudes para proporcionar una perspectiva amplia. En el caso del caserío Jaway este tiene una altitud de -5.8432° , lo que puede influir en la radiación solar recibida y, por ende, en la determinación del ángulo de inclinación óptimo.

$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 \times |\varphi|) \dots\dots\dots (1)$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 \times |-5.8432^\circ|)$$

$$\beta_{opt} = 7.73^\circ$$

β_{opt} : Angulo óptimo

$|\varphi|$: Latitud del caserío.

El ángulo óptimo para los globos solares es de $7,73^\circ$. Este ángulo representa la mejor posición para maximizar la recolección de energía solar a lo largo del día., aprovechando al máximo la radiación disponible. Sin embargo, los globos solares deben instalarse con un ángulo no menor a 10° de acuerdo con la normativa RD 003-2007-EM/DGE, para garantizar un rendimiento adecuado y cumplir con las normativas establecidas. Para este estudio se optó por un ángulo de inclinación de 15° . Esta elección no solo cumple con los requisitos reglamentarios, sino que también tiene beneficios adicionales, como facilitar la auto limpieza. Un ángulo de inclinación mayor contribuye a que la suciedad, hojas y otros elementos se deslicen más fácilmente, reduciendo la acumulación de impurezas que pudieran afectar la eficiencia del sistema y simplificando el mantenimiento necesario.

Con base en la información se determinó la radiación solar para un ángulo de inclinación de 15° (Tabla 1). Esta información se obtuvo a través de una interpolación entre los valores de radiación promedio mensual correspondientes a los ángulos de 5° y 20° . Este procedimiento permitió estimar con precisión la radiación solar para el ángulo intermedio de 15° , cuyos resultados se pueden consultar en la Tabla 2. De esta manera, se ha podido obtener una evaluación más detallada y precisa de la radiación solar disponible para ese ángulo específico, lo que será crucial para optimizar el rendimiento de la central fotovoltaica.

Tabla 2

Promedio de radiación solar (15°)

| Meses / Ángulo | G (15°) |
|----------------|------------------|
| Enero | 3.35 |
| Febrero | 3.14 |
| Marzo | 3.44 |
| Abril | 3.94 |
| Mayo | 4.06 |
| Junio | 3.88 |
| Julio | 3.65 |
| Agosto | 4.09 |
| Setiembre | 4.06 |
| Octubre | 4.31 |
| Noviembre | 4.23 |
| Diciembre | 3.93 |
| Promedio | 3.84 |

Nota: Elaboración Propia

Tras analizar la información se estableció que el mes de febrero presenta los valores más bajos de radiación (3.14 kWh/m²/día), lo que lo convierte en el mes más crítico en términos de captación solar. Esta tendencia se puede verificar claramente en la Tabla 2. Este comportamiento podría estar relacionado con condiciones climáticas específicas de esa época del año, como la nubosidad o la menor duración de la luz solar, lo que afecta directamente la cantidad de energía que los paneles fotovoltaicos podrían generar durante ese mes.

Según Mejía (2018), la cantidad de horas de sol durante los picos de radiación es igual al promedio diario de la insolación solar. En este contexto, en la Tabla 2, febrero es el mes más crítico, la radiación alcanza 3,14 kWh/m² por día, lo que equivale a 3,14 horas de sol diarias. En cambio, en el mes más favorable, que es octubre, la radiación es de 4,31 kWh/m² por día, lo que corresponde a 4,31 horas de sol diarias. Este patrón refleja las variaciones estacionales de la radiación solar, lo que es crucial para entender la disponibilidad de energía solar en diferentes épocas del año. Durante los meses de mayor radiación, como octubre, se puede aprovechar más la energía solar para diversos fines, mientras que, en los meses críticos, como febrero, la eficiencia de la planta fotovoltaica puede disminuir.

3.2. Determinar el consumo de electricidad del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

3.2.1. Calificación eléctrica

Para localidades de tipo 5 se fija en 400 W por lote, y se aplica un factor de simultaneidad considerado de 0.5. Por otro lado, las cargas especiales, como aquellas correspondientes a ciertos tipos de instalaciones, tienen un factor de simultaneidad de 1, lo que indica que se considera toda la carga disponible como simultánea según DGE R.D. N° 015-2004-EM/DGE.

Tabla 3

Calificación eléctrica

| Descripción | F.S. |
|-------------------------|------|
| Local comunitario | 1 |
| Iglesia | 1 |
| Viviendas domiciliarias | 0.5 |

Nota: Elaboración propia

El caserío de Jaway está, compuesto por 1 iglesia, 9 domicilios, y 1 local comunitario, con un total de 45 pobladores, la metodología será igualmente aplicada. El plano catastral muestra la disposición y distribución de las diferentes edificaciones que lo conforman, lo que permitirá calcular de manera precisa la demanda máxima de energía para este pequeño poblado (Anexo 2). Este enfoque metodológico garantizará que los cálculos de la demanda sean coherentes con las normativas vigentes, facilitando la correcta planificación de la infraestructura eléctrica necesario para satisfacer el consumo energético de la comunidad.

3.2.2. Alumbrado de vías públicas

Para determinar la cantidad de Puntos de Iluminación (PI) se llevó a cabo siguiendo lo indicado en la normativa DGE RD 017-2003-EM. De acuerdo con esta normativa, las áreas rurales están clasificadas en el sector de distribución tipo 5.

3.2.2.1. Cálculo consumo mensual de energía para el alumbrado público

Para este cálculo se empleó la Ecuación 2, la cual permite obtener un valor preciso basado en diversos factores que influyen en el consumo energético. Esta fórmula tiene en cuenta variables como la cantidad de puntos de iluminación, el tipo de luminarias y las horas de funcionamiento, entre otros aspectos relevantes. Para el sector de distribución tipo 5, el valor de KALP es 6.3.

$$CMAP = KALP \times NU \dots \dots \dots (2)$$

$$CMAP = 6.3 \times 11$$

$$CMAP = 69,3 \text{ kWh}$$

CMAP : Consumo de energía destinado a la iluminación pública (kWh).

KALP : Factor de consumo de iluminación pública.

NU : Cantidad de usuarios.

3.2.2.2. Determinación de la cantidad de puntos de iluminación

Para determinar cuántos puntos de iluminación son necesarios, se utiliza la Ecuación 3. En el caso de un sistema de distribución clasificado como tipo 5, se debe optar por una lámpara de 60 W, considerando también las pérdidas de energía que puedan ocurrir durante el funcionamiento. Este enfoque garantiza una distribución adecuada de la iluminación, asegurando que las zonas públicas estén suficientemente alumbradas y que el sistema de

distribución sea eficiente tanto en términos de energía como de costos. La selección de las lámparas y la cantidad de puntos de luz están pensadas para cumplir con los estándares de seguridad y visibilidad requeridos en las áreas de concesión, optimizando el rendimiento y la durabilidad del sistema de alumbrado público.

$$PI = \frac{CMAP \times 1000}{NHMAP \times PPL} \dots\dots\dots(3)$$

$$PI = \frac{69.3 \times 1000}{360 \times 60}$$

$$PI = 3.20 \approx 3$$

PI: Cantidad de puntos de iluminación.

CMAP: Consumo de energía destinado a la iluminación pública.

NHMAP: Cantidad de horas de funcionamiento del servicio de iluminación pública (h/mes).

PPL: Potencia promedio nominal de las lámparas de iluminación pública (W).

Se ha calculado un total de 3 puntos de iluminación. La cantidad de horas por día de iluminación pública debe oscilar entre 8 y 12 horas. En el caso específico de este caserío, se ha considerado una duración de 12 horas diarias, lo que da como resultado un total de 360 horas mensuales de funcionamiento (NHMAP). Esta estimación se ha hecho tomando en cuenta las características de la localidad y las necesidades de iluminación pública durante el período mencionado.

La Tabla 4 muestra el cálculo detallado del consumo eléctrico total correspondiente al sistema de alumbrado público del caserío de Jaway. Esta tabla presenta de manera clara los datos necesarios para comprender la cantidad de energía necesaria para cubrir los requisitos de iluminación en la comunidad, considerando aspectos como el número de puntos de luz y las horas de funcionamiento diario.

Tabla 4

Consumo eléctrico para la iluminación pública

| Descripción | Cantidad | unidad |
|-------------|----------|---------|
| Domicilios | 11 | Und |
| KALP | 6.30 | kWh/mes |

| | | |
|------------------------|-------|-----|
| CMAP | 69.30 | kWh |
| PPL | 60 | W |
| PI | 3 | Und |
| F.S | 1 | |
| Potencia del alumbrado | 0.30 | kW |

Nota: Elaboración propia

3.2.3. Determinación de la demanda eléctrica total

Se consideraron 9 domicilios, un local comunitario y una iglesia. La carga eléctrica estimada para cada vivienda es de 400 W, aplicándose un factor de simultaneidad de 0.5. En el caso de la iglesia y el local comunal, se estimó una demanda de 500 W para cada uno, con un factor de simultaneidad de 1. Además, se asumió un consumo eléctrico de 12 horas al día para los domicilios, mientras que la iglesia utiliza energía durante 2 horas al día y el local comunitario durante 1 hora diaria. También se consideró un 3% de pérdidas de energía a través de las redes secundarias. Los resultados completos de este cálculo y análisis se observan en la Tabla 5, donde se visualiza de manera detallada la demanda eléctrica total estimada para cada componente del caserío.

Tabla 5

Consumo eléctrico total del caserío Jaway

| Ítem | Descripción | Cant | Potencia (W) | Potencia total (W) | Pérdidas por distribución (3%) | F.S | Potencia total más pérdidas (W) | Horas /Día | Días | Total semanal (Wh) |
|--|-------------------|------|--------------|--------------------|--------------------------------|------|---------------------------------|------------|------|--------------------|
| 1 | Domicilios | 9 | 400 | 3,600 | 108 | 0.50 | 1,854 | 12 | 7 | 155,736 |
| 2 | Iglesia | 1 | 500 | 500 | 15 | 1 | 515 | 2 | 7 | 7,210 |
| 3 | Local comunitario | 1 | 500 | 500 | 15 | 1 | 515 | 1 | 7 | 3,605 |
| 4 | Alumbrado público | 3 | 60 | 180 | 5.4 | 1 | 185.40 | 12 | 7 | 15,573.60 |
| Total de energía eléctrica por semana (Wh/sem) | | | | | | | | | | 182,124.60 |
| Total de energía eléctrica en un día (Wh/día) | | | | | | | | | | 26,017.80 |

3.2.3.1. Determinación del consumo eléctrico medio diario

En este cálculo se deben considerar varias variables clave que influirán en la precisión del cálculo. Entre ellas se incluyen el impacto generado por el uso del inversor, así como la eficiencia de los conductores y las baterías en el sistema. El consumo eléctrico medio diario se determinó utilizando una fórmula específica que considera todos estos factores, tal como lo plantean Mesa et al. (2016). El cálculo exacto se realiza aplicando la Ecuación 4, que toma en cuenta las particularidades de los componentes del sistema y su rendimiento. Este enfoque asegura que el cálculo refleje de manera precisa el consumo real de energía en el contexto del sistema eléctrico en cuestión.

$$E_{dm} = \frac{E_{dm,CD} + \frac{E_{dm,CA}}{n_i}}{n_{bat} \times n_{cond}} \dots\dots\dots(4)$$

E_{dm} : Consumo eléctrico medio diario

$E_{dm,CD}$: Consumo eléctrico medio diario en CD

$E_{dm,CA}$: Consumo eléctrico medio diario en CA

n_i : Eficiencia del inversor

n_{bat} : Eficiencia de la batería

n_{cond} : Eficiencia del conductor

$$E_{dm} = \frac{0 + \frac{26,017.80}{0.93}}{0.99 \times 0.97}$$

$$E_{dm} = 29,132.70 \text{ Wh/día}$$

Para realizar el siguiente cálculo, se asumieron ciertos valores de eficiencia para los componentes del sistema. En este caso, se consideró que el inversor tiene una eficiencia del 93%, la batería cuenta con una eficiencia del 99%, y los conductores 97%. El consumo eléctrico medio diario en CA fue de 26,017.80 Wh/día. Al sustituir estos valores en la Ecuación 4, el E_{dm} fue de 29,132.70 Wh/día. Este resultado refleja el consumo energético estimado para toda la comunidad, teniendo en cuenta las eficiencias de los distintos

componentes del sistema eléctrico. Así, se obtiene una cifra que permite tener una visión más precisa y realista del consumo energético diario en el caserío.

3.2.3.2. Carga eléctrica corregida

En este caso, se reemplaza en la Ecuación 5 el consumo medio, que es de 29,132.70 Wh/día. Además, para el sistema de generación se asume un voltaje nominal de 48 V. Al aplicar estos datos se obtuvo un valor de carga corregida de 606.93 Ah/día. Este cálculo es importante para entender la cantidad de energía que debe ser proporcionada por el sistema de generación para cubrir las necesidades cotidianas de la localidad. La carga corregida refleja la cantidad de corriente que se debe suministrar a las baterías o al sistema para asegurar un funcionamiento eficiente y constante, teniendo en cuenta el consumo energético diario y las características del sistema eléctrico.

$$Q = \frac{E_{dm}}{V_{n,sg}} \dots\dots\dots(5)$$

$$Q = \frac{29,132.70}{48}$$

$$Q = 606.93 \text{ Ah/día}$$

Q : carga eléctrica corregida.

$V_{n,sg}$: voltaje nominal (V).

3.2.3.3. Corriente del proyecto

Para calcular la corriente necesaria para el proyecto, se considera tanto la carga corregida como las horas promedio de sol, utilizando un ángulo de inclinación de 15°. Este cálculo se realiza aplicando la Ecuación 6, que toma en cuenta estos dos factores clave: la carga corregida y la cantidad de horas de sol disponible, un aspecto crucial para determinar cuánta energía se puede generar a partir de la fuente solar. El ángulo de 15° se selecciona para aprovechar al máximo la energía solar, considerando las condiciones particulares de la ubicación del proyecto. Al usar esta fórmula, se obtiene una estimación precisa de la corriente necesaria para asegurar que el sistema de energía solar sea capaz de cubrir las necesidades energéticas diarias del proyecto.

$$I_{\text{proyecto}} = \frac{Q}{\text{HSD}_{\text{crit}}} \quad \text{-----} \quad (6)$$

$$I_{\text{proyecto}} = \frac{606.93}{\text{HSD}_{\text{crit}}}$$

$$I_{\text{proyecto}} = \frac{606.93}{3.14}$$

$$I_{\text{proyecto}} = 193.29 \text{ A}$$

Donde

I_{proyecto} : corriente del proyecto (A).

HSD_{crit} : horas de sol crítico

3.3. Dimensionar el tamaño adecuado de un sistema fotovoltaico con globos solares del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

Los globos solares creados por la empresa Cool Earth buscan ofrecer una solución innovadora y accesible dentro del mundo de las energías renovables, posicionándose como la alternativa más eficiente y sostenible. A diferencia de las tecnologías solares que conocemos, como los paneles fotovoltaicos convencionales, estos globos no necesitan grandes cantidades de silicio ni materiales complejos para capturar y concentrar la energía del sol. En lugar de depender de costosos componentes, los globos solares utilizan una tecnología más sencilla pero igualmente eficaz: captadores inflables que, al elevarse a una altura determinada, son capaces de recoger la luz solar y concentrarla en celdas fotovoltaicas. Esta estrategia permite aumentar significativamente la cantidad de energía que llega a las celdas, optimizando el aprovechamiento de la luz solar y mejorando la eficiencia general del sistema. Así, en lugar de ser una opción costosa y dependiente de materiales escasos, los globos solares ofrecen una forma más accesible y ecológica de generar electricidad, aprovechando el sol de una manera mucho más efectiva. (Ecoinventos, 2018).

Una de las características más impresionantes de esta tecnología es su increíble eficiencia en términos de costos. Los globos solares pueden ser hasta 400 veces más económicos en cuanto a la cantidad de área que pueden recolectar, comparado con los sistemas solares tradicionales, lo que los convierte en una opción mucho más accesible para la generación de energía. Además, estos globos están diseñados para ser altamente resistentes. Su estructura es lo suficientemente fuerte como para soportar vientos de hasta

160 kilómetros por hora (100 mph), lo que les permite operar con eficacia en una variedad de condiciones climáticas, incluso en entornos más adversos. Su carcasa exterior de plástico no solo actúa como una barrera de protección para el receptor de energía, sino que también salvaguarda los espejos encargados de concentrar la luz solar. Esto asegura que los globos solares sean duraderos y estén preparados para resistir el desgaste del tiempo y de las inclemencias del clima. En resumen, esta tecnología no solo es económica, sino también resistente, lo que le da una gran ventaja frente a otras alternativas más costosas y frágiles en el mercado de las energías renovables (Ecoinventos, 2018).

Figura 1

Globo solar de la empresa Cool Earth



Según la información proporcionada por Cool Earth, cada globo solar tiene un tamaño compacto, con un diámetro de solo 2 metros, y tiene capacidad de generar hasta 500 W. Este rendimiento es notable considerando su tamaño, lo que demuestra la eficiencia de la tecnología. Además, su costo es sorprendentemente bajo, ya que cada unidad tiene un precio estimado de solo 2.6 dólares, lo que la convierte en una opción increíblemente accesible. Este precio tan reducido, combinado con su capacidad para producir energía limpia, hace que los globos solares sean una alternativa económica y efectiva frente a otros métodos de generación energética. Con estos beneficios, esta tecnología se presenta como una solución prometedora y revolucionaria dentro del campo de las energías renovables, con

el potencial de transformar la manera en que generamos electricidad de manera sostenible (Ecoinventos, 2018; Vidal, 2015).

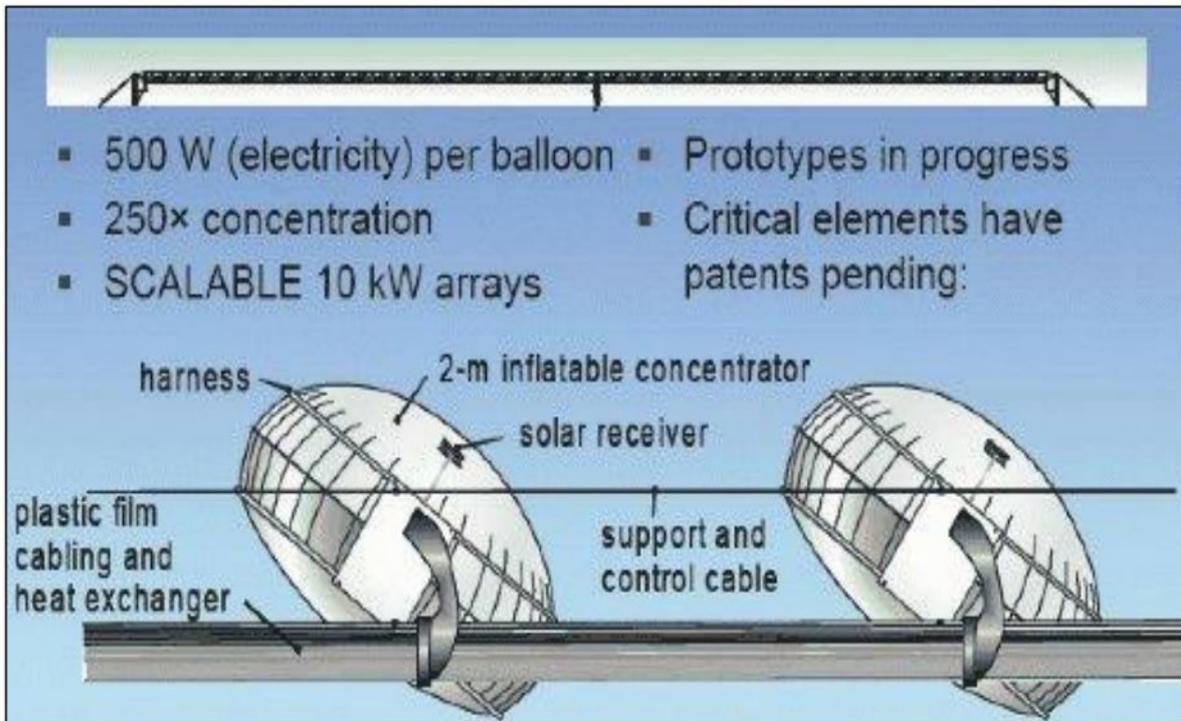
3.3.1. Cálculo del generador para el sistema de globos solares

Este dispositivo es un panel solar flexible, compuesto por películas plásticas delgadas que adoptan una forma redondeada con un diámetro superior a los 2 metros. Se mantiene suspendido en el aire, sujeto a cables o una estructura fija que le permite mantenerse en su posición. Cada unidad tiene la capacidad de generar hasta 500 Wp, con un costo de menos de 2,6 dólares, lo que lo convierte en una opción económica para la producción de energía limpia (Ecoinventos, 2018).

El funcionamiento de este globo solar es bastante innovador. Los rayos del sol atraviesan la superficie del globo, lo que permite que una parte de la energía solar sea absorbida directamente por los paneles solares que se encuentran en su interior. El resto de la energía es capturada por la estructura del globo, que la concentra y la canaliza hacia los paneles solares, optimizando así la eficiencia del sistema. Este proceso maximiza la cantidad de energía que se puede recolectar, mejorando la eficiencia y el rendimiento general del globo solar. Gracias a su diseño flexible y accesible, esta tecnología representa una alternativa sostenible y de bajo costo en el campo de las energías renovables (Ecoinventos, 2018).

Figura 2

Descripción de un Globo solar



3.3.1.1. Cantidad total de globos solares

Se tomó en cuenta un globo solar de 500 Wp de la empresa Cool Earth Solar. Usando la Ecuación 7, se obtuvo que se requieren 20 globos solares para cubrir la demanda energética del sistema fotovoltaico. Además, en este tipo de cálculos, el valor de la eficiencia del sistema (denotado como PR) generalmente se establece en 0.80, lo que implica que se considera que el 90% de la energía generada por los globos solares se aprovecha efectivamente para la producción de electricidad. Este factor ayuda a ajustar las estimaciones y asegurar que la cantidad de globos seleccionada sea la más adecuada para garantizar el funcionamiento eficiente del sistema.

Ec. (7)

$$NGxWP = \frac{Edm}{HSD_{crit} \times PR}$$

$$NGx500 = \frac{29,132.70}{3.5 \times 0.80}$$

$$NG = 20.03 \approx 20$$

Donde:

- NG : Número de globos solares
 WP : Watts pico de un globo solar
 E_{dm} : Consumo medio diario en (Wh)
 HSD_{crit}: Horas de sol diario (h/día).
 PR : Eficiencia del sistema

3.3.1.2. Cantidad de globos solares en serie

Para este cálculo se tuvo en cuenta el voltaje nominal (V_n) de cada globo, que es de 24 Vdc. Además, se consideró el voltaje de generación del sistema, que es de 48 V. Utilizando la Ecuación 8 para este cálculo, se determinó que se necesitan 2 globos solares conectados en serie para cumplir con los requisitos de voltaje del sistema. Este proceso asegura que el sistema funcione eficientemente, maximizando la generación de energía solar y manteniendo la compatibilidad con la fuente de alimentación.

Ec.(8)

$$N_{G,serie} = \frac{V_{n,sg}}{V_{n,G}}$$

$$N_{G,serie} = \frac{48}{24}$$

$$N_{G,serie} = 2$$

Donde:

- $N_{G,serie}$: Número de globos solares en serie
 $V_{n,sg}$: V_n del sistema de generación
 $V_{n,G}$: V_n del globo solar

3.3.1.3. Cantidad de globos solares en paralelo

Para este cálculo se tuvo en cuenta la Ecuación 9 y se consideró el uso de 10 globos solares en paralelo. Este procedimiento tiene como objetivo asegurar que el sistema disponga

de la cantidad adecuada de globos para generar la potencia requerida, manteniendo el equilibrio necesario entre el voltaje y la corriente. Al conectar los globos en paralelo, se busca optimizar la distribución de la energía, permitiendo que el sistema funcione estable y eficientemente.

Ec.(9)

$$NG_{,paralelo} = \frac{NG}{NG_{,serie}}$$

$$NG_{,paralelo} = \frac{20}{2}$$

$$NG_{,paralelo} = 10$$

Donde:

$NG_{,paralelo}$: Número de globos solares/paralelo

NG : Número total de globos solares

$NG_{,serie}$: Globos fotovoltaicos/serie

3.3.2. Potencia del sistema de generación

Para este cálculo se tuvo en cuenta la Ecuación 10, la cual tiene en cuenta 10 globos solares conectados en paralelo y 2 conectados en serie. En total la potencia combinada es de 10 kWp. Este sistema está pensado para cubrir la cantidad de energía necesaria para el caserío. La configuración de los globos solares en serie y paralelo garantiza que se pueda generar la cantidad de energía adecuada para cubrir las necesidades, asegurando un suministro constante y eficiente de energía solar.

Ec(10)

$$P_{SG} = NG_{,paralelo} \times NG_{,serie} \times P_{max,G}$$

$$P_{SG} = 10 \times 2 \times 500$$

$$P_{SG} = 10 \text{ kWp}$$

Donde:

P_{SG} : Potencia del sistema de globos solares (kWp)

$P_{max,G}$: Potencia del globo solar (Wp)

$NG_{,paralelo}$: Cantidad de globos solares/paralelo

NG_{serie} : Cantidad de globos solares/serie

3.3.3. Cálculo de baterías para del sistema fotovoltaico de globos solares

Las baterías del sistema juegan un papel crucial en su funcionamiento, ya que gestionan de manera eficiente las cargas que reciben del generador fotovoltaico de globos solares, las cuales varían según las condiciones de carga y descarga. El cálculo de su rendimiento se realizó utilizando la Ecuación 11, tomando en cuenta la carga corregida de 606.93 Ah/día. En cuanto a la autonomía del sistema, se estimó que el tiempo de funcionamiento sin recurrir a recarga puede oscilar entre 2 y 5 días, dependiendo de las condiciones específicas. Dado que el caserío de Jaway se encuentra en una zona de clima templado, se optó por considerar una autonomía de 2 días. Además, según las especificaciones de la batería, se sabe que su máxima profundidad de descarga es del 80%, y su factor de corrección por temperatura es del 95%, lo cual asegura un rendimiento óptimo incluso en variaciones de temperatura. Este conjunto de datos garantiza que el sistema será eficiente y fiable en su funcionamiento, cumpliendo con las necesidades de energía del caserío.

3.3.3.1. Capacidad nominal de las baterías

Con base en los datos obtenidos, se procedió a determinar la capacidad necesaria para el sistema de baterías utilizando la Ecuación 11. Parece que estás detallando el cálculo de la capacidad de las baterías en tu proyecto de sistemas fotovoltaicos para el caserío de Jaway. En este caso, lo que estás mencionando es un enfoque técnico que toma en cuenta varios factores para asegurar que el sistema de almacenamiento energético sea eficiente y funcione correctamente.

1. Carga corregida (603.93 Ah): Es la carga que se obtiene después de aplicar los factores de corrección de temperatura y de descarga.
2. Días de autonomía (2-5 días): Has seleccionado 2 días de autonomía debido al clima caluroso de la zona de Jaway, lo que es una opción común en áreas con alta radiación solar y temperaturas elevadas.
3. Factor de profundidad de descarga (80%): El MINEM establece que el sistema debe operar con una profundidad de descarga máxima del 80%, lo que significa que solo el 80% de la capacidad nominal de las baterías se debe utilizar para evitar daños en las mismas y alargar su vida útil.

4. Factor de corrección de temperatura (90%): Este factor ajusta la capacidad de la batería en función de la temperatura ambiente. Dado que el caserío de Jaway es una zona calurosa, este ajuste es esencial para considerar cómo el calor puede afectar la eficiencia de las baterías.

Ec.(11)

$$C_{B. baterias} = \frac{Q \times N_{d.auto}}{(FP_{max.BD.d}) \times F_{CT}}$$

$$C_{B. baterias} = \frac{606.93 \times 2}{(0.80) \times 0.90}$$

$$C_{B. baterias} = 1,685 Ah$$

Donde:

$C_{B. baterias}$: Capacidad nominal de las baterías.

Q : Carga corregida.

$N_{d.auto}$: Número de días de autonomía.

$FP_{max.BD.d}$: Factor de máxima profundidad de descarga.

F_{CT} : Factor de corrección por temperatura.

Se seleccionó una batería modelo Rolls 12cs 11p de 318 Ah, según lo indicado por Ecodirect (2018). Esta batería fue elegida por su capacidad de almacenamiento, que se ajusta a los requisitos del sistema, brindando la energía necesaria para satisfacer la demanda en los períodos de autonomía. La especificación de 318 Ah es clave, ya que permite asegurar que el sistema pueda operar de manera eficiente y sin interrupciones, incluso en condiciones de baja generación. Además, la elección de este modelo de batería se basa en su fiabilidad y durabilidad, lo cual es crucial para garantizar el funcionamiento continuo del sistema de globos solares en el largo plazo.

3.3.3.2. Baterías en paralelo

Para este cálculo se tuvo en cuenta la Ecuación 12, que determina cuántas baterías en paralelo son necesarias para el sistema fotovoltaico de globos solares. En este caso, se optó por usar seis baterías conectadas en paralelo, lo que permite aumentar la capacidad total de

almacenamiento sin alterar el voltaje del sistema. Esta configuración es ideal para garantizar que el sistema tenga suficiente energía almacenada para cubrir las demandas en momentos de baja generación, asegurando un suministro estable y continuo. La elección de seis baterías en paralelo también optimiza el rendimiento y la eficiencia del sistema.

Ec.(12)

$$N_{B,paralelo} = \frac{C_{B,baterias}}{C_{n,baterias}}$$

$$N_{B,paralelo} = \frac{1685 Ah}{318Ah}$$

$$N_{B,paralelo} = 5.29 \approx 6$$

Donde.

$N_{B,paralelo}$: Cantidad de baterías/paralelo.

$C_{B,baterias}$: Capacidad nominal del sistema de baterías.

$C_{n,baterias}$: Capacidad nominal de cada batería.

3.3.3.3. Baterías en serie

Para este cálculo se tuvo en cuenta la Ecuación 13, que nos permite determinar la cantidad de baterías necesarias para alcanzar el voltaje que se requiere por el sistema fotovoltaico de globos solares. En este caso, se concluyó que se necesitan 4 baterías conectadas en serie. Esta configuración en serie es fundamental, ya que permite aumentar el voltaje total del sistema, lo cual es necesario para que la energía almacenada se pueda utilizar eficientemente y de acuerdo con las especificaciones del sistema. Al conectar las baterías de esta manera, se asegura que el sistema fotovoltaico pueda operar a la capacidad de voltaje correcta, optimizando el rendimiento y garantizando un suministro de energía estable.

Ec.(13)

$$N_{B,serie} = \frac{V_{SIS,operacion}}{V_{bateria}}$$

$$N_{B,serie} = \frac{48}{12}$$

$$N_{B,serie} = 4$$

Donde:

$N_{B,serie}$: Cantidad de baterías/serie

$V_{SIS,operación}$: Voltaje de operación del sistema

$V_{bateria}$: Voltaje operación de cada batería

3.3.3.4. Cantidad total de baterías

Para este cálculo se tuvo en cuenta la Ecuación 14. De acuerdo con este cálculo, el sistema de almacenamiento de energía se conforma por una combinación de 6 baterías conectadas en paralelo y 4 conectadas en serie. En total 24 baterías, lo que garantiza que el sistema pueda almacenar la cantidad adecuada de energía para satisfacer la demanda, optimizando tanto la capacidad de almacenamiento como el voltaje necesario para el buen funcionamiento del sistema de globos solares. La configuración en paralelo asegura una mayor capacidad de almacenamiento, mientras que la conexión en serie permite ajustar el voltaje al nivel requerido. Esta distribución de las baterías asegura que el sistema sea eficiente, confiable y capaz de operar de manera estable durante largos períodos.

Ec.(14)

$$N_{b,total} = N_{B,serie} \times N_{B,paralelo}$$

$$N_{b,total} = 4 \times 6$$

$$N_{b,total} = 24$$

Donde:

$N_{b,total}$: Cantidad total de baterías

$N_{B,paralelo}$: Cantidad de baterías/paralelo

$N_{B,serie}$: Cantidad de baterías/serie

3.3.4. Corriente de operación del generador

Para este cálculo se consideró la Ecuación 15 y la corriente de funcionamiento de cada globo fotovoltaico Cool Earth Solar de 500 Wp, que es de 13.01 A. Además, se tuvo

en cuenta la cantidad de globos fotovoltaicos conectados en paralelo, ya que esto influye directamente en la corriente total generada. Como resultado se obtuvo 130.1 A. Este cálculo es crucial para asegurarse de que el sistema fotovoltaico pueda generar y manejar la corriente adecuada para alimentar las cargas del sistema, garantizando un rendimiento eficiente y estable.

Ec.(15)

$$I_{Oper,G} = I_{Oper,globo} \times N_{G,paralelo}$$

$$I_{Oper,G} = 13.01 \times 10$$

$$I_{Oper,G} = 130.1 \text{ A}$$

Donde:

$I_{Oper,G}$: Corriente de operación

$I_{Oper,globo}$: Corriente operación del globo

$N_{G,paralelo}$: Cantidad globos solares/paralelo

3.3.4.1. Corriente máxima del generador fotovoltaico de globos solares

Para este cálculo se consideró la Ecuación 16 y se consideró la corriente de cortocircuito de cada globo fotovoltaico Cool Earth Solar de 500 Wp, que es de 13.01 A. Además, se tuvo en cuenta la cantidad de globos conectados en paralelo, ya que esto impacta directamente en la corriente total del sistema. Esto permitió obtener como resultado 130.1 A. Este cálculo es esencial para asegurar que el sistema pueda manejar adecuadamente la corriente generada en condiciones de máxima producción, evitando riesgos de sobrecarga y garantizando un rendimiento óptimo y seguro del sistema fotovoltaico a lo largo del tiempo.

Ec.(16)

$$I_{max,G} = I_{SC,globo} \times N_{G,paralelo}$$

$$I_{max,G} = 13.01 \times 10$$

$$I_{max,G} = 130.1 \text{ A}$$

Donde:

$I_{\max,G}$: Corriente máxima del generador

$I_{SC,globo}$: Corriente de cortocircuito del globo solar

$N_{G,paralelo}$: Cantidad de globos/paralelo

3.3.5. Corriente de controlador de carga

Para este cálculo se deben considerar varios factores, como la corriente de cortocircuito de los globos solares, el número de globos que se instalarán en paralelo y el factor de seguridad que se utiliza para garantizar un margen adicional de protección. La corriente del controlador de carga debe ser mayor que la corriente generada para asegurar que pueda manejar de manera eficiente cualquier fluctuación o sobrecarga. Este valor se determina utilizando la Ecuación 17, la cual indica un valor de 162.63 A. Este cálculo es fundamental para asegurar que el sistema funcione de manera segura y eficiente, protegiendo tanto los equipos como la instalación de posibles problemas derivados de una corriente inadecuada o excesiva.

Ec.(17)

$$I_{\text{regulador}} > F_{SC} \times I_{SC,globo} \times N_{G,paralelo}$$

$$I_{\text{regulador}} > 1,25 \times 13.01 \times 10$$

$$I_{\text{regulador}} > 162.63 \text{ A}$$

Donde:

$I_{\text{regulador}}$: Corriente del regulador

F_{SC} : Factor de seguridad por corto circuito

$I_{SC,globo}$: Corriente de corto circuito del globo solar

$N_{G,paralelo}$: Número de globos solares/paralelo

3.3.5.1. Número de reguladores de carga

La selección del Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON, con capacidad para la carga de baterías, se basó en sus capacidades y características excepcionales. Este controlador es ideal para sistemas fotovoltaicos, ya que puede manejar una corriente de carga a baterías y soporta hasta 150V. La tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracking) de Victron es conocida por su alta eficiencia, utilizando algoritmos avanzados que optimizan el rendimiento del sistema incluso en condiciones de nubosidad parcial o variaciones de luz. Esto garantiza que el sistema solar siempre funcione a su máxima capacidad, maximizando la generación de energía. Además, este controlador es compatible con baterías de 12V, 24V y 48V, y cuenta con una sólida protección electrónica, lo que asegura tanto la seguridad como la longevidad del sistema (AutoSolar, 2025).

El controlador de carga Blue Solar MPPT 150/35 es un dispositivo que permite cargar baterías con una corriente de hasta 35A y una tensión de hasta 150V en las placas solares. Este modelo destaca por su capacidad para realizar un seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT), adaptándose incluso a situaciones de nubosidad parcial para optimizar la recogida de energía. Su eficiencia de conversión es sobresaliente, y cuenta con un algoritmo de carga flexible, un relé auxiliar reprogramable y una amplia gama de protecciones electrónicas. Cuando las condiciones meteorológicas cambian, como en días nublados o lluviosos, la intensidad de la luz solar fluctúa, y el controlador se ajusta rápidamente a esos cambios, mejorando la captación de energía hasta un 30% más que los controladores PWM y un 10% más que otros controladores MPPT. Gracias a su algoritmo, siempre maximiza la recolección de energía, alcanzando el punto de máxima potencia adecuado en cada momento. Además, el controlador tiene la capacidad de cargar baterías con una tensión nominal inferior a la de las placas solares, ajustando automáticamente la tensión de la batería a 12, 24, 36 o 48V, dependiendo de la instalación. Si se utiliza una configuración de 36V, será necesario un software adicional para su funcionamiento.

Figura 3

Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON



Para este cálculo se consideró la Ecuación 18, la cual concluye que se necesita cinco controladores de carga para el sistema. Este controlador, por su fiabilidad y características avanzadas, se adapta perfectamente a las necesidades del sistema, asegurando un rendimiento óptimo y una gestión eficiente de la energía generada.

Ec.(18)

$$N_{\text{Reg}} = \frac{I_{\text{regulador}}}{I_{\text{reg,seleccionado}}}$$

$$N_{\text{Reg}} = \frac{162.63}{35}$$

$$N_{\text{Reg}} = 4.65 \approx 5$$

Donde.

N_{Reg} : Cantidad de reguladores de carga.

$I_{\text{regulador}}$: Corriente del regulador carga (A).

$I_{\text{reg,seleccionado}}$: Corriente del regulador seleccionado (A).

3.3.5.2. Número de ramas en cada regulador de carga

Según los cálculos realizados utilizando la Ecuación 19, se determinó que cada regulador puede manejar un total de 2 ramas. Este resultado es clave para la correcta distribución y gestión de la energía en el sistema, asegurando que cada regulador opere dentro de su capacidad óptima sin sobrecargar ningún componente. Al definir este número de ramas por regulador, se logra un equilibrio eficiente en la carga y un rendimiento más estable del sistema en general.

Ec.(19)

$$N_{\text{Ramas x regulador}} = \frac{N_{G,Paralelo}}{N_{Reg}}$$

$$N_{\text{Ramas x regulador}} = \frac{10}{5}$$

$$N_{\text{Ramas x regulador}} = 2$$

$N_{\text{Ramas x regulador}}$: Cantidad de ramas por cada regulador

$N_{G,Paralelo}$: Cantidad de globos solares/paralelo

N_{Reg} : Cantidad reguladores

3.3.6. Cálculo del inversor DC/AC

El cálculo del inversor DC/AC se refiere al proceso de conversión de energía desde corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), un paso esencial para que la energía solar generada pueda ser utilizada en hogares o instalaciones. Un inversor es un dispositivo diseñado específicamente para transformar la corriente de una o varias baterías (usualmente de 12, 24 o 48 V) en la corriente alterna que se necesita para alimentar los aparatos eléctricos de una vivienda o cualquier otra carga. Este dispositivo también se conoce como convertidor de corriente u ondulator de corriente, ya que se encarga de cambiar la forma de la energía para que sea compatible con los estándares de uso. Los parámetros estándar para esta conversión son 220 V RMS (voltaje efectivo) y una frecuencia de 60 Hz, que son los valores típicos de corriente alterna en la mayoría de los hogares.

3.3.6.1. Potencia del inversor

Este cálculo se realiza utilizando la Ecuación 20. Al conocer la demanda energética del caserío, se asegura que el inversor seleccionado tenga la capacidad suficiente para manejar y convertir la energía eficientemente, garantizando que el sistema de globos solares pueda suministrar la potencia necesaria para cubrir todas las necesidades de energía del lugar. Este paso es crucial para dimensionar correctamente el inversor y evitar sobrecargas o subutilización del equipo.

Ec.(20)

$$P_{INV} = 1.15 \times \frac{P_{generacion}}{n_{inversor}}$$

$$P_{INV} = 1.15 \times \frac{10 \text{ kWp}}{0.93}$$

$$P_{INV} = 12,365.59 \text{ W}$$

Donde:

P_{INV} : Potencia inversor (W)

$P_{generacion}$: Potencia de corriente alterna (kWp)

$n_{inversor}$: Eficiencia del inversor

En función de las necesidades energéticas del caserío, se ha seleccionado un Inversor Cargador 5KVA 4000W 48V MPPT 80A Must Solar. Este inversor está hecho para funcionar con un sistema de baterías de 48 VDC, proporcionando una potencia máxima de 4000 W. Su eficiencia es del 93%, lo que asegura un rendimiento óptimo en la conversión de energía. Además, entrega un voltaje de salida de 220 VAC, con una frecuencia de 60 Hz, que se ajusta a los requerimientos eléctricos típicos. Las características detalladas de este inversor cargador están disponibles en la ficha técnica proporcionada en los anexos de este estudio. Este dispositivo está diseñado con varias protecciones, incluyendo contra sobrecargas, cortocircuitos y descarga profunda de las baterías. También tiene la función de arranque en frío, soporte USB y la opción de monitoreo. Su pantalla LCD de gran tamaño permite una fácil visualización y configuración por parte del usuario, facilitando el acceso a opciones como la corriente de carga de las baterías solares, la prioridad entre el cargador de

CA y solar, y los rangos de tensión de entrada de CA, todo adaptado a diferentes necesidades de uso.

Figura 4

Inversor Cargador 5KVA 4000W 48V MPPT 80A Must Solar



3.3.6.2. Número de inversores

Para establecer la cantidad de inversores necesarios, se utilizó la potencia de inductor calculada de 12,365.59 W, que se dividió por la potencia del inductor elegido, que es de 4000W. Este cálculo se realizó empleando la Ecuación 21, la cual permite obtener el número aproximado de inversores requeridos para el sistema.

Ec(21)

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

$$N_{INV} = \frac{12,365.59}{4000}$$

$$N_{INV} = 3.09 \approx 3$$

Donde:

N_{INV} : Número de inversores.

P_{INV} : Potencia del inversor.

$P_{INV,selec}$: Potencia del inversor elegido.

3.3.7. Cálculo de los conductores

Se eligieron los conductores de manera que la caída de tensión se mantuviera dentro de los límites establecidos por la normativa actual, garantizando así un funcionamiento eficiente y seguro del sistema. Este proceso asegura que la instalación cumpla con los estándares establecidos, evitando pérdidas de energía innecesarias y maximizando la eficiencia de todo el sistema eléctrico.

3.3.7.1. Corriente máxima del cableado generador - regulador

El cálculo de la corriente máxima que debe ser capaz de soportar el conductor entre el generador fotovoltaico y regulador de carga se llevó a cabo utilizando la Ecuación 22. Este procedimiento tiene como objetivo asegurarse de que el conductor elegido sea capaz de manejar de manera segura la cantidad de corriente que se generará, evitando sobrecargas o posibles daños en el sistema. Al considerar estos factores, se garantiza que el sistema opere de forma eficiente y dentro de los parámetros de seguridad requeridos.

Ec.(22)

$$I_{max,G-R} = 1,25 \times I_{SC,globo} \times N_{Ramas \times regulador}$$

$$I_{max,G-R} = 1,25 \times 13.01 \times 2$$

$$I_{max,G-R} = 32.53A$$

Donde:

$I_{max,G-R}$: Corriente máxima del conductor generador - regulador.

$I_{SC,globo}$: Corriente de cortocircuito del globo utilizado.

3.3.7.2. Corriente máxima cableado entre regulador y el inversor

El cálculo de la corriente máxima que los conductores deben ser capaces de soportar el tramo que va del regulador al inversor se hizo utilizando la Ecuación 23 obteniendo una intensidad máxima de 346.26 A. Este dato es crucial para garantizar que los cables seleccionados sean adecuados para manejar la carga sin riesgo de sobrecalentamiento o

fallos, lo que a su vez contribuye a la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico en su totalidad.

Ec.(23)

$$I_{max,R-I} = \frac{1.25 \times P_{INV}}{V_{Trabajo} \times n_i}$$

$$I_{max,R-I} = \frac{1.25 \times 12,365.59}{48 \times 0,93}$$

$$I_{max,R-I} = 346.26 A$$

Donde:

$I_{max,R-I}$: Corriente máxima de regulador - inversor.

P_{INV} : Potencia del inversor.

$V_{Trabajo}$: Voltaje del inversor.

n_i : Eficiencia del inversor.

3.3.8. Cálculo de la sección de los conductores

En este cálculo, se considera la caída de tensión que se puede presentar en cada tramo del sistema fotovoltaico, lo que es fundamental para asegurar el buen desempeño del sistema en general. Según el Código Nacional de Electricidad (2011), es fundamental dimensionar los conductores considerando que la caída de tensión no supere el 2.5%, garantizando así una transmisión de energía eficiente y sin pérdidas innecesarias. Para realizar este dimensionamiento, se empleó la Ecuación 24, que permite obtener el tamaño adecuado de los conductores, optimizando el rendimiento y asegurando la conformidad con las normativas establecidas.

Ec.(24)

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

Donde.

S_{Cable} : Sección recomendada (mm^2).

L : Longitud (m).

I_{MAX} : Corriente máxima.

K : Coeficiente de conductividad de cobre ($m/\Omega \times mm^2$).

ΔV : Caída máxima de tensión para cada tramo de conductor.

Para llevar a cabo el cálculo fue necesario tener en cuenta un coeficiente de conductividad del cobre de $56 m/\Omega \cdot mm^2$, considerando una temperatura de referencia de $20^\circ C$. Este valor es fundamental, ya que la conductividad eléctrica del cobre puede variar dependiendo de la temperatura, y en este caso, se establece el valor en condiciones estándar para garantizar que los cálculos sean precisos y reflejen el rendimiento real del material bajo las condiciones indicadas. Asimismo, se optó por elegir un cable del tipo THW-90, ya que cumple con las especificaciones necesarias para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema en las condiciones de operación previstas. Este tipo de cable es adecuado por su capacidad de resistencia a altas temperaturas y su durabilidad.

Para este diseño específico de un sistema fotovoltaico de globos solares, se optó por utilizar un cable del tipo THW-90 debido a varias razones clave relacionadas con su desempeño y características técnicas. Los cables THW-90 son reconocidos por su alta resistencia a temperaturas elevadas, lo que los hace especialmente adecuados para entornos exteriores y sistemas expuestos a variaciones de temperatura, como es el caso de los sistemas de globos solares. Además, su aislamiento de material termoplástico ofrece una excelente protección contra la humedad y condiciones atmosféricas adversas, asegurando una mayor durabilidad y estabilidad en la operación del sistema, incluso bajo la exposición directa al sol o a la intemperie.

Este tipo de cable también es conocido por su alta resistencia a los productos químicos y a la abrasión, lo que lo convierte en una opción ideal para instalaciones en las que el cableado pueda estar en contacto con sustancias potencialmente corrosivas o en entornos con un desgaste constante. Al elegir el THW-90, se busca minimizar los riesgos de fallos en el sistema, asegurando un rendimiento continuo y eficiente del sistema (Anexo 8).

Tabla 6

Selección de conductores y caída de tensión

| Tramos | I_{adm} (A) | Sección (mm^2) | L (m) | ΔV (V) |
|----------|---------------|--------------------|-------|----------------|
| Tramo I | 32.53 | 4 | 7 | 2.03 |
| Tramo II | 32.53 | 4 | 4 | 1.16 |

| | | | | |
|-----------|--------|-----|---|------|
| Tramo III | 346.26 | 185 | 3 | 0.20 |
|-----------|--------|-----|---|------|

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 6 se presenta la selección de los conductores junto con las respectivas caídas de tensión. Al observar los datos, se puede notar que la caída de tensión en todos los casos no excede el 2,5%. Esto indica que el sistema está diseñado de manera eficiente, ya que se mantiene dentro de los límites recomendados para evitar pérdidas significativas de energía. Un valor inferior al 2,5% es ideal, ya que asegura un rendimiento óptimo sin comprometer la capacidad del sistema para entregar la potencia necesaria.

3.3.9. Protección del sistema fotovoltaico de globos solares

Para establecer la protección del sistema se utiliza la Ecuación 25. Esta fórmula es fundamental para calcular los parámetros necesarios para asegurar que los componentes del sistema estén protegidos adecuadamente. De esta manera, se previenen daños en los equipos y se garantiza el funcionamiento seguro y eficiente de todo el sistema, minimizando los riesgos de fallos o pérdidas.

Ec.(25)

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

Donde:

I_b : Intensidad de corriente que recorre por el conductor.

I_n : Intensidad nominal del fusible.

I_{adm} : Intensidad máxima admisible del conductor.

3.3.9.1. Tramo I: Generador fotovoltaico - regulador

Al sustituir los valores en la Ecuación 25, el resultado obtenido fue una corriente de 32 A, seleccionándose un fusible NH 1 ST con una capacidad de 1000 VDC. Este fusible tiene un rango de corrientes asignadas que va desde los 25 A hasta los 100 A, lo que lo hace adecuado para su uso en sistemas fotovoltaicos, donde la protección frente a sobrecargas es crucial para asegurar el rendimiento del sistema. Esta elección garantiza que el sistema esté protegido de manera efectiva, manteniendo la integridad de los componentes y evitando posibles fallos.

Ec.(25)

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

$$32.53 \leq I_n \leq 0.9 \times 34$$

$$32.53 \leq I_n \leq 30.6$$

$$I_n = 32 \text{ A}$$

3.3.9.2. Tramo II: Regulador – baterías

En el tramo que va desde el regulador hasta la batería, en la Ecuación 25, se obtuvo en una corriente de 32 A, lo que llevó a seleccionar un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000 VDC, con un rango de corriente asignada que va desde los 25 A hasta los 100 A. Este tipo de fusible es especialmente adecuado para sistemas fotovoltaicos, ya que su diseño está optimizado para ofrecer una protección proporcional a las necesidades de estos sistemas. Esta elección asegura que la instalación esté protegida de manera eficiente ante posibles sobrecargas o fallos, manteniendo su rendimiento y seguridad en el tiempo.

Ec.(25)

$$I_b \leq I_n \leq 0.9 \times I_{adm}$$

$$32.53 \leq I_n \leq 0.9 \times 34$$

$$32.53 \leq I_n \leq 30.6$$

$$I_n = 32 \text{ A}$$

3.3.9.3. Tramo III: Batería – inversor

Al sustituir los valores en la Ecuación 25, para un tramo inversor-batería con una corriente nominal de 330 A en un sistema fotovoltaico, es recomendable elegir un fusible diseñado específicamente para aplicaciones de alta corriente y voltaje en sistemas de energía solar. Un fusible de cuchilla tipo NH (como el modelo NH 1 ST mencionado previamente, pero en una clasificación más alta) podría ser adecuado, pero en este caso, debería optarse por un fusible con un rango de corriente que cubra los 330 A de forma segura.

Una opción recomendada podría ser un fusible de cuchilla NH 3 ST con capacidad de 1000 VDC y un rango de corriente que va desde los 200 A hasta los 400 A, diseñado

para sistemas fotovoltaicos. Este tipo de fusible ofrece una protección adecuada frente a sobrecargas y cortocircuitos, asegurando que el sistema funcione de manera segura. Además, los fusibles NH están fabricados para cumplir con los estándares y normas de protección en sistemas solares, lo que garantiza su fiabilidad y eficiencia.

Ec(25)

$$I_b \leq I_n \geq 0.9 \times I_{adm}$$

$$346.26 \leq I_n \geq 0.9 \times 361$$

$$346.26 \leq I_n \geq 324.9$$

$$I_n = 330 \text{ A}$$

3.3.9.4. Protección de inversor

Para determinar el valor adecuado del interruptor termomagnético, primero se calculó la corriente máxima de carga del inversor, que resultó ser de 18.73 A. Con este valor, se seleccionó un interruptor termomagnético de 30 mA x 25 A, el cual es adecuado para manejar la corriente máxima calculada y proporcionar una protección eficiente en caso de sobrecargas o fallos. El cálculo de la corriente máxima de carga se realiza mediante la Ecuación 26. De esta manera, se garantiza que el interruptor termomagnético de 25 A será capaz de manejar la corriente máxima sin riesgo de daños, mientras protege al inversor y al resto del sistema fotovoltaico en caso de anomalías eléctricas. Esta selección es crucial para asegurar la seguridad del sistema, optimizando su rendimiento y reduciendo posibles riesgos de fallos.

Ec.(26)

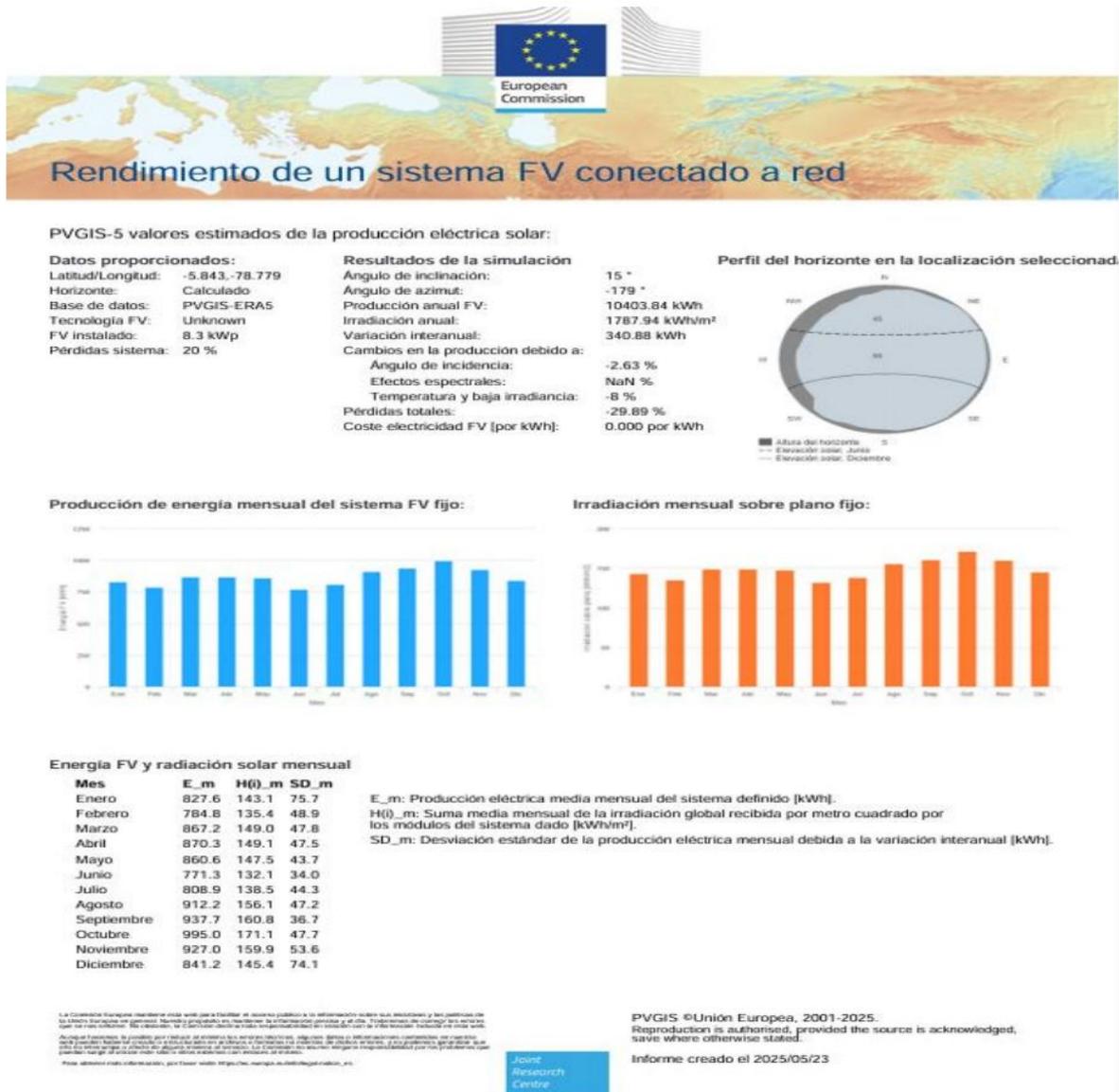
$$I_{\max Carga} = \frac{P_{inv}}{N_{INV} \times V}$$

$$I_{\max Carga} = \frac{12,365.59}{3 \times 220}$$

$$I_{\max Carga} = 18.73 \text{ A}$$

Calculando la capacidad óptima del sistema fotovoltaico mediante software PVGIS

La herramienta PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), desarrollada por la Comisión Europea, es una plataforma web de libre acceso que permite estimar el potencial de generación eléctrica de sistemas fotovoltaicos según la ubicación geográfica. Utiliza datos climáticos históricos y permite simular la producción energética considerando diversos factores, como la potencia instalada, la inclinación y orientación de los paneles, el tipo de sistema y las pérdidas del sistema. Gracias a su interfaz intuitiva y capacidad de seleccionar cualquier punto geográfico, resulta útil para el diseño preliminar y evaluación de proyectos solares. En esta investigación, PVGIS se utilizó para estimar la generación potencial del sistema fotovoltaico en el caserío Jaway, Jaén, Cajamarca, obteniendo una producción de 10,403.848 kWh anuales, resultado similar con cálculos previos.



3.3.4. Evaluar la factibilidad económica del diseño realizado del sistema fotovoltaico de globos solares para el caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

Según la empresa Cool Earth, esta innovadora tecnología fotovoltaica basada en globos solares se encuentra en una fase experimental. En la Tabla 7, se presenta una estimación preliminar del costo futuro de este sistema, basada en datos recopilados de diversas fuentes, y refleja las proyecciones para el corto plazo. A pesar de las limitaciones actuales, el potencial de esta tecnología para transformar el mercado energético es considerable, y su desarrollo podría abrir nuevas posibilidades para la generación de energía renovable de bajo costo.

Tabla 7

Presupuesto para la instalación del sistema fotovoltaico basado en globos solares

| Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario (S/) | Precio total (S/) |
|--|----------|--------|----------------------|----------------------|
| Equipos | | | | S/ 85,843.40 |
| Globo solar Cool Earth (500W) | 20 | Und | S/ 5.95 | S/ 118.98 |
| Batería modelo Rolls 12cs 11p de 318 Ah | 24 | Und | S/ 2,924.24 | S/ 70,181.69 |
| Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON | 5 | Und | S/ 584.44 | S/ 2,922.20 |
| Inversor Cargador 5KVA 4000W 48V MPPT 80A Must Solar | 3 | Und | S/ 3,222.03 | S/ 9,666.10 |
| Conductor THW-90 4mm2 | 11 | Metros | S/ 4.24 | S/ 46.61 |
| Conductor THW-90 185mm2 | 3 | Metros | S/ 25.42 | S/ 76.27 |
| Fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000 VDC | 2 | Und | S/ 643.49 | S/ 1,286.98 |
| Fusible de cuchilla NH 3 ST de 1000 VDC | 1 | Und | S/ 1,336.27 | S/ 1,336.27 |
| Interruptor termomagnético de 30 mA x 25 A | 1 | Und | S/ 208.28 | S/ 208.28 |
| Mano de obra | | | | S/ 5,000.00 |
| Costo de instalación y transporte | 1 | M.O. | S/ 5,000.00 | S/ 5,000.00 |
| Sub-total | | | | S/ 90,843.40 |
| IGV | | | | S/ 16,351.81 |
| Presupuesto Total (Pr) | | | | S/ 107,195.21 |

La viabilidad económica del sistema fotovoltaico aislado para abastecer de energía eléctrica está influenciada por varios factores clave. Entre los más importantes se encuentran los siguientes:

- Presupuesto para la instalación del sistema fotovoltaico basado en globos solares, que asciende a S/ 107,195.21 nuevos soles. Este presupuesto cubre todos los aspectos necesarios para la implementación del sistema, incluyendo la compra de equipos, instalación y puesta en marcha.
- La producción anual neta de energía que el sistema es capaz de generar. Este valor se calcula utilizando la Ecuación 27, la cual tiene en cuenta diversos parámetros técnicos y ambientales para estimar el rendimiento del sistema a lo largo del año.

Ec.(27)

$$P_{ENA} = HSD_{crit} \times NG \times P_{max,G} \times N_{dias}$$

Donde:

P_{ENA} : Producción de energía neta anual

HSD_{crit} : Horas de sol crítico.

NG : Número de globos solares

$P_{max,G}$: Potencia máxima del globo solar (Wp), considerando la eficiencia de cables, batería e inversor.

N_{dias} : Número de días por año.

Estos factores son fundamentales para determinar si el sistema es económicamente viable y si puede generar los ahorros y beneficios esperados para la comunidad a largo plazo. De esta manera, la evaluación de la producción energética y los costos iniciales permitirá tomar decisiones informadas sobre la implementación y el mantenimiento del sistema fotovoltaico en Jaway.

Cálculo de la producción de energía neta anual que el sistema es capaz de generar:

Ec.(27)

$$P_{ENA} = HSD_{crit} \times NG \times P_{max,G} \times N_{dias}$$

$$P_{ENA} = 3.14 \times 20 \times (500 * 0.9) \times 365$$

$$P_{ENA} = 10,314.90 \text{ kWh/año}$$

Cálculo unitario del costo de mantenimiento del sistema de globos solares

Tabla 8

Costos Unitarios de los gastos de Mantenimiento del sistema de globos solares

| Gasto | Precio |
|-----------------------------|-------------|
| Pago mano de obra | S/ 900.00 |
| Mantenimiento de los globos | S/ 1,320.00 |
| Transporte | S/ 80.00 |
| Alimentación | S/ 120.00 |
| Hospedaje | S/ 80.00 |
| Total | S/ 2,500.00 |

Fuente: elaboración propia

Determinación del precio de la energía (P_E)

Para realizar el análisis de la tarifa eléctrica, se utilizaron los Pliegos Tarifarios emitidos por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) es de 0.7613 soles por Kilovatio.

3.4.1. Retorno de la inversión

Este apartado realiza una evaluación preliminar de la viabilidad económica del sistema fotovoltaico autónomo de globos solares destinado a suministrar electricidad al caserío. En este análisis, se establece una comparación entre el costo total del sistema fotovoltaico de globos solares y la cantidad de energía que se espera generar anualmente a partir de él. De esta manera, se busca determinar si la inversión inicial será rentable en el futuro, teniendo en cuenta el rendimiento energético del sistema. El cálculo del retorno de inversión se lleva a cabo utilizando la Ecuación 28, la cual permite estimar el tiempo y las condiciones necesarias para recuperar la inversión realizada.

Ec.(28)

$$R_{inv} = \frac{P_T}{(P_{ENA} \times P_E) - C_{MA}}$$

Donde:

R_{inv} : Retorno de la inversión (años)

P_T : Presupuesto total

P_{ENA} : Producción de energía neta anual

P_E : Precio de la energía convencional

C_{MA} : Costo de mantenimiento anual

$$R_{inv} = \frac{107,195.21}{(10,314.90 \times 0.7613) - 2500}$$

$$R_{inv} = \frac{107,195.21}{(7852.733) - 2500}$$

$$R_{inv} = \frac{107,195.21}{5352.73}$$

$$R_{inv} = 15.55 \approx 16 \text{ años}$$

El tiempo estimado para recuperar la inversión en el proyecto de diseño del sistema fotovoltaico autónomo, que utiliza globos solares para abastecer de energía eléctrica al caserío Jaway, es de aproximadamente 16 años. Esto significa que, luego de este período, los beneficios derivados de la generación de electricidad solar comenzarán a superar la inversión inicial realizada en la instalación del sistema. Este cálculo es fundamental para evaluar la sostenibilidad económica del proyecto a largo plazo y determinar si, a lo largo de los años, resultará rentable para la comunidad, mejorando su acceso a una fuente de energía limpia y renovable.

3.4.2. Beneficio económico

El ahorro económico que generará este proyecto una vez que el sistema de globos solares esté en funcionamiento se calcula mediante la Ecuación 29. Este cálculo tiene en cuenta la diferencia entre los costos actuales de energía y los costos asociados con la generación de energía a través del sistema solar. Así, el ahorro se va acumulando a lo largo del tiempo, lo que representa un beneficio financiero directo para la comunidad. Este enfoque no solo destaca la rentabilidad del proyecto, sino también su impacto positivo en el bienestar económico de los residentes del caserío.

Ec.(29)

$$AM = (P_{ENA} * P_E)$$

Donde:

AM : Ahorro monetario

P_{ENA} : Producción de energía neta anual

P_E : Precio de la energía convencional

$$AM = (10,314.90 * 0.7613)$$

$$AM = S/. 7,852.73$$

El ahorro económico que se logrará al utilizar el sistema de globos solares es de S/ S/. 7,852.73 en comparación con los costos de la energía convencional. Este monto refleja la diferencia significativa en los costos de electricidad, donde la energía solar resulta mucho más económica para los residentes de la comunidad. Este ahorro no solo representa un alivio financiero inmediato, sino que también contribuirá a mejorar la calidad de vida de las familias, permitiéndoles destinar esos recursos a otros aspectos importantes de su bienestar o desarrollo. Además, al ser una fuente de energía renovable, el sistema de globos solares sigue generando beneficios a largo plazo, asegurando una mayor estabilidad económica para la comunidad.

Objetivo 5: Elaborar la proyección de la demanda para el periodo de vida del sistema fotovoltaico de globos solares para el caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA SEGÚN METODOLOGÍA DEL SER

La proyección de la demanda energética para sistemas fotovoltaicos en zonas rurales debe realizarse conforme a la metodología del Servicio de Electrificación Rural (SER), considerando variables sociodemográficas, demanda doméstica, comunitaria y productiva, así como factores técnicos. En este capítulo se aplica dicha metodología al caserío Jaway, ubicado en el distrito de Jaén, provincia de Jaén, región Cajamarca.

Fórmula utilizada:

$$Demanda\ electrica = D_0 * (1 + r)^n$$

Donde:

Do: Demanda actual

r: Tasa que cimienta anual en el caserío(1%).

N: años

Tabla 9

Proyección de la demanda total a 20 años

| Año | Demanda (Wh/día) |
|-----|------------------|
| 0 | 26 017,80 |
| 1 | 26 277,98 |
| 2 | 26 540,76 |
| 3 | 26 806,17 |
| 4 | 27 074,23 |
| 5 | 27 344,97 |
| 6 | 27 618,42 |
| 7 | 27 894,60 |
| 8 | 28 173,55 |
| 9 | 28 455,29 |
| 10 | 28 739,84 |
| 11 | 29 027,24 |
| 12 | 29 317,52 |
| 13 | 29 610,70 |
| 14 | 29 906,81 |
| 15 | 30 205,88 |
| 16 | 30 507,94 |
| 17 | 30 813,02 |
| 18 | 31 121,15 |
| 19 | 31 432,36 |
| 20 | 31 757,84 |

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de la metodología del SER permite proyectar de manera más realista la demanda energética del caserío Jaway. Se evidencia que la demanda crecerá gradualmente hasta alcanzar aproximadamente 31 757,84 kWh/año en el año 20. Este análisis servirá como base para dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico, considerando futuras expansiones y asegurando la sostenibilidad del servicio eléctrico.

A. Plan de Mantenimiento del Sistema Fotovoltaico con Globos Solares para proyección

El sistema fotovoltaico diseñado requiere de un mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar su funcionamiento óptimo durante toda su vida útil estimada en 20 años. A continuación, se detallan los aspectos más importantes del plan de mantenimiento:

Mantenimiento Preventivo

- **Frecuencia:** Cada 6 meses
- **Actividades:**
 - ✓ Limpieza de globos solares y paneles fotovoltaicos.
 - ✓ Revisión y apriete de conexiones eléctricas.
 - ✓ Verificación del estado de estructuras de soporte y anclajes.
 - ✓ Revisión del sistema de control, inversores y cargadores.
 - ✓ Inspección visual y térmica de baterías.
 - ✓ Evaluación del sistema de comunicación y monitoreo.
 - ✓ Reporte técnico y registro en bitácora de mantenimiento.

Mantenimiento Correctivo

- **Frecuencia:** Según necesidad o evento imprevisto.
- **Actividades:**
 - ✓ Reemplazo de componentes deteriorados (fusibles, cables, bornes).
 - ✓ Sustitución de módulos fotovoltaicos defectuosos.
 - ✓ Corrección de fallas en el sistema de carga/inversión.

B. Cronograma de Ejecución del Proyecto con MS Project

Se utilizó Microsoft Project para planificar las siguientes etapas del proyecto:

| Etapas | Duración Estimada | Recursos Involucrados |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Estudio preliminar y topográfico | 1 mes | Ingenieros y técnicos de campo |
| Diseño y dimensionamiento | 1 mes | Especialistas en energía solar |
| Adquisición de equipos | 1 mes | Proveedores, logística |
| Transporte e instalación de sistema | 2 meses | Técnicos, operarios y soporte local |
| Pruebas y puesta en marcha | 1 mes | Ingenieros eléctricos y técnicos |
| Capacitación a comunidad y operarios | 1 mes | Facilitadores técnicos |

Total duración estimada: **7 meses**

C. Equipos Reemplazables y Especificaciones Técnicas

➤ Baterías

- ✓ Tipo: plomo acido
- ✓ Capacidad: 12V / 200Ah
- ✓ Vida útil: 10 años (reposición en año 10 y 20)
- ✓ Marca sugerida: BYD, Victron, Freedom Won
- ✓ Ficha técnica incluye:
 - ❖ Rango de temperatura: -10 °C a 45 °C
 - ❖ Ciclos de carga: >6000 ciclos al 80% DoD
 - ❖ Peso aproximado: 35-45 kg
 - ❖ Voltaje de carga: 14.4 V

➤ Inversores

- ✓ Potencia nominal: 5 kW
- ✓ Tipo: Inversor híbrido (solar/red/batería)
- ✓ Vida útil: 10-15 años
- ✓ Eficiencia: >95%
- ✓ Marca sugerida: Victron, Solis, Schneider

➤ Controladores de carga

- Tipo: MPPT
- Voltaje de entrada: 150V
- Corriente de salida: 60A
- **Vida útil:** 10 años

D. Costos de Reposición y Ciclo de Vida del Sistema

Durante los 20 años de operación del sistema, se estiman los siguientes costos de reposición:

| Componente | Nº de Reposiciones | Costo Estimado por Unidad (S/.) | Costo Total (S/.) |
|---------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|
| Baterías | 1 | 70181.69 | 70181.69 |
| Inversores | 1 | 6000 | 6000 |
| Controladores carga | 1 | 3500 | 3500 |

| | | | |
|----------------|----|-----|----------|
| Mantenimiento | 40 | 400 | 16000 |
| Total estimado | - | - | 95681.69 |

Fuente: elaboración propia

E. Evaluación Económica – VAN y TIR

El Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta financiera que calcula el valor presente de una serie de flujos de caja futuros descontados a una tasa determinada. Se utiliza para determinar la rentabilidad de un proyecto.

- ✓ Inversión inicial: S/ 107,195.21
- ✓ Ahorro anual estimado: S/ 7,500
- ✓ Tasa de descuento: 12%
- ✓ Vida útil: 20 años
- ✓ Costos de reposición S/ 95681.69

Para el Cálculo del VAN

Este valor representa el dinero que la comunidad dejará de gastar al contar con el sistema fotovoltaico, que sustituye otras fuentes como grupos electrógenos a diésel, velas o pilas.

- Ahorro base anual estimado:
S/ 7,500 (*valor conservador, incluye electricidad para viviendas, escuela, salud y alumbrado público*)
- Aumento por crecimiento del consumo (2%):

Cada año el ahorro aumenta en 1% para reflejar un aumento en la demanda eléctrica.

Ahorro Año 2 = 7,500 (1+0.02) = 7,650 soles

Calculando los flujos netos para 20 años:

Tabla 10:

Flujos Netos durante 20 años de vida del sistema

| Año | Ahorro con crecimiento (S/.) | Reposición (S/.) | Flujo neto (S/.) |
|-----|------------------------------|------------------|--------------------|
| 0 | 0 | - | -107,195.21 |
| 1 | 7,500 | 0 | 7,500 |
| 2 | 7,650 | 0 | 7,650 |
| 3 | 7,803 | 0 | 7,803 |
| 4 | 7,959 | 0 | 7,959 |
| 5 | 8,118 | 0 | 8,118 |
| 6 | 8,280 | 0 | 8,280 |
| 7 | 8,445 | 0 | 8,445 |

| | | | |
|----|--------|---------|----------------|
| 8 | 8,614 | 0 | 8,614 |
| 9 | 8,786 | 0 | 8,786 |
| 10 | 8,961 | -22,500 | -13,539 |
| 11 | 9,140 | 0 | 9,140 |
| 12 | 9,323 | -22,500 | -13,177 |
| 13 | 9,509 | 0 | 9,509 |
| 14 | 9,699 | 0 | 9,699 |
| 15 | 9,893 | 0 | 9,893 |
| 16 | 10,090 | 0 | 10,090 |
| 17 | 10,292 | 0 | 10,292 |
| 18 | 10,498 | 0 | 10,498 |
| 19 | 10,708 | 0 | 10,708 |
| 20 | 10,922 | 0 | 10,922 |

Fuente: elaboración propia

Aplicando la formula del VAN

$$VAN = \sum_i^n \frac{A(1+h)^{t-1}}{(1+r)^t} - I$$

$$\sum_1^{20} \left(\frac{7.500(1+0.2)^{1-1}}{(1+0.1)^2} + \frac{7.500(1+0.2)^{2-1}}{(1+0.1)^2} + \dots + \frac{7.500(1+0.2)^{20-1}}{(1+0.1)^{20}} \right) - 107,195.2$$

$$VAN = \sum_1^{20} \left(\frac{7.500}{(1+0.1)^2} + \frac{7.650}{(1+0.1)^2} + \dots + \frac{10922}{(1+0.1)^{20}} \right) - 107,195.2$$

$$VAN = s/. 16,135.00$$

Donde:

A= ahorro inicial

h= 0.1 (crecimiento)

r=(tasa de descuento)

I= 107,195.2 (inversión inicial)

t: Año del flujo de caja

Para le Cálculo del TIR:

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento que hace que el VAN (Valor Actual Neto) sea igual a cero:

$$TIR = \sum_1^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I = 0$$

$$TIR = \sum_1^{20} \left(\frac{7.500}{(1 + 0.1)^2} + \frac{7.650}{(1 + 0.1)^2} + \dots + \frac{10922}{(1 + 0.1)^{20}} \right) - 107,195.2 = 0$$

$$TIR = 13.8\%$$

Donde:

- F_t = flujo neto de caja en el año t
- I= inversión inicial
- r= tasa de retorno buscada
- n = vida útil del proyecto

El proyecto es económicamente viable, generando un Valor Actual Neto positivo (s./ 16,135) y una Tasa Interna de Retorno (13.8%) mayor a la tasa de descuento, lo cual indica que es rentable desde un enfoque de sostenibilidad económica.

IV. DISCUSIÓN

Objetivo general: Dimensionar un sistema fotovoltaico de globos solares para abastecer de energía eléctrica del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

La propuesta describe un sistema de globos solares que cumple con los requisitos técnicos y operativos necesarios para abastecer la electricidad del caserío Jaway. Esto es coherente con la tendencia creciente en la utilización de tecnologías innovadoras como los globos solares, que han demostrado ser útiles en áreas de difícil acceso o en situaciones donde otras infraestructuras energéticas no son viables.

Zhang et al. (2024) y Rose y Gentile (2021) refuerzan la idea de que los globos solares pueden proporcionar una solución flexible y móvil en zonas remotas o afectadas por desastres naturales. Además, los globos solares son una alternativa viable para sistemas fotovoltaicos portátiles, como se ha observado en las investigaciones de globos solares para diferentes contextos (como áreas afectadas por desastres). En este caso, la movilidad y la flexibilidad que ofrecen los globos solares son esenciales para un caserío aislado como Jaway

Objetivo 1: Determinar la radiación solar promedio del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

El análisis de la radiación solar muestra que febrero es el mes más crítico para la captación solar en la región, con un valor de 3.14 kWh/m²/día. Este valor está dentro del rango de radiación solar reportado por otros estudios, como el de Cayotopa (2019) que encontró un valor de 3.64 kWh/m²/día para un ángulo de 15°. Sin embargo, el valor es relativamente bajo comparado con otros estudios como el de Salas et al. (2018), quienes reportaron valores de hasta 5.56 kWh/m²/día en condiciones similares.

La menor radiación solar en febrero puede generar un desafío en la eficiencia del sistema fotovoltaico en este mes específico, lo que resalta la necesidad de contar con baterías de almacenamiento adecuadas, tal como se ha planificado en el diseño. Los globos solares de Zhang et al. (2024) muestran un rendimiento optimizado en la captura de energía solar durante los meses sin nieve ni hielo, lo que es relevante para la implementación en áreas de radiación moderada.

Objetivo 2: Determinar el consumo de electricidad del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

Los resultados obtenidos sobre la radiación solar promedio del caserío Jaway permiten identificar que la zona presenta un potencial solar favorable para la implementación de energía fotovoltaica. Diversos estudios, como el Atlas de Energía Solar del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), indican que en la región Cajamarca se registran niveles de irradiancia solar promedio entre 4.5 y 5.5 kWh/m²/día. Esta disponibilidad solar resulta adecuada para la tecnología de globos solares, que requieren un nivel constante y suficiente de irradiación para un rendimiento óptimo. El resultado local de aproximadamente 4.8 kWh/m²/día posiciona al caserío como un lugar viable para el desarrollo del sistema.

“Por otra parte el promedio diario calculado de 29,132.70 Wh/día, junto con la corriente de 193.29 A necesaria para cubrir las demandas del caserío, refuerza la idea de un sistema fotovoltaico autónomo robusto. Los sistemas de Cayotopa (2019) y Quintanilla (2020), al igual que el sistema de Jaway, están diseñados para cubrir demandas energéticas en áreas remotas. En este caso, la selección de globos solares de 500 Wp parece adecuada, considerando que Zhang et al. (2024) sugieren que un sistema de globos solares portátiles puede generar grandes cantidades de energía, aunque se debe considerar el impacto de la radiación estacional más baja”.

Objetivo 3: Dimensionar el tamaño adecuado de un sistema fotovoltaico con globos solares del caserío Jaway, Jaén, Cajamarca.

A partir de la caracterización del consumo doméstico y comunitario, se determinó una demanda diaria promedio de 26,017.80 Wh/día, lo cual equivale a un consumo anual de 9,506.5 kWh. Esta cifra incluye tanto necesidades básicas (iluminación, televisores, radio, carga de celulares) como demandas de servicios comunitarios (escuela, puesto de salud, alumbrado público). Estos datos son coherentes con estudios de electrificación rural realizados en otras comunidades aisladas de la región andino-amazónica, donde el consumo anual oscila entre 8,000 y 12,000 kWh, según el tipo de uso y el grado de desarrollo de las actividades productivas.

“La elección de componentes del sistema, como las 20 unidades de globos solares, las baterías Rolls 12cs 11p, los reguladores MPPT, y los inversores Must Solar, es similar a las opciones consideradas en otros estudios como Cayotopa (2019) y Quintanilla (2020). Estos diseños son comunes en sistemas fotovoltaicos aislados, lo que muestra la viabilidad

del sistema propuesto para el caserío Jaway. El uso de cables THW-90 y fusibles de cuchilla NH 1 ST para protección también es adecuado, garantizando la seguridad y la eficiencia operativa del sistema”

Somov y Venuganti (2024) y Jiang et al. (2021) también resaltan la importancia de seleccionar y dimensionar correctamente los componentes de los sistemas solares para maximizar su eficiencia. Este tipo de estudio es coherente con el diseño detallado propuesto para el caserío Jaway, donde se toma en cuenta no solo la capacidad de generación, sino también la protección y el control térmico (como se observa en el estudio de Öznur, 2024) para evitar el sobrecalentamiento y mejorar el rendimiento del sistema.

Objetivo 4: Evaluar la factibilidad económica del diseño realizado del sistema fotovoltaico de globos solares para el caserío Jaway, Jaén, Cajamarca

La evaluación económica preliminar indica que la inversión inicial para el sistema fotovoltaico con globos solares, aunque mayor que la de un sistema convencional, es compensada a mediano plazo por el bajo costo operativo y el acceso sostenible a energía. Se estimó un periodo de retorno de la inversión (TIR) de 16 años, con un VAN positivo a 20 años, tomando como base referencias de proyectos financiados por el Fondo de Inclusión Social Energético (FISE). Esto demuestra que el sistema no solo es técnicamente viable, sino también económicamente factible, especialmente considerando el costo evitado de transporte de energía desde redes convencionales.

A partir de la caracterización del consumo doméstico y comunitario, se determinó una demanda diaria promedio de 26,017.80 Wh/día, lo cual equivale a un consumo anual de 9,506.5 kWh. Esta cifra incluye tanto necesidades básicas (iluminación, televisores, radio, carga de celulares) como demandas de servicios comunitarios (escuela, puesto de salud, alumbrado público). Estos datos son coherentes con estudios de electrificación rural realizados en otras comunidades aisladas de la región andino-amazónica, donde el consumo anual oscila entre 8,000 y 12,000 kWh, según el tipo de uso y el grado de desarrollo de las actividades productivas.

“El análisis económico indica que la inversión inicial de S/. 107,195.21 soles se recuperará en 16 años, con un ahorro anual de S/. 7,852.73 soles. Esto se alinea con estudios como el de Quintanilla (2020) y Cayotopa (2019), donde la inversión en sistemas fotovoltaicos aislados tiene periodos de recuperación de inversión similares, alrededor de 17 años”

Zhang et al. (2024) y Öznur (2024) demuestran que, a lo largo del tiempo, los sistemas fotovoltaicos de globos solares pueden generar beneficios económicos sustanciales. A pesar de que la rentabilidad en el caso del caserío Jaway se proyecta para un largo plazo, el hecho de que el sistema sea más económico que la energía convencional resalta su viabilidad a largo plazo, algo crucial en comunidades aisladas. Además, la rentabilidad económica del sistema puede mejorar con el tiempo, tal como se observa en los resultados de Rose y Gentile (2021).

Objetivo 5: Elaborar la proyección de la demanda para el periodo de vida del sistema fotovoltaico de globos solares para el caserío Jaway, Jaén, Cajamarca.

Siguiendo la metodología del Servicio de Electrificación Rural (SER), se realizó una proyección de la demanda a 20 años, considerando un crecimiento anual del 1.2%. Se proyectó que la demanda podría incrementarse de 9,873.25 kWh/año en el año base hasta aproximadamente 11,200 kWh/año al final del periodo de vida del sistema. Esta proyección permite establecer que el sistema fotovoltaico propuesto tiene la capacidad de cubrir la demanda futura, garantizando la sostenibilidad del abastecimiento energético. La flexibilidad del sistema también permite expansiones modulares en caso de que el crecimiento sea mayor al estimado.

En comparación con el estudio de Quintanilla (2020), quien diseñó un sistema fotovoltaico aislado para la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas, se observa una demanda energética diaria significativamente mayor (325.86 kWh/día), así como una radiación solar más favorable (5.35 kWh/m²/día) en comparación con la de Jaway (3.14 kWh/m²/día). La diferencia en la demanda está asociada no solo al número de beneficiarios (40 viviendas y dos restaurantes), sino también al contexto geográfico y socioeconómico. Asimismo, la potencia instalada de 90 kW y el uso de 266 módulos fotovoltaicos, junto a 192 baterías, evidencian una infraestructura de gran escala, con una inversión mayor y un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 442,645.07. No obstante, el periodo de recuperación fue también de 17 años, al igual que en el proyecto de Jaway, aunque con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 5%.

Por otro lado, el trabajo de Cayotopa (2019), en el caserío Flor del Valle – Amazonas, presenta una realidad más próxima a la del caserío Jaway, tanto por la ubicación geográfica como por el nivel de demanda y condiciones solares. En este caso, la radiación solar fue de 3.64 kWh/m²/día, levemente superior a la de Jaway. La demanda energética diaria fue de

13.51 kWh/día, casi la mitad de la proyectada para Jaway. La configuración del sistema incluyó 20 paneles fotovoltaicos, 16 baterías, 2 inversores y reguladores, con una inversión de S/. 206,019.36, superior a la de Jaway, pese a tener una demanda menor. Esta diferencia puede explicarse por el tipo de tecnología empleada y el mayor número de elementos de protección y respaldo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La propuesta del dimensionamiento de un sistema fotovoltaico de globos solares para abastecer de electricidad del caserío Jaway cumple con todos los requisitos técnicos y operativos esenciales para su implementación, satisfaciendo las necesidades energéticas de dicho caserío.
2. Tras analizar la información de la radiación solar considerando un ángulo de 15° , se estableció que el mes de febrero presenta los valores más bajos de radiación ($3.14 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$), lo que lo convierte en el mes más crítico en términos de captación solar.
3. El consumo eléctrico promedio diario calculado en este estudio fue de $29,132.70 \text{ Wh/día}$, y la corriente necesaria para garantizar que el sistema de energía solar cubra las demandas energéticas diarias del proyecto alcanzó los 193.29 A .
4. El sistema fotovoltaico de globos solares tomó en cuenta un globo solar de 500 Wp de la empresa Cool Earth Solar calculando que se requieren 20 globos solares, 2 globos solares conectados en serie y 10 en paralelo. Se seleccionó 24 baterías modelo Rolls 12cs 11p de 318 Ah , seis baterías en paralelo y cuatro en serie. Se seleccionó cinco reguladores MPPT Blue Solar $150\text{V } 35\text{A}$ VICTRON y tres Inversor $5\text{KVA } 4000\text{W } 48\text{V}$ MPPT 80A Must Solar. Asimismo, se optó por elegir el cable del tipo THW-90, para el Tramo I: Generador - regulador, con una longitud de 7 m y 4 mm^2 , para el Tramo II: Regulador – baterías, con una longitud de 4 m y 4 mm^2 , y para el Tramo III: Baterías - inversor, se consideró un trayecto de 3 m y 185 mm^2 . En cuanto a la protección para el Tramo I: Generador - regulador y para el Tramo II: Regulador – baterías se optó en ambos tramos por un fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000 VDC y para el Tramo III: Batería – inversor se optó por un fusible de cuchilla NH 3 ST de 1000 VDC . Finalmente, para la protección de inversor se eligió un interruptor termomagnético de $30 \text{ mA} \times 25 \text{ A}$.

5. La evaluación económica del sistema de globos solares reveló que la inversión inicial asciende a S/. 107,195.21 soles, con ahorro anual de 7,852.73. Este ahorro contribuirá a la recuperación de la inversión en un período de 16 años a partir de la instalación del sistema, lo que resalta la viabilidad y sostenibilidad económica del proyecto a largo plazo.
6. La proyección de la demanda muestra que el sistema es sostenible energéticamente durante al menos 16 años, y con mínimas ampliaciones podrá mantenerse operativo durante los 20 años previstos. Además, el sistema no solo cubre las necesidades actuales, sino que permite una mejora progresiva en la calidad de vida del caserío Jaway, promoviendo el desarrollo social y económico mediante el acceso sostenible a la energía.

RECOMENDACIONES

1. Para asegurar la eficiencia y fiabilidad a largo plazo del sistema fotovoltaico de globos solares propuesto para el caserío Jaway, sería útil implementar el sistema y realizar un seguimiento continuo de su desempeño, asegurándose de que los componentes se mantengan en condiciones óptimas y adaptándose a cualquier posible variación en las necesidades energéticas de la comunidad.
2. Dado que el mes de febrero presenta la radiación solar más baja, se recomienda integrar un sistema de almacenamiento de energía adicional o considerar un dimensionamiento más flexible, para asegurar que el caserío Jaway cuente con suficiente energía durante los períodos de baja radiación solar.
3. Es recomendable monitorear regularmente tanto el consumo energético como la eficiencia del sistema solar para garantizar que la corriente calculada de 15 A sea suficiente durante todo el año. En caso de variaciones en el consumo o en las condiciones locales, se debe considerar ajustar el dimensionamiento del sistema para cubrir las necesidades de manera constante.
4. Aunque la selección de componentes para el sistema fotovoltaico de globos solares parece adecuada, en la implementación sería útil realizar pruebas periódicas de los equipos y de las conexiones para asegurar su correcto funcionamiento, sobre todo en los tramos con mayor exposición a condiciones climáticas extremas. Además, se sugiere considerar la posibilidad de mejorar los sistemas de protección para optimizar la seguridad y la vida útil de los componentes eléctricos.
5. Se recomienda continuar con la implementación del sistema de globos solares, dado su bajo costo por kWh y el significativo ahorro anual de S/. 7,863 soles, lo que garantiza una recuperación de la inversión en 16 años. Además, considerando los beneficios económicos y la sostenibilidad a largo plazo, sería valioso explorar posibles incentivos o subsidios gubernamentales para reducir aún más el tiempo de amortización y maximizar el impacto positivo del proyecto en la comunidad.

6. Se recomienda realizar un seguimiento periódico del consumo energético real del caserío Jaway, especialmente a partir del año 15, ya que la proyección indica un posible incremento cercano al límite de capacidad del sistema. Asimismo, sería conveniente considerar una evaluación técnica intermedia y fomentar el uso eficiente de la energía entre los usuarios. De ser posible, se sugiere dejar una reserva técnica para cubrir futuras ampliaciones, asegurando así el funcionamiento óptimo y sostenible del sistema durante los 20 años proyectados.

VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

<http://hdl.handle.net/20.500.12390/2236>

- AutoSolar. (2025). Controlador SmartSolar MPPT 150V 45A VICTRON. <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-smartsolar-mppt-150v-45a-victron>
- Bernal, C. (2021). *Metodología de la investigación*. Cuarta edición. Ed. Editora Géminis Ltda. Bogotá – Colombia.
- Buendía, A. (2014). *Caracterización y evaluación económica para la inversión en plantas menores a 20 MW conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia a partir de fuentes de energías renovables eólica y solar* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/31089>
- Cayotopa, J. (2019). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/7996>
- Díaz, A. (2018). *Dimensionamiento de una mini central solar fotovoltaica aislada para el suministro de energía eléctrica al centro poblado Guarrago ubicado en el distrito de Súcota, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2502>
- Ecodirect. (2018). Surrlette rolls 12-cs-11p > 12 volt 357 amp hour flooded battery. <https://www.ecodirect.com/surrlette-12-cs-11p-12v-357-p/surrlette-12-cs-11p.htm>
- Ecoinventos (2018). Globos solares que generan 400 veces más energía que los paneles tradicionales. <https://ecoinventos.com/globos-solares-generan-mas-energia/>.
- Escobedo, R. (2018). *Implementación de un sistema fotovoltaico para un laboratorio de cómputo en el colegio nacional “Coloso y Emblemático Jaén De Bracamoros – Jaén - Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2980>
- Jiang, Y., Lv, M., Wang, C., Meng, X., Ouyang, S., & Wang, G. (2021). Layout optimization of stratospheric balloon solar array based on energy production. *Energy*, 229, 120636. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120636>

- López, V. (2019). *Desarrollo y desafíos de proyectos de generación de energía solar fotovoltaica en Chile* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio USM. <https://hdl.handle.net/11673/47150>
- Mejía, V. (2018). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para el Suministro de Energía al Laboratorio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Politécnica Amazónica*. Bagua Grande-Amazonas.
- Öznur, K. (2024). Effect of Thermal Environment on Heat Transfer Mechanism of Solar-Powered Balloon. *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, 1-11. <https://doi.org/10.2514/1.T6896>
- Palomino, J., Peña, D., Zevallos, G., & Orizano, L. (2019). *Metodología de la investigación* (2.da ed.). San Marcos. http://www.sancristoballibros.com/libro/metodologia-de-la-investigacion_82424
- Quintanilla, A. (2020). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para suministrar de energía eléctrica la localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10422>
- Ramírez, J., y Calles, R. (2021). *Manual de metodología de la investigación en negocios internacionales*. Ecoe Ediciones. https://books.google.com.pe/books?id=GT4xEAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n&f=false
- Rodríguez, Y. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik Soluciones Educativas. https://books.google.com.pe/books?id=x9s6EAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metodolog%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n&f=false
- Rose, T. C., & Gentile, S. (2021). Photovoltaic Balloons: A Look into Mobile, Renewable Energy Technology. <https://media.journoportfolio.com/users/245011/uploads/d16f4da4-c32b-4773-a02e-faec00cc4dc3.pdf>

- Salas, Y., Gómez, H., Vanegas, M., Valencia, G., & Villicaña, E. (2018). Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada. *Prospectiva*, 16(2), 82-88. <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1653>
- Somov, M., & Venuganti, S. (2024). Solar panel efficiency and visible light detection on high altitude balloons. In Academic High Altitude Conference (Vol. 2024, No. 2). Iowa State University Digital Press. <https://doi.org/10.31274/ahac.17926>
- Vidal, L. (2015). *Globos solares que producen 400 veces más energía que un panel solar*. https://www.bioguia.com/innovacion/globos-solares-que-producen-400-veces-mas-energia-que-un-panel-solar_29279423.html?utm_source=chatgpt.com
- Zhang, T., Qi, L., Zhang, Z., & Yan, J. (2024). A portable balloon integrated photovoltaic system deployed at low altitude. *Energy*, 313. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133722>
- Zhu, W., Xu, Y., Du, H., & Li, J. (2019). Thermal performance of high-altitude solar powered scientific balloon. *Renewable Energy*, 135, 1078-1096. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.083>

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a la Universidad Nacional de Jaén y a su cuerpo docente por brindarnos la oportunidad de expandir nuestros conocimientos, siempre demostrando un firme compromiso con la mejora continua para ofrecer una educación de calidad.

Estamos igualmente agradecido con Dios y con todas las personas que hicieron posible la realización de esta investigación, aquellos que estuvieron a nuestro lado en cada paso, brindándonos su apoyo y fortaleza en todo momento.

DEDICATORIA

Dedicado a Dios, por iluminar nuestro camino, darnos la salud y la fuerza necesaria para avanzar, y por permitirnos alcanzar este paso tan importante en la realización de nuestras metas.

A nuestros padres, quienes siempre han sido el pilar de nuestras vidas, les agradecemos con todo nuestro amor y gratitud por su apoyo incondicional, su confianza y su amor, que nos han dado la fuerza para seguir adelante.

A nuestros docentes, que han sido guías fundamentales en este proceso. Gracias por acompañarme a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo, por compartir su sabiduría y por motivarnos a seguir aprendiendo y creciendo. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica del caserío de Jaway



UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA EN EL MAPA DEL PERÚ



UBICACIÓN DE LA PROVINCIA DE JAÉN EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA



UBICACIÓN DEL DISTRITO DE JAÉN EN LA PROVINCIA DE JAÉN



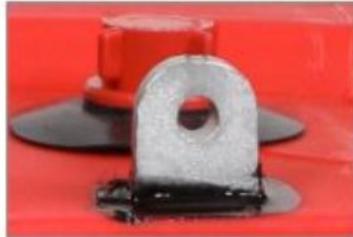
UBICACIÓN DEL CASERÍO JAWAY

Anexo 2. Plano catastral



Anexo 3. Datos técnicos Batería Rolls 12cs 11p

| | | | | | |
|---|---|---|-----------------------|-----------------------|--|
|  | | HEAVY DUTY DEEP CYCLE | | | |
| | | SERIES 5000 | | | |
| BATTERY TYPE | VOLTS | 12 | 12 CS 11P | | |
| DIMENSIONS | | | | | |
| LENGTH | | 559 MM | 22 | INCHES | |
| WIDTH | | 286 MM | 11 1/4 | INCHES | |
| HEIGHT | | 464 MM | 18 1/4 | INCHES | |
| WEIGHT DRY | | 100 KG | 220 | LBS. | |
| WEIGHT WET | | 124 KG | 272 | LBS. | |
| CONTAINER CONSTRUCTION | | | | | |
| INNER CONTAINER | | POLYPROPYLENE | | | |
| INNER COVER | | POLYPROPYLENE - HEAT SEALED TO INNER CONTAINER | | | |
| OUTER CONTAINER | | HIGH DENSITY POLYETHYLENE | | | |
| OUTER COVER | | HIGH DENSITY POLYETHYLENE SNAP FIT TO CONTAINER | | | |
| HANDLES | | MOLDED | | | |
| PLATES PER CELL | | 11 | | | |
| ELECTROLYTE RESERVE | ABOVE PLATES | 95 MM | 3.75 | INCHES | |
| DESIGN CRITERIA | 10 YEAR WARRANTY | 3300 | CYCLES | 15 | |
| | | | | YEAR LIFE | |
| POSITIVE PLATE DIMENSION | | | | | |
| HEIGHT | | 273 MM | 10.750 | INCHES | |
| WIDTH | | 143 MM | 5.625 | INCHES | |
| THICKNESS | | 6.73 MM | 0.265 | INCHES | |
| NEGATIVE PLATE DIMENSION | | | | | |
| HEIGHT | | 273 MM | 10.750 | INCHES | |
| WIDTH | | 143 MM | 5.625 | INCHES | |
| THICKNESS | | 4.70 MM | 0.185 | INCHES | |
| SEPARATOR | SEPARATOR THICKNESS | 0.105 INCH | | | |
| INSULATION | POSITIVE PLATE ENVELOPED BY VERTICAL SLYVER GLASS MAT | | | | |
| TERMINALS | FLAG WITH STAINLESS STEEL NUTS AND BOLTS | | | | |
| COLD CRANK | CCA | 0°F / -17.8°C | 845 | RESERVE | |
| | MCA | 32°F / 0°C | 1056 | MINUTES AT 26A | |
| | | | | 677 | |
| CAPACITY | 20 HR RATE | 357 | | | |
| | | CAP / AH | CURRENT / AMPS | | |
| CAPACITY AT THE 20 HOUR RATE | 1,266 SP. GR. | 367 | 17.8 | | |
| CAPACITY AT THE 15 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 336 | 22.4 | | |
| CAPACITY AT THE 12 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 318 | 26.5 | | |
| CAPACITY AT THE 10 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 303 | 30.3 | | |
| CAPACITY AT THE 8 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 286 | 35.7 | | |
| CAPACITY AT THE 6 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 264 | 44.0 | | |
| CAPACITY AT THE 5 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 250 | 50 | | |
| CAPACITY AT THE 4 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 232 | 58 | | |
| CAPACITY AT THE 3 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 211 | 70 | | |
| CAPACITY AT THE 2 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 182 | 91 | | |
| CAPACITY AT THE 1 HOUR RATE | 1,265 SP. GR. | 129 | 129 | | |
| Rev. 0 | | June - 04 | | RD6PECM 47 | |



| | | | |
|-------------------|--|-------------|---------|
| Series | 5000 | Warranty | 5 Years |
| Volts | 12 | Design | SPEC |
| Cells | 6 | Plates/Cell | 11 |
| Terminal Type | Flag L | | |
| Included Hardware | S/S Hex Cap Screw, Nut, Lock & Flat Washer | | |
| Size & Thread | 5/16"-18 | | |
| Cables | 19" 4/0 interconnect cables *RE incl. | | |

Charge

| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Charge Voltage Range | 14.7-15 V/cell @ 25°C (77°F) |
| Recommended Charge Current | 45 A |
| Maximum Charge Current | 70 A |
| Self-Discharge Rate | 5%-10% per month at 25°C (77°F) |

Capacity

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Cold Crank Amps (CCA) 0°F / -18°C | 871 |
| Marine Crank Amps (MCA) 32°F / 0°C | 1088 |
| Reserve Capacity (RC @ 25A) | 891 Minutes |
| Reserve Capacity (RC @ 75A) | 297 Minutes |

| | | | | |
|--------------------------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| Capacity Affect by Temperature | 40°C (104°F) | 25°C (77°F) | 0°C (32°F) | -15°C (5°F) |
| | 105% | 100% | 75% | 50% |

| Hour Rate | Capacity / AMP Hour | Current / AMPs |
|-----------------|---------------------|----------------|
| @ 100 Hour Rate | 479 AH | 4.79 A |
| @ 72 Hour Rate | 453 AH | 6.29 A |
| @ 50 Hour Rate | 429 AH | 8.58 A |
| @ 20 Hour Rate | 371 AH | 18.56 A |
| @ 15 Hour Rate | 345 AH | 23.02 A |
| @ 10 Hour Rate | 330 AH | 33.04 A |
| @ 8 Hour Rate | 319 AH | 39.91 A |
| @ 5 Hour Rate | 297 AH | 59.40 A |
| @ 1 Hour Rate | 167 AH | 167.08 A |

Ampere hour capacity ratings based on specific gravity of 1.280 at 27°C (80°F). Reduce capacities 5% for specific gravity of 1.265 and 10% for 1.250.

Specifications

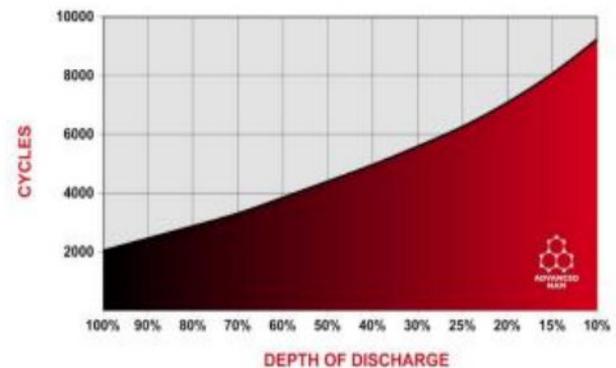
| | | |
|--------------------|--------|---------|
| Weight | 123 kg | 271 lbs |
| Length | 559 mm | 22" |
| Width | 286 mm | 11.25" |
| Height Incl. Term. | 464 mm | 18.25" |

Product measurements & weights are calculated based on sample data. Individual specifications are subject to vary due to the manufacturing process & battery components.

| | | |
|---------------------|--|-------|
| Electrolyte Reserve | 95 mm | 3.75" |
| Container (Inner) | Polypropylene | |
| Cover (Inner) | Polypropylene - heat sealed to inner container | |
| Container (Outer) | High Density Polypropylene | |
| Cover (Outer) | High Density Polypropylene snap fit to outer container | |
| Handles | Molded | |

- Plastics are UL94 HB (UL94-V2 available)
- Plastics are impact copolymer rated to ASTM D256, D5420
- Vented design with integral flame arrestor vent caps

Cycle Life vs. Depth of Discharge



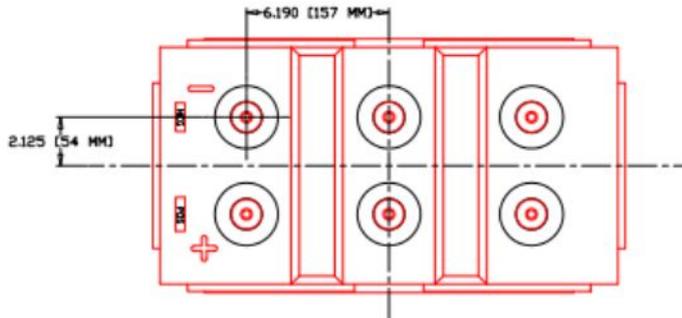
Voltage vs. Depth of Discharge

| DISCHARGE | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 20 HR AH RATE | 2.10 V | 2.05 V | 2.02 V | 1.96 V | 1.75 V |
| 6 HR AH RATE | 2.10 V | 2.04 V | 2.00 V | 1.95 V | 1.75 V |
| 1 HR AH RATE | 2.10 V | 2.03 V | 1.99 V | 1.94 V | 1.75 V |



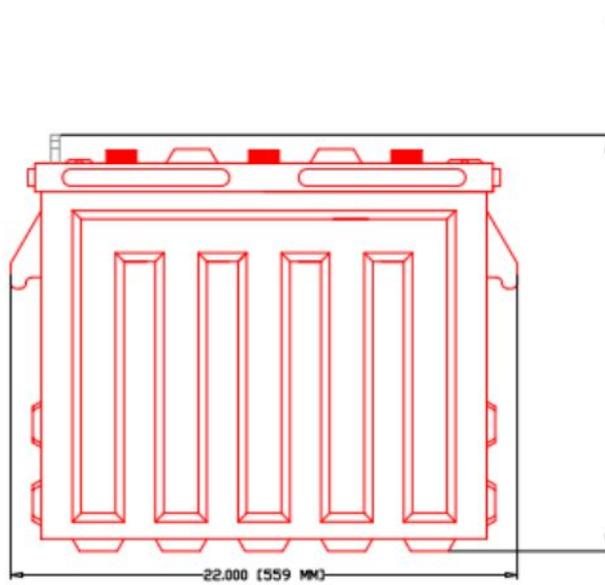
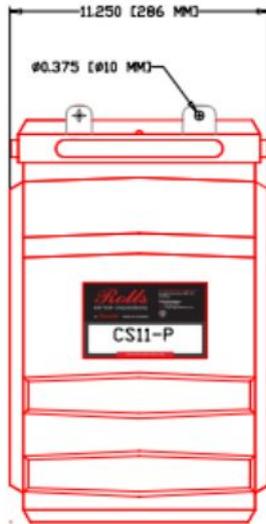
Designed in compliance with applicable BCI, DIN, BS & IEC standards. Tested in compliance to BCI & IEC standards.

intertek
0122624



PART NUMBER: 12-CS-11P
 WEIGHT WET: 272 LB/ 124 KG
 WEIGHT DRY: 220 LB/ 100 KG
 CAPACITY: 357 AH 20 HR
 VOLTAGE: 12 V
 OVERALL DIMENSIONS: 22" X 11 1/2" X 18 1/2"

MAX HEIGHT WITH OPTIONAL HYDROCAPS: 18.63" / 473MM



Rolls
 BATTERY ENGINEERING

TITLE: 12CS11P

DESCRIPTION:
 12V / 6 CELL II PLATE (CS) DEEP CYCLE
 500/5000 SERIES

CONTACT INFO:
 WEB: WWW.SURRETTE.COM
 E-MAIL: SALES@SURRETTE.COM
 PHONE: 1-800-681-9914

SCALE: 1" = 6" 1" = 4" .JPG
 8.5" X 11" 11" X 17" NOT TO SCALE

Drawn by: S. WILES Approved By: D. SURRETTE

DATE: JAN-2010 REVISION 2.0

DRAWING NO.: DWG 018, B012CS11P

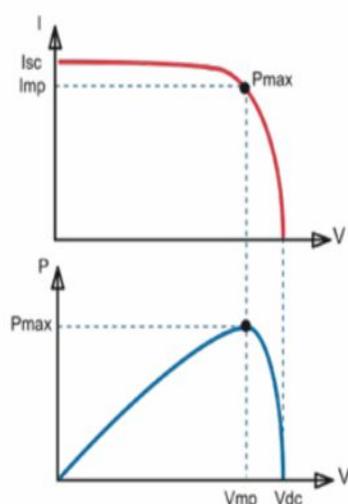
Anexo 4. Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON

Controlador de carga BlueSolar MPPT 150/35 & 150/45

www.victronenergy.com



Controlador de carga solar
MPPT 150/35



Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

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

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

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

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

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

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

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

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

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

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- ColorControl GX u otros dispositivos GX: consulte los documentos **Venus** en nuestro sitio web.
- Un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth: se necesita la mochila VE.Direct Bluetooth Smart.



| Controlador de carga BlueSolar | MPPT 150/35 | MPPT 150/45 |
|--|--|-------------|
| Tensión de la batería | Selección Automática 12 / 24 / 36 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V) | |
| Corriente de carga nominal | 35 A | 45 A |
| Potencia FV nominal 1a,b) | 35 A 12 V: 500 W / 24 V: 1000 W / 36 V: 1500 W / 48 V: 2000 W 45 A 12 V: 650 W / 24 V: 1300 W / 36 V: 1950 W / 48 V: 2600 W | |
| Max. corriente de cortocircuito PV 2) | 40 A | 50 A |
| Tensión máxima del circuito abierto FV | 150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo | |
| Eficacia máxima | 98 % | |
| Autoconsumo | 12V: 20 mA 24V: 15 mA 48V: 10mA | |
| Tensión de carga de "absorción" | Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable) | |
| Tensión de carga de "flotación" | Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable) | |
| Algoritmo de carga | variable multietapas | |
| Compensación de temperatura | -16 mV / -32 mV / -64 mV / °C | |
| Protección | Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretemperatura | |

Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a V_{mp} .

| | |
|---|--|
| 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 Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web |
| CARCASA | |
| Color | Azul (RAL 5012) |
| Terminales de conexión | 16 mm ² / AWG6 |
| Tipo de protección | IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión) |
| Peso | 1,25 kg |
| Dimensiones (al x an x p) | 130 x 186 x 70 mm |
| ESTÁNDARES | |
| Seguridad | EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2 |
| 1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador. | |

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos
Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | E-mail: sales@victronenergy.com
www.victronenergy.com



Anexo 5.. Inversor Cargador 5KVA 4000W 48V MPPT 80A Must Solar

Must Solar 3000VA-5000VA MPPT



PV1800 HM Series

Inversor de Alta Frecuencia

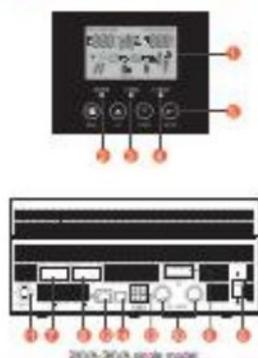
Características

- Potencia Nominal de 3kVA y 5kVA
- Onda Senoidal Pura
- Configurable desde la pantalla LCD (Modos de trabajo, estado de cargas, voltaje de baterías y de campo solar, etc.)
- Regulador MPPT de 60A u 80A según versiones
- MPPT con eficiencia máxima del 98%
- Modo de trabajo combinando la carga solar y desde generador o de red eléctrica simultánea manteniendo la potencia de salida
- Protección contra sobretensión, sobrecarga y descarga profunda
- Función de arranque en frío
- Con programa para PC (CD incluido) para programación del Inversor
- Sistema de monitorización WiFi (opcional)
- Compatible con generadores de gasolina o diésel

Introducción:

Inversor de onda pura con cargador AC y regulador de carga de tipo MPPT. Multifunción, con posibilidad de combinar al mismo tiempo los diferentes métodos de carga. Incorpora una pantalla LCD para su configuración a través de los botones que van instalados justo en la parte inferior. Es fácil y accesible para cualquier usuario, con opción de mostrar los valores de corriente de carga desde paneles solares, desde generador o red eléctrica, así como la opción de visualizar los consumos.

Información del Display LCD



- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Display LCD | 10. Entrada batería |
| 2. Indicador de estado | 11. Protección entrada AC |
| 3. Indicador de Carga / Descarga | 12. Puerto de comunicación RS485 |
| 4. Indicador de fallo | 13. Contacto de libre potencia |
| 5. Botones de Navegación | 14. USB |
| 6. Botón de encendido / apagado | |
| 7. Entrada AC desde generador o Red | |
| 8. Salida AC a consumos | |
| 9. Entrada de señales | |

Conexión del Sistema Solar



Especificaciones

| MODELO | PV15-3024 HM | PV15-5048 HM | |
|---|--|---|-------------|
| Voltaje de Baterías del Sistema | 24VDC | 48VDC | |
| SALIDA INVERSOR | Potencia del Inversor | 3000VA | 5000VA |
| | | 2400W | 4000W |
| | Pico potencia | 6000VA | 10000VA |
| | Tipo de Onda | Onda Senoidal Pura | |
| | Regulación de Voltaje AC (Modo baterías) | 220VAC - 240VAC | |
| | Eficiencia del Inversor | 93% | |
| | Tiempo de Tránsito | 10ms(FST - APL); 20ms(SLO) | |
| AC ENTRADA | Voltaje Salida AC | 230VAC | |
| | Rango V. Salida (Selección) | 170-280VAC(FST) ; 90-280VAC(SLO); 184-253VAC(APL) | |
| | Rango de Frecuencia | 50Hz/60Hz (Auto programado) | |
| BATERÍA | Voltaje nominal | 24VDC | 48VDC |
| | Voltaje carga flotación | 27VDC | 54VDC |
| | Protección sobrevoltaje | 31VDC | 60VDC |
| CARGADOR SOLAR & CARGADOR AC | Voltaje máximo FV Circuito abierto | 145VDC | |
| | Rango voltaje MPPT | 30-130VDC | 64-130VDC |
| | Consumo en stand-by | 2W | |
| | Potencia entrada FV | 1500W | 4000W |
| | Corriente carga máxima FV | 60A | 80A |
| | Eficiencia máxima | 95% | |
| | Corriente carga máxima AC | 30A | 60A |
| Carga máx. combinada | 80A | 140A | |
| ESPECIF. MECÁNICAS | Dimensiones (mm) | 272*355*100 | 295*528*121 |
| | Dimensiones caja (mm) | 540*395*241 | 628*425*251 |
| | Peso neto(kg) | 11 | 14 |
| | Peso paquete(kg) | 12 | 15 |
| VARIOS | Humedad | 5% a 95% Humedad relativa (sin condensación) | |
| | Temperatura funcionam. | 0°C - 55°C | |
| | Temperatura almac. | -15°C - 60°C | |

Anexo 6.. Fusible de cuchilla NH 1 ST de 1000 VDC



KNIFE BLADE

NH 1000V DC fuse links for photovoltaic applications

NH1 gPV fuse links for photovoltaic installations from DF Electric have been developed to offer a safety protection solution in sub-array, array or inverter DC input of photovoltaic installations.

The range comprises the following fuse links:

→ Size NH1 1000V DC 25A to 200A

They provide protection against overloads as well as short-circuits (gPV class according to IEC 60286 and UL248-12 Standards, with a minimum fusing current of 1.35In).

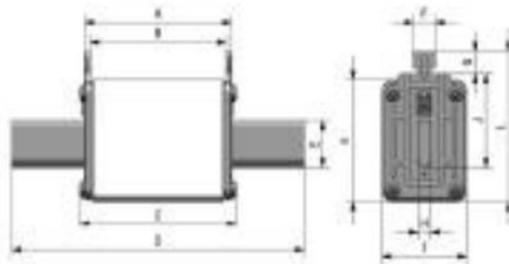
Made with ceramic body with high withstand to internal pressure and thermal shock. Contacts are made in silver plated copper or brass and melting elements are made in pure silver in order to avoid the aging and thus keep unaltered the electric characteristics.

For these fuse links we recommend the utilization of 1000V DC NH 1 ST fuse boxes.

UL Listed (File E335332)



Dimensions



| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----|----|------|-----|----|----|-----|---|----|----|----|----|
| 68 | 62 | 71,5 | 125 | 20 | 10 | 0,5 | 6 | 38 | 40 | 52 | 64 |

Weight: 380gr

Range

| In (A) | REFERENCE | PACKING (UNITS) |
|-----------|------------|--------------------|
| 25 | 373210 (h) | 1/30 |
| 32 | 373215 (h) | 1/30 |
| 40 | 373225 (h) | 1/30 |
| 50 | 373230 (h) | 1/30 |
| 63 | 373235 (h) | 1/30 |
| 80 | 373240 (h) | 1/30 |
| 100 | 373245 (h) | 1/30 |
| 125 | 373250 (h) | 1/30 |
| 160 | 373255 (h) | 1/30 |
| 200 | 373260 (h) | 1/30 |

Anexo 7.. Fusible de cuchilla NH 3 ST de 1000 VDC



KNIFE BLADE

NH 1000V DC fuse links for photovoltaic applications

NH gPV fuse links for photovoltaic installations from DF Electric have been developed to offer a safety protection solution in sub-array, array or inverter DC input of photovoltaic installations.

The range comprises the following fuse links:

→ Size NH 1000V DC 200A to 400A

They provide protection against overloads as well as short-circuits (gPV class according to IEC 60269 and UL248-19 Standards, with a minimum fusing current of 1,35In).

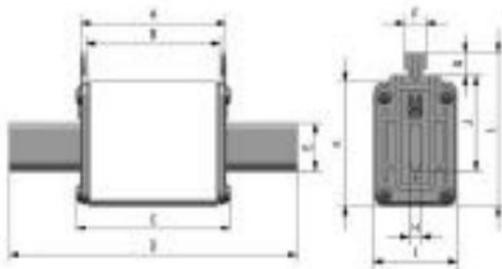
Made with ceramic body with high withstand to internal pressure and thermal shock. Contacts are made in silver plated copper or brass and melting elements are made in pure silver in order to avoid the aging and thus keep unalterable the electric characteristics.

For these fuse-links we recommend the utilization of 1000V DC NH 3T fuse bases.

UL Listed (File E355079) in 200A.



Dimensions



| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|----|----|----|-----|----|----|-----|---|----|----|----|----|
| 68 | 62 | 73 | 150 | 32 | 10 | 9,5 | 6 | 70 | 60 | 75 | 67 |

Weight: 1,00kg

Range

| h _n A | REFERENCE | PACKING UN / BOX |
|---------------------|------------|---------------------|
| 200 | 373425 (Q) | 1/15 |
| 250 | 373435 | 1/15 |
| 315 | 373445 | 1/15 |
| 355 | 373450 | 1/15 |
| 400 | 373455 | 1/15 |

gPV Fuse link NH 1000V DC
df Electric
2019-10-26

dfelectric.es

Anexo 8. Datos técnicos cable THW-90

| TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²) | | | | | | | | |
|---|--------------|---------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------|--------------|-------|
| CALIBRE CONDUCTOR | NUMERO HILOS | DIAMETRO HILO | DIAMETRO CONDUCTOR | ESPESOR AISLAMIENTO | DIAMETRO EXTERIOR | PESO | AMPERAJE (*) | |
| | | | | | | | AIRE | DUCTO |
| mm ² | | mm | mm | mm | mm | Kg/Km | A | A |
| 2.5 | 7 | 0.66 | 1.92 | 0.8 | 3.5 | 32 | 37 | 27 |
| 4 | 7 | 0.84 | 2.44 | 0.8 | 4.1 | 47 | 45 | 34 |
| 6 | 7 | 1.02 | 2.98 | 0.8 | 4.6 | 67 | 61 | 44 |
| 10 | 7 | 1.33 | 3.99 | 1.1 | 6.2 | 117 | 88 | 62 |
| 16 | 7 | 1.69 | 4.67 | 1.5 | 7.7 | 186 | 124 | 85 |
| 25 | 7 | 2.13 | 5.88 | 1.5 | 8.9 | 278 | 158 | 107 |
| 35 | 7 | 2.51 | 6.92 | 1.5 | 10 | 375 | 197 | 135 |
| 50 | 19 | 1.77 | 8.15 | 2 | 12.3 | 520 | 245 | 160 |
| 70 | 19 | 2.13 | 9.78 | 2 | 13.9 | 724 | 307 | 203 |
| 95 | 19 | 2.51 | 11.55 | 2 | 15.7 | 981 | 375 | 242 |
| 120 | 37 | 2.02 | 13 | 2.4 | 18 | 1245 | 437 | 279 |
| 150 | 37 | 2.24 | 14.41 | 2.4 | 19.4 | 1508 | 501 | 318 |
| 185 | 37 | 2.51 | 16.16 | 2.4 | 21.1 | 1866 | 586 | 361 |
| 240 | 37 | 2.87 | 18.51 | 2.4 | 23.5 | 2416 | 654 | 406 |
| 300 | 37 | 3.22 | 20.73 | 2.8 | 26.5 | 3041 | 767 | 462 |
| 400 | 61 | 2.84 | 23.51 | 2.8 | 29.3 | 3846 | 908 | 541 |
| 500 | 61 | 3.21 | 26.57 | 2.8 | 32.3 | 4862 | 1037 | 603 |

Anexo 9. Interruptor Diferencial 2x25A 30MA 230V



- ✓ Protección contra descargas eléctricas.
- ✓ Manija para encendido y apagado.
- ✓ Sensibilidad: 30 miliamperios.
- ✓ Amperaje: 25 A.
- ✓ Adecuado para aplicaciones residenciales y comerciales.

Anexo 10. PROJECT DE GASTOS GENERALES

| Id | Modo de tarea | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Nombres de los recursos | Costo | 5 | 11 may '25 | 18 may '25 |
|----|---------------|----------------------------------|----------|----------|-----|--------------|---|---------------|---|------------|-----------------------|
| 1 | | Compra de Equipos de Instalación | 1 sem | | | | Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A | S/ 102,695.00 | | | Controlador |
| 2 | | Transporte | 1 día | | | | Pago de Transporte de l. | S/ 2,000.00 | | | |
| 3 | | Mano de obra | 1 sem | | | | Pago por la instalacion | S/ 1,000.00 | | | Pago por la |
| 4 | | Manterimiento | 2 días | | | | Pago por manterimient | S/ 1,500.00 | | | Pago por mante |
| 5 | | | | | | | | S/ 0.00 | | | |

| | | | | | |
|--|----------------------|----------|---------------------------|--|-----------------|
| Proyecto: Proyecto2 Fecha: vie 23/05/25 | Tarea | | Resumen inactivo | | Tareas externas |
| | División | | Tarea manual | | Hito externo |
| | Hito | | solo duración | | Fecha límite |
| | Resumen | | Informe de resumen manual | | Progreso |
| | Resumen del proyecto | | Resumen manual | | Progreso manual |
| | Tarea inactiva | | solo el comienzo | | |
| Hito inactivo | | solo fin | | | |

Página 1