



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UN ÁREA DE
CONVIVENCIA DEL CENTRO DE FORMACIÓN INTEGRAL CHAKA
WASI DE LA FUNDACIÓN JARDÍN DEL EDÉN.**

PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRICIDAD

AUTOR:
Escobar Simaluisa Kevin Fabricio

TUTOR:
Ing. Franklin Vásquez. M.Sc.

LATACUNGA OCTUBRE 2025 -FEBRERO 2026

LATACUNGA – ECUADOR

MARZO - 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Escobar Simaluisa Kevin Fabricio, con cedula de ciudadanía No. **0504369349**, declaramo ser autores del proyecto de titulación **“Implementación de un sistema fotovoltaico en un área de convivencia del centro de formación integral Chaka Wasi de la fundación Jardín del Edén)”** siendo el Ing Vásquez Teneda Franklin Hernán, Mg. tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Marzo 12 del 2026



Escobar Simaluisa Kevin Fabricio
CC. 0504369349

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“Implementación de un sistema fotovoltaico en un área de convivencia del centro de formación integral Chaka Wasi de la fundación Jardín del Edén”, de Escobar Simaluisa Kevin Fabricio de la Carrera de Electricidad, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir con las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas por la pre-defensa.

Latacunga, 12 de marzo del 2026



Ing. Vásquez Teneda Franklin Hernán, Mg.
C.C. 1710434497
TUTOR

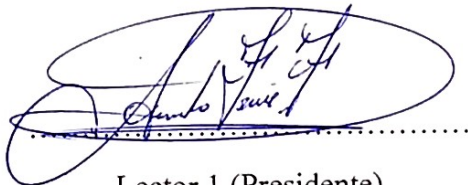
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título **“Implementación de un Sistema Fotovoltaico en una área de convivencia del Centro de Integral Chaka Wasi de la fundación Jardín del Edén”**, propuesto por el estudiante: **Escobar Simaluisa Kevin Fabricio** de la carrera de Electricidad, me permito indicar que el estudiante han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Propuesta Tecnológica en virtud de lo cual los postulantes pueden presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

Latacunga, Marzo 2026



Lector 1 (Presidente)

Ing. Msc. Armando Salvador Freire Freire
C.C. 050384283-3



Lector 2

Ing. Msc. Diego Leonardo Jimenez Jimenez
C.C. 050349370-2



Lector 3

MBA. Diego Enrique Estupiñán Tello
C.C. 0501656508



Fundación JARDIN DEL EDEN – Ecuador
Proyecto “CHAKA WASI”



Parroquia la Matriz - Cantón Pujili - Provincia Cotopaxi

AVAL DE CUMPLIMIENTO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Lic. Alba Roció Simaluisa Chancusi

Coordinadora del Centro de formación Integral “Chaka Wasi” de la Fundación Jardín del Edén.

Presente. -

De mi consideración

Yo, **ALBA ROCÍO SIMALUISA CHANCUSI** con cédula de ciudadanía **0501955439**, en calidad de **Coordinadora del Centro de formación Integral “Chaka Wasi” de la Fundación Jardín del Edén**, certifico mediante la presente que el estudiante **ESCOBAR SIMALUISA KEVIN FABRICIO**, de la carrera de **Ingeniería en Electricidad** de la **Universidad Técnica de Cotopaxi**, ha desarrollado y concluido satisfactoriamente el proyecto tecnológico titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA AREA DE CONVIVENCIA DEL CENTRO DE FORMACIÓN INTEGRAL “CHAKA WASI” DE LA FUNDACIÓN JARDÍN DEL EDEN**. El proyecto fue ejecutado en un área de las instalaciones de la fundación, cumpliendo a cabalidad con los objetivos establecidos. El autor demostró responsabilidad, compromiso y competencia técnica a lo largo del proceso.

Por tanto, se extiende la presente, como constancia de la culminación del proyecto tecnológico, así como del valioso aporte técnico-académico e institucional.

Pujili, marzo de 2026

Atentamente.



Lic. Roció Simaluisa
COORDINADORA
Tif. 0987981349
CI. 0501955439



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a dios por permitirme tener salud, vida, y haberme guiado con sabiduría durante el proceso de mi carrera profesional hasta alcanzar este anhelado sueño.

A mis abuelitos Wilfrido y Balbina gracias por sus enseñanzas quien con su firmeza y amor supieron educarme inculcándome valores para enfrentar cualquier obstáculo que se me presente en la vida, agradezco a mis tíos por estar incondicionalmente junto a mí su apoyo a sido un pilar fundamental para cumplir esta meta.

A Washington Fabian por ser la persona quien con sabiduría y firmeza me ha guiado durante mi vida, a mi madre Inés Patricia que con su amor, sacrificio y consejos supo guiarme durante esta etapa, a mis hermanos Jhojan Josué y Janine Julieth por ser cómplices de esta hermosa experiencia y caminar junto a mí, también agradezco a mi compañera aventuras Wendy Dayana por su amor y apoyo durante este proceso al compartir esa etapa importante de mi vida, sobran los motivos para agradecer a la familia Cuyo Chicaiza por el cariño sincero, apoyo incondicional que me han brindado desde siempre.

Escobar Simaluisa Kevin Fabricio

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo el amor del mundo y cariño a mi madre, gracias por ser mi fortaleza día a día y por ser mi motor e inspiración, cada logro será dedicado para ella y por ella.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	3
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.3.1. Objeto de Investigación.....	3
2.3.2. Campo de acción	3
2.4. Beneficiarios	4
2.4.1. Directo.....	4
2.4.2. Indirecto	4
2.5. JUSTIFICACIÓN	4
2.6. Objetivos.....	4
2.6.1. General	4
2.6.2. Objetivos específicos.....	5
2.6.3. Sistema de actividades	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1. ANTECEDENTES	6
3.2. Tipos de corrientes eléctricas	8
3.2.1. Corriente continua	8
3.2.2. Corriente alterna.....	8
3.3. Elementos de un sistema fotovoltaico.....	9
3.3.1. Panel solar fotovoltaico.....	9
3.3.2. Placas solares fotovoltaicas monocristalinas.....	9
3.3.3. Placas solares fotovoltaicas policristalinos	10

3.3.4.	Regulador	10
3.3.5.	Regulador (PWM).....	11
3.3.6.	Regulador MPPT	11
3.3.7.	Inversor.....	11
3.3.8.	Sistema de Almacenamiento de Energía	11
3.4.	Tipos de baterías	12
3.5.	Radiación Solar.....	16
3.5.1.	Tipos de radiación	16
3.6.	Sistemas fotovoltaicos	16
3.6.2.	Sistema fotovoltaico aislado.....	17
3.7.	Orientación e inclinación	18
3.8.	Latitud.....	19
3.9.	Longitud.....	19
4.	METODOLOGÍA	19
4.1.	Métodos de Investigación	19
4.2.	Determinación del número mínimo de inversores.	21
4.3.	Determinación de la cantidad mínima de paneles solares	22
4.4.	Cálculo del número de baterías en paralelo	22
4.5.	Cálculo de la corriente del regulador de carga.....	23
4.6.	Técnicas e instrumentación.....	23
4.7.	Planos de la fundación	25
4.7.1.	Sistema de iluminación	25
4.7.2.	Sistema de fuerza	26
4.8.	Diagrama unifilar de la fundación	27
4.8.1.	Diagrama unifilar con la conexión del sistema fotovoltaico.....	28
4.9.	Cálculo y diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red	29
4.9.1.	Voltaje de operación del sistema	30

4.9.2.	Proyección de cargas eléctricas para una ampliación futura.....	30
4.9.7.	Dimensionamiento de las protecciones de los arreglos solares.....	34
4.10.	Elementos principales del sistema fotovoltaico conectado a la red	34
4.10.4.	Interruptor selector de control	37
4.10.5.	Análisis del aprovechamiento energético del sistema fotovoltaico.....	37
4.10.6.	Costo de la implementación	41
4.10.7.	Flujograma del desarrollo del proyecto	42
4.10.8.	Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico conectado a la red.....	43
4.11.	Análisis técnico económico.....	44
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
5.1.	Análisis de la variación del voltaje en el lado fotovoltaico	49
5.2.	Potencia total generada por el campo fotovoltaico.....	50
5.3.	Variación del estado de carga (SOC)	51
5.4.	Potencia de descarga de la batería.....	52
5.5.	Evolución temporal de la salida de respaldo del inversor en el sistema fotovoltaico	53
5.6.	Comportamiento de la energía de descarga del sistema fotovoltaico	53
5.7.	Energía importada desde la red eléctrica	54
5.8.	Comportamiento diario de la potencia fotovoltaica, estado de carga y voltaje del sistema de baterías en un alto consumo.....	55
5.9.	Comportamiento diario de la potencia fotovoltaica, estado de carga y voltaje del sistema de baterías en un bajo consumo.....	57
5.10.	Comportamiento diario de la potencia fotovoltaica, estado de carga y voltaje del sistema de baterías en medio consumo.....	58
5.11.	Análisis de software PVSYST	59
5.12.	Distribución diaria del estado de carga	60
6.	CONCLUSIONES	61
7.	RECOMENDACIONES	62
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	62

9. ANEXOS.....	65
----------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Panel Fotovoltaico.....	9
Figura 2 Regulador del sistema fotovoltaico	10
Figura 3 Batería del sistema	11
Figura 4 Batería de Plomo-Ácido [14]	14
Figura 5 Batería de ion litio [14]	14
Figura 6 Funcionamiento de una batería de ion litio	15
Figura 7 Estructura de un sistema fotovoltaico [21].....	17
Figura 8 Sistema solar fotovoltaico conectado a la red	17
Figura 9 Sistema fotovoltaico hibrido	18
Figura 10 Ubicación en Google Earth del proyecto a implementar	24
Figura 11 Comportamiento mensual promedio de la radiación solar del 2025	25
Figura 12 Sistema de iluminación de la fundación.....	26
Figura 13 Sistema de fuerza	26
Figura 14 Diagrama unifilar	27
Figura 15 Diagrama unifilar con el sistema fotovoltaico	28
Figura 16 Paneles solares implementados	34
Figura 17 Inversor LUXPOWERTEK.....	36
Figura 18 Batería de Ion-litio de 100 Ah.....	36
Figura 19 Selector manual de operación ON-OFF-ON	37
Figura 20 Consumo eléctrico.....	40
Figura 21 Flujograma del procedimiento de implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red	42
Figura 22 Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico conectado a la red	43
Figura 23 Variación del voltaje en el lado de los paneles solares.....	49
Figura 24 Potencia total generada por los paneles solares	50
Figura 25 Variación del estado de carga de la batería.....	51

Figura 26 Descarga de la batería	52
Figura 27 Comportamiento de la salida de respaldo del inversor	53
Figura 28 Energía de descarga durante el mes de enero del 2026.....	53
Figura 29 Energía suministrada de la red	54
Figura 30 Análisis del comportamiento energético del sistema fotovoltaico en condiciones de alto consumo.....	55
Figura 31 Análisis del comportamiento energético del sistema fotovoltaico en condiciones de bajo consumo.....	57
Figura 32 Análisis del comportamiento energético del sistema fotovoltaico en condiciones de medio consumo.....	58
Figura 33 Necesidades del usuario	59
Figura 34 Distribución diaria del estado de carga	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de Actividades	5
Tabla 2 Revisión Bibliográfica	7
Tabla 3 Ventajas y desventajas Baterías de Plomo-Ácido [14]	14
Tabla 4 Ventajas y desventajas baterías de ion-litio [14].....	15
Tabla 5 Inclinación y orientación de los paneles solares	18
Tabla 6 Ubicación de la fundación	23
Tabla 7 Datos Promedios de radiación solar del año 2025	25
Tabla 8 Estudio de cargas de la fundación.....	30
Tabla 9 Características de los voltajes de operación del sistema fotovoltaico	30
Tabla 10 Cargas proyectadas	30
Tabla 11 Especificaciones técnicas del panel solar	34
Tabla 12 Especificaciones técnicas del inversor.....	35
Tabla 13 Características técnicas de la batería	36
Tabla 14 costo del proyecto implementado	41

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UN ÁREA DE CONVIVENCIA DEL CENTRO DE FORMACIÓN INTEGRAL CHAKA WASI DE LA FUNDACIÓN JARDÍN DEL EDÉN.”

Autor:

Escobar Simaluisa Kevin Fabricio

RESUMEN

La Fundación Jardín del Edén es una institución dedicada a la atención, cuidado y apoyo integral de personas en situación de vulnerabilidad, brindando servicios orientados al bienestar social, la rehabilitación y el mejoramiento de la calidad de vida de sus beneficiarios. Con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso de la energía, reducir costos y promover el uso de fuentes de energía renovable, se implementó un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica. El sistema se dimensionó a partir de un estudio de cargas que determinó un consumo diario de 9,26 kWh, y está compuesto por 6 paneles solares de 550 W (3,3 kWp), considerando un promedio de 4 horas solares pico, la generación energética teórica diaria alcanza aproximadamente de 13,2kWh/día, con un inversor LuxPowertek con tecnología MPPT, y una batería de ion-litio de 51,2 V y 100 Ah (5,12 kWh). Considerando las pérdidas asociadas a diferentes componentes del sistema nos da como resultado una eficiencia global cercana al 84%.

Los respectivos dispositivos de protección, control y monitoreo posibilitan una operación eficiente y segura, garantizando la sincronización con la red eléctrica y la estabilidad de los parámetros eléctricos del sistema. Este resultado evidencia que el sistema fotovoltaico implementado, la energía útil real generada por el sistema es de aproximadamente 11,09 kWh/día valor que supera la demanda energética diaria de la fundación estimada en 9.26 kWh/día. Es energéticamente eficiente, ya que cubre la totalidad de la demanda eléctrica de la fundación, sino que además dispone de un margen adicional de generación que permite compensar variaciones en la radiación solar o incrementos futuros en la carga.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico, energía solar, conexión a la red, inversor MPPT, eficiencia energética.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UN ÁREA DE CONVIVENCIA DEL CENTRO DE FORMACIÓN INTEGRAL CHAKA WASI DE LA FUNDACIÓN JARDÍN DEL EDÉN.”

Autor:

Escobar Simaluisa Kevin Fabricio

ABSTRACT

The Garden of Eden Foundation is an institution dedicated to the comprehensive care and support of people in vulnerable situations, providing services focused on social welfare and rehabilitation, and improving the quality of life for its beneficiaries. To improve energy efficiency, reduce costs, and promote the use of renewable energy sources, a photovoltaic system connected to the electrical grid was implemented. The system was sized based on a load study that determined a daily consumption of 9.26 kWh, and consists of 6 solar panels of 550 W (3.3 kWp), considering an average of 4 peak solar power hours, the theoretical daily energy generation reaches approximately 13.2kWh/day, with a LuxPowerTek inverter with MPPT technology, and a 51.2 V, 100 Ah (5.12 kWh) lithium-ion battery. Taking into account the losses associated with different system components, this results in an overall efficiency of approximately 84%.

The respective protection, control, and monitoring devices enable efficient and safe operation. The actual useful energy generated by the system is approximately 11.09 kWh/day, a value that exceeds the foundation's estimated daily energy demand of 9.26 kWh/day. It is energy-efficient, since it not only covers the foundation's entire electrical demand, but also provides an additional generation margin that allows compensation for variations in solar radiation or future load increases.

Keywords: Photovoltaic system, solar energy, grid connection, MPPT inverter, energy efficiency.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Implementación de un Sistema Fotovoltaico en un área de Convivencia del Centro de Formación Integral Chaka Wasi de la Fundación Jardín del Edén.

Modalidad de Titulación:

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	X
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
	Artículo científico	

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: Desarrollo de sistemas inteligentes aplicados a la ingeniería eléctrica.

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

- Escobar Simaluisa Kevin Fabricio
- Ing. Franklin Vásquez. M.Sc.

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de Investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera: Diseño, construcción y explotación eficiente de sistemas eléctricos con energía convencional y alternativa.

2. INTRODUCCIÓN

Las energías renovables solucionarán muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica [1].

La disponibilidad de electricidad fiable continúa siendo un reto en áreas rurales o remotas, donde la conexión a la red eléctrica tradicional no es técnicamente viable debido a factores geográficos, económicos y logísticos. En este escenario, los sistemas fotovoltaicos surgen como una opción sustentable y factible para la producción de electricidad, fomentando de esta manera el crecimiento social y económico de estas áreas. Sin embargo, esta tecnología tiene una restricción esencial de naturaleza intermitente, dado que se basa directamente en la disponibilidad del recurso solar, que cambia durante el día y dependiendo de las condiciones meteorológicas. [2].

El presente trabajo tiene como objeto la puesta en práctica de un sistema solar fotovoltaico híbrido en “La fundación jardín del edén ” ubicada en la provincia de Cotopaxi en el cantón Pujilí, con el objetivo de cubrir la demanda energética de esta vivienda a partir de la radiación solar.

El problema que se resuelve es la dependencia de fuentes energéticas no renovables o, en su defecto, sistemas eléctricos poco confiables o en conjunto, una baja calidad de vida, altos costos y un alto impacto medioambiental, de manera que el trabajo que se presenta a continuación tiene como objetivo la propuesta de una solución óptima para que los usuarios de la fundación tengan acceso a energía limpia, constante y segura, lo que implica a la disminución de costos de energía eléctrica.

Desde un punto de vista social, este tipo de implementación incide en la mejora de la calidad de vida, promueve la autonomía energética y favorece la inclusión de tecnología en aquellas vertientes donde las políticas de electrificación no llegan totalmente. Desde el ámbito económico, la inversión inicial en tecnologías fotovoltaicas queda compensada en el ahorro a largo plazo en consumo eléctrico.

Este documento se estructura de la siguiente manera: la primera sección presenta la problemática, objetivos y justificación del proyecto; la segunda sección muestra el marco teórico relacionado con la energía solar y los sistemas fotovoltaicos; en la tercera sección se presenta la metodología utilizada, en la cuarta sección se define el diseño y el dimensionado

del sistema; en la quinta sección se muestran los resultados de la simulación y el análisis técnico; finalmente se exponen las conclusiones y las recomendaciones del estudio.

2.1.SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En el Centro de Formación Integral Chaka Wasi, ubicado en una zona rural del cantón Pujilí con acceso limitado y poco confiable al suministro eléctrico convencional, el área de convivencia destinada a actividades comunitarias, educativas y recreativas enfrenta dificultades para operar de manera continua y eficiente. por lo que el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico es una opción que se requiere para obtener una fuente de energía eléctrica en zonas donde el servicio eléctrico es algo escaso, en la fundación Chaka Wasi existe carencias de energía eléctrica por lo cual complica a los individuos que habitan en el lugar al realizar sus actividades diarias, por lo que se ha realizado un estudio donde se analizó diferentes factores como infraestructura, viabilidad y recursos que nos permitan ejecutar y cubrir la demanda con la implementación de un sistema fotovoltaico en toda la fundación con el objetivo de aportar en la parte de la vinculación con la sociedad.

A pesar de la creciente necesidad de espacios energéticamente autónomos y sostenibles, no se ha implementado un sistema que aproveche fuentes renovables como la energía solar, a pesar de que la región cuenta con condiciones favorables de radiación solar. Esta carencia representa una oportunidad para aplicar soluciones tecnológicas que respondan a los principios de eficiencia energética, sostenibilidad ambiental y autonomía operativa.

2.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Realizar el Diseño e Implementación de un Sistema Fotovoltaico en un área de convivencia del Centro de la Fundación Integral Chaka Wasi de forma eficiente y económicamente viable que permita cubrir la demanda energética necesaria. Esta propuesta busca garantizar un suministro eléctrico confiable, reducir el impacto ambiental, y servir como modelo educativo para la promoción de energías renovables en comunidades urbanas.

2.3.OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1. Objeto de Investigación

Sistema fotovoltaico híbrido y disminución de costos .

2.3.2. Campo de acción

330000 ciencias Tecnológicas /3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.05 Aplicaciones Eléctricas

2.4. Beneficiarios

Con el proyecto denominado energías sostenibles al servicio de la sociedad como proyecto de vinculación con la sociedad se estima el beneficio de los habitantes de la fundación Chaka Wasi al proporcionar un sistema de generación eléctrica ya que al ser una fundación no cuenta con muchos recursos económicos al ser una fundación autónoma y los beneficiarios serán ellos al 100%.

2.4.1. Directo

Fundación Chaka Wasi

2.4.2. Indirecto

Niños, jóvenes y personal de educadores y administrativos que prestan su ayuda para realizar actividades formativas, recreativas y comunitarias.

2.5. JUSTIFICACIÓN

Nos hemos visto en la necesidad de vincular nuestro lado humano y nuestro lado profesional con el objetivo de aportar al vínculo social nuestros saberes. La creciente necesidad de adoptar fuentes de energía sostenibles en la zona, junto con los desafíos que enfrentan instituciones educativas como el Centro de Formación Integral Chaka Wasi en cuanto a suministro eléctrico confiable, hacen imprescindible la búsqueda de soluciones tecnológicas que promuevan la autonomía energética y el desarrollo comunitario lo cual al saber la verdadera situación de la fundación nos hemos visto en la necesidad de ejecutar en el lugar el proyecto que nos servirá mutuamente ya que será parte fundamental para finalizar nuestra formación académica, dejando así plasmado nuestros conocimientos de la ingeniería eléctrica, que a la larga servirán como motivación de superación para todas las personas y aún más para los niños y jóvenes que forman parte del centro de formación Chaka Wasi .

2.6. Objetivos

2.6.1. General

- Implementar un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda energética de un área del Centro de Formación Integral Chaka Wasi de la Fundación Jardín de Edén, promoviendo la sostenibilidad energética del establecimiento

2.6.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de cargas para la evaluación del comportamiento del sistema eléctrico del área de convivencia del centro de formación integral Chaka Wasi de la Fundación Jardín del Edén.
- Dimensionar un sistema fotovoltaico que permita satisfacer la carga instalada, mediante la validación de su desempeño a través de un software de simulación especializado.
- Evaluar los parámetros eléctricos en el funcionamiento del sistema Fotovoltaico implementado
- Analizar el impacto económico social de la implementación del sistema fotovoltaico conectado a la red

2.6.3. Sistema de actividades

A continuación, se detalla las actividades que se realizará en función a los objetivos establecidos, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Sistema de Actividades

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnica e Medios e instrumentos
Realizar un estudio de cargas para la evaluación del comportamiento del sistema eléctrico del área de convivencia del centro de formación integral Chaka Wasi de la Fundación Jardín del Edén	Recopilar información técnica sobre los equipos instalados dentro del área de convivencia	Tener un mayor enfoque técnico de los equipos que se van a utilizar al igual de que horas son las de mayor consumo eléctrico	Investigación bibliográfica.
	Registrar el horario de uso de hora pico de utilización de puntos de fuerza e iluminación		Investigación en revistas técnicas
Dimensionar un sistema fotovoltaico que permita satisfacer la carga instalada, mediante la validación de su desempeño a través de un software de simulación especializado.	Identificar y cuantificar la carga eléctrica instalada registrar todos los equipos eléctricos, sus potencias nominales y tiempos de uso diario.	Un dimensionamiento correcto sin elevar costos	Equipos de medición como el multímetro al igual que la observación de cada equipo que existe.
Evaluar los parámetros eléctricos en el funcionamiento del sistema FV implementado	Revisar fichas técnicas de: Módulos fotovoltaicos Inversor Protecciones eléctricas	Equipos apropiados para el correcto funcionamiento del sistema	Revisión de fichas técnicas de cada elemento a instalar .

Analizar el impacto económico social de la implementación del sistema fotovoltaico conectado a la red	Realizar estudios de cómo va a ayudar en el aspecto económico a la fundación	Disminuir el costo de la planilla de luz	Investigación bibliográfica
---	--	--	-----------------------------

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En esta parte se tratan principios fundamentales de los sistemas fotovoltaicos. Se explicarán detalladamente los componentes que conforman el sistema fotovoltaico y la importancia de cada uno. Asimismo, se tratarán las propiedades de las baterías comúnmente utilizadas en estos sistemas, diferenciando las características de cada tecnología, incluyendo sus ventajas y desventajas.

3.1.ANTECEDENTES

El Centro de Formación Integral Chaka Wasi, perteneciente a la Fundación Jardín del Edén, se ubica en una zona rural del Ecuador caracterizada por su limitada infraestructura eléctrica. Su enfoque educativo integral busca formar niños y jóvenes en un ambiente que promueva el respeto, la creatividad y la sostenibilidad. El área de convivencia del centro es un espacio multifuncional donde se desarrollan actividades educativas, culturales, recreativas y comunitarias. Sin embargo, la falta de un suministro eléctrico confiable limita el uso pleno de este espacio, afectando la calidad de las actividades y la seguridad de los usuarios.

La implementación del sistema no solo resolverá una necesidad energética, sino que también fortalecerá el modelo educativo del centro, promoverá el aprendizaje práctico en energías renovables y mejorará la infraestructura comunitaria.

Tabla 2 Revisión Bibliográfica

Referencia	Tema	Institución	Contribución
[3]	Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para los sistemas de iluminación, circuito cerrado de televisión y sistemas de datos en oficinas de la empresa ENGINSMART S.A.	Universidad Técnica de Cotopaxi	La presente investigación aborda la temática de la implementación de un sistema fotovoltaico, el mismo que se define como un conjunto de tecnologías que aprovechan la radiación solar para generar electricidad de forma directa, a través del efecto fotovoltaico. Está compuesto principalmente por paneles solares fotovoltaicos, que captan la luz solar y la convierten en energía eléctrica de corriente continua. Además de los paneles solares, un sistema fotovoltaico típico incluye componentes como inversores, baterías de almacenamiento, reguladores de carga y estructuras de montaje.
[4]	Diseño de un sistema híbrido aislado para abastecer a la hacienda Quirola	Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos	El presente trabajo lleva a cabo el desarrollo y simulación de un sistema híbrido eólico-solar para el abastecimiento de energía eléctrica a la “Hacienda Quirola” – Bananera. La realización de este estudio se tuvo en cuenta la potencia de la hacienda, el sistema de riego, el número de puntos de cargas, la potencia de cada bomba de agua, la cantidad de horas que funciona la bomba de agua por día. Teniendo en cuenta el valor de la potencia obtenida por el sistema de riego, se realiza el cálculo de los parámetros necesarios para la selección de los equipos requeridos para la generación de energía, es decir los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador, el banco de baterías, el inversor, entre otros.
[5]	Diseño y simulación del comportamiento de un sistema híbrido de potencia	Universidad de Piura	Un sistema híbrido de potencia se define como un sistema que combina dos o más fuentes de energía para producir electricidad sin necesidad de estar conectado a la red de distribución eléctrica. Esta tesis estudia el diseño y funcionamiento de un sistema híbrido de potencia, conformado por un generador fotovoltaico y un grupo electrógeno, para alimentar la demanda de carga hecha por el alumbrado público de la Universidad de Piura. La alternativa técnico económica más viable será, la configuración con un bajo precio del kWh producido y que tenga la más alta confiabilidad.
[6]	Sistema fotovoltaico conectado a la red para alimentar la división	Editorial Feijóo	La generación fotovoltaica se considera una alternativa ambientalmente ventajosa. Aunque el sistema energético de Cuba está basado fundamentalmente en el petróleo, se realizan avances en el uso de estas tecnologías. El presente trabajo tiene como objetivo proponer un estudio de oportunidad de sistemas fotovoltaicos conectado a red en la División Territorial

	territorial copextel cienfuegos. anteproyecto y simulación		COPEXTEL Cienfuegos (DTCC) en aras de reducir el consumo de energía eléctrica. Para ello se emplean el PVsyst y el RETScreen, software de diseño y simulación de sistema de energía renovable.
[7]	Simulación de un sistema fotovoltaico conectado a la red para abastecer la demanda de una vivienda unifamiliar	Escuela Politécnica Nacional	El presente proyecto tiene como propósito crear una guía simplificada y óptima para el diseño y simulación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Para lo cual, se desarrolló una herramienta de dimensionamiento basada en el método analítico del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas CIEMAT, y bajo la regulación ecuatoriana 003/18 impuesta por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables ARCERNNR. La validación de resultados se realizó por medio de una simulación en el software PVsyst.

3.2. Tipos de corrientes eléctricas

3.2.1. Corriente continúa

Uno de los conceptos más relevantes dentro de la rama de la electricidad son los tipos de corriente que existen, los cuales se dividen en dos grupos importantes siendo, corriente continua y corriente alterna respectivamente, la CC o DC como comúnmente la conocemos a la corriente directa esta es producida por el flujo de carga que viaja a una misma dirección, por lo cual los electrones se direccionan en un mismo sentido en el circuito, un claro ejemplo práctico es una batería de almacenamiento de electricidad los bornes de cada extremo de este dispositivo tienen el mismo signo de carga eléctrica.

3.2.2. Corriente alterna

Por otro lado, la corriente CA o AC, como su nombre lo dice es un tipo de corriente eléctrica que se establece de una forma muy diferente a comparación de la corriente directa CC o DC ya que la cantidad de electrones que se establecen en un circuito eléctrico, varían periódicamente de una dirección a otra, al momento de variar la polaridad que tiene el generador, resultado por el cual se producen las corrientes alternas más valiosas, las conocidas comúnmente como corrientes alternas periódicas, estas pueden ser de tipo rectangular, triangular, dientes de sierra y de forma sinusoidal esta última se puede evidenciar de mejor manera en un inversor de onda pura mediante la implementación de un sistema de solar fotovoltaico sea este off grid u on grid

3.3.Elementos de un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está integrado de diversos componentes vinculados entre sí permitiendo aprovechar la energía solar y convertirla en electricidad utilizable para la carga electrónica.

3.3.1. Panel solar fotovoltaico

Los paneles solares también conocidos como módulos fotovoltaicos constan de varias celdas denominadas células fotovoltaicas tienen como función principal convertir la radiación solar en energía eléctrica debido al efecto fotovoltaico que son provocados por los fotones y estos generan varias cargas con polaridades positivas y negativas en dos diferentes tipos de conductores generan así un campo eléctrico el cual producirá corriente eléctrica [8].



Figura 1 Panel Fotovoltaico

3.3.2. Placas solares fotovoltaicas monocristalinas

Estos tipos de placas solares están formadas por células con un único cristal cortado en láminas finas de silicio. Tiene una eficiencia que se encuentra entre un 18% y un 20% por lo que es más alta respecto a los demás tipos. A lo largo de los años sus costes de fabricación han ido disminuyendo poco a poco. Estos tipos de placas solares ofrecen una producción superior a los policristalinos, pero con el mismo tamaño y su color suele ser azul oscuro o negro, es muy uniforme

3.3.3. Placas solares fotovoltaicas policristalinos

Las policristalinas son unos de los tipos de paneles solares más populares en el mercado. La fabricación de los tipos de placas solares se basa en la fundición de lingotes de silicio, lo que hace que esté formada por diferentes tipos de cristales. Esto se hace mediante un proceso de enfriamiento rápido del silicio fundido, consiguiendo un acabado menos uniforme que las monocristalinas.

Estos tipos de placas están formados por células que contienen varios cristales. Su color suele ser azul y bastante heterogéneo. Se fabrican con mayor rapidez y tienen una eficiencia de entre el 16 y 18%

3.3.4. Regulador

Este dispositivo es indispensable para los sistemas fotovoltaicos que aplican baterías. La función principal es controlar el proceso de carga de las baterías por medio de la corriente y tensión que se entrega a las mismas. Su principal acción es de impedir la sobrecarga de la batería para que la misma tenga una vida útil poco reducida. En adición, se conoce que el regulador tiene como función la protección sobre los cortocircuitos y conexiones con una polaridad alterada para el sistema solar en el que se encuentra aplicado [9]

Sumado a esto, se conoce que los reguladores tienen 6 entradas, 2 que son destinadas para la instalación del panel solar (positivo y negativo), 2 para las baterías (positivo y negativo) y 2 para el inversor (positivo y negativo) para finalmente después de este último transformarse de corriente directa (Dc) a corriente alterna (Ac) y la salida se conecta al panel de distribución de la vivienda.



Figura 2 Regulador del sistema fotovoltaico

3.3.5. Regulador (PWM)

Este tipo de regulador de carga, utiliza una técnica digital, donde controla una señal analógica en la cual permite la variación respectiva del ancho de pulsos de una onda cuadrada, por lo cual tiene como objetivo de interrumpir el flujo de energía, para que los módulos y las baterías se encuentran instaladas trabajen en una caída de tensión equilibrada, por otro lado este tipo de regulador a más de tener un precio accesible, tiene una vida útil muy buena, y se puede ser implementado en sistemas de tipo Off Grid [10].

3.3.6. Regulador MPPT

El regulador MPPT trabaja con cualquier tipo de caída de tensión de paneles solares, así como de las baterías, ya que internamente en su sistema contiene un regulador DC/DC, y un diodo de protección, es así que mediante este regulador disminuye considerablemente las pérdidas y eleva la confiabilidad para la generación de energía eléctrica, otros aspectos de este dispositivo es su costo elevado y se puede adaptar a sistemas de tipo Off Grid como de tipo On Grid [10].

3.3.7. Inversor

Este se encarga únicamente de convertir la corriente continua (DC) almacenada en las baterías en corriente alterna (AC) para que pueda ser usado en diferentes dispositivos que se requieran [11].

3.3.8. Sistema de Almacenamiento de Energía

Para garantizar el suministro continuo de energía, incluso durante períodos sin radiación solar (noche o días nublados), se emplean sistemas de almacenamiento de energía, comúnmente baterías. Estas permiten almacenar la energía excedente producida por el generador fotovoltaico y liberarla cuando es necesario, siendo fundamentales para asegurar la estabilidad y continuidad del suministro eléctrico [12].



Figura 3 Batería del sistema

Los parámetros clave para la selección y dimensionamiento de baterías en sistemas fotovoltaicos incluyen:

- **Capacidad nominal (Ah):** Indica la cantidad total de carga que puede almacenar la batería.
- **Profundidad de descarga (DoD):** Porcentaje de la capacidad total que puede utilizarse sin comprometer la vida útil del dispositivo.
- **Vida útil (ciclos):** Número de ciclos carga/descarga que puede soportar la batería antes de degradarse significativamente.
- **Eficiencia energética (%):** Relación entre la energía que se extrae de la batería y la que se le suministra durante la carga.
- **Temperatura de operación:** Influye directamente en la eficiencia y vida útil. Algunas baterías requieren sistemas de gestión térmica.
- **Tasa de carga/descarga (C-rate):** Determina la rapidez con que la batería puede cargarse o descargarse sin dañarse [12].

3.4. Tipos de baterías

A continuación, se describen las principales clases de baterías existentes en el mercado, su operación, beneficios y limitaciones.

3.4.1. Baterías de plomo-ácido

El funcionamiento de la batería de plomo-ácido se basa en una reacción electroquímica que ocurre en una celda electroquímica compuesta por dos polos: uno positivo y otro negativo, que al estar conectados en un circuito cerrado permiten el flujo de corriente eléctrica. El electrodo positivo está formado por una placa de dióxido de plomo, mientras que el polo negativo consiste en plomo esponjoso. Ambos están inmersos en un electrolito compuesto por una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4), de ahí el nombre “ácido” de este tipo de baterías. Estas baterías están compuestas por múltiples celdas conectadas en serie, cada una generando un voltaje nominal aproximado de 2 V. La combinación de estas celdas permite alcanzar tensiones estándar como 6 V, 12 V, entre otras. Se utilizan comúnmente en sistemas fotovoltaicos y de respaldo debido a su bajo costo y disponibilidad en el mercado[13].

Existen dos grupos principales de baterías de Plomo-Ácido, clasificado según la forma en que el electrolito se encuentra:

- Baterías de electrolito inundado o ventiladas (VLA) los electrodos se encuentran completamente inmersos en un sobrante de electrolito líquido. Estas tecnologías

requieren mantenimiento regular, incluyendo el control del nivel del electrolito y ventilación adecuada debido a la emisión de gases durante la carga.

- Baterías selladas o controladas por una válvula (VRLA) en las que el electrolito está inmovilizado ya sea en un separador absorbente (como la tecnología AGM) o en forma de gel (baterías de plomo-ácido gel). Estas baterías son libres de mantenimiento y están diseñadas para evitar derrames y minimizar la emisión de gases, lo que las hace adecuadas para aplicaciones en espacios cerrados o con difícil acceso.

Dentro de este marco teórico se profundiza en el análisis de las baterías VRLA. En comparación con las baterías VLA, las VRLA presentan ciertas limitaciones, como una vida útil más corta, menor tolerancia a temperaturas elevadas e intolerancia ante condiciones de uso exigentes. Durante su funcionamiento normal, toda batería genera gases como resultado de las reacciones químicas internas. Si la generación de gases es excesiva, puede acumularse presión en el interior de la batería. Por esta razón, no es adecuado sellarlas completamente. En su lugar, las baterías VRLA incorporan válvulas de seguridad que permiten la liberación controlada de gases acumulados, manteniendo la celda hermética bajo condiciones normales de operación [13].

Las baterías VRLA pueden clasificarse en dos tipos principales:

- AGM: el electrolito líquido es absorbido y retenido en un separador de fibra de vidrio.
- GEL: el electrolito se encuentra mezclado con un agente gelificante, lo que le da una consistencia semisólida.

Las baterías de gel son una variante optimizada de AGM debido a su composición química. Su costo es superior al de las AGM y las de plomo-ácido, pero se compensa con su eficacia

La vida útil estimada de estas baterías de VRLA oscila entre 5 y 10 años, dependiendo de las condiciones de operación y mantenimiento. En términos de ciclos de carga y descarga, su expectativa de vida útil se sitúa entre 200 y 500 ciclos, lo cual puede variar según la profundidad de descarga (DoD) y la temperatura de funcionamiento. Desde el punto de vista ambiental, estas baterías son reciclables, debido a la presencia de plomo [13].



Figura 4 Batería de Plomo-Ácido [14]

Tabla 3 Ventajas y desventajas Baterías de Plomo-Ácido [14]

Ventajas	Desventajas
Bajo costo de fabricación	Baja densidad energética
Baja tasa de autodescarga	Tiempo de carga prolongado (14-16 horas), no aptas para carga rápida
Tensión elevada por celda (2V)	Peso elevado
Tecnología consolidada y confiable con décadas de uso	Baja potencia en comparación con otras tecnologías
Amplia disponibilidad en diferentes tamaños y diseños	Ciclo de vida limitado en comparación con baterías modernas
Buen rendimiento en ambientes de baja y alta temperatura	Requiere mantenimiento periódico
Celdas con voltaje elevado comparado con otras tecnologías	Riesgo ambiental debido al contenido de plomo y ácido sulfúrico
Componentes reciclables	Deben mantenerse cargadas para evitar la sulfatación y pérdida de capacidad
Alta eficiencia de conversión energética	

3.4.2. Baterías de Litio

Las baterías han sido utilizadas en varios dispositivos en la actualidad, sea del hogar o para industrias, entonces la selección del tipo de batería depende para que serán utilizadas. Sus aplicaciones se basan en su alta densidad energética y eficiencia [14].



Figura 5 Batería de ion litio [14]

Las baterías de ion-litio están compuestas por un cátodo (electrodo positivo), un ánodo (electrodo negativo) y un electrolito que actúa como medio conductor. El cátodo suele estar compuesto por un óxido metálico de litio, mientras que el ánodo está formado por carbono poroso, comúnmente grafito. Durante el proceso de descarga, los iones de litio fluyen desde el ánodo hacia el cátodo a través del electrolito y el separador, generando un flujo de corriente eléctrica hacia el exterior del circuito. En el proceso de carga, este flujo se invierte y los iones se mueven del cátodo al ánodo, almacenando energía nuevamente en la celda [15]. La siguiente figura muestra el procedimiento:

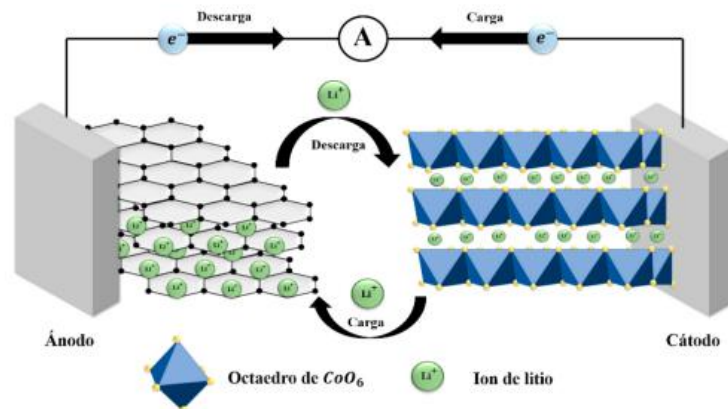


Figura 6 Funcionamiento de una batería de ion litio

Tabla 4 Ventajas y desventajas baterías de ion-litio [14]

Ventajas	Desventajas
Alta seguridad térmica y química, menor riesgo de combustión	Menor densidad energética comparada con otras baterías de litio
Vida útil larga, con más ciclos de carga y descarga	Más caras otras tecnologías, especialmente las baterías de plomo-ácido
Alta eficiencia de carga y descarga (90-95%)	Voltaje nominal más bajo (3.2-3.3 V por celda)
Estabilidad térmica, funcionan bien en rangos amplios de temperatura	Requieren sistemas de gestión de batería (BMS) para protegerlas
Resistencia a altas tasas de descarga sin degradación rápida	Tasa de descarga limitada.
Material no tóxico	Menor disponibilidad en el mercado respecto a tecnologías más comunes
Bajo mantenimiento comparado con baterías de plomo-ácido.	Sensibles a sobrecarga si no cuentan con protecciones adecuadas.
Peso ligero	Menor compatibilidad con algunos cargadores convencionales
Buen rendimiento en aplicaciones de energía renovable y almacenamiento estacionario	

3.5.Radiación Solar

La radiación solar es la energía que emite el Sol en forma de ondas electromagnéticas, es decir, el conjunto de rayos solares que llegan a la Tierra desde el Sol. Esta energía solar viaja a través del espacio y llega a la Tierra, donde se manifiesta en forma de rayos del sol visibles, calor y luz ultravioleta [16].

3.5.1. Tipos de radiación

La radiación solar se puede clasificar todo dependiendo de cómo esto llega a la superficie terrestre y además de como interactúa con la atmósfera entre estos son:

3.5.1.1.Directa

Este tipo de radiación se refiere que viene directa del sol, que quiere decir, que no existe algún obstáculo de por medio en su afectación, se podría ejemplificar cuando es un día sin nubes y todo el cielo despejado [17].

3.5.1.2. Difusa

Esta radiación se puede analizar como aquella que se encuentra difusa esto debido a los diferentes factores atmosféricos, es decir, a la interacción entre la radiación y la atmósfera. Se refiere en sí en los días nublados a los que la radiación directa reduce su cantidad, y en otros casos en cuanto existe edificaciones en los cuales no reciben de forma horizontal la radiación sino de forma vertical [18].

3.5.1.3. Reflejada

A este tipo de radiación reflejada son las que proviene por ser en sí un rebote de la superficie terrestre, superficies que se encuentran de forma vertical son las que reciben aquella radiación reflejada que las que son horizontales

3.6.Sistemas fotovoltaicos

La instalación fotovoltaica se compone de cuatro componentes esenciales que se encargan de las funciones primordiales, que incluyen la captación de energía, regulación, acumulación de energía e inversión de tensión. Todos los componentes deben estar correctamente vinculados y siempre poseer protecciones, tal como se ilustra en la Figura 7, que presenta los componentes clave de un sistema solar fotovoltaico, que son; módulo fotovoltaico, regulador o controlador de carga e inversor solar [19]

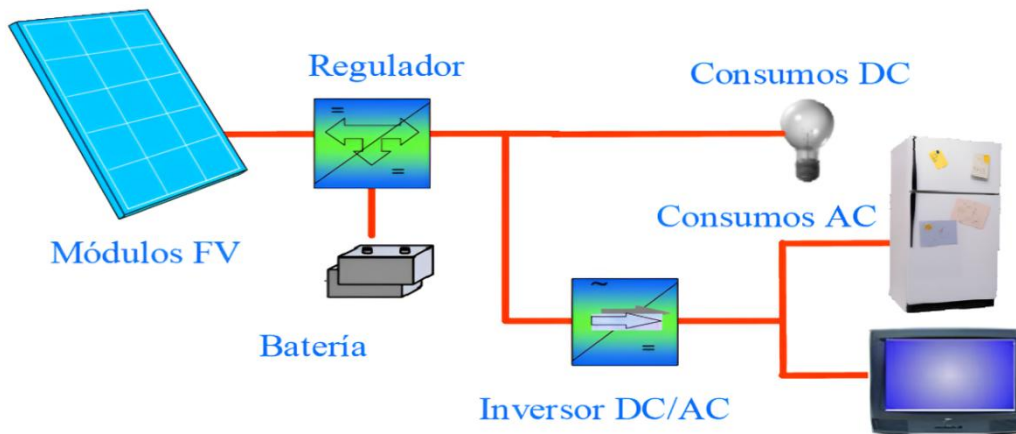


Figura 7 Estructura de un sistema fotovoltaico [21]

3.6.1. Sistema solar fotovoltaico conectado a la red pública

Los sistemas fotovoltaicos vinculados a la red eléctrica son una de las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica que ha ganado importancia en años recientes, debido a su gran potencial de uso en áreas urbanas próximas a la red eléctrica. La Figura 8 ilustra que estos sistemas se componen de un generador de energía solar que está vinculado a la red eléctrica tradicional mediante un inversor, generando un intercambio de energía entre esta y el sistema fotovoltaico, un rasgo distintivo de estas instalaciones. Por lo tanto, el sistema suministra energía a la red cuando su producción excede el consumo local, y extrae energía de ella en caso.

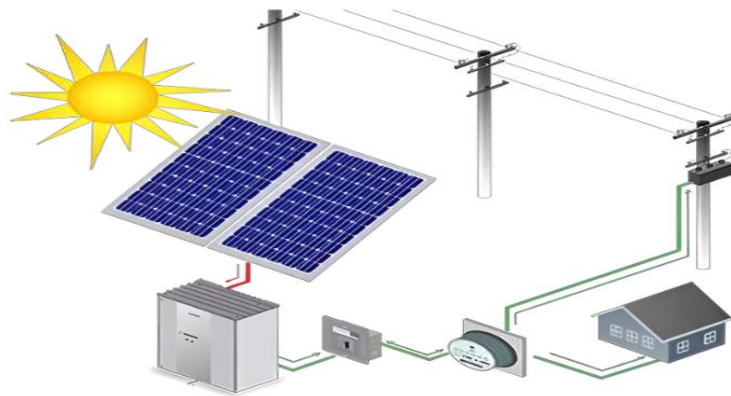


Figura 8 Sistema solar fotovoltaico conectado a la red

3.6.2. Sistema fotovoltaico aislado

Una planta solar fotovoltaica aislada es un sistema de producción de energía que no se encuentra vinculado a la red y suministra al dueño energía obtenida de la luz solar. Usualmente, necesita guardar la energía solar producida en una batería o celda solar y posibilitar su uso las 24 horas del día. Estas instalaciones fotovoltaicas fuera de la red son perfectas para zonas que no pueden vincularse a la red o están en proceso de vincularse a la red debido a los elevados gastos

asociados a la edificación del sistema de energía de línea, particularmente en zonas rurales aisladas.

3.6.3. Sistema solar fotovoltaico híbrido

Este sistema inyecta energía en la red cuando su producción supera al consumo local, y extrae energía de ella en caso contrario. La diferencia fundamental entre un sistema fotovoltaico autónomo y los conectados a red, consiste en la ausencia, en este último caso, del subsistema de acumulación, formado por la batería y la regulación de carga. Además, el inversor, en los sistemas conectados a red, deberá estar en fase con la con la tensión de la red. En la Figura 9 se muestra el sistema solar híbrido.

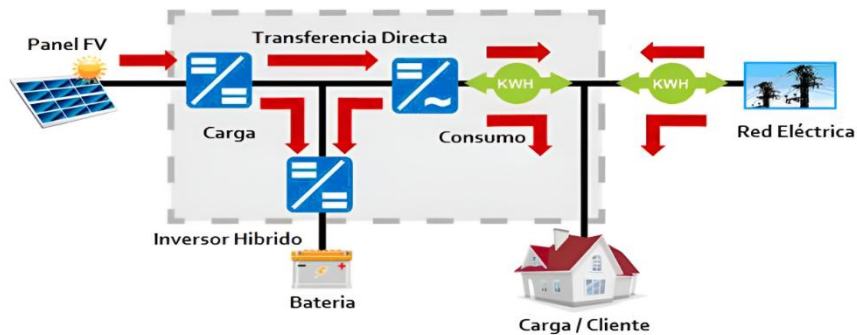


Figura 9 Sistema fotovoltaico híbrido

3.7. Orientación e inclinación

En relación al ángulo de inclinación, el lugar del planeta donde la irradiación solar impacta de manera más perpendicular es Ecuador. Por lo tanto, los módulos no deben inclinarse, solo deben situarse de forma horizontal con vista al cielo. El colocar los paneles solares en dirección al suroeste, que esté a la puesta al sol, permiten que los paneles proporcionen más energía, cuando las personas se encuentren en su casa y usen los electrodomésticos.

Tabla 5 Inclinación y orientación de los paneles solares

Latitud	Ángulo de inclinación máximo
0° - 5°	0° - 10°
6° - 20°	Latitud local +5°
21° - 45°	Latitud local +10°
46° - 65°	Latitud local +15°
66° - 75°	80°

3.8.Latitud

Cuando hablamos de latitud se refiere a la línea imaginaria en la cual forma la curvatura del planeta como la conocemos, la cual pasa por un punto específico y también por los polos norte y sur que conforman la tierra es decir en pocas palabras, la latitud considera el punto inicial de cero grados la cual se encuentra en Ecuador y pasa hasta donde se encuentra ubicado la zona o lugar especificada.

- Es representada con la letra ϕ (f o ϕ)
- Se mide en grados sexagesimales de cero a noventa grados.
- Cualquier punto establecido en la misma paralela tiene la misma latitud.
- Ecuador le corresponde un valor de latitud de 0° .
- Polos Sur y Norte equivalente en 90° S y 90° N en latitud.

3.9.Longitud

Al referirnos de longitud en coordenadas polares, esta como tal determina la distancia de cualquier punto existente en la superficie terrestre, en la cual considera el meridiano de Greenwich, para su medida se hace de forma horizontal que va desde el este al oeste de la línea imaginaria que rodea la tierra [20].

- Representada con la letra λ (f o λ).
- Se mide en grados sexagesimales de cero y ciento ochenta grados.
- Cualquier punto establecido en el mismo meridiano tienen la misma latitud.
- El meridiano de Greenwich tiene una longitud de 0° .
- No tienen valor de longitud los Polos Norte y Sur.

4. METODOLOGÍA

4.1.Métodos de Investigación

4.1.1. Método Exploratorio

En el presente trabajo de investigación se empleó el método exploratorio con el propósito de recopilar y analizar información preliminar relevante sobre el comportamiento histórico de la radiación solar en la Fundación Jardín del Edén, ubicada en el cantón Pujilí. Este enfoque

permitió identificar las condiciones energéticas del entorno y evaluar la viabilidad inicial del proyecto fotovoltaico.

Para ello, se realizó la revisión de estadísticas meteorológicas históricas, bases de datos climatológicas y fuentes técnicas especializadas relacionadas con el recurso solar en la zona de estudio. Asimismo, se analizaron registros de irradiancia global, horas solares pico y variaciones estacionales, lo que permitió estimar el potencial energético disponible para la generación fotovoltaica.

Mediante este método también se identificaron factores externos que pueden influir en el rendimiento del sistema, tales como condiciones climáticas predominantes, presencia de nubosidad, altitud geográfica y posibles sombreados naturales o estructurales. Esta etapa permitió establecer un diagnóstico preliminar del recurso solar y determinar si las condiciones locales son favorables para la implementación de una planta fotovoltaica conectada a la red eléctrica.

El análisis exploratorio constituyó una base fundamental para el posterior dimensionamiento técnico del sistema, ya que permitió validar la disponibilidad del recurso energético y reducir el nivel de incertidumbre asociado a la inversión. De esta manera, se garantizó que el diseño del sistema fotovoltaico se fundamentara en datos reales y condiciones propias de la zona de estudio.

En consecuencia, el método exploratorio permitió confirmar la factibilidad técnica de la implementación del sistema fotovoltaico en la fundación, sirviendo como etapa inicial para el desarrollo del análisis energético y económico presentado en los capítulos posteriores.

4.1.2. Método Descriptivo

El método descriptivo fue aplicado con el propósito de caracterizar de manera detallada y sistemática el diseño, dimensionamiento e instalación del sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica implementado en la fundación. A través de este enfoque metodológico se identificaron, analizaron y documentaron las condiciones técnicas, operativas y constructivas del sistema, permitiendo comprender su configuración y funcionamiento integral.

Dentro de este proceso se evaluaron aspectos fundamentales como la ubicación óptima de los módulos fotovoltaicos, considerando orientación, inclinación, sombreado y disponibilidad del

recurso solar. Asimismo, se analizó la configuración eléctrica del sistema, incluyendo la conexión en serie y paralelo de los módulos, la selección del inversor, el sistema de protección eléctrica y la interconexión con la red de distribución.

De igual manera, se realizó la descripción técnica de los componentes principales del sistema, tales como módulos fotovoltaicos, inversor, estructura de soporte, sistema de almacenamiento mediante batería de ion-litio, protecciones eléctricas y cableado, detallando sus especificaciones nominales, características operativas y criterios de selección.

El método descriptivo también permitió documentar el proceso de instalación, puesta en marcha y verificación del funcionamiento del sistema, mediante pruebas operativas y análisis de parámetros eléctricos como voltaje, corriente, potencia y energía generada. Esto garantizó la validación del correcto desempeño del sistema conforme a los requerimientos técnicos establecidos.

Adicionalmente, se describieron los beneficios derivados de la implementación del sistema fotovoltaico, tanto en el ámbito energético como económico y ambiental, destacando la reducción del consumo de energía proveniente de la red eléctrica, el ahorro mensual en costos operativos y la contribución a la sostenibilidad energética de la fundación.

4.2.Determinación del número mínimo de inversores.

Para la determinación del número de inversores requeridos, se divide la potencia mínima de generación entre la potencia nominal en corriente alterna que puede ser gestionada por cada inversor, considerando además la posible expansión futura de la capacidad de generación. Este cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación

$$N_{inversores} = \frac{P_{mg} \times FC}{P_{CA-inversor}} \quad (1)$$

En donde:

$N_{inversores}$ =Numero de inversores

P_{mg} =Potencia mínima de generación

FC = *Factor de crecimiento*

$P_{CA-inversor}$ = Potencia del lado de AC del inversor en KW

4.3. Determinación de la cantidad mínima de paneles solares

El número mínimo de módulos necesarios se determina tomando como base la potencia mínima de generación ajustada a la evolución futura de la demanda, para ello se aplica la Ecuación 2:

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{mg} \times FC}{P_{pmp}} \quad (2)$$

En donde:

N_{paneles} = Número de paneles

P_{mg} = Potencia mínima de generación

FC = Factor de crecimiento

P_{pmp} = Potencia pico del panel solar

4.4. Cálculo del número de baterías en paralelo

El cálculo del número de baterías en paralelo se lleva a cabo mediante el conocimiento de la máxima demanda de energía del sistema, el número de días de autonomía que se desea, la profundidad de descarga de la batería y la capacidad nominal de cada batería, asegurando así el suministro energético necesario para cubrir la demanda diaria, y esto se determina en base a la Ecuación 3:

$$N_{BP} = \frac{I_{md} \times N}{DoD \times CB} \quad (3)$$

En donde:

N_{BP} = Número de baterías

I_{md} = Corriente máxima diaria

N = Días de autonomía del sistema

DoD = Nivel de descarga permitido

CB = Capacidad nominal de la batería

4.5. Cálculo de la corriente del regulador de carga

La corriente máxima que debe soportar el regulador, se obtiene de la siguiente forma: multiplicando el número de paneles en paralelo por la corriente de cortocircuito de cada uno, utilizando su vez un factor de seguridad, asegurándose que el regulador no opere al límite e impidiendo que potencias cortas puedan ser la causa del sobrecalentamiento. Este cálculo se fundamenta a través de la Ecuación 4:

$$I_{max\ regulador} = N_{pp} \times I_{SC} \times FS \quad (4)$$

En donde:

$I_{max\ regulador}$ = Corriente maxima del regulador

N_{pp} = Número de paneles en paralelo

I_{SC} = Corriente de cortocircuito

FS = Factor de seguridad


4.6. Técnicas e instrumentación

4.6.1. Ubicación del proyecto

La localización geográfica del proyecto se determinó mediante el uso de la herramienta digital Google Earth, la cual permite la visualización tridimensional de la superficie terrestre y facilita el análisis geoespacial de una zona específica con alta precisión cartográfica.

A través de esta plataforma se identificó el emplazamiento exacto de la Fundación Jardín del Edén, ubicada en el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Las coordenadas geográficas obtenidas corresponden a:

Tabla 6 Ubicación de la fundación

Fundación Jardín del Edén	Ciudad	Pujilí
	Dirección	Pujilí-sector Danzapamba
	Latitud	0°58'12.9" Sur
	Longitud	78°42'03.0" Oeste

Estas coordenadas permiten georreferenciar con exactitud el sitio donde se implementará el sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica.

El área del proyecto se encuentra en una zona urbana–periurbana del cantón Pujilí, caracterizada por edificaciones de baja altura y mínima presencia de obstáculos que generen sombreado significativo. La altitud aproximada del sector es de 2 900 metros sobre el nivel del mar, condición que favorece una mayor incidencia de radiación solar debido a la menor densidad atmosférica.

Adicionalmente, mediante el análisis satelital se verificó la orientación de la cubierta donde serán instalados los módulos fotovoltaicos, así como la disponibilidad de superficie útil para el montaje de la estructura de soporte. Este análisis permitió confirmar la viabilidad técnica del emplazamiento, considerando factores como acceso, seguridad, inclinación de la cubierta y ausencia de elementos que puedan afectar el rendimiento del sistema.



Figura 10 Ubicación en Google Earth del proyecto a implementar

4.6.2. Registro de la energía solar en la zona

Para la implementación del sistema fotovoltaico, se realizó el análisis de la radiación solar de la zona de estudio mediante el uso de datos satelitales proporcionados por la NASA correspondientes al año 2025. Dicha información permitió identificar los períodos del año con mayor disponibilidad de radiación solar, lo cual resulta favorable para el desarrollo del proyecto y constituye un insumo fundamental para el correcto dimensionamiento de los equipos a implementar.

En la Tabla 7 se presenta el promedio mensual de radiación solar registrado durante el año 2025, mientras que en la Figura 11 se ilustra el comportamiento anual de la radiación solar en la ubicación analizada.

Tabla 7 Datos Promedios de radiación solar del año 2025

Año	Mes	Radiación Solar Promedio (Kw-m2/mes)
2025	Enero	41.021
	Febrero	37.762
	Marzo	35.578
	Abril	35.849
	Mayo	36.518
	Junio	36.588
	Julio	40.704
	Agosto	43.411
	Septiembre	43.309
	Octubre	23.974
	Noviembre	36.015
	Diciembre	19.763

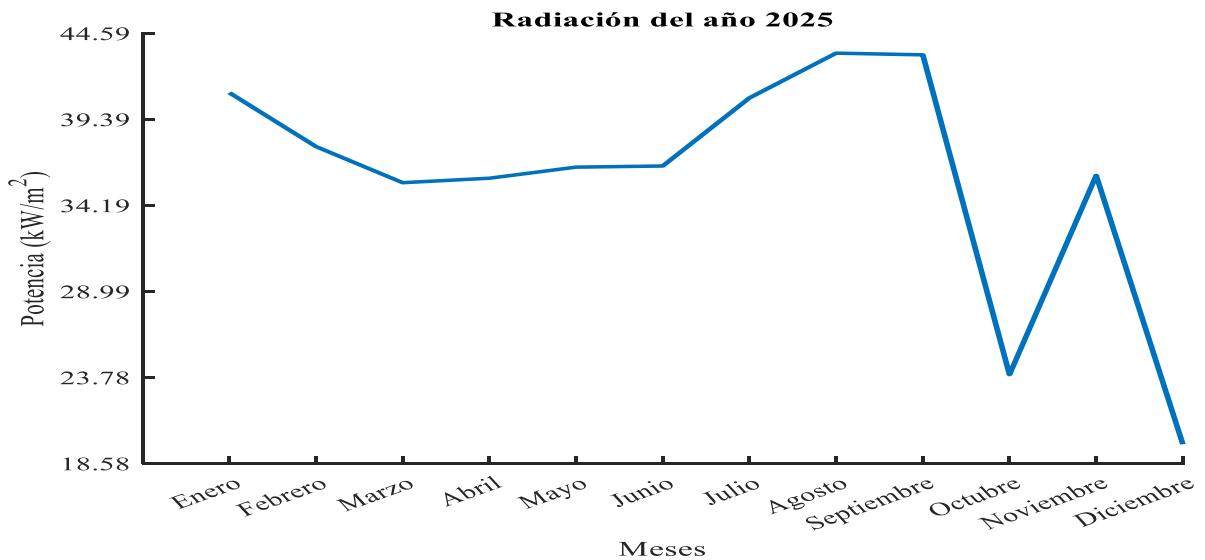


Figura 11 Comportamiento mensual promedio de la radiación solar del 2025

4.7. Planos de la fundación

4.7.1. Sistema de iluminación

El plano eléctrico presentado en la Figura 12 corresponde al sistema de distribución de instalaciones eléctricas interiores de la fundación Jardín del Edén, el cual se detalla la ubicación

y conexión de los principales elementos del sistema eléctrico, como tablero de distribución, interruptores, conmutadores, luminarias (focos), y canalizaciones. El cual contiene 62 puntos de iluminación.

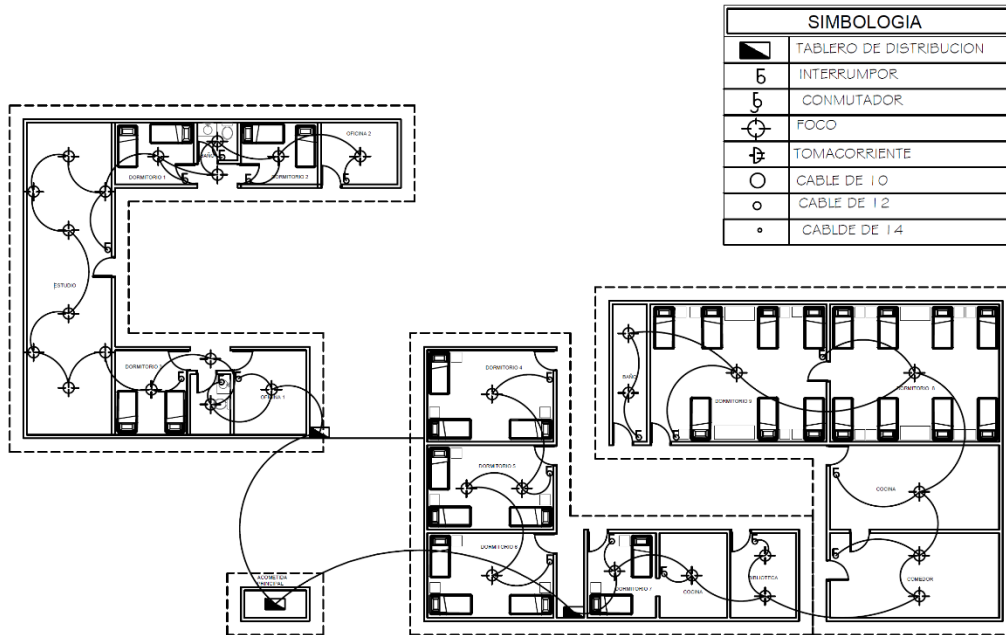


Figura 12 Sistema de iluminación de la fundación

4.7.2. Sistema de fuerza

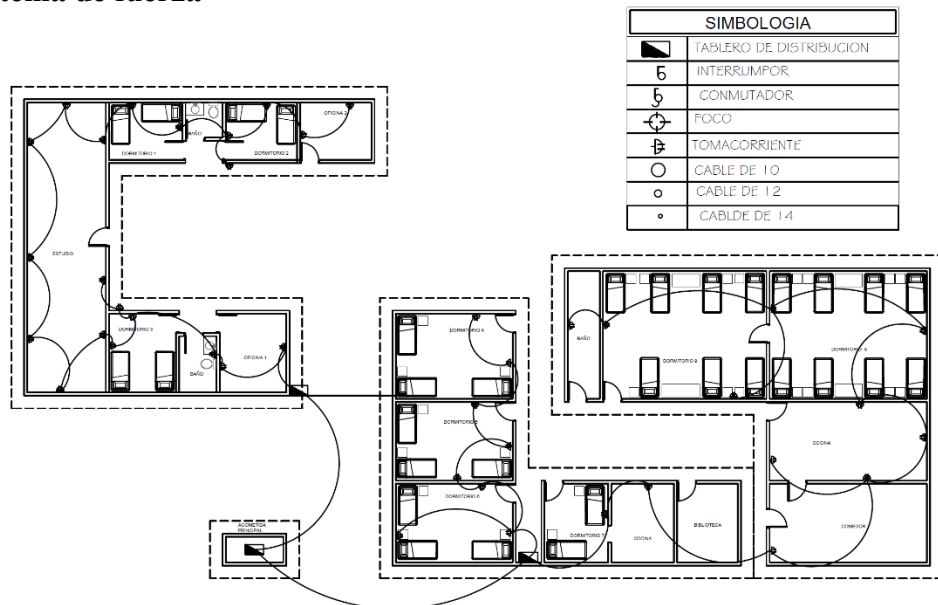


Figura 13 Sistema de fuerza

El sistema de fuerza de la fundación está conformado por un total de 41 puntos como se muestra en la Figura 13, correspondientes a tomacorrientes destinados a la alimentación de equipos eléctricos, los cuales se encuentran estratégicamente distribuidos en los diferentes ambientes para asegurar la correcta operación de las cargas conectadas

4.8. Diagrama unifilar de la fundación

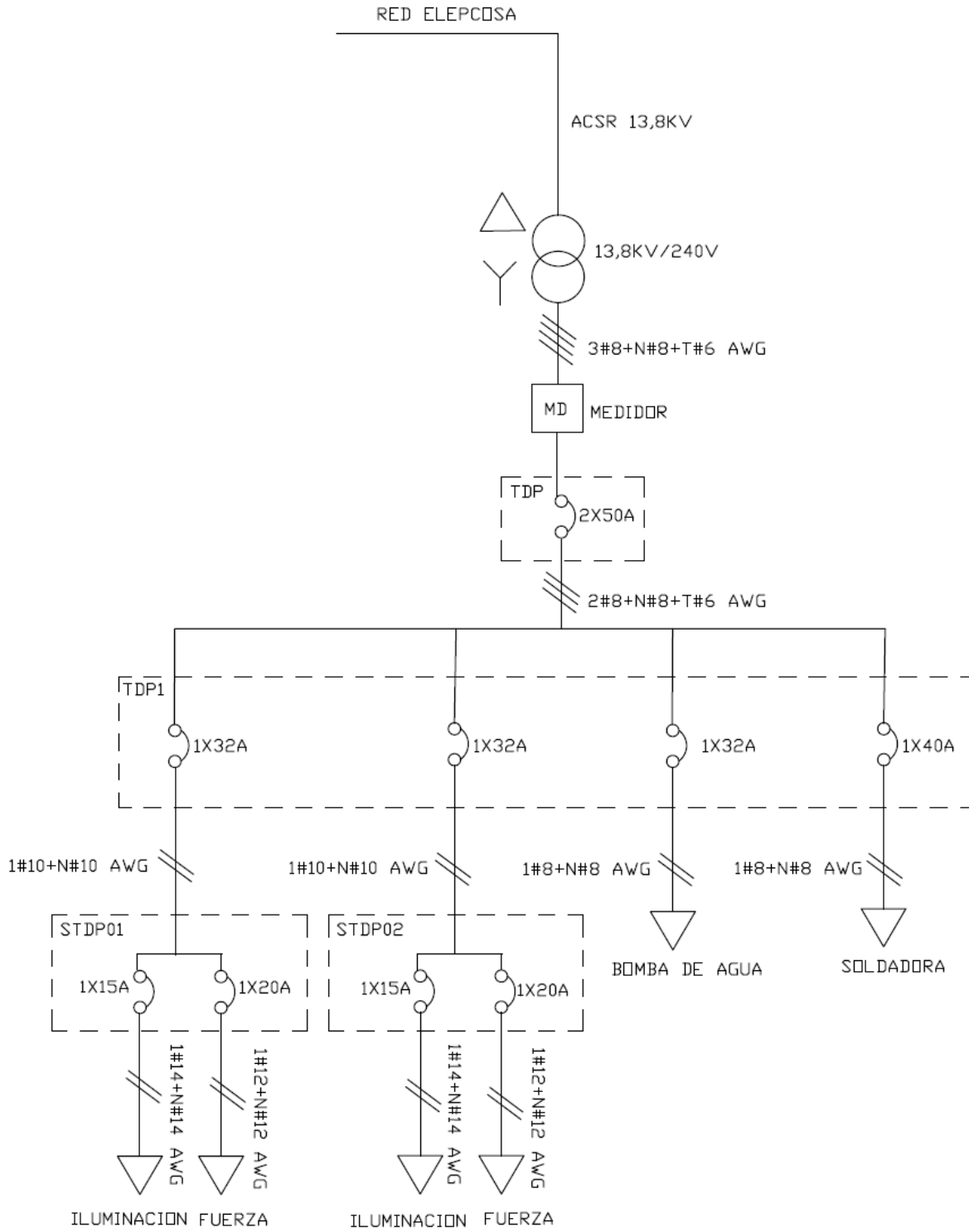


Figura 14 Diagrama unifilar

En la Figura 14 se presenta el diagrama unifilar correspondiente a la condición actual del sistema eléctrico. Este se encuentra conformado por un interruptor principal (breaker), encargado de proteger la totalidad de la carga. Además, se dispone de un Tablero de Distribución Principal (TDP) de cuatro espacios, en el cual se alojan protecciones monopolares de 32 A destinadas a los circuitos de alimentación de los bloques 1 y 2 de la fundación. Asimismo, se incluyen dos interruptores monopolares adicionales que alimentan una bomba de agua y una soldadora, con capacidades de 15 A y 40 A, respectivamente. Las cargas internas de cada bloque están protegidas mediante interruptores monopolares de 15 A para los circuitos de iluminación y de 20 A para los circuitos de fuerza. Todo el sistema es abastecido por la red eléctrica de la empresa ELEPCO S.A

4.8.1. Diagrama unifilar con la conexión del sistema fotovoltaico

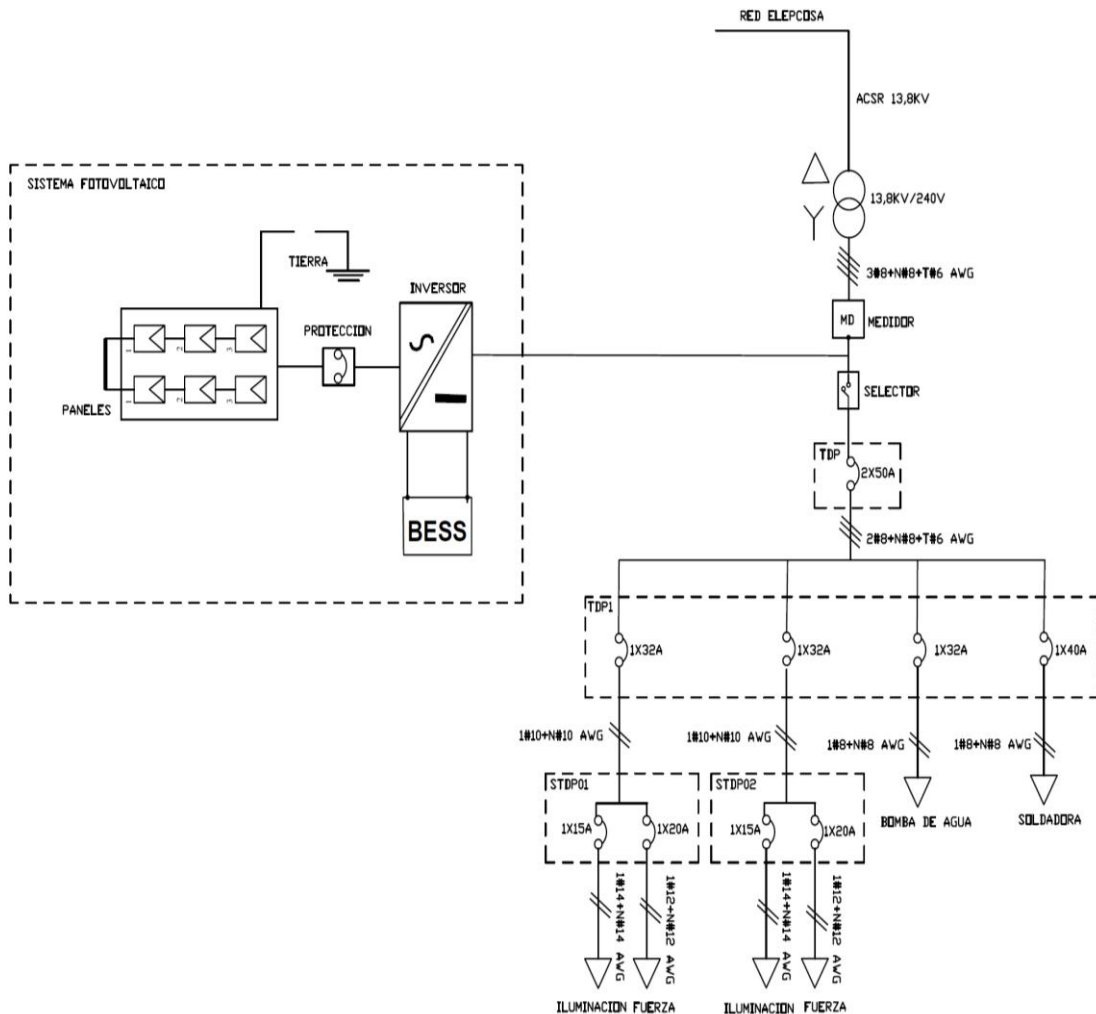


Figura 15 Diagrama unifilar con el sistema fotovoltaico

En la Figura 15 se muestra el diagrama unifilar del sistema con la integración de un sistema fotovoltaico (SFV). Este se conecta a través de un selector vinculado al medidor de ELEPCO S.A., con el propósito de permitir la toma de energía desde la red en caso de falla o insuficiencia del sistema fotovoltaico. Adicionalmente, el SFV incorpora un banco de baterías que se carga durante el día mediante la generación solar, para posteriormente descargarse en horas nocturnas y abastecer la demanda, mejorando así la continuidad del suministro eléctrico. Este sistema se conecta en paralelo a los bloques de la fundación, permitiendo suministrar energía eléctrica de origen fotovoltaico a sus diferentes cargas

4.9.Cálculo y diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red

Para el correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico, resulta indispensable la realización de un estudio detallado de las cargas eléctricas de la Fundación Jardín del Edén. Dicho estudio permite calcular de manera precisa el consumo energético de la instalación y constituye la base fundamental para el diseño del sistema fotovoltaico.

En este proceso se identificaron y registraron todos los equipos eléctricos existentes en la fundación, determinando para cada uno de ellos su potencia nominal expresada en watts (W), la cantidad de equipos en operación y el número de horas de uso diario. A partir de esta información fue posible estimar el consumo energético individual y total de las cargas, expresado en watt-hora (Wh) o kilowatt-hora (kWh).

El análisis del perfil de carga obtenido permitió conocer la demanda energética diaria y mensual de la fundación, así como los períodos de mayor consumo, información esencial para el dimensionamiento adecuado de los módulos fotovoltaicos, el inversor, el sistema de almacenamiento y los dispositivos de protección. De esta manera, se garantiza que el sistema fotovoltaico diseñado sea capaz de cubrir las necesidades energéticas de la instalación, optimizando su rendimiento, confiabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

Tabla 8 Estudio de cargas de la fundación

Equipo	Potencia(W)	Cantidad	Potencia Total	Horas de uso	FS	Energía(W/h)
Refrigeradora 1	400,00	1,00	400,00	6,00	1,10	2640,00
Licuada	60,00	1,00	60,00	1,00	1,10	66,00
Tv	192,00	1,00	192,00	1,00	1,10	211,20
Refrigeradora 2	150,00	1,00	150,00	6,00	1,10	990,00
Computadora	68,40	3,00	205,20	3,00	1,10	677,16
Impresora	60,00	1,00	60,00	1,00	1,10	66,00
Lavadora	700,00	1,00	700,00	2,00	1,10	1540,00
Iluminación	9,00	62,00	558,00	5,00	1,10	3069,00
Total	1639,40	71,00	2325,20			9259,36

Una vez realizado el estudio de cargas de la fundación Jardín del Edén se estableció que el consumo es de 9259,26 W/h. Con el cálculo de la demanda se procederá a dimensionar todos los elementos del sistema para garantizar el óptimo rendimiento del proyecto.

4.9.1. Voltaje de operación del sistema

Tabla 9 Características de los voltajes de operación del sistema fotovoltaico

Nivel del sistema	Tipo de corriente	Voltaje nominal	Rango de operación	Función principal
Lado fotovoltaico - Batería	Corriente continua (DC)	48 V	38,5 V- 60 V	Generación y almacenamiento de energía
Salida del inversor	Corriente alterna (AC)	110 V	105 V- 120 V	Alimentación de los equipos eléctricos

4.9.2. Proyección de cargas eléctricas para una ampliación futura

Tabla 10 Cargas proyectadas

Equipo	Potencia(W)	Cantidad	Potencia Total	Horas de uso	FS	Energía(W/h)
Refrigeradora 1	150,00	2,00	300,00	5,00	1,10	1650,00
Licuada	60,00	2,00	120,00	1,00	1,10	132,00
Tv	122,00	2,00	244,00	1,00	1,10	268,40
Refrigeradora 2	150,00	2,00	300,00	5,00	1,10	1650,00
Computadora	68,40	2,00	136,80	3,00	1,10	451,44
Impresora	60,00	2,00	120,00	1,00	1,10	132,00
Lavadora	700,00	3,00	2100,00	2,00	1,10	4620,00
Iluminación	9,00	100,00	900,00	4,00	1,10	3960,00
Total	1319,40	115,00	4220,80			12863,84

La Tabla 10 presenta el escenario de cargas eléctricas proyectadas, considerando un crecimiento a futuro de la infraestructura y el incremento en la cantidad de equipos eléctricos instalados. Esta proyección se realizó con el objetivo de dimensionar el sistema eléctrico bajo un criterio de expansión y garantizar su operatividad ante un aumento de la demanda energética.

En comparación a la tabla 7, se observa un incremento significativo en la cantidad de equipos, particularmente en refrigeradores, televisores, lavadoras e iluminación. La cantidad total de equipos pasa de 71 unidades en el escenario actual a 115 unidades en el escenario proyectado lo cual no abastecerá la demanda a futuras cargas lo cual se tendría que diseñar otro sistema fotovoltaico para futuras incrementación de infraestructuras en la zona.

En la potencia instalada, se evidencia un incremento de 2325,20 W a 4220,80 W. Este aumento responde principalmente a:

- Incremento de refrigeradores (mayor capacidad de almacenamiento).
- Aumento en equipos de lavado.
- Expansión del sistema de iluminación (de 62 a 100 luminarias).

En términos de demanda energética diaria, la energía total pasa de 9259,36 Wh/día a 12863,84 Wh/día. Este valor fue calculado considerando un factor de simultaneidad de 1,10, manteniendo el mismo criterio técnico utilizado en el análisis de cargas actuales.

4.9.3. Dimensionamiento del número de paneles solares

A partir del cálculo del consumo energético, el cual asciende a 9 259,36 W/h, se procede a determinar la potencia requerida del sistema. Para ello, se realiza el cálculo correspondiente considerando los parámetros de diseño establecidos, según se detalla a continuación:

$$P_{AC} = \frac{E_{AC}}{\eta_{inv} \times \eta_{bat} \times \eta_{cab} \times HSP} = \frac{9259,36}{0,95 \times 0,9 \times 1,00 \times 4} = 2707,41 W \quad (5)$$

E_{AC} = Consumo energético diario en corriente alterna (W/h)

η_{inv} = Eficiencia del inversor

η_{bat} = Eficiencia de la batería

η_{cab} = Eficiencia del sistema de cableado

HSP = Hora solar pico

Sustituyendo los valores correspondientes en la ecuación, se obtiene una potencia requerida de 2 707,41 W, la cual representa la capacidad mínima que debe tener el sistema fotovoltaico para

garantizar el suministro energético diario, considerando las pérdidas del sistema y las condiciones reales de operación.

Este valor es fundamental para el dimensionamiento adecuado del generador fotovoltaico y del inversor, asegurando una operación eficiente, confiable y con posibilidad de futuras ampliaciones del sistema

A continuación, con base en el valor de la potencia requerida previamente calculada, se procede a determinar el número de paneles solares necesarios para abastecer dicha demanda, garantizando el suministro energético requerido por el sistema.

$$N_p = \frac{E_{AC}}{P_p \times Efi_{panel}} = \frac{2707,41}{550 \times 0,90} = 5,46 \approx 6 \text{ paneles} \quad (6)$$

N_p = Número de paneles

P_p = Potencia del panel

Efi_{panel} = Eficiencia del panel

Al realizar el cálculo correspondiente nos da un valor de 6 paneles solares que debemos colocar para abastecer la fundación Jardín del Edén.

4.9.4. Dimensionamiento del controlador

Una vez determinado el número de paneles solares, se procede a calcular la corriente nominal que debe soportar el controlador de carga, con el fin de garantizar una operación segura y confiable del sistema fotovoltaico. Para este cálculo se considera la corriente de cortocircuito de los módulos fotovoltaicos, cuyo valor es de 14 A, así como un factor de seguridad de 1,10.

$$I_{reg} = I_{sc} \times FS = 14 \times 1,10 = 15,4 \quad (7)$$

I_{reg} = Corriente del controlador

I_{sc} = Corriente de cortocircuito del panel solar

FS = Factor de seguridad

Se obtiene una corriente de diseño de 15,4 A. El controlador de carga admite una corriente máxima de entrada fotovoltaica de 17 A y una corriente de cortocircuito máxima de 25 A, por lo que se verifica que el equipo es eléctricamente compatible con los paneles seleccionados, garantizando una operación segura y confiable del sistema.

4.9.5. Dimensionamiento del banco de baterías

Para el cálculo de la capacidad del banco de baterías se realiza en función del consumo energético diario, el número de días de autonomía, el voltaje del sistema y la profundidad máxima de descarga permitida. La capacidad requerida se determina mediante la siguiente fórmula:

$$C_{bat} = \frac{E_d \times N_d}{v_{bat} \times DOD \times \eta_{bat}} = \frac{2325,20 \times 1}{48 \times 0,8 \times 0,9} = 67,28 \text{ Ah} \quad (8)$$

C_{bat} = Capacidad de la batería

E_d = Consumo energético diario W/h

N_d = Número de días de autonomía considerados

v_{bat} = Voltaje de la batería

DOD = Profundidad máxima de descarga permitida

η_{bat} = Eficiencia de la batería

Considerando una demanda energética diaria de 2 325,20 W/h, y tomando en cuenta una profundidad máxima de descarga del 80 %, un día de autonomía y una eficiencia del banco de baterías del 90 %, se selecciona un banco de almacenamiento conformado por una batería de ion-litio de 48 V y 100 Ah, cuya capacidad es suficiente para cubrir la demanda energética requerida, garantizando una operación segura y confiable del sistema.

4.9.6. Dimensionamiento del inversor

Para determinar la potencia del inversor se toma en cuenta dos aspectos fundamentales para su dimensionamiento, los mismos son la potencia en corriente alterna y el factor de seguridad.

$$P_{inv} = P_{AC} \times FS = 2707,41 \times 1,10 = 2977,7 \approx 3000 \text{ W} \quad (9)$$

P_{inv} = Potencia del inversor

P_{AC} = Potencia en corriente alterna

FS = Factor de seguridad

Por lo tanto, la potencia del inversor debe ser igual o superior a 2977,7 W. Pero para este estudio se implementará un inversor con una potencia real de 3000 W, para mayor seguridad del sistema.

4.9.7. Dimensionamiento de las protecciones de los arreglos solares

Para el dimensionamiento del breaker del sistema fotovoltaico se consideró la corriente de cortocircuito del módulo solar, la cual es de 14 A. Aplicando un factor de seguridad de 1,20. Se calculo con la siguiente formula:

$$I_{protección} = I_{sc} \times N_{ramas} \times FS = 14 \times 2 \times 1,20 = 33,6 \approx 32 A \quad (10)$$

I_{sc} = Potencia en corriente alterna

FS = Factor de seguridad

N_{ramas} = Número de ramas

Se seleccionaron dos breakers de 32 A, adecuados para la protección del sistema fotovoltaico ya que son dos grupos de paneles solares.

4.10. Elementos principales del sistema fotovoltaico conectado a la red

4.10.1. Panel solar

El sistema dispone de 6 paneles solares de 550 W cada uno, los cuales pueden configurarse en conexión en serie o en paralelo, según los requerimientos energéticos del sistema. A continuación, en la Tabla 11 se detallan sus principales características técnicas:

Tabla 11 Especificaciones técnicas del panel solar

Equipo	Valor	Unidad
Panel Fotovoltaico		
Potencia nominal	550	W
Voltaje (Vmp)	44,3	V
Corriente (Imp)	13,09	A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	52,8	V
Corriente de cortocircuito (Isc)	14,00	A
Temperatura de operación	-40 a +85	°C



Figura 16 Paneles solares implementados

4.10.2. Especificaciones del Inversor LUXPOWERTEK SNA-3000WPV-120V

El sistema fotovoltaico emplea un inversor LUXPOWER, configurado para operar con prioridad al consumo mediante energía solar. Cuando el inversor detecta disponibilidad de radiación solar, la energía generada es utilizada directamente para alimentar las cargas conectadas. En caso de existir un excedente de generación, este es destinado a la carga de las baterías de ion-litio, proceso que es controlado electrónicamente por el inversor para garantizar una operación segura y eficiente.

En ausencia de radiación solar, el sistema realiza automáticamente la conmutación hacia la red eléctrica, sin necesidad de intervención manual. Cabe destacar que la red eléctrica funciona únicamente como respaldo del sistema y no como fuente prioritaria; esta se activa solamente cuando no existe generación fotovoltaica ni energía almacenada en las baterías.

Adicionalmente, el sistema presenta una limitación operativa de potencia, ya que cuando la demanda de las cargas supera los 3 kW, el inversor conmuta automáticamente el suministro hacia la red eléctrica, con el fin de evitar sobrecargas y asegurar la estabilidad del sistema

Tabla 12 Especificaciones técnicas del inversor

Equipo	Valor
Inversor LUXPOWERTEK	
Solar	
Voltaje máx. de entrada PV (VOC)	480 VDC
Rango de voltaje MPPT	120–385 VDC
Número de cadenas de entrada	2
Corriente máx. de cortocircuito PV (A/B)	25 A / 25 A
Corriente máx. de entrada PV (A/B)	17 A / 17 A
Potencia máx. de entrada PV	8000 W
Cargador AC	
Entrada AC	120 VAC, 50/60 Hz, máx. 40 A
Corriente máx. de carga AC	70 A DC
Batería	
Rango de voltaje de entrada batería	38.4–60 VDC
Tipo de batería	Plomo-ácido / Litio
Salida nominal AC	120 VAC, 50/60 Hz, 25 A
Corriente máx. de carga/descarga	70 A
Potencia máx. de carga/descarga	3000 W
Ambiente	
Altitud máxima	< 2000 m
Temperatura de operación	0–50 °C
Pantalla	LCD + LED
Protección	IP 20
Comunicación	WIFI / GPRS



Figura 17 Inversor LUXPOWERTEK

4.10.3. Batería

Para el almacenamiento de energía en el sistema fotovoltaico se eligió una batería de ion-litio, de 100 Ah con 8000 ciclos la cual posee un voltaje nominal de 48 V, diseñada para aplicaciones que requieren descargas constantes y prolongadas, de tal forma que tendrá un almacenamiento eficiente para luego poder utilizarlo.

A continuación, en la Tabla 13 se presenta sus características técnicas.

Tabla 13 Características técnicas de la batería

Batería	Ion-Litio	Unidad
Capacidad Nominal	100	Ah
Voltaje Nominal	51,2	V
Energía nominal	5120	Wh
Tipo de celda	LiFePO4	
Voltaje de carga	58,4	V
Corriente máxima de descarga	100	A
Corriente máxima de carga continua	100	A
Temperatura de operación (descarga)	-20 a 60	°C
Ciclo de vida	8000 (80% DOD)	Ciclos
Temperatura de operación (carga)	0 a 60	°C



Figura 18 Batería de Ion-litio de 100 Ah

4.10.4. Interruptor selector de control

El sistema fotovoltaico conectado a la red cuenta con un selector manual ON–OFF–ON, cuya función es habilitar o interrumpir el funcionamiento del sistema de forma segura. En la posición ON, el selector permite la operación normal del sistema, habilitando la conexión del inversor con la red eléctrica para el suministro de energía o la inyección de excedentes. En la posición OFF, el selector desconecta el sistema fotovoltaico de la red, siendo utilizado principalmente para labores de mantenimiento, inspección o situaciones de seguridad. Este dispositivo actúa como un elemento de maniobra y protección, garantizando una operación confiable y segura del sistema.



Figura 19 Selector manual de operación ON–OFF–ON

4.10.5. Análisis del aprovechamiento energético del sistema fotovoltaico

En este apartado se desarrolla la evaluación técnico-económica del sistema fotovoltaico implementado, con el objetivo de cuantificar el impacto del sistema en la reducción del consumo de energía proveniente de la red eléctrica y el ahorro económico mensual generado para la fundación.

La potencia instalada del sistema fotovoltaico es de 3,3 kW y la radiación solar promedio del sitio corresponde a 4 horas solares pico diarias. El consumo eléctrico registrado por la fundación durante el mes de Noviembre del 2025 es de 188 kWh/mes. Con base en estos parámetros, se procede a realizar los cálculos energéticos correspondientes para determinar la energía de la red eléctrica y cuantificar el ahorro económico mensual generado por el sistema fotovoltaico.

Energía diaria:

$$E_{día} = 3300 \times 4 = 13,2 \text{ KWh/día} \quad (11)$$

Energía mensual:

$$E_{mes} = 13,2 \times 30 = 396 \text{ KWh/mes} \quad (12)$$

Como se evidencia en las ecuaciones (11) y (12), la energía eléctrica mensual generada por el sistema fotovoltaico es de 396 kWh/mes, mientras que el consumo eléctrico registrado por la fundación en el mes de noviembre de 2025 es de 188 kWh/mes.

De esta comparación se concluye que el sistema fotovoltaico implementado es suficiente para cubrir la totalidad de la demanda energética de la fundación.

Con base en estos resultados, y considerando los datos obtenidos, se procede en este apartado al cálculo del ahorro económico, determinado a partir de la energía autogenerada y la energía que deja de ser adquirida de la red eléctrica.

Ahorro mensual:

$$A_{día} = 188 \times 0,095 = 17,86 \text{ USD/mes} \quad (13)$$

Ahorro anual:

$$A_{mes} = 17,86 \times 12 = 214,32 \text{ USD/año} \quad (14)$$

Considerando una tarifa eléctrica residencial de 0,095 USD/kWh, el ahorro económico mensual generado por el sistema fotovoltaico asciende a 17,86 USD, lo que equivale a un ahorro anual de 214,32 USD.

Este resultado evidencia que, bajo las condiciones actuales de consumo, tarifa eléctrica y configuración del sistema, el proyecto no presenta viabilidad económica ya que para recuperar el dinero invertido sería en 30 años. No obstante, su implementación se justifica desde una perspectiva ambiental, educativa, social y de sostenibilidad energética, al reducir la dependencia de fuentes convencionales, disminuir la huella de carbono y fortalecer la adaptación energética de la institución

El consumo eléctrico registrado por la fundación durante el mes de Marzo del 2026 es de 40 kWh/mes. Con base en estos parámetros, se procede a realizar los cálculos energéticos correspondientes para determinar la energía de la red eléctrica y cuantificar el ahorro económico mensual generado por el sistema fotovoltaico.

Ahorro mensual:

$$A_{día} = 40 \times 0,095 = 3,8 \text{ USD/mes} \quad (15)$$

Ahorro anual:

$$A_{mes} = 3,8 \times 12 = 45,6 \text{ USD/año} \quad (16)$$

Como se observa en la ecuación (12), la energía eléctrica mensual generada por el sistema fotovoltaico es de 396 kWh/mes, mientras que el consumo eléctrico registrado por la fundación durante el mes de marzo de 2026 corresponde a 40 kWh/mes. A partir de esta comparación se puede determinar que la energía producida por el sistema fotovoltaico es suficiente para cubrir completamente la demanda energética de la fundación.

En consecuencia, la implementación del sistema fotovoltaico permite reducir significativamente el consumo de energía proveniente de la red eléctrica, generando un ahorro económico aproximado de 45,6 USD al año, considerando que el nivel de consumo se mantenga constante.

Como se puede observar, en el mes de noviembre de 2025, antes de la implementación del sistema fotovoltaico, el consumo de energía eléctrica registrado por la fundación era considerablemente mayor. Sin embargo, una vez implementado el sistema fotovoltaico, se evidencia una reducción significativa en el consumo de energía proveniente de la red eléctrica, tal como se observa en el mes de marzo de 2026.

Esta disminución se refleja también en el aspecto económico, ya que en el mes de noviembre se registró un pago de 17,86 USD, mientras que, en el mes de marzo, con el sistema fotovoltaico en funcionamiento, el valor facturado se redujo a 3,8 USD. Estos resultados evidencian el impacto positivo de la implementación del sistema fotovoltaico, permitiendo una reducción importante en los costos asociados al consumo de energía eléctrica de la fundación

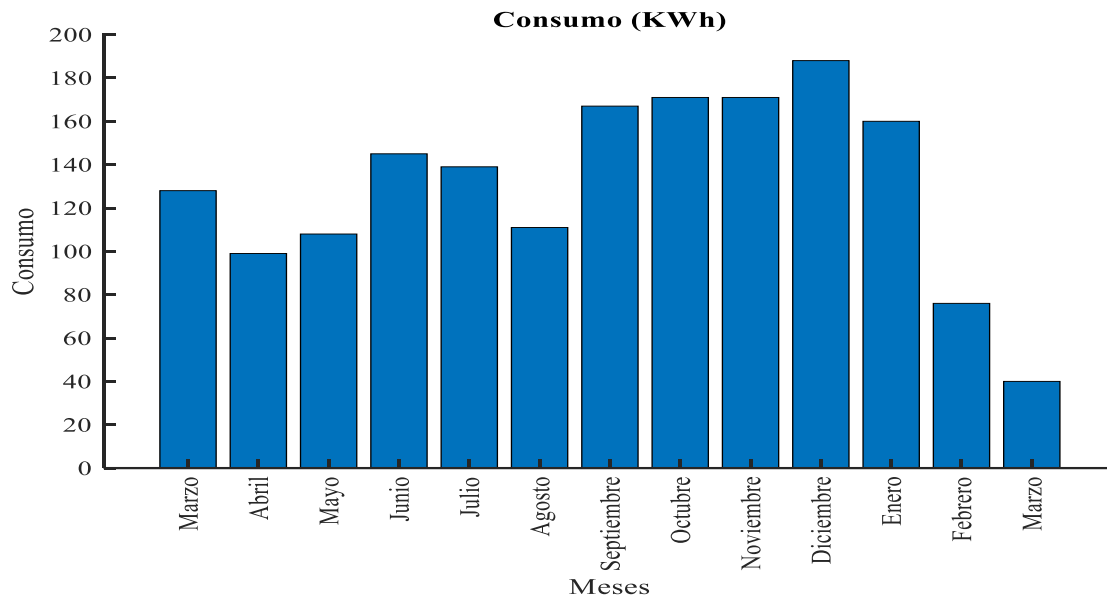


Figura 20 Consumo eléctrico

A pesar de tener el sistema instalado el 23 de diciembre, el consumo aún fue alto (185 kWh), Él sistema comenzó a operar a finales de mes.

Después de haber implementado nuestro sistema fotovoltaico en la fundación tenemos datos reales de consumo y generación como es desde enero a marzo 2026 donde se observa una caída drástica y progresiva de bajo consumo energético de la red como también la baja tasa de tarifa en costos en Enero el consumo fue de 160 kWh que aún refleja consumo de red, pero menor, Febrero fue decreciendo en consumo de la red 75 kWh donde se puede ver una reducción del 53% respecto a enero en Marzo tenemos un valor de 40 kWh reducción del 75% respecto a enero y del 78% respecto a marzo del año anterior).

Antes del sistema los costos eran elevados, llegando a \$24.25 como tarifa más alta.

Después de implementar el sistema fotovoltaico vemos que los montos a pagar son:

Febrero 2026: \$10.53 (menos de la mitad que diciembre).

Marzo 2026: \$4.20 (una reducción del 82.7% respecto a diciembre), La fundación ahora depende mucho menos de la red eléctrica, lo que representa un ahorro económico significativo y una mayor sostenibilidad ambiental. Lo cual el sistema fotovoltaico ha tenido un impacto altamente positivo en la reducción del consumo de red y los costos eléctricos

4.10.6. Costo de la implementación

Tabla 14 costo del proyecto implementado

TABLA DE COSTOS -IMPLEMENTACION				
	MATERIALES	U	COSTO UNITARIO	COSTO
1	Cable Solar	60 m	\$ 2,45	\$ 147,00
2	Caja Combinada	1 U	\$ 350,00	\$ 350,00
3	Bateria de Ion -Litio de 5kW-48V-100Ah-8000 ciclos de vida	1 U	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00
4	Estructura de Aluminio -Panel Solar	6 U	\$ 83,33	\$ 499,98
5	Inversor Lux Power de 3K-120V	1 U	\$ 1.900,00	\$ 1.900,00
6	Panel Solar de 550W-Monofacial	6 U	\$ 120,00	\$ 720,00
7	Cable de Acometica	80 m	\$ 3,00	\$ 240,00
8	Transferencia Manual	1 U	\$ 120,00	\$ 120,00
9	Mano de Obra	3	\$ 216,66	\$ 649,98
TOTAL (NO INCLUYE IVA) =				\$ 6.426,96

La Tabla 14 corresponde al presupuesto de materiales y costos aproximados necesarios para la implementación del sistema fotovoltaico. En ella se detallan los diferentes componentes que conforman la instalación, junto con su cantidad, costo unitario y costo total, tomando en cuenta un aproximado costo de inversión que se tuvo al momento de ejecutar el proyecto.

4.10.7. Flujograma del desarrollo del proyecto

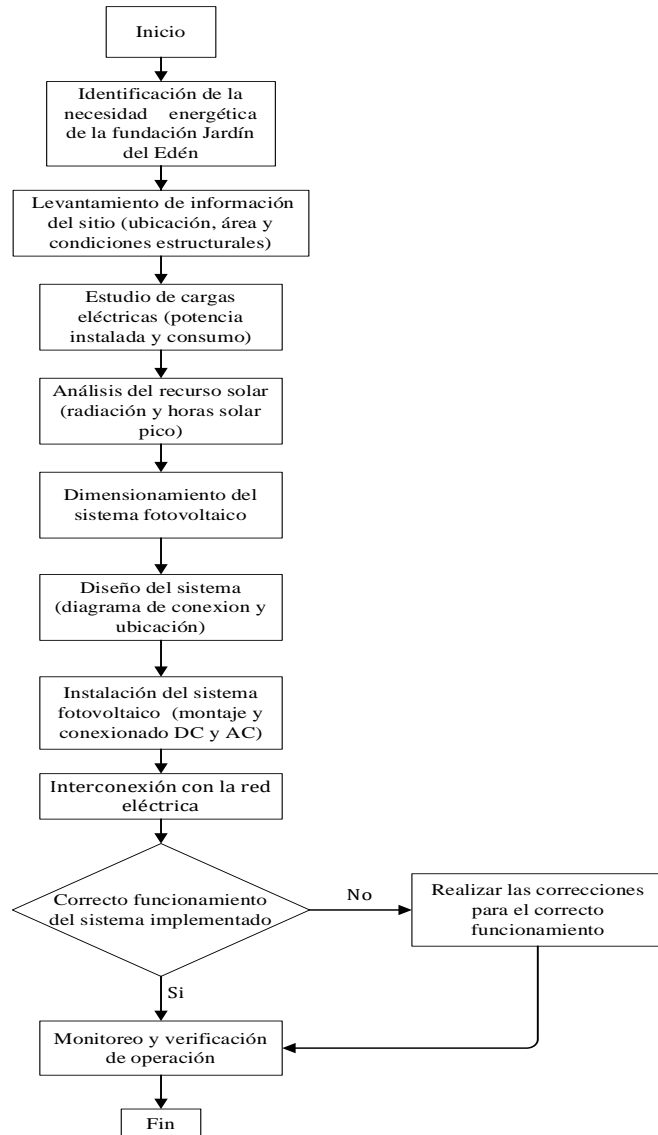


Figura 21 Flujograma del procedimiento de implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red

La Figura 21 presenta el flujograma correspondiente al procedimiento de implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica para la Fundación Jardín del Edén. El proceso inicia con la identificación de la necesidad energética, donde se analizan los requerimientos de consumo eléctrico de la institución. Posteriormente se realiza el levantamiento de información del sitio, considerando aspectos como la ubicación geográfica, el área disponible para la instalación de los módulos fotovoltaicos y las condiciones estructurales del lugar. A continuación, se desarrolla el estudio de cargas eléctricas, en el cual se determina la potencia instalada y el consumo energético, información fundamental para el diseño del sistema.

El procedimiento continúa con el análisis del recurso solar, evaluando la radiación solar y las horas sol pico del sitio.

Seguidamente, se realiza el diseño del sistema, que incluye el diagrama de conexión y la ubicación de los equipos, para luego proceder con la instalación del sistema fotovoltaico, abarcando el montaje de los módulos y el conexionado en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC). Una vez instalado, el sistema se interconecta con la red eléctrica, cumpliendo con las normativas técnicas vigentes.

Finalmente, se llevan a cabo las pruebas de funcionamiento del sistema implementado. En caso de detectarse desviaciones o fallas, se realizan las correcciones necesarias para garantizar su correcto funcionamiento. Una vez verificada la operación adecuada, se procede al monitoreo y verificación de la operación, concluyendo así el proceso con la puesta en funcionamiento normal del sistema.

4.10.8. Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico conectado a la red

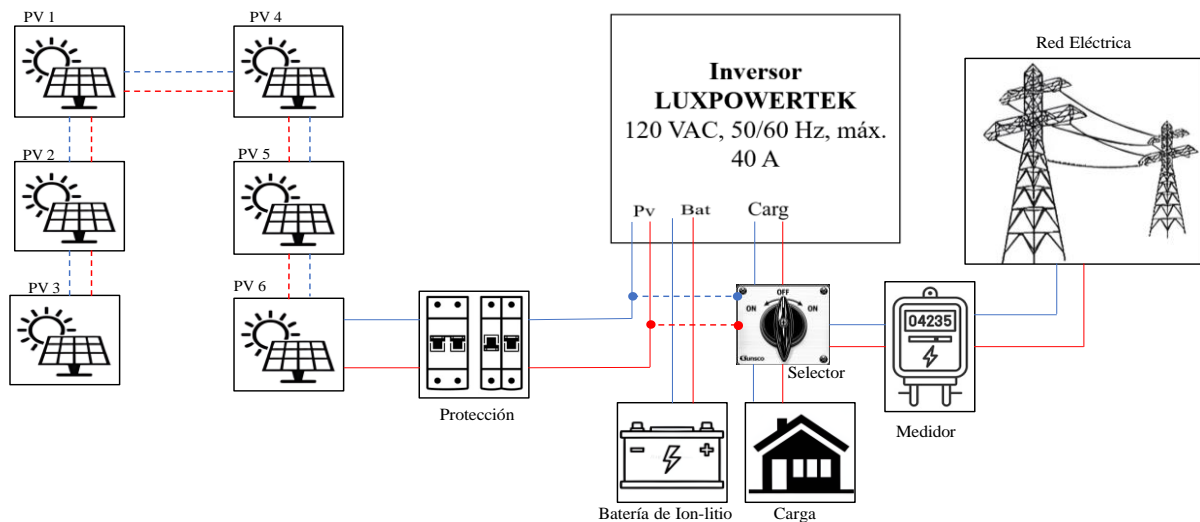


Figura 22 Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico conectado a la red

La Figura 22 presenta el esquema de conexión de un sistema fotovoltaico conectado a la red, compuesto por seis módulos fotovoltaicos, un inversor híbrido LUXPOWERTEK, una batería de ion-litio, las cargas del usuario y la red eléctrica. Los módulos fotovoltaicos generan energía en corriente continua, la cual es enviada al inversor para su conversión a corriente alterna.

El inversor gestiona la distribución de la energía hacia las cargas, el proceso de carga y descarga de la batería y la interacción con la red eléctrica, la cual actúa como respaldo. De esta manera, el sistema permite aprovechar prioritariamente la energía solar, garantizando un suministro eléctrico continuo y confiable.

4.11. Análisis técnico económico

ENCUESTA DIRIGIDA A LOS ENCARGADOS DE LA FUNDACIÓN CHAKA WASI					
PREGUNTAS		RESPUESTAS		CONCLUSIONES	
Pregunta 1	¿Considera que el gasto mensual en energía eléctrica representa una carga económica significativa para la fundación?	Respuestas 1	Si, toda la inversión económica es una carga económica para la institución	Conclusión	La totalidad de los encuestados considera que el gasto mensual en energía eléctrica representa una carga económica significativa para la fundación, lo que justifica técnica y socioeconómicamente la implementación del sistema fotovoltaico como estrategia de reducción de costos y optimización de recursos.
		Respuesta 2	Si, por que el capital que sale en energía eléctrica para nosotros nos sirve el costo de alimentación de una semana de 8 beneficiarios		
		Respuestas 3	SI		
		Respuestas 4	Si, nos favorece en mucho la energía que tenemos ya que antes los gastos en pagos de luz eran muy altos antes de ka instalacion del sistema		
		Respuesta 5	SI		
Pregunta 2	¿Con qué frecuencia se presentan cortes de energía que afectan las actividades académicas antes de la implementación del sistema fotovoltaica en la fundación?	Respuesta 1	En la época de Cortes de energía en base a la planificación de la empresa eléctrica, afecto en el desarrollo académico y el uso de la tecnología.	Conclusión	El reportó de cortes frecuentes, evidenciando inestabilidad eléctrica y justificando técnicamente la implementación del sistema fotovoltaico para asegurar continuidad energética.
		Respuesta 2	Cuando se presentan épocas de sequia son continuos los cortes de energía, y para nosotros como institución de fortalecimiento educativo es sumamente negativos los Cortez, debitando el proceso		
		Respuesta 3	Si, existía frecuentemente los cortes de energía		
		Respuesta 4	Si, existía cortes de luz frecuentemente		
		Respuesta 5	Si, existía los cortes frecuentemente		
Pregunta 3	¿Los cortes eléctricos afecta el uso de computadoras, iluminación y equipos educativos?	Respuesta 1	Los cortes constantes dañaban y se quemaba los equipos de la fundación	Conclusión	Los encuestados confirma que los cortes eléctricos afectan directamente los equipos y el proceso académico, evidenciando la necesidad de un sistema fotovoltaico que garantice estabilidad y protección energética
		Respuesta 2	Si, por que corta el proceso educativo de los niños, niñas, jóvenes que viven en la fundación		
		Respuesta 3	Si, ya que en la actualidad la mayoría de trabajos son mediante una computadora y eso afecta en sus actividades académicas		
		Respuesta 4	Si pueden dañarse las cosas		
		Respuesta 5	SI		
Pregunta 4	¿Considera importante que la fundación adopte tecnologías energéticas sostenibles y renovables?	Respuesta 1	Si, es super importante el uso de tecnología energética sostenible para: Bajar el gasto económico (ahorro) Educación general e innovador, además es aporte al medio ambiente	Conclusión	Se considera importante que la fundación adopte tecnologías energéticas sostenibles, destacando beneficios económicos (ahorro), ambientales (cuidado de la naturaleza) y sociales (educación e innovación), lo que refleja un respaldo total y una visión alineada con la misión institucional
		Respuesta 2	Si, además de ser un centro de apoyo social nos consideramos y buscamos vivir en armonía con la madre tierra, y al utilizar energías alternativas nos ayuda a cuidar nuestros recursos		
		Respuesta 3	Si, considero importante ya que nos ayuda en mucho		
		Respuesta 4	Si, estaríamos de acuerdo en que tengamos muchas implementaciones donde no dañemos la naturaleza		
		Respuesta 5	SI		

Pregunta 5	¿Estaría dispuesto(a) a participar en campañas internas para el uso eficiente de la energía eléctrica?	Respuesta 1	Si	Conclusión	Los encuestados está dispuesto a participar en campañas internas para el uso eficiente de la energía eléctrica, lo que demuestra un compromiso unánime y una actitud proactiva hacia la sostenibilidad y el cuidado de los recursos dentro de la fundación.
		Respuesta 2	SI		
		Respuesta 3	SI		
		Respuesta 4	SI		
		Respuesta 5	SI		
Pregunta 6	¿Para usted, ¿qué significa que la fundación pueda contar con energía estable para conservar bien los alimentos, tener agua caliente o mantener una temperatura adecuada para los niños más pequeños o enfermos?	Respuesta 1	Es importante contar con la estabilidad energética para un mejor funcionamiento de la fundación y la seguridad de los funcionarios.	Conclusión	Contar con energía estable es fundamental para garantizar la conservación de alimentos, el bienestar de los niños y el funcionamiento óptimo de la fundación, lo que evidencia que la estabilidad energética es percibida como un pilar clave para la calidad del servicio y la seguridad de los beneficiarios.
		Respuesta 2	Si, por que como fundación que brinda apoyo a personas con distintos tipos de vulnerabilidad, buscamos la excelencia en los distintos tipos de bienes y al mantener energía continua satisface las necesidades y fortalece el desarrollo continuo de los		
		Respuesta 3	Para mi significa algo muy importante ya que así se puede brindar un lugar adecuado para las personas que habitan aquí		
		Respuesta 4	Es muy importante porque tenemos energía para que no de dañen los productos		
		Respuesta 5	Para mi significa muy importante que la fundación tenga lo expuesto para el beneficio de los niños y también quienes habitan en la fundación		
Pregunta 7	¿Considerando que esta es la casa de estos niños, niñas, jóvenes ¿qué tan importante cree que es garantizar que nunca falte energía para cosas básicas como iluminación por las noches, ventiladores o calefacción?	Respuesta 1	Es muy importante la iluminación para que los jóvenes tengas estabilidad al momento de realizar sus trabajos académicos.	Conclusión	Es esencial, ya que asegura la seguridad, el confort y la continuidad educativa de los niños y jóvenes que habitan en la fundación, reafirmando que la energía es un derecho fundamental dentro del hogar que se les brinda.
		Respuesta 2	Satisface necesidades básicas, fortalece el desarrollo educativo y nos permite continuar con la educación integral de los		
		Respuesta 3	Considero que es muy importante		
		Respuesta 4	Es muy importante tener energía para prevenir cualquier accidente o para poder agilizar las cosas en todo sentido		
		Respuesta 5	Es muy importante para mí garantizar la energía ya que es de mucha ayuda para los jóvenes que realicen sus actividades sin interrupción		
Pregunta 8	8.¿Le gustaría que los niños y jóvenes que viven aquí aprendan sobre energía solar y mantenimiento de paneles, para que salgan de la fundación con un conocimiento útil que les ayude a conseguir trabajo en el futuro?	Respuesta 1	Si, daría la seguridad y tendrían la oportunidad de mejorar su calidad de vida y la de sus familias	Conclusión	Se considera que esta formación técnica les brindara herramientas útiles para su futuro laboral ,alineándose con el objetivo de la fundación de ofrecer una educación integral.
		Respuesta 2	Si,unos de nuestros objetivos es que los niños, niñas, adolescentes, que viven o son beneficiarios además de tener la educación regular tengan amplios conocimientos técnicos para que ellos puedan desenvolverse mejor en su vida cotidiana y tener mas oportunidades laborables		
		Respuesta 3	Si, seria muy bueno ya que tener conocimientos sobre el tema ayudaría al futuro de los jóvenes		
		Respuesta 4	Si, para que en un futuro los jóvenes puedan saber todo y en su momento que logre tener una carrera y tengan		
		Respuesta 5	SI		

ENCUESTA DIRIGIDA A LOS PADRES DE FAMILIA DE LA FUNDACION CHAKA WASI

PREGUNTAS		RESPUESTAS		CONCLUSIONES	
Pregunta 1	¿Como les afectaría si no existiera la fundación?	Respuestas 1	No existiera, ayuda para nuestros hijos	Conclusión	En su totalidad de encuestados se manifestó que la desaparición e la fundación tendría un impacto negativo significativo en sus familias, Esto evidencia que la fundación cumple un rol sustancial en la sostenibilidad educativa y económica de los hogares beneficiarios, generando un alto nivel de dependencia positiva.
		Respuesta 2	No podría estudiar nuestros hijos		
		Respuestas 3	No existiera ayuda para mis hijos		
		Respuestas 4	Nos afectaría mucho		
		Respuesta 5	Afectaría muy duro porque no habría plata		
Pregunta 2	¿Cuál es el impacto que ha tenido la fundación en su familia?	Respuesta 1	Ha generado un impacto bueno tanto en lo económico como en la educación	Conclusión	Se percibe un impacto positivo de la fundación en sus familias. Se evidencia un alto nivel de satisfacción y valoración del programa, sin respuestas negativas.
		Respuesta 2	Muy bueno espero que nunca se pierda		
		Respuesta 3	Ha sido algo bueno para mi familia		
		Respuesta 4	Impacto bueno donde han aprendido valores a la importancia de la ayuda social		
		Respuesta 5	Muy buena por que pueden estudiar mis hijos		
Pregunta 3	¿Cuál cree Ud. que es el beneficio más importante que aporta la fundación a las familias de los niños niñas y jóvenes que viven en la fundación?	Respuesta 1	La educación, salud, y vivienda	Conclusión	Los beneficios más reconocidos de la fundación están centrados en la educación, la vivienda y la salud, considerados pilares fundamentales para el desarrollo de los niños, niñas y jóvenes. También se valora el apoyo a través de becas y el fortalecimiento del bienestar social, lo que refleja una intervención integral orientada a mejorar la calidad de vida de las familias beneficiarias.
		Respuesta 2	Ayuda con becas para el estudio fundación		
		Respuesta 3	Educación, vivienda		
		Respuesta 4	Si pueden dañarse las cosas		
		Respuesta 5	El fortalecimiento de su bienestar social		
Pregunta 4	Para su punto de vista como ha mejorado la fundación con el pasar de los años	Respuesta 1	Si ha ido mejorando en todo sentido, tanto como en infraestructura como en la educación	Conclusión	Todas las personas encuestadas coinciden en que la fundación ha mejorado con el paso de los años. Las respuestas reflejan una percepción de evolución positiva, destacando avances tanto en infraestructura como en educación,
		Respuesta 2	Si, y me siento muy contento porque va mejorando en todo sentido		
		Respuesta 3	Si, muy mejorado		

	el pasar de los años	Respuesta 2	Si, y me siento muy contento porque va mejorando en todo sentido		los años. Las respuestas reflejan una percepción de evolución positiva, destacando avances tanto en infraestructura como en educación,
		Respuesta 3	Si, muy mejorado		
		Respuesta 4	Ha mejorado de manera positiva		
		Respuesta 5	Ha mejorado mucho		
Pregunta 5	¿Qué gastos familiares se han reducido gracias al apoyo de la fundación?	Respuesta 1	Alimentación, y otros gastos externos para mis otros hijos	Conclusión	El apoyo de la fundación ha permitido a las familias reducir diversos gastos, siendo los más mencionados la alimentación, los útiles escolares y la ropa. También se destaca la disminución de costos en vivienda y uniformes, así como beneficios indirectos como el fortalecimiento de actividades productivas (agricultura). En conjunto, se evidencia un alivio significativo en la economía familiar, liberando recursos para otras necesidades.
		Respuesta 2	A sido una ayuda muy grande y ese dinero <u>esta</u> destinado para la agricultura para comprar la comida		
		Respuesta 3	Se ha reducido en todo sentido		
		Respuesta 4	Se ha reducido como en compra de uniformes, comida y útiles		
		Respuesta 5	Si, en útiles escolares, comida, en ropa, en arriendo		
Pregunta 6	Si la fundación dejara de recibir recursos y dejara de existir ¿cómo afectaría esto a su familia?	Respuesta 1	No tendríamos ayuda y todo quedaría ahí	Conclusión	La desaparición de la fundación tendría un impacto negativo profundo en sus familias. La principal preocupación es la pérdida del apoyo educativo, se evidencia una alta dependencia del respaldo que brinda la fundación, especialmente en áreas como educación y bienestar general.
		Respuesta 2	Afectaría mucho a la educación de nuestros hijos y nos tocaría que estudien sábado y domingo		
		Respuesta 3	Si, afectaría mucho		
		Respuesta 4	Nos afectaría mucho por qué quedamos sin apoyo		
		Respuesta 5	No existiera apoyo para mis hijos		
Pregunta 7	¿Ha disminuido su preocupación por la educación o alimentación de su hijo/a gracias a la fundación?	Respuesta 1	SI	Conclusión	Los encuestadas expresaron que su preocupación por la educación y alimentación de sus hijos ha disminuido significativamente gracias al apoyo de la fundación.
		Respuesta 2	Si, estamos seguros y sin preocupación		
		Respuesta 3	Si, sabemos que esta mejor allá que en nuestra casa		

Pregunta 8	¿Cómo cree que sería el futuro de su hijo/a sin el apoyo de la fundación?	Respuesta 1	Se quedaría sin estudio, porque no hay recursos económicos suficientes	Conclusión	Sin el apoyo de la fundación, el futuro de sus hijos estaría marcado por la interrupción o abandono de los estudios debido a la falta de recursos económicos. La mayoría señala que los niños y jóvenes se verían obligados a trabajar para contribuir al hogar, limitando gravemente sus oportunidades de desarrollo.
		Respuesta 2	No hubieran podido estudiar, y se hubieran ido a trabajar		
		Respuesta 3	Dejaría el estudio por ir a trabajar		
		Respuesta 4	No estudiaría y tendría que salir a trabajar		
		Respuesta 5	No tendría una educación continua y estudiarían los fines de semana y les tocara trabajar de lunes a viernes		
Pregunta 9	¿Considera que la fundación es un apoyo fundamental para la comunidad?	Respuesta 1	Si es un apoyo muy grande	Conclusión	Las respuestas reflejan un reconocimiento unánime del rol que cumple la fundación en el bienestar de las familias, destacando su importancia como un pilar de soporte y ayuda constante.
		Respuesta 2	SI		
		Respuesta 3	Si nos ayuda mucho		
		Respuesta 4	Si es un gran apoyo		
		Respuesta 5	SI		
Pregunta 10	Cuál es el impacto positivo que usted considera que la fundación tiene en la comunidad: Alto Medio alto Medio Medio bajo Bajo	Respuesta 1	Alto	Conclusión	Esto refleja una percepción unánime y contundente sobre la relevancia y efectividad de la fundación, consolidándola como un actor clave en el bienestar y desarrollo comunitario.
		Respuesta 2	Alto		
		Respuesta 3	Alto		
		Respuesta 4	Alto		
		Respuesta 5	Alto		

En el presente apartado se realiza el análisis de los resultados obtenidos a partir de la monitorización continua del sistema fotovoltaico conectado a la red, implementado en la Fundación Jardín del Edén. El estudio tiene como finalidad evaluar el desempeño operativo del sistema bajo condiciones reales de funcionamiento, analizando el comportamiento de la generación fotovoltaica, el desempeño del sistema de almacenamiento en baterías de ion-litio y la gestión energética del inversor.

De igual manera, se examina el proceso de conmutación automática hacia la red eléctrica pública, considerando los escenarios en los que la generación solar y la energía almacenada resultan insuficientes para abastecer la demanda de las cargas. Este análisis permite comprender la interacción entre los diferentes componentes del sistema, verificar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico, y validar el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico conforme a los criterios de diseño establecidos

5.1. Análisis de la variación del voltaje en el lado fotovoltaico

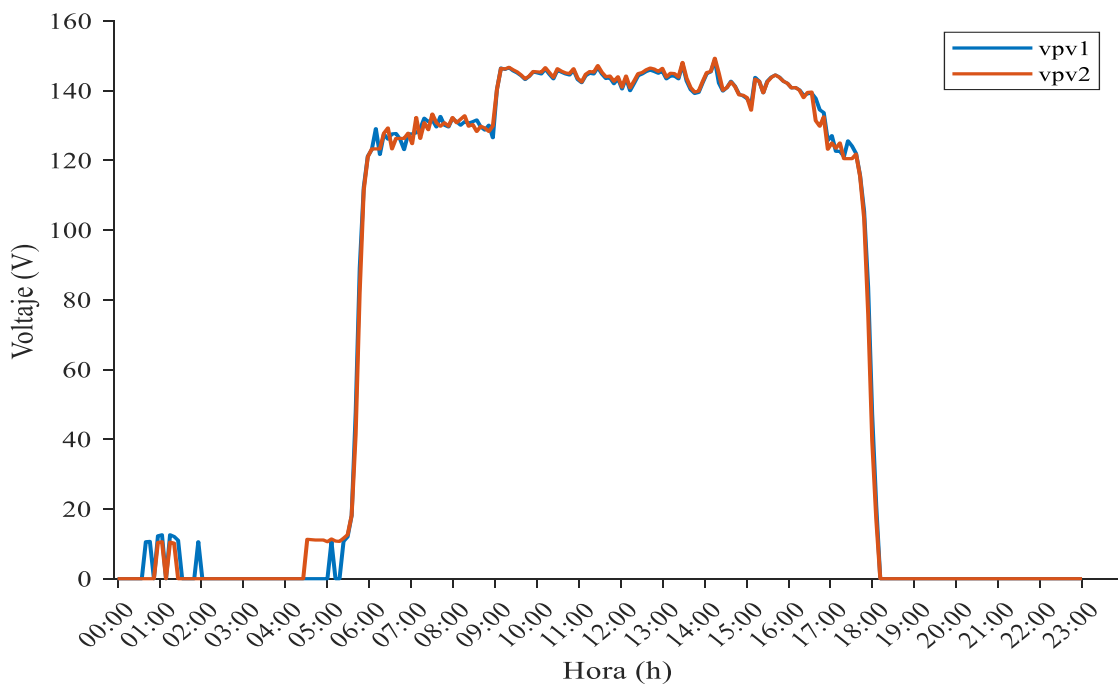


Figura 23 Variación del voltaje en el lado de los paneles solares

La Figura 23 muestra la evolución temporal del voltaje de entrada del campo fotovoltaico, durante las primeras horas de la madrugada del día lunes 5 de enero del 2026. El voltaje registrado es prácticamente nulo, lo cual indica la ausencia de generación debido a la falta de radiación solar. A partir de las 06:00, se observa un incremento abrupto del voltaje, asociado al inicio de la generación fotovoltaica y a la entrada en operación del inversor, cuando la radiación alcanza el umbral mínimo requerido.

Entre las 07:00 am y las 17:30 pm, los valores de voltaje se mantienen relativamente estables, alcanzando alrededor de las 12:02 pm, un valor de 145,3 V, y permaneciendo en un rango aproximado de 140 a 150 V. Este comportamiento evidencia un adecuado funcionamiento del sistema fotovoltaico, así como una correcta operación del algoritmo de seguimiento del punto

de máxima potencia (MPPT) del inversor, el cual permite optimizar la captación de energía bajo condiciones variables de radiación solar.

Alrededor de las 18:00 pm, se aprecia una caída brusca del voltaje en ambos arreglos, lo que corresponde al cese de la generación fotovoltaica debido a la disminución de la irradiancia solar al finalizar el día. Este comportamiento confirma la correcta desconexión del campo fotovoltaico y el adecuado control del inversor frente a condiciones de baja o nula generación.

5.2. Potencia total generada por el campo fotovoltaico

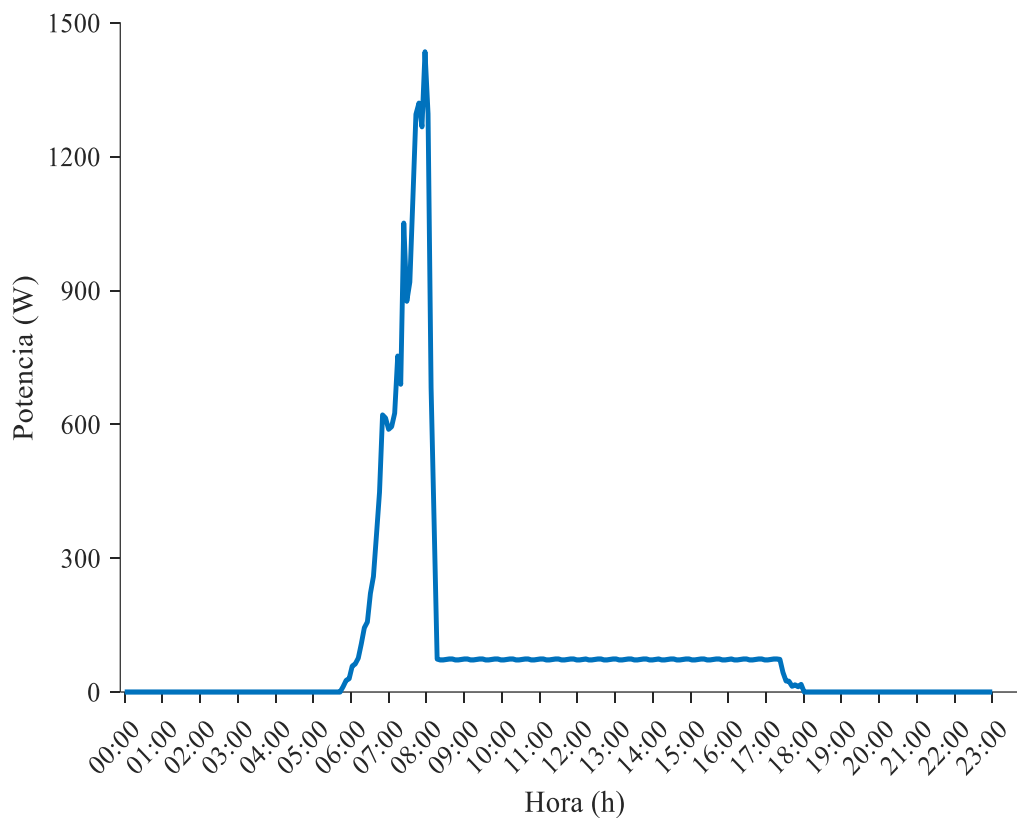


Figura 24 Potencia total generada por los paneles solares

La Figura 24 corresponde al registro de la potencia total generada por el campo fotovoltaico del sistema fotovoltaico conectado a la red a lo largo del día lunes 5 de enero del 2026.

Durante las primeras horas de la mañana la potencia es prácticamente nula y comienza a incrementarse a partir de las 06:00 am, siguiendo el aumento de la radiación solar. Entre las 08:00 y 09:20 am se observa un crecimiento pronunciado de la potencia hasta alcanzar un valor máximo de 1435 W.

Posteriormente, alrededor de las 09:30, se presenta una caída abrupta de la potencia, tras la cual el sistema se mantiene en valores bajos durante el resto del día. Este comportamiento es característico del cambio en el modo de operación del inversor, debido a la conexión con la red eléctrica.

5.3. Variación del estado de carga (SOC)

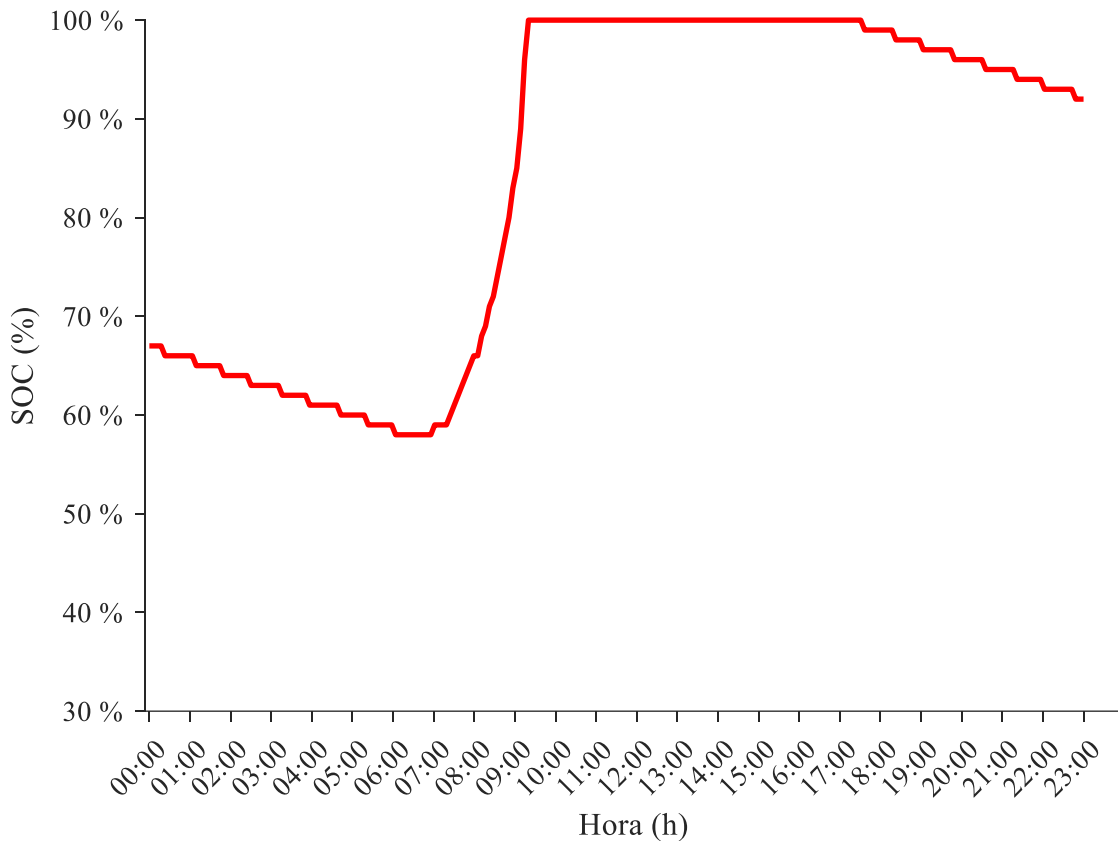


Figura 25 Variación del estado de carga de la batería

En la Figura 25 se muestra la evolución del estado de carga (SOC) de la batería de ion-litio del sistema fotovoltaico a lo largo del día 05 de enero de 2026.

A las 06:02 am indica que la batería está a un 59% de su capacidad ya que está suministrando energía a las cargas ante la ausencia de generación solar. A partir de las primeras horas de radiación, se observa un incremento pronunciado del SOC llegando a su carga del 100% a las 10:00 am. Posteriormente, al mediodía y primeras horas de la tarde, el SOC se mantiene prácticamente constante, lo que evidencia que la batería ha alcanzado un nivel cercano a su carga máxima y el sistema opera en equilibrio entre generación y consumo.

5.4. Potencia de descarga de la batería

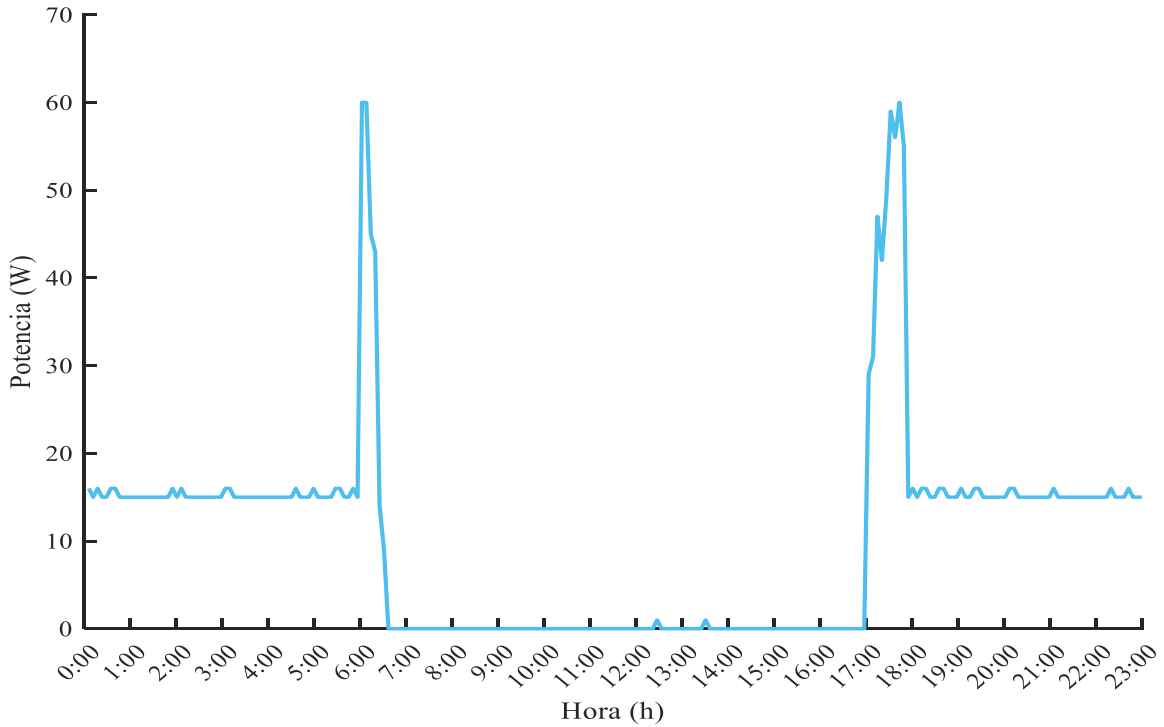


Figura 26 Descarga de la batería

La Figura 26 representa la potencia de descarga de la batería. A las 06:00 am, se observa un incremento significativo en la potencia de descarga, asociado al ingreso de cargas de mayor consumo, lo que provoca una mayor participación de la batería para satisfacer la demanda instantánea.

Posteriormente, durante el periodo diurno, la potencia de descarga desciende hasta valores mínimos, evidenciando que la batería deja de aportar energía de forma significativa, ya que el consumo es abastecido principalmente por la generación solar. Este comportamiento contribuye a la preservación del estado de carga de la batería.

Finalmente, a partir de las 18:00, se registra nuevamente un aumento progresivo en la potencia de descarga, coincidiendo con la disminución de la radiación solar y el retorno del sistema a un modo de operación basado en almacenamiento energético, en el cual la batería asume el suministro de las cargas conectadas.

5.5. Evolución temporal de la salida de respaldo del inversor en el sistema fotovoltaico

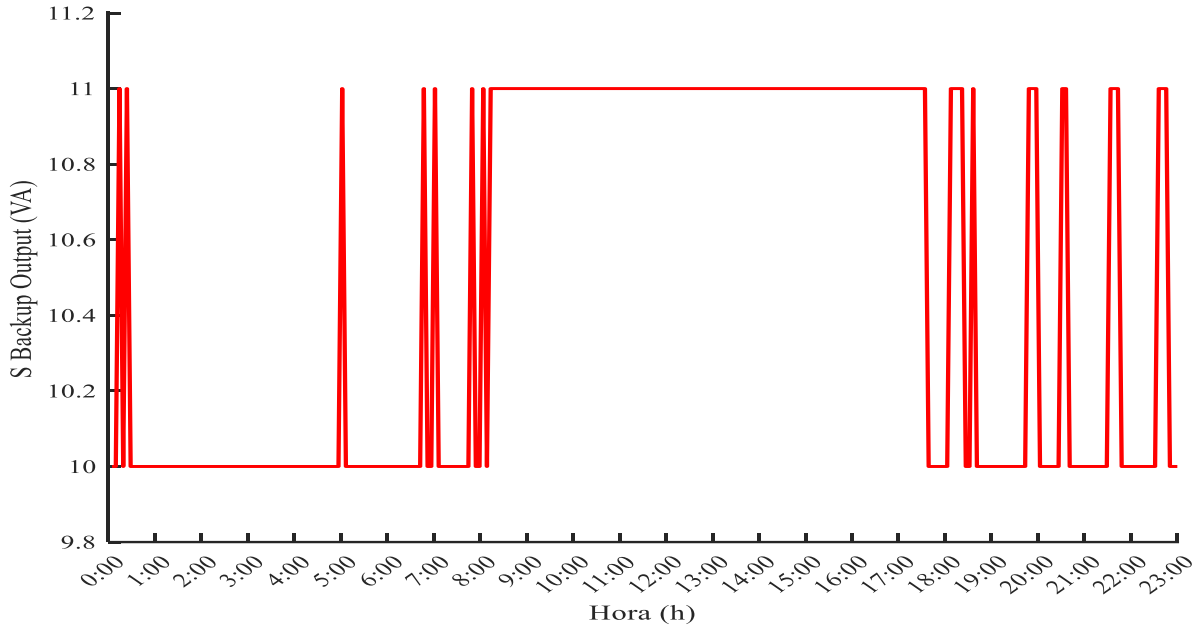


Figura 27 Comportamiento de la salida de respaldo del inversor

La Figura 27 representa la salida de respaldo del inversor (S Backup Output – VA), evidenciando los instantes en los que el sistema suministra energía a las cargas críticas en modo backup. Se observan activaciones intermitentes a lo largo del día, especialmente durante la noche y primeras horas de la mañana, lo que indica la conmutación automática del sistema ante la ausencia de generación fotovoltaica o variaciones en la red eléctrica. Durante el periodo diurno, la señal se mantiene más estable, reflejando una operación controlada del sistema para garantizar la continuidad del suministro a las cargas prioritarias.

5.6. Comportamiento de la energía de descarga del sistema fotovoltaico

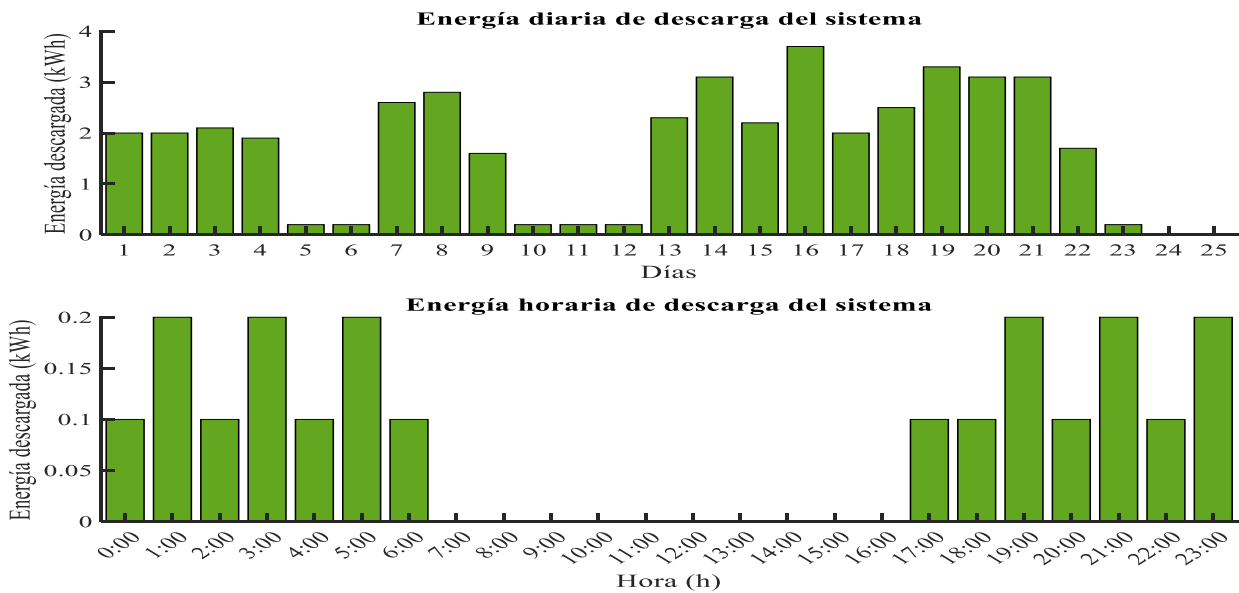


Figura 28 Energía de descarga durante el mes de enero del 2026

La Figura 28 muestra el comportamiento de la energía de descarga ($E_{\text{discharge}}$) del sistema fotovoltaico conectado a la red durante el mes de enero de 2026, expresada en kilovatios-hora (kWh). Esta representa la energía suministrada por el sistema de almacenamiento para abastecer las cargas eléctricas cuando la generación fotovoltaica es insuficiente o nula.

A nivel diario, se observa una variabilidad en los valores de energía descargada, con magnitudes que oscilan entre 0,2 kWh y 3,7 kWh. Los mayores valores de descarga corresponden a días en los que la demanda energética fue cubierta en mayor proporción por la batería, especialmente durante periodos nocturnos o de baja radiación solar. Los días con menor energía descargada indican una mayor cobertura de la demanda mediante generación fotovoltaica directa o mediante el respaldo de la red eléctrica.

El análisis horario evidencia que la descarga de energía se concentra principalmente en horas sin disponibilidad del recurso solar, particularmente durante la noche y en las primeras horas de la mañana, así como al final de la jornada. Este comportamiento es característico de los sistemas fotovoltaicos con almacenamiento, donde la batería cumple la función de garantizar la continuidad del suministro eléctrico.

En conjunto, los resultados reflejan una gestión adecuada del sistema de almacenamiento, evitando descargas profundas y asegurando un uso eficiente de la energía almacenada. Este desempeño contribuye a reducir la dependencia de la red eléctrica y a mejorar la confiabilidad del sistema fotovoltaico implementado en la fundación Jardín del Edén.

5.7. Energía importada desde la red eléctrica

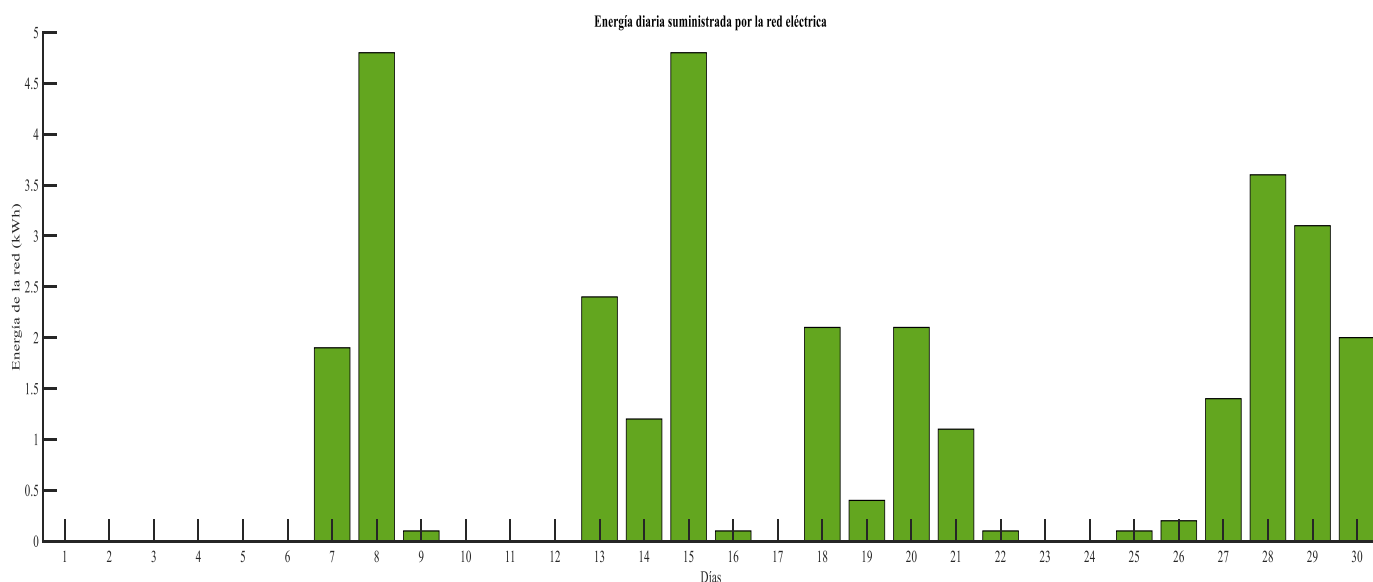


Figura 29 Energía suministrada de la red

La Figura 29 muestra el comportamiento de la energía importada desde la red eléctrica (Energy From Grid) por el sistema fotovoltaico durante el mes de enero de 2026. Este parámetro representa la energía que el sistema requiere de la red cuando la generación fotovoltaica y el sistema de almacenamiento no son suficientes para cubrir la demanda de la carga.

A nivel mensual, se observa que el consumo de energía desde la red no es continuo, sino que se presenta en días puntuales, lo que indica que el sistema fotovoltaico cubre la mayor parte de la demanda energética. Los picos de energía importada coinciden con jornadas de mayor consumo o con condiciones de baja generación solar, como días nublados o periodos de alta demanda.

En conjunto, los resultados reflejan un adecuado nivel de integración del sistema fotovoltaico conectado a la red, minimizando la dependencia del suministro eléctrico convencional y optimizando el autoconsumo energético.

5.8. Comportamiento diario de la potencia fotovoltaica, estado de carga y voltaje del sistema de baterías en un alto consumo.

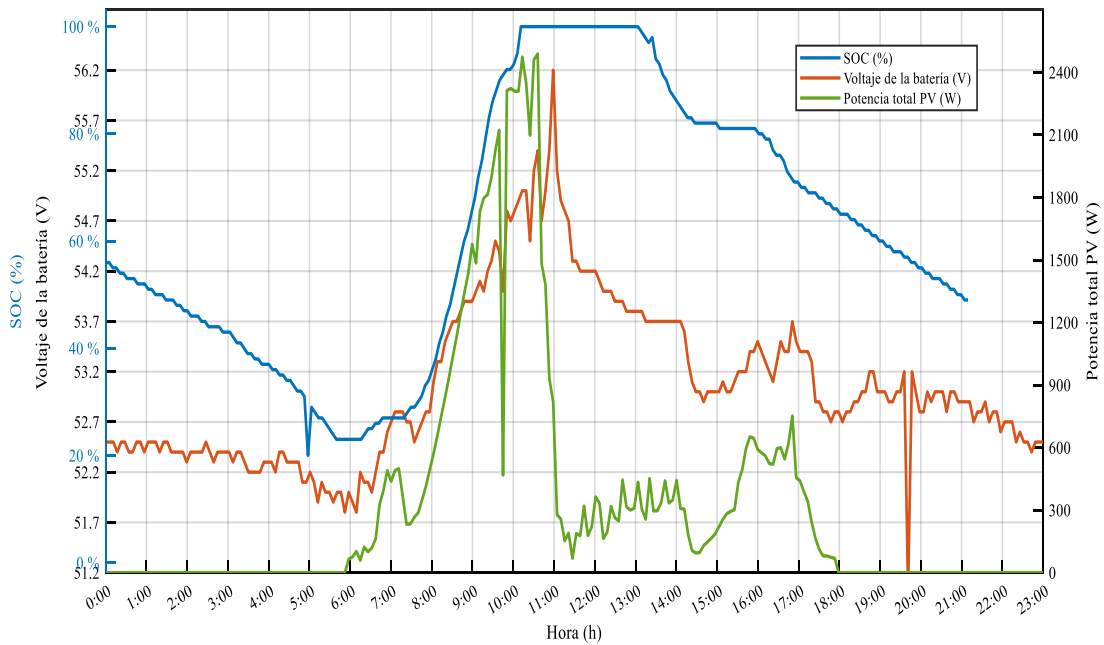


Figura 30 Análisis del comportamiento energético del sistema fotovoltaico en condiciones de alto consumo

La Figura 30 presenta el comportamiento diario del sistema fotovoltaico conectado a la red, integrando la potencia total generada por los módulos fotovoltaicos (PpvAll), el estado de carga del banco de baterías (SOC) y el voltaje del sistema de almacenamiento (Vbat), durante un periodo de 24 horas.

Durante las horas nocturnas y de baja irradiancia solar, la potencia fotovoltaica se mantiene prácticamente nula, por lo que el sistema recurre al banco de baterías y a la red eléctrica para el abastecimiento de la carga. Esta condición se refleja en la disminución progresiva del estado de carga de la batería, así como en un voltaje relativamente estable en el rango operativo de descarga, lo que evidencia un funcionamiento normal del sistema de almacenamiento.

A partir de las primeras horas de la mañana, el incremento de la radiación solar provoca un aumento gradual de la potencia generada por el sistema fotovoltaico. En este intervalo, la energía producida comienza a cubrir la demanda del sistema y, posteriormente, el excedente energético es destinado a la recarga del banco de baterías. Este proceso se manifiesta en el aumento sostenido del *SOC* y en la elevación del voltaje de la batería hasta valores característicos de la etapa de carga.

En torno al mediodía, se alcanza el máximo nivel de generación fotovoltaica, con valores de potencia cercanos a su capacidad nominal, lo que permite que la batería alcance su nivel máximo de carga. En esta etapa, el sistema de control regula el proceso de carga, evitando sobrecargas y manteniendo el voltaje dentro de los límites operativos establecidos.

Durante la tarde y noche, la reducción progresiva de la radiación solar ocasiona una disminución de la potencia fotovoltaica. En consecuencia, el sistema entra nuevamente en un régimen de descarga del banco de baterías para suplir la demanda energética, lo que se evidencia en la disminución gradual del *SOC* y del voltaje de la batería. En este periodo, la red eléctrica actúa como respaldo, asegurando la continuidad del suministro.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran un funcionamiento eficiente y estable del sistema fotovoltaico conectado a la red con almacenamiento, evidenciando una adecuada gestión energética entre la generación solar, el sistema de baterías y la red eléctrica. Este comportamiento confirma la correcta integración de los componentes del sistema y valida su desempeño bajo condiciones reales de operación.

5.9. Comportamiento diario de la potencia fotovoltaica, estado de carga y voltaje del sistema de baterías en un bajo consumo.

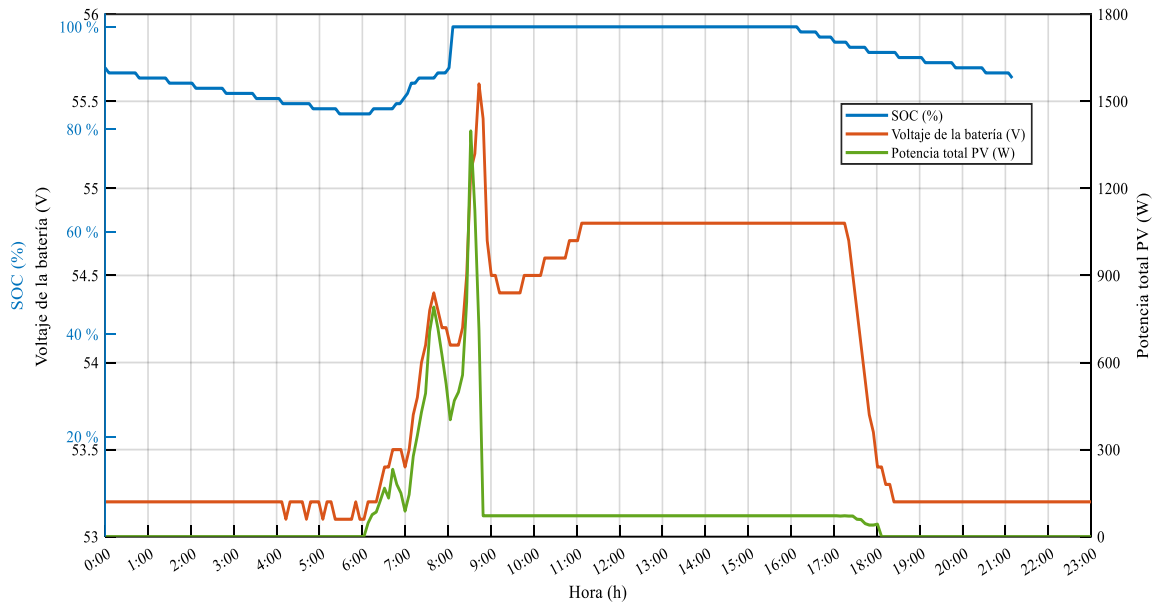


Figura 31 Análisis del comportamiento energético del sistema fotovoltaico en condiciones de bajo consumo madrugada.

A partir de aproximadamente las 06:00 a.m., los paneles solares comienzan a generar la potencia necesaria para iniciar el proceso de carga de la batería. Conforme avanza el día y aumenta la radiación solar, la potencia fotovoltaica se incrementa progresivamente, alcanzando su máximo nivel de carga alrededor de las 10:00 am, momento en el cual la batería llega a su capacidad óptima y se mantiene en este estado durante varias horas, debido a la ausencia de consumo significativo.

Hacia las 18:00 pm, se registra el inicio del consumo energético, lo que provoca una ligera disminución del voltaje y del estado de carga de la batería, aunque esta reducción es mínima, evidenciando una adecuada capacidad de respaldo del sistema. Durante las horas de nula radiación solar, la potencia generada por los paneles es insuficiente para continuar el proceso de carga; sin embargo, dado que la batería aún conserva un nivel de carga elevado, no se requiere energía adicional.

5.10. Comportamiento diario de la potencia fotovoltaica, estado de carga y voltaje del sistema de baterías en medio consumo.

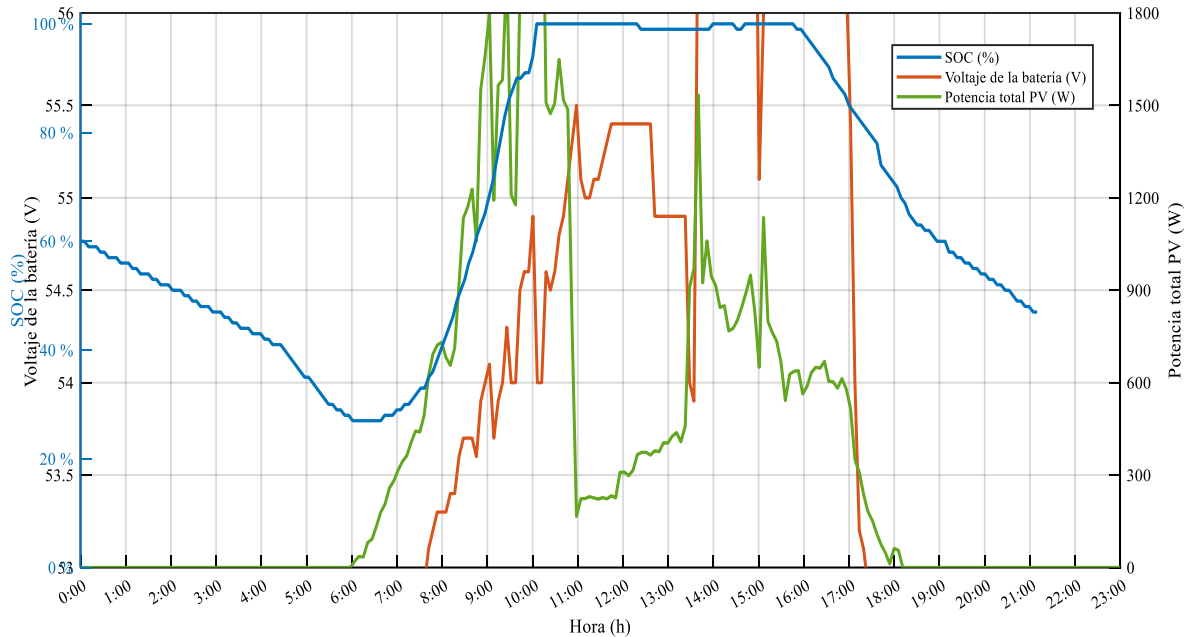


Figura 32 Análisis del comportamiento energético del sistema fotovoltaico en condiciones de medio consumo

La Figura 32 muestra el perfil horario del sistema fotovoltaico implementado en la Fundación Jardín del Edén, donde se representan el estado de carga de la batería (SOC %), el voltaje de la batería (V) y la potencia total generada por los paneles fotovoltaicos (W) durante un día típico de operación.

En el intervalo nocturno (00:00 – 06:00 h), la potencia fotovoltaica es nula, por lo que la demanda es abastecida exclusivamente por el banco de baterías, evidenciándose una disminución progresiva del SOC desde aproximadamente 60 % hasta valores cercanos al 30 %.

A partir de las 07:00 h inicia la generación fotovoltaica, incrementándose conforme aumenta la radiación solar. Entre las 09:00 h y 11:00 h se alcanza el máximo nivel de potencia, lo que permite que el banco de baterías entre en fase de carga rápida hasta el 100 % de SOC. Durante el periodo de máxima radiación el sistema opera en condición de equilibrio energético, donde la generación cubre la demanda y mantiene el almacenamiento en estado de carga plena.

Posteriormente, al disminuir la radiación solar la potencia fotovoltaica decrece hasta cero y el sistema retorna al modo de descarga, reduciéndose nuevamente el SOC durante la noche.

El comportamiento del voltaje de la batería es coherente con el perfil del SOC, incrementándose durante la etapa de carga y disminuyendo durante la descarga, lo cual valida el correcto funcionamiento del sistema de gestión energética.

5.11. Análisis de software PVSYS

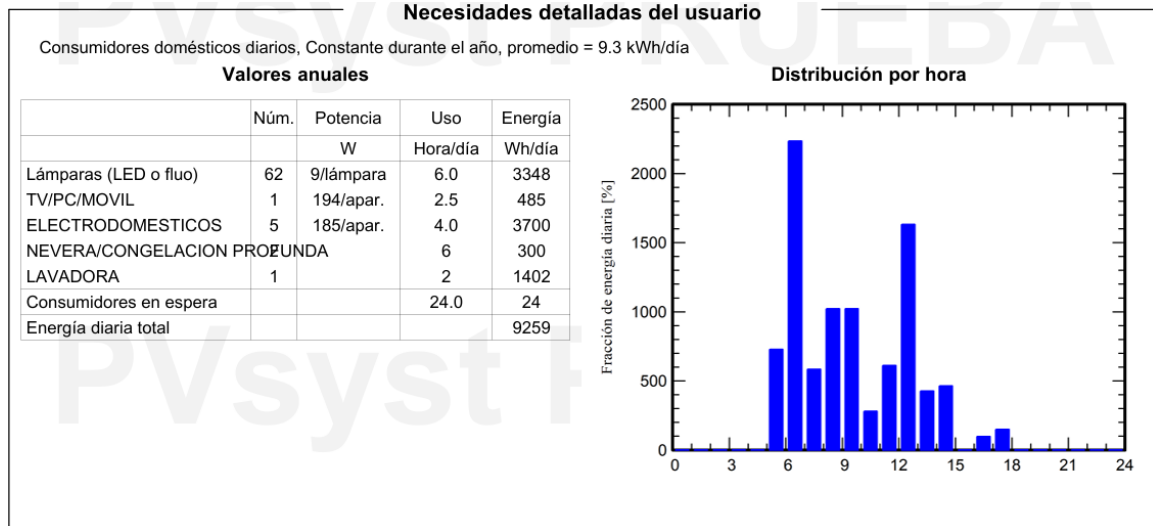


Figura 33 Necesidades del usuario

El análisis de las necesidades energéticas del usuario muestra que el consumo promedio del sistema es de aproximadamente 9.3 kWh/día, valor que se mantiene relativamente constante durante todo el año, la gráfica de distribución horaria del consumo permite identificar los periodos de mayor demanda energética. Se observa que los picos de consumo se concentran principalmente en las primeras horas de la mañana (6:00 a 9:00) y alrededor del mediodía (11:00 a 13:00).

Este comportamiento resulta favorable para la operación del sistema fotovoltaico, ya que una parte significativa de la demanda coincide con los periodos de mayor generación solar. No obstante, también se presentan consumos en horas posteriores del día, los cuales deben ser cubiertos mediante la energía almacenada en el sistema de baterías.

5.12. Distribución diaria del estado de carga

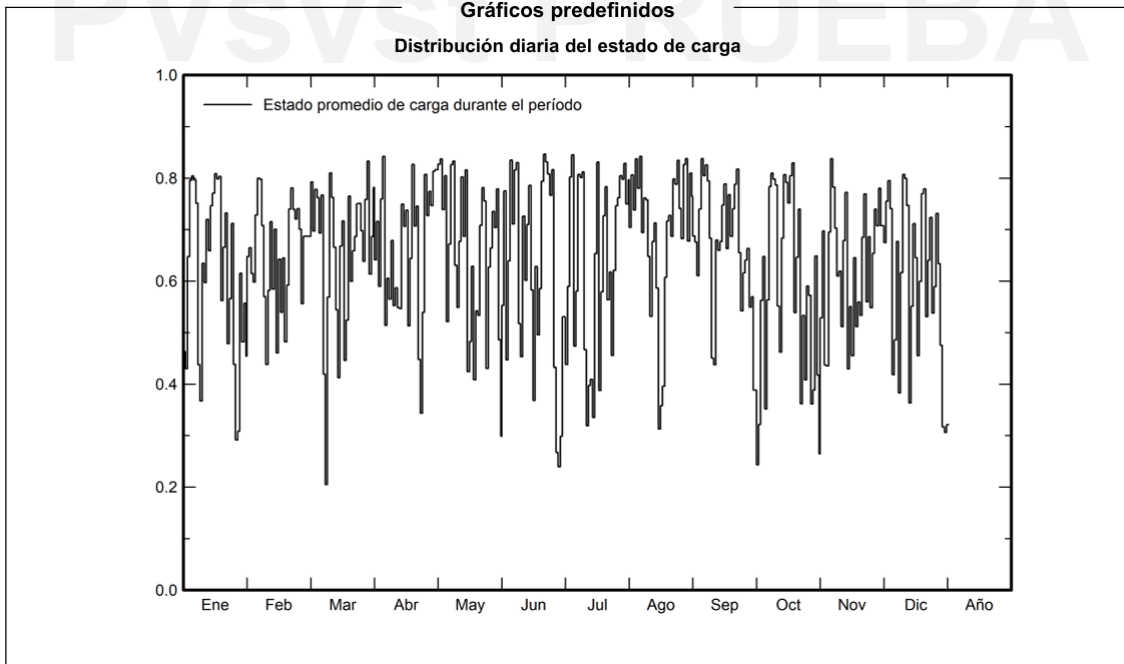


Figura 34 Distribución diaria del estado de carga

El SOC representa el porcentaje de energía almacenada en la batería respecto a su capacidad total. A partir del análisis de la gráfica se observa que el estado de carga se mantiene, en la mayor parte del tiempo, dentro de un rango aproximado entre 50% y 85%, lo cual indica un funcionamiento adecuado del sistema de almacenamiento.

En ciertos periodos se registran descensos temporales del SOC, alcanzando valores cercanos al 30%, lo que sugiere que durante esos momentos la demanda energética supera temporalmente la energía disponible proveniente de la generación fotovoltaica. Sin embargo, el sistema logra recuperar rápidamente los niveles de carga gracias a la producción energética generada durante las horas de irradiación solar.

El análisis de simulación que se realizó mediante un software comparando la eficiencia de nuestro sistema, nos da como resultado la relación con datos reales del sistema demostrando el correcto dimensionamiento y funcionamiento del sistema implementado.

6. CONCLUSIONES

- En conclusión a partir del levantamiento de información realizado en la fundación jardín del Edén se identificó mediante un estudio de cargas una potencia instalada total de 2.325,20W y un consumo energético diario de 9.259,36Wh/día ,considerando un factor de simultaneidad de 1,10 permitió aprovechar de manera eficiente el recurso solar disponible, contribuyendo a la reducción del consumo de energía proveniente de la red eléctrica pública y mejorando la sostenibilidad energética de la institución y mejorando la calidad de servicios disponibles en esta fundación.
- El análisis de los parámetros eléctricos monitoreados mediante un software donde se monitorio el voltaje, potencia, energía generada y estado de carga de las baterías, evidencia que el sistema fotovoltaico mediante el dimensionamiento realizado demostró ser técnicamente preciso y operativo eficiente, ya que todo los parámetros monitoreados se encuentran dentro de los rangos de diseño establecidos, garantizando una operación estable y confiable.
- La monitorización del sistema durante este periodo de estudio se a evidenciado un funcionamiento estable dentro de los parámetros de diseño. El campo registro una potencia máxima de 1.435 W y un voltaje de 145,3 V al medio día, validando la correcta operación del algoritmo MPPT. Lo cual la energía de descarga oscilo entre 0.2 y 3,7 kWh diarios, mientras que la importancia de la red fue mínima, a si confirmando la autonomía y confiabilidad del sistema.
- La Fundación Chaka Wasi constituye un modelo de intervención social integral que articula exitosamente el apoyo educativo, la sostenibilidad económica familiar y la innovación tecnológica al 100%. Los resultados de la investigación demuestran que la implementación del sistema fotovoltaico no solo ha optimizado los recursos institucionales, sino que ha garantizado la continuidad del proceso educativo, ha generado ahorros significativos y ha posicionado a la fundación como un agente de cambio comprometido con el desarrollo sostenible y el bienestar comunitario. La alta valoración social, el impacto multidimensional en las familias beneficiarias y la visión de futuro orientada a la formación técnica de los jóvenes consolidan a la fundación como una institución indispensable para el desarrollo de la comunidad

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo periódico de los módulos fotovoltaicos, incluyendo limpieza y revisión de conexiones, con el fin de asegurar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil del sistema.
- Evaluar la posibilidad de ampliar la capacidad del sistema fotovoltaico o del sistema de almacenamiento, en función del crecimiento futuro de la demanda energética de la fundación.
- Implementar un programa de monitoreo continuo y análisis periódico de los datos registrados, que permita identificar oportunamente posibles fallas, pérdidas energéticas o desviaciones en el comportamiento del sistema.
- Se recomienda utilizar un software que nos permite realizar la simulación de un sistema híbrido para tener una mejor respuesta en función a lo que esta implementado, ya que nos hemos basado en el software PVSYST pero lamentablemente no se pudo hacer la simulación por diferentes factores de elementos técnicos no encontrados en el software.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] José Santamarta, “Las energías renovables son el futuro,” 2004..
- [2] D. Azuatalam, K. Paridari, Y. Ma, M. Förstl, A. C. Chapman, and G. Verbič, “Energy management of small-scale PV-battery systems: A systematic review considering practical implementation, computational requirements, quality of input data and battery degradation,” Sep. 01, 2019, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.rser.2019.06.007.
- [3] D. De Posgrado, H. Hugo, O. Ruíz, C. Francisco, and P. Mena, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI,” 2024. [Online]. Available: <https://orcid.org/0009-0009-4904-0242>
- [4] U. Y. Sociedad, J. Carlos, P. Vanegas, Á. Iván, and T. Quijije, “Volumen 13 | Número 2 | Marzo-Abril,” 2021.
- [5] E. G. Cruz, L. Piura, and F. De Ingeniería, “DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE POTENCIA,” 2010.
- [6] A. Domínguez Piloto, S. J. Rigó, and J. B. Marrero, “3 Taller de Producciones Varias y Mecanización, ZETI, Carretera a Palmira km 3 ½, Cienfuegos, Cuba. Recibido: Enero 18,” 2019. [Online]. Available: <http://centroazucar.uclv.edu.cu>

- [7] “DECLARACIÓN DE AUTORÍA.”
- [8] G. De Guayaquil *et al.*, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA METODOLOGÍA DE DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADO A LUGARES AISLADOS EN EL TUTOR.”
- [9] C. De, D. Andres, and G. Bravo, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL.”
- [10] “CD 12338”.
- [11] A. De, “Implementación de un sistema fotovoltaico Off Grid para abastecer de energía eléctrica a una vivienda, ubicada en un sector rural del cantón Isidro Ayora en la provincia del Guayas.”
- [12] Á. Eduardo and Á. Gualoto, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS PARA VIVIENDAS EN ZONAS AISLADAS DE LA RED ELÉCTRICA DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL AUTÓNOMO PARA CONSUMO NIVEL 2 TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO.”
- [13] D. López Sánchez, “Página 2 de 104.”
- [14] S. Giulianna Lopez Villacreses Christian Alexander Tibán Caisaguano and I. Diego Leonardo Jiménez Jiménez, “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICO OFF-GRID PARA ABASTECIMIENTO DE CARGA ELECTRÓNICA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD,” 2025.
- [15] M. Yekini Suberu, M. Wazir Mustafa, and N. Bashir, “Energy storage systems for renewable energy power sector integration and mitigation of intermittency,” 2014, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2014.04.009.
- [16] Jorge Morales, “<https://www.solar360.es/blog/sostenibilidad/radiacion-solar>.”

- [17] V. Z. A. J. Luna Mena Cristian Roberto, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTO PARCIAL DE ENERGÍA EN UNA VIVIENDA DE LA ZONA RURAL DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.” pp. 1–90, Oct. 2025.
- [18] A. Sagastume Gutiérrez Carlos Amaris Castilla, “POTENCIAL DE LA REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN ACTIVADO CON GAS NATURAL Y ENERGÍA SOLAR EN CENTROS COMERCIALES DE BARRANQUILLA,” 2022.
- [19] “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL CARRERA DE ELECTRICIDAD DISEÑO ELÉCTRICO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID PARA EL COMPLEJO DE CONCIENTIZACIÓN Y CUIDADO DEL MAR, YUBARTA.”
- [20] G. Blanquer, J. Manuel, and M. Ramón, “SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS.”
- [21] C.-M. A. Abella and M. A. Abella, “Sistemas fotovoltaicos Sistemas Fotovoltaicos Sistemas fotovoltaicos Contenido.”

9. ANEXOS



Proyecto
CHAKA WASI
Fundación Jardín del Edén



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
LATACUNGA - ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Universidad Técnica de Cotopaxi
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA
Título: _____

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA ÁREA DE CONVIVENCIA DEL CENTRO DE FORMACION INTEGRAL "CHAKA WASI" DE LA FUNDACIÓN JARDÍN DEL EDÉN

"Mi preparación profesional cobró un sentido más profundo al poner en práctica lo aprendido con quien más lo necesita y así poder transformar la energía en luz para este hogar, siendo este el proyecto más valioso de mi carrera. Deseo que cada rincón iluminado sea un espacio donde los niños puedan jugar, estudiar y crecer con la seguridad de que su futuro será brillante." - Kevin Fabricio Escobar

Kevin Fabricio Escobar Simaluisa
AUTOR

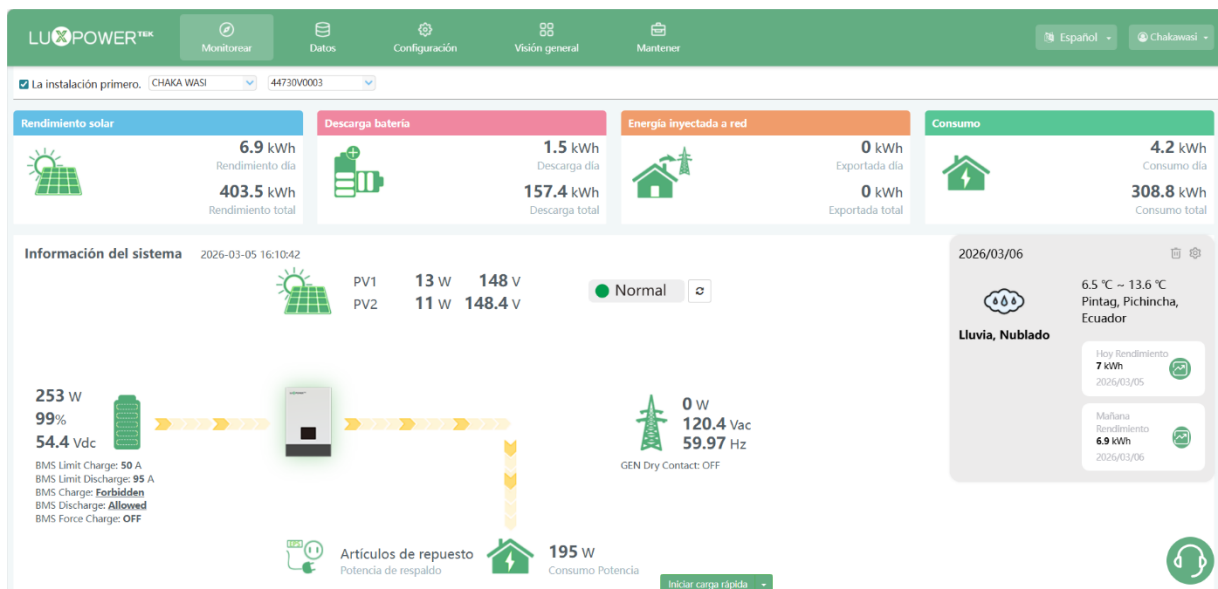
Ing. Msc. Franklin Hernán Vásquez Teneda
TUTOR











ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Nominal Voltage	48V/51.2V
Nominal Capacity	100Ah
Voltage Range	42~54V/44.8~57.6V
Energy	4800Wh/5120Wh
Resistance	≤30mΩ
Efficiency	99%
Self Discharge	≤3.5% Per Month
Maximum Modules in Parallel	15

MECHANICAL SPECIFICATIONS

Dimensions[L*W*H]	600*500*167mm
Weight	53KG/53.5KG
Terminal Type	Connector
Case Material	Steel
Enclosure Protection	IP20
Chemistry	LiFePo4
Configuration	15s1p/16s1p

DISCHARGE SPECIFICATIONS

Maximum Continuous Discharge Current	100A
Turbo-Boost Power	7.2kW/7.68kW[1000±20ms]
BMS Discharge Current Cut-off	150A [over 1000±20ms]
Recommend Low Voltage Disconnect	45V/48V
BMS Discharge Voltage Cut-off	42V/44.8V [over 1000±20ms]
Reconnect Voltage	46V/49V
Short Circuit Protection	200-400μs

CHARGE SPECIFICATIONS

Recommend Charge Current	50A
Maximum Charge Current	100A
Maximum Charge Voltage	54.75V/58.4V
Recommend Charge Voltage	54V/57.6V
BMS Charge Voltage Cut-off	54V/57.6V [over 1000±20ms]
Reconnect Voltage	50.1V/53.44V

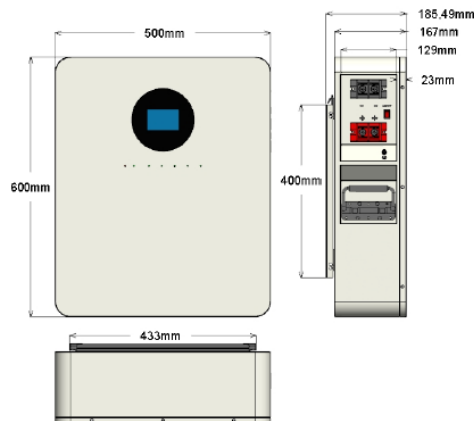
TEMPERATURE SPECIFICATIONS

Discharge Temperature	-4 to 140°F[-20 to 60°C]
Charge Temperature	32 to 113°F[0 to 45°C]
Storage Temperature	23 to 95°F[-5 to 35°C]
BMS High Temperature Cut-off Discharge	149F[65°C][Customized]
Reconnect Temperature	122F[50°C][Customized]
Low Temperature Cut-off Charge	32°F[0°C][Customized]
High Temperature Cut-off Charge	129.2°F[54°C][Customized]

COMPLIANCE SPECIFICATIONS

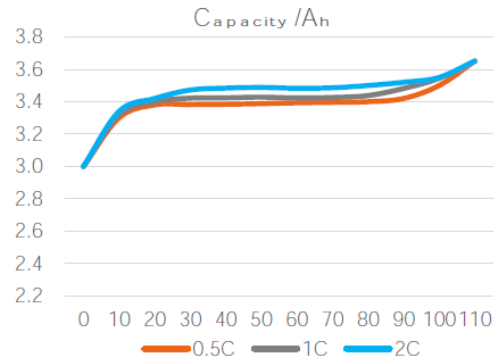
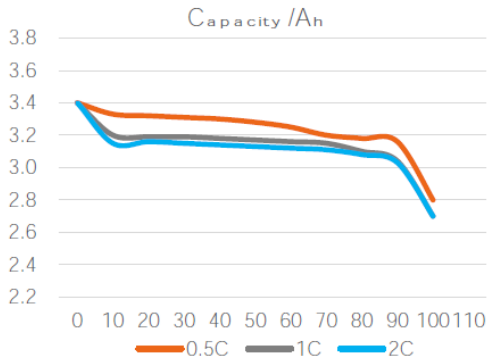
Certifications	CE, UL1973, UN38.3, IEC62133
Shipping Classification	UN3480, CLASS9

DIMENSIONAL SPECIFICATIONS

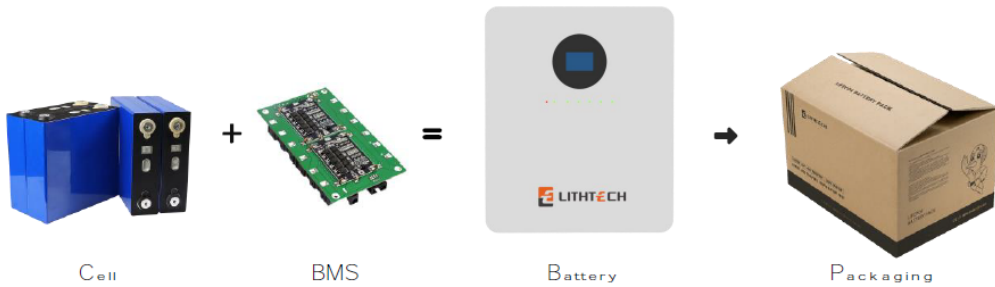


@2024 Shenzhen Littech Energy Co.,LTD. All Rights Reserved. Littech Energy is not liable for damages that may result from any information provided in or omitted from this publication, under any circumstance. Littech Energy reserves the right to make adjustments to this publication at any time, without notice or obligation.

Charge/Discharge Capacity At Different Rates for cell [Room Temperatue]



PRODUCT DISPLAY



Strive to be the preferred partner
for the Global New Energy Industry

Shenzhen Lithtech Energy Co.,LTD

Web: www.ltc-energy.com
 Email: info@lith-tec.com
 Tel: +(00) 86 0755-23300421

CE UL1973 UN38.3 MSDS



HÍBRIDO ECO

Bifásico

SNA US 3000

- Salida fuera de la red de 120V.
- Soporta hasta 16 unidades en paralelo.
- Voltaje máximo de entrada de PV: 500V.
- 2 MPPTs, entrada máxima de PV: 8kW.
- Corriente máxima de carga y descarga: 70A.
- IPuerto dedicado para generador, acoplamiento AC o gestión de carga inteligente.



Epecificación

Entrada (PV DC)		SNA-US 3000
Potencia máxima de entrada PV (W)		8000(4000/4000)
Voltaje nominal de entrada PV (V)		320
Número de entradas MPPT Independientes		2/(1:1)
Rango de voltaje de entrada PV (V)		100~500
Rango de voltaje MPPT (V)		120~385
Voltaje de Inicio (V)		100
Corriente máxima de entrada PV por MPPT (A)		17/17
Corriente máxima de cortocircuito PV por MPPT (A)		25/25
Batería		
Tipo de batería compatible		Lithium-Ion/Lead-Acid
Voltaje nominal de batería (V)		48
Rango de voltaje de batería (V)		38.4~60
Corriente máxima de carga/descarga (A)		70/70
Potencia máxima de carga/descarga (W)		3000
Función de activación forzada de batería desde PV		YES
Función de activación forzada de batería desde red		YES
Red		
Voltaje nominal de CA (V)		120(L-N)
Frecuencia nominal de CA (Hz)		50/60
Corriente máxima de entrada de CA (A)		40
Potencia máxima de entrada de CA (W)		4500
Corriente máxima de paso continuo de CA (A)		60
Generador		
Voltaje nominal del generador (V)		120(L-N)
Frecuencia nominal del generador (Hz)		50/60
Corriente nominal de entrada del generador (A)		32
Potencia nominal de entrada del generador (W)		3500
Corriente nominal de los relés de BYPASS del		60
UPS		
Potencia nominal de salida (W)		3000
Voltaje nominal de salida (V)		1120(L-N)
Corriente nominal de salida (A)		25
Frecuencia nominal de salida (Hz)		50/60
Potencia de pico, duración		2Pn, <2s
Tiempo de conmutación		<7ms@Single/<20ms@Parallel
Forma de onda		Sine wave
Distorsión armónica total de voltaje (THDV)		<3%
Eficiencia		
Eficiencia máxima MPPT		99.9%
Eficiencia máxima		93.0%
Eficiencia máxima de carga/descarga		93.0%
Protección		
Protección contra sobrecorriente/sobretensión		YES
Protección contra cortocircuito en corriente alterna		YES
Monitoreo de red		YES
Protección contra sobretensión en corriente alterna		Type III
Protección contra polaridad Inversa de batería		YES
Interruptor DC		YES
Apagado rápido		YES
Detección de fallas por arco PV		YES
Interruptor de protección de CA y UPS (Corriente/Voltaje)		50A/230VAC
Interruptor de protección de batería (Corriente/Voltaje)		200A/80V/DC
Interruptor de protección del generador (Corriente/Voltaje)		50A/230V/AC
General		
Dimensiones (Ancho x Alto x Profundidad)		350*505*135mm/12.99*19.88*5.31Inch
Peso		14.5kg/31.97lbs
Índice de protección (IP)		IP20
Rango de temperatura de operación ambiental (°C)		0~50
Rango de temperatura de almacenamiento (°C)		-15~60
Humedad relativa		5%~95%
Interfaz de pantalla y comunicación		LCD+LED, RS485/WI-FI/CAN
Garantía		2 years
Método de enfriamiento		Smart Cooling
Topología		Transformer-less
Altitud		<2000m
Emisión de ruido (típica)		<50dB
Normas y certificaciones		
CSA STD. C22.2 No.107.1, UL STD.1741		

*Note: 115A @48VDC (AC), 125A @44VDC (AC), 125A @48VDC (PV)



Proyecto: CHAKA WASI-
Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.20

VC0, Fecha de simulación:
11/03/26 23:17
con V8.0.20

Resumen del proyecto

Sitio geográfico
FUNDACION CHAKA WASI
Ecuador

Situación
Latitud -0.97 °(S)
Longitud -78.70 °(W)
Altitud 2952 m
Zona horaria UTC-5

Configuración del proyecto
Albedo 0.20

Datos meteo
FUNDACION CHAKA WASI
NASA-SSE satellite data 1983-2005 - Sintético

Resumen del sistema

Sistema independiente

Orientación #1
Plano fijo
Inclinación/Azimut 20 / 0 °

Información del sistema

Generador FV
Núm. de módulos 6 unidades
Pnom total 3300 Wp

Sistema independiente con baterías

Necesidades del usuario
Consumidores domésticos diarios
Constante durante el año
Promedio 9.3 kWh/Día

Paquete de baterías
Tecnología Lithium-ion, LFP
Núm. de unidades 1 unidad
Voltaje 48 V
Capacidad 100 Ah

Resumen de resultados

Energía solar utilizable	2732.8 kWh/año	Producción específica	828 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	54.86 %
Energía faltante	646.7 kWh/año	Energía solar disponible	4308.4 kWh/año	Fracción solar (SF)	81.28 %
Exceso (sin usar)	1435.9 kWh/año				

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema	3
Necesidades detalladas del usuario	4
Resultados principales	5
Diagrama de pérdida	6
Gráficos predefinidos	7



Proyecto: CHAKA WASI-
 Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.20

VC0, Fecha de simulación:
 11/03/26 23:17
 con V8.0.20

Parámetros generales

Sistema independiente		Sistema independiente con baterías		Necesidades del usuario	
Orientación #1		Modelos usados		Consumidores domésticos diarios	
Plano fijo		Transposición		Constante durante el año	
Inclinación/Azimut		Perez		Promedio	
20 / 0 °		Difuso Perez, Meteonorm		9.3 kWh/Día	
		Circunsolar separado			

Características del generador FV

Módulo PV		Controlador	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	LR5-72HPH-550M G2_30mm Frame	Modelo	Tristar TS MPPT 60 - 48V
(Base de datos PVsyst original)		Núm. de unidades	2 unidades
Unidad Nom. Potencia	550 Wp	Tecnología	Convertidor MPPT
Número de módulos FV	6 unidades	Coef. temp.	-5.0 mV/°C/Elem.
Nominal (STC)	3300 Wp	Convertidor	
Módulos	2 cadena x 3 En serie	Eficiencias máxi y EURO	98.5 / 97.8 %
En cond. de funcionam. (50°C)		Control de gestión de la batería	
Pmpp	3033 Wp	Comandos de umbral como	Cálculo SOC
U mpp	76 V	Cargando	SOC = 0.96 / 0.80
I mpp	40 A	Descarga	SOC = 0.10 / 0.35
Potencia FV total			
Nominal (STC)	3.30 kWp		
Total	6 módulos		
Área del módulo	15.5 m²		
Área celular	14.3 m²		

Almacenamiento de batería

Batería	
Fabricante	Generic
Modelo	48V100Ah-HVR
Tecnología	Lithium-ion, LFP
Núm. de unidades	1 Unidad
Descarga mín. SOC	10.0 %
Energía almacenada	4.3 kWh
Características del paquete de baterías	
Voltaje	48 V
Capacidad nominal	100 Ah (C10)
Temperatura	Fijo 20 °C

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC		Pérdida diodos serie				
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	31 mΩ	Caída de tensión	0.7 V			
Uc (const)	20.0 W/m²K	Frac. de pérdida	1.50 % en STC	Frac. de pérdida	0.8 % en STC			
Uv (viento)	0.0 W/m²K/m/s							
Pérdida de calidad módulo		Pérdidas de desajuste de módulo						
Frac. de pérdida	-0.75 %	Frac. de pérdida	0.50 % en MPP					
Factor de pérdida IAM								
Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.963	0.892	0.814	0.679	0.438	0.000



Proyecto: CHAKA WASI-
 Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.20

VC0, Fecha de simulación:
 11/03/26 23:17
 con V8.0.20

Resultados principales

Producción del sistema

Energía solar utilizable 2732.8 kWh/año
 Energía solar disponible 4308.4 kWh/año
 Exceso (sin usar) 1435.9 kWh/año

Proporción rend. PR 54.86 %
 Fracción solar (SF) 81.28 %

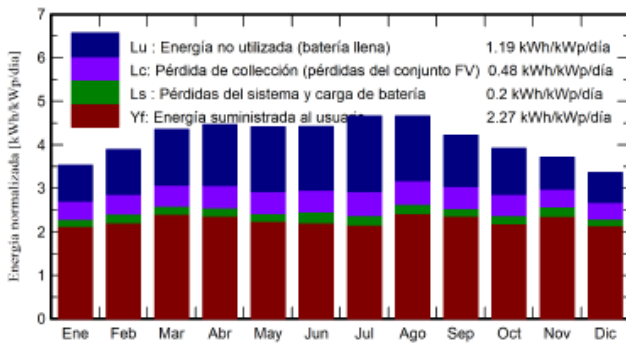
Pérdida de carga

Fracción de tiempo 7.9 %
 Energía faltante 646.7 kWh/año

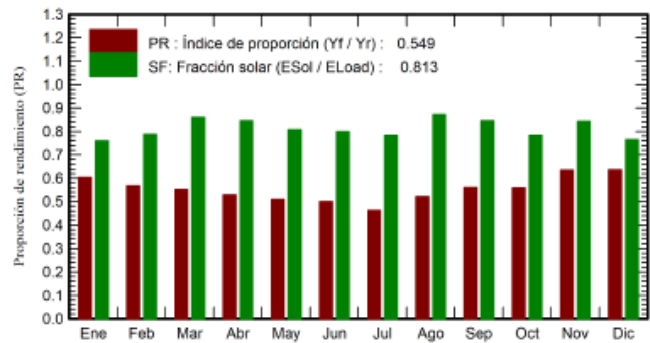
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)

Ciclos SOW 93.7 %
 SOW estático 90.0 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac proporción
Enero	128.3	104.9	310.4	83.5	69.0	218.0	287.0	0.760
Febrero	121.8	105.1	310.9	94.8	55.0	204.2	259.3	0.788
Marzo	141.0	131.4	388.2	130.7	40.7	246.3	287.0	0.860
Abril	129.9	130.8	383.4	137.8	43.6	234.2	277.8	0.846
Mayo	127.7	133.8	392.0	151.8	57.2	229.9	287.0	0.808
Junio	120.6	129.9	380.7	144.1	58.6	219.1	277.8	0.799
Julio	132.4	141.7	413.2	177.2	66.1	220.9	287.0	0.783
Agosto	138.3	141.1	412.5	151.2	38.7	248.4	287.0	0.872
Septiembre	128.1	123.1	359.1	115.7	43.5	234.2	277.8	0.846
Octubre	131.4	117.7	342.6	107.7	62.7	224.3	287.0	0.784
Noviembre	129.0	107.6	318.4	71.6	44.1	233.7	277.8	0.843
Diciembre	123.4	100.4	297.1	70.0	67.5	219.5	287.0	0.765
Año	1552.0	1467.4	4308.4	1435.9	646.7	2732.8	3379.5	0.813

Leyendas

GlobHor Irradiación horizontal global
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
 E_Avail Energía solar disponible
 EUused Energía no utilizada (batería llena)
 E_Miss Energía faltante
 E_User Energía suministrada al usuario
 E_Load Necesidad energética del usuario (Carga)
 SolFrac Fracción solar (EUtilizada / ECarga)



Proyecto: CHAKA WASI-
Variante: Nueva variante de simulación

PVsyst V8.0.20

VC0, Fecha de simulación:
11/03/26 23:17
con V8.0.20

Diagrama de pérdida

