



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID PARA
ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA, UBICADA EN
UN SECTOR RURAL DEL CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA EN LA
PROVINCIA DE ORELLANA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

AUTOR:

Ronny Micke Castillo Alvarado

TUTOR:

Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes.

LATACUNGA - ECUADOR

FEBRERO 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **CASTILLO ALVARADO RONNY MICKE**, con cédula de ciudadanía No. 2200041693 declaro ser autor (a) del proyecto de titulación” **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA, UBICADA EN UN SECTOR RURAL DEL CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA EN LA PROVINCIA DE ORELLANA**”, siendo el Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes 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.



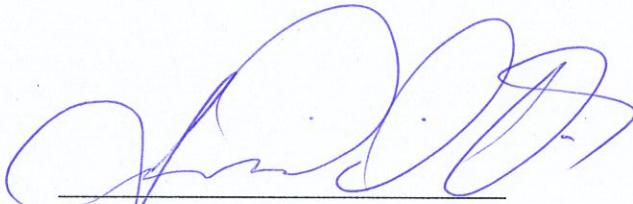
Ronny Micke Castillo Alvarado
CC:2200041693

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA, UBICADA EN UN SECTOR RURAL DEL CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA EN LA PROVINCIA DE ORELLANA”, propuesto por el estudiante Castillo Alvarado Ronny Micke de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.

Latacunga, febrero 13 del 2026



Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes.

C.C.: 0704400449

TUTOR

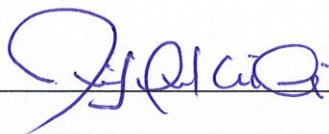
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

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 OFF GRID PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA, UBICADA EN UN SECTOR RURAL DEL CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA EN LA PROVINCIA DE ORELLANA”**, propuesto por el estudiante Castillo Alvarado Ronny Mícke de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica**, me permito indicar que el o la estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad presencial, en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

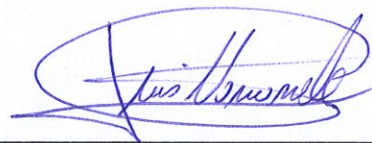
Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Latacunga, 13 de marzo del 2026

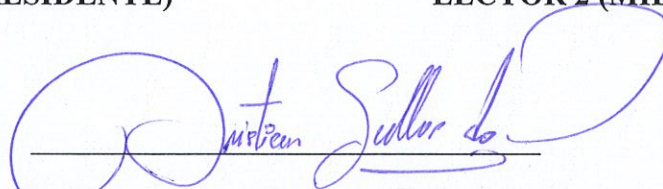
Atentamente,



Ing. M.S.c. Cruz Panchi Luis Ronaldo
CC: 050259517-6
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Navarrete López Luis Miguel
CC: 180374728-4
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. M.S.c. Gallardo Molina Cristian Fabián
CC: 050284769-2
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AVAL DE IMPLEMENTACION

En calidad de propietario de la vivienda de la familia "Castillo Alvarado", doy en conocimiento el cumplimiento de la implementación de la propuesta tecnológica **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA, UBICADA EN UN SECTOR RURAL DEL CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA EN LA PROVINCIA DE ORELLANA"**, desarrollado por el estudiante Castillo Alvarado Ronny Micke, con cedula de ciudadanía No. 220041693, estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, trabajo que ha cumplido las expectativas establecidas.

El presente aval lo otorgo en razón de tiempo y dedicación que ha empleado el señor estudiante en el desarrollo de la propuesta tecnológica, por lo tanto, pueden dar al presente documento el uso que estime conveniente.

Latacunga, marzo 2026

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos', with a large, stylized flourish extending upwards and to the right.

.....
Sr. Castillo Capa Carlos Adriano
C.I. 1500473739

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por mantenerme firme, nunca abandonarme y darme la sabiduría necesaria para afrontar este reto que fue mi carrera como ingeniero electromecánico. De igual forma expreso un especial agradecimiento a mis padres, Castillo Capa Carlos Adriano y Alvarado chimbo Lilian Patricia por ser mi fortaleza, por sus enseñanzas y nunca abandonarme en los malos momentos, gracias al apoyo incondicional en todas y cada una de mis decisiones, por demostrarme que, con esfuerzo, dedicación y nunca rendirme se puede lograr grandes cosas sin importar los obstáculos. A mis hermanos, Yorky y Adrián que gracias a su apoyo y consejos me permitieron alcanzar la meta más importante de mi vida. En general, agradezco a todo y cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica por formarme íntegramente como profesional y por las enseñanzas brindadas durante el proceso académico. En especial, al Ing. Jefferson Porras como tutor de mi proyecto quien me ha guiado con su paciencia, y sabiduría como docente.

Ronny Micke Castillo Alvarado

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico con todo mi amor a mis padres Carlos y Lilian por ser el pilar fundamental de cada uno de mis metas, gracias a ellos que con mucho trabajo, sacrificio y amor he logrado seguir adelante, por cada una de sus enseñanzas y palabras de aliento que me han servido para ser una persona de bien y luchar por mis metas. gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades. A mis hermanos Yorky y Adrián por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, gracias. Con infinito amor para ustedes mi hermosa familia los que siempre estarán junto a mí y yo junto a ustedes.

Ronny Micke Castillo Alvarado

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA, UBICADA EN UN SECTOR RURAL DEL CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA EN LA PROVINCIA DE ORELLANA”

Autor:

Castillo Alvarado Ronny Micke

RESUMEN

En el presente proyecto tecnológico se implementó un sistema fotovoltaico off-grid para abastecer una vivienda en una zona rural del cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, zona sin acceso a la red eléctrica convencional debido a su aislamiento de la red. El objetivo fue garantizar energía sostenible, reduciendo la dependencia de generadores diésel y mejorando la calidad de vida de sus habitantes. El estudio comenzó con el levantamiento de cargas eléctricas, determinando una demanda diaria de 12 435 Wh/día. Se evaluó la radiación solar local, con un promedio de 5 kWh/m²/día, y se definió la HSP mínima de 3.5 h/día, usada como parámetro conservador para el dimensionamiento. El sistema está compuesto por 2 arreglos de 4 paneles fotovoltaicos (720 W), 2 inversores híbridos sincronizados de 5 kW cada uno, para operación estable en paralelo y un banco de baterías de 2 unidades (200 Ah/24 V), con autonomía de medio día en condiciones de baja irradiación. El sistema genera aproximadamente 10.7 kWh/día, teniendo un exceso de energía. Se seleccionaron equipos mediante comparación de marcas. Desde el punto de vista económico, el retorno de inversión se estima en 5 años, considerando ahorros frente a combustibles. La vida útil del sistema es de 25 años. Posteriormente se realizó la instalación del sistema y se verificó su funcionamiento mediante pruebas en campo. Este proyecto demuestra la viabilidad técnica y económica de sistemas solares en zonas rurales remotas, promoviendo el acceso energético sostenible y la transición energética en áreas no interconectadas.

Palabras claves: Sistemas fotovoltaicos, Energía solar, Energías renovables, Banco de baterías, Inverso híbrido.

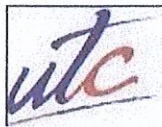
THEME: “IMPLEMENTATION OF AN OFF-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM TO SUPPLY ELECTRICITY TO A HOUSE LOCATED IN A RURAL AREA OF THE FRANCISCO DE ORELLANA DISTRICT IN THE PROVINCE OF ORELLANA”

Author: Castillo Alvarado Ronny Micke

ABSTRACT

This technological project implemented an off-grid photovoltaic system to supply electricity to a home in a rural area of the Francisco de Orellana canton, Orellana province, a region without access to the conventional electrical grid due to its isolation. The objective was to guarantee sustainable energy, reducing dependence on diesel generators and improving the quality of life for its inhabitants. The study began with an electrical load assessment, determining a daily demand of 12,435 Wh/day. Local solar radiation was evaluated, averaging 5 kWh/m²/day, and a minimum solar radiation exposure (SPE) of 3.5 h/day was defined as a conservative parameter for system sizing. The system consists of two arrays of four photovoltaic panels each (720 W), two synchronized 5 kW hybrid inverters for stable parallel operation, and a battery bank of two units (200 Ah/24 V), providing half a day's autonomy under low irradiation conditions. The system generates approximately 10.7 kWh/day, resulting in excess energy. Equipment was selected through a comparison of brands. From an economic standpoint, the return on investment is estimated at 5 years, considering savings compared to fuel consumption. The system's lifespan is 25 years. Subsequently, the system was installed and its operation verified through field testing. This project demonstrates the technical and economic viability of solar systems in remote rural areas, promoting sustainable energy access and the energy transition in non-interconnected areas.

Keywords: Photovoltaic systems, Solar energy, Renewable energy, Battery bank, Hybrid inverter.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del tema del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA, UBICADA EN UN SECTOR RURAL DEL CANTÓN FRANCISCO DE ORELLANA EN LA PROVINCIA DE ORELLANA”**, presentado por: **Castillo Alvarado Ronny Micke** egresado de la Carrera de Ingeniería Electromecánica perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo de 2026

Atentamente,

MSc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0501801252



**CENTRO
DE IDIOMAS**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL	17
2. INTRODUCCIÓN.....	18
2.1. EL PROBLEMA	19
2.1.1. Situación problemática	19
2.1.2. Formulación del problema.....	20
2.1.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	20
2.2. BENEFICIARIOS	20
2.2.1. Beneficiarios directos	20
2.2.2. Beneficiarios indirectos	20
2.3. JUSTIFICACIÓN.....	20
2.4. OBJETIVOS.....	21
2.4.1. Objetivo general	21
2.4.2. Objetivos específicos.....	21
2.5. SISTEMAS DE TAREAS	21
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
3.1. Antecedentes del proyecto.....	22
3.1.1. Efecto Fotovoltaico	23
3.1.2. Radiación, Irradiancia e Irradiación	24
3.1.3. Hora Solar Pico.....	25
3.1.4. Orientación de los paneles solares.....	26
3.2. Sistema Fotovoltaico Off-Grid	27
3.2.1. Paneles Solares	28
3.2.2. Calibre del Conductor.....	28
3.2.3. Análisis de demanda energética domiciliaria	29
3.2.4. Controladores de Carga	29
3.2.5. Inversores	31

3.2.6. Almacenamiento de Energía.....	32
3.2.7. Elementos de Protección	33
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	33
4.1. Instrumentos	34
4.1.1. Metodología de diseño del sistema fotovoltaico	34
4.2. Levantamiento de información de la vivienda	35
4.2.1. Listado de cargas de la vivienda.....	36
4.3. Procesamiento de datos geográficos.....	36
4.4. Análisis orientación e inclinación	37
4.5. Determinación de la hora solar pico	37
4.5.1. Hora solar pico mínimo	38
4.6. Análisis de la demanda de la vivienda.....	38
4.6.1. Selección de voltaje del sistema	39
4.7. Potencia que genera el sistema fotovoltaico.....	40
4.7.1. Conversión de unidades de AC – DC.....	40
4.7.2. Potencia de sistema fotovoltaico	40
4.8. Cantidad de paneles en función de la demanda.....	41
4.8.1. Número de paneles	41
4.9. Selección de inversores	42
4.9.1. Cálculo del inversor.....	42
4.10. Selección de banco de baterías	43
4.10.1. Cálculo de baterías	43
4.11. Cálculo de protecciones eléctricas.....	44
4.11.1. Portafusibles DC.....	45
4.11.2. Protector contra sobretensiones DC	45
4.11.3. Interruptor termomagnético DC bipolar (SG1-63DC)	46
4.11.4. Interruptor termomagnético DC bipolar (MCCB).....	47

4.11.5. Interruptor termomagnético AC bipolar (MCB)	47
4.12. Conductores del sistema	48
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	49
5.1. Paneles solares	49
5.2. Protecciones sistema fotovoltaico	50
5.3. Inversor	51
5.4. Baterías	52
5.5. Diagrama bifilar del sistema fotovoltaico	53
5.6. Implementación del sistema fotovoltaico	53
5.7. Recolección de datos de la implantación fotovoltaica.....	57
5.8. Recolección de datos de los días de operación.....	60
5.9. Verificación de los equipos implementados.....	60
5.10. Análisis de costo.....	61
5.10.1. Costo directo.....	61
5.10.2. Costo indirecto.....	62
5.10.3. Inversión total.....	62
5.10.4. VAN y el TIR	63
5.11. Impactos	64
5.11.1. Impacto práctico	64
5.11.2. Impacto ambiental	64
5.11.3. Impacto tecnológico	65
5.11.4. Impacto social.....	65
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6.1. Conclusiones.....	65
6.2. Recomendaciones	66
REFERENCIAS	67

7. ANEXOS.....	72
----------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de tareas	21
Tabla 2 Ubicación del lugar de estudio	35
Tabla 3 listado de cargas de la vivienda.....	36
Tabla 4 Irradiancia global media diaria.....	38
Tabla 5 Rango de voltajes de sistemas	39
Tabla 6 Transferencia de energía AC-DC	40
Tabla 7 Comparación de paneles fotovoltaicos.....	42
Tabla 8 Datos de funcionamiento de la aplicación solarman smart.....	60
Tabla 9 Equipos principales del sistema fotovoltaico off- grid.....	61
Tabla 10 Costo de material directo.....	61
Tabla 11 Costo de la mano de obra.....	62
Tabla 12 Costos de materiales indirectos.....	62
Tabla 13 Costo de la inversión total.....	62
Tabla 14 Análisis anual.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Funcionamiento del efecto fotovoltaico dentro de una célula solar. [6].....	23
Figura 2 Radiación irradiancia he irradiación. [9].....	25
Figura 3 Hora solar pico. [12]	26
Figura 4 Orientación placas solares. [13]	26
Figura 5 Sistema fotovoltaico aislado de la red. [15].....	27
Figura 6 Características principales panel solar. [17].....	28
Figura 7 Controlador de carga. [22]	30
Figura 8 Inversor OFF - GRID. [25]	32
Figura 9 Metodología.	34
Figura 10 Mapa estándar vista general - Ubicación del lugar de estudio.....	35
Figura 11 Nasa Power. [28].....	37
Figura 12 Datos de la página de la NASA.	38
Figura 13 Esquema para inversores. [31]	43
Figura 14 Elemento de protección. [32]	44
Figura 15 Calibre de conductor en función de la corriente. [33].....	48
Figura 16 Paneles solares instalados en la parte superior del techo de la vivienda.....	49
Figura 17 Protecciones sistema fotovoltaico.	50
Figura 18 Inversores ubicados en su lugar de operación.....	51
Figura 19 Baterías del sistema fotovoltaico.	52
Figura 20 Diagrama de conexión.....	53
Figura 21 Instalación de soportes, rieles y paneles.	54
Figuras 22 Paneles acoplados y comprobados.	54
Figuras 23 Elementos de protección instalados.....	55
Figura 24 Inversores en el área de funcionamiento.....	55
Figura 25 Interruptor termomagnético MCCB.....	56
Figura 26 Banco de baterías.	56
Figuras 27 Vivienda energizada.	57
Figura 28 Intercomunicadores de inversores.....	57
Figura 29 Inversores nombrados: R1 y R2.....	58
Figura 30 Primera página "Hogar".	58
Figura 31 Ventana "Informe".	59
Figura 32 Ventana "Informe", datos de día.....	59

Figura 33 Resultado de la tabla de recopilación diaria..... 60

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto:

Implementación de un sistema fotovoltaico off-grid para abastecer de energía eléctrica a una vivienda, ubicada en un sector rural del cantón Francisco de Orellana en la provincia de Orellana.

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	
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
Examen de indicadores de RDA		

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:

Aplicación del Modelo de Gestión de Activos en un Sistema Fotovoltaico Autónomo para una Vivienda Rural en la Provincia de Orellana

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Investigadores:

Castillo Alvarado Ronny Micke

Tutor de Titulación:

Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes.

Área de Conocimiento:

Diseño y construcción.

07 Ingeniería, Industria y Construcción	071 Ingeniería y Profesiones Afines	0712 tecnología de protección del medio ambiente
		0713 Electricidad y energía
		0714 Electrónica y automatización

Línea de Investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de Investigación:

Diseño, construcción y mantenimiento de proyectos electromecánicos.

2. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un elemento fundamental para el desarrollo social, económico y tecnológico del mundo, ya que permite el uso de servicios básicos como: electricidad, agua potable, teléfono y alimentación. Hoy en día utilizando las energías renovables se puede reducir la dependencia de energía fósiles como el petróleo y el gas natural, para este proyecto se ha planteado la implementación de un sistema fotovoltaico de tipo off – grid en una vivienda rural en la provincia de Orellana. [1]

En el presente proyecto se recopiló información de la vivienda mediante un levantamiento de cargas eléctricas y el análisis de las condiciones de radiación solar, lo que permitió dimensionar un sistema de generación de energía eléctrica a través de paneles solares para el abastecimiento de una vivienda con una demanda diaria de 12 435 Wh/día y una potencia instalada de 8 157 W; la ubicación del proyecto presenta una latitud de -0.486292, y una altitud de -76.966739. El presente proyecto se estructura en tres secciones principales, las cuales permiten comprender de manera progresiva el diseño, dimensionamiento e implementación de un sistema de generación fotovoltaica autónomo destinado al abastecimiento energético de una vivienda. En

la primera sección se desarrolla la fundamentación teórica de los conceptos básicos asociados a los sistemas fotovoltaicos autónomos, explicando el principio de funcionamiento de la energía solar y el rol que desempeñan cada uno de los componentes del sistema, tales como los paneles solares encargados de la captación de la radiación solar y su conversión en energía eléctrica, el controlador de carga responsable de regular el flujo de energía hacia las baterías, el inversor que permite transformar la corriente continua en corriente alterna utilizable por los equipos eléctricos, y el banco de baterías destinado al almacenamiento de energía para su uso en períodos de baja o nula radiación solar.

En la segunda sección se describen detalladamente los métodos y criterios utilizados para la selección y obtención de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico, los cuales se determinaron a partir de un análisis exhaustivo de las cargas eléctricas de la vivienda a intervenir. Este análisis permitió establecer la demanda energética diaria del sistema y, en función de ello, realizar el cálculo y dimensionamiento adecuado del número y la capacidad de los paneles solares requeridos, así como la correcta selección del controlador de carga, el inversor y el banco de baterías, garantizando la eficiencia, confiabilidad y seguridad del sistema a instalar.

Finalmente, en la tercera sección se presentan los resultados obtenidos tras la implementación del sistema fotovoltaico en la vivienda, los cuales se exponen mediante tablas que incluyen información técnica y económica relevante, como los costos de los equipos, las características eléctricas de cada componente y la inversión total del proyecto. Asimismo, se incluyen la simulación de la ubicación óptima de los paneles solares y la disposición de los equipos que conforman el sistema implementado, lo que permite visualizar de manera clara y ordenada el proceso de instalación y los beneficios obtenidos a partir de la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables.

2.1. EL PROBLEMA

2.1.1. Situación problemática

En la provincia de Orellana se detectó que en ciertas zonas rurales el tendido eléctrico es limitado, de tal manera que los usuarios de esta zona hacen el uso de energía eléctrica generada por generadores eléctricos que funcionan a base de combustibles fósiles.

2.1.2. Formulación del problema

Falta de acceso a la red eléctrica en una vivienda rural de la provincia de Orellana.

2.1.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

- Objeto: Sistemas fotovoltaicos autónomos
- Campo de acción: generación fotovoltaica

3322.02 Generación de Energía

2.2. BENEFICIARIOS

2.2.1. Beneficiarios directos

Vivienda de la familia Castillo Alvarado en el cantón de Pto Francisco de Orellana, Orellana.

2.2.2. Beneficiarios indirectos

En el sector no hay tendido eléctrico por lo tanto los habitantes utilizan generadores de electricidad que funcionan a base de gasolina/diésel. Con este proyecto se busca que los habitantes se motiven a instalar sistemas fotovoltaicos autónomo.

2.3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tecnológico se enfoca en la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo, para abastecer de energía eléctrica a una vivienda en la zona rural de la provincia de Orellana. Este proyecto es importante para mejorar la vida de los habitantes de este hogar ya que la energía es un factor clave para el desarrollo social y también impacta en el conocimiento en el área de la educación, salud y la seguridad. Asimismo, representa un avance en el conocimiento aplicado, al contextualizar dichos cálculos y criterios de diseño a las condiciones climáticas y geográficas específicas de la provincia de Orellana, lo cual fortalece la formación profesional en el área de las energías renovables. Desde una perspectiva laboral y profesional, el desarrollo del proyecto fortalece las competencias del investigador en el diseño de sistemas fotovoltaico, una habilidad altamente demandada en el contexto actual de transición hacia energías limpias. Además, contribuye parcialmente a investigadores de mayor alcance relacionadas con la electrificación rural sostenible y el aprovechamiento de recursos renovables en la región amazónica.

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo general

Implementar un sistema fotovoltaico, para abastecer de energía eléctrica a una vivienda, ubicada en un sector rural del cantón Francisco de Orellana en la provincia de Orellana, mediante el dimensionamiento técnico de paneles solares, inversores y banco de baterías, considerando la demanda energética de la vivienda.

2.4.2. Objetivos específicos

- Investigar fuentes bibliográficas de trabajos existentes acerca de sistemas de generación fotovoltaica de tipo autónoma, para la comprensión del principio de funcionamiento y los componentes que conforman todo el sistema.
- Desarrollar criterios de dimensionamiento de los equipos que conforman el sistema de generación fotovoltaica off – grid.
- Verificar la implementación del sistema fotovoltaico aislado, comparando condiciones iniciales y finales de la incorporación de esta fuente de energía renovable.

2.5. SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 1 Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (Tareas)	Resultados esperados	Técnicos, medios e instrumentos
Investigar fuentes bibliográficas de trabajos existentes acerca de sistemas de generación fotovoltaica de tipo off – grid, para la comprensión del principio de funcionamiento y los componentes que conforman todo el sistema.	<ul style="list-style-type: none">• Búsquedas en bases de datos académicas y repositorios institucionales.• Selección de fuentes bibliográficas importantes.	<ul style="list-style-type: none">• Obtención de información y datos de sitios, fuentes confiables acorde al área de investigación.• Elaboración de la fundamentación teórica con contenido e información.	<ul style="list-style-type: none">• Artículos científicos, libros, revistas, repositorios digitales.
<ul style="list-style-type: none">• Desarrollar criterios de dimensionamiento de los equipos que conforman el	<ul style="list-style-type: none">• Búsqueda de los equipos del sistema fotovoltaico.• Determinación de parámetro	<ul style="list-style-type: none">• Selección de los equipos apropiados como paneles, inversores y baterías	<ul style="list-style-type: none">• Cotización• Visita de campo.• Análisis de costo.

sistema de generación fotovoltaica off – grid teniendo en cuenta la demanda de la vivienda.	de selección de hora solar pico mínimo	<ul style="list-style-type: none"> Facilidad económica para la implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> Base de datos de HSPm de la página NASA POWER.
<ul style="list-style-type: none"> Verificar la implementación del sistema fotovoltaico y el funcionamiento del sistema fotovoltaico, logrando la generación de energía autónoma. 	<ul style="list-style-type: none"> Montaje de los paneles y Conexión de los equipos del sistema fotovoltaico. Verificación del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Generación y alimentación a la vivienda. 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajo práctico

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Antecedentes del proyecto

Para analizar la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos como una alternativa para alimentar los sistemas de climatización del laboratorio de física de la Universidad Técnica de Manabí con metodologías de simulación, comparación con casos similares y revisión bibliográfica resultado de utilidad para disminuir la dependencia de la red eléctrica y reduciendo costos operativos. [2]

La investigación analiza el uso de la energía renovable y el marco legal que impulsa su aplicación en Ecuador evaluando un Sistema Fotovoltaico Aislado fijo frente a uno móvil empleando paneles solares, baterías, controladores de carga MPPT, estructuras metálicas, cableado, un módulo Arduino Uno, un transformador y un servomotor que permite el movimiento del panel, además del uso de herramientas de simulación mostrando que el sistema fotovoltaico móvil es energéticamente más eficiente que el fijo, aunque su costo de implementación no se justifica frente a la energía producida. [3]

La energía solar es una fuente renovable, limpia, beneficiosa para el medioambiente y con gran potencial para mejorar la calidad de vida de las personas, especialmente en regiones con alta radiación solar más cerca del Ecuador (latitud 0°) por tener mayor radiación solar promedio anual, con ello, también se buscan alternativas para su aprovechamiento y almacenamiento para

el uso nocturno en hogares pequeños incluyendo métodos de almacenamiento mediante materiales capaces de conservar el calor. El almacenamiento térmico es más económico y permite una recuperación de la inversión más rápida, mientras que el almacenamiento con baterías, aunque más costoso, ofrece mayor versatilidad y comodidad para el uso cotidiano, especialmente en zonas sin acceso a la red eléctrica. [4]

3.1.1. Efecto Fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es el proceso mediante el cual materiales semiconductores, como el silicio de los paneles solares, generan electricidad al recibir la luz del sol. Descubierta en 1839 por Alexandre Edmond Becquerel, este fenómeno sentó las bases para el desarrollo de las celdas fotovoltaicas modernas, capaces de transformar la radiación solar en energía limpia, renovable y sostenible. Gracias a este efecto, hoy es posible alimentar desde consumos domésticos hasta medianas y grandes industrias, contribuyendo a la autosuficiencia energética y a la lucha contra el cambio climático. Comprender su funcionamiento permite seleccionar los materiales y dispositivos adecuados para lograr instalaciones fotovoltaicas eficientes y funcionales, optimizando la conversión de energía solar en electricidad lista para el consumo. [5]

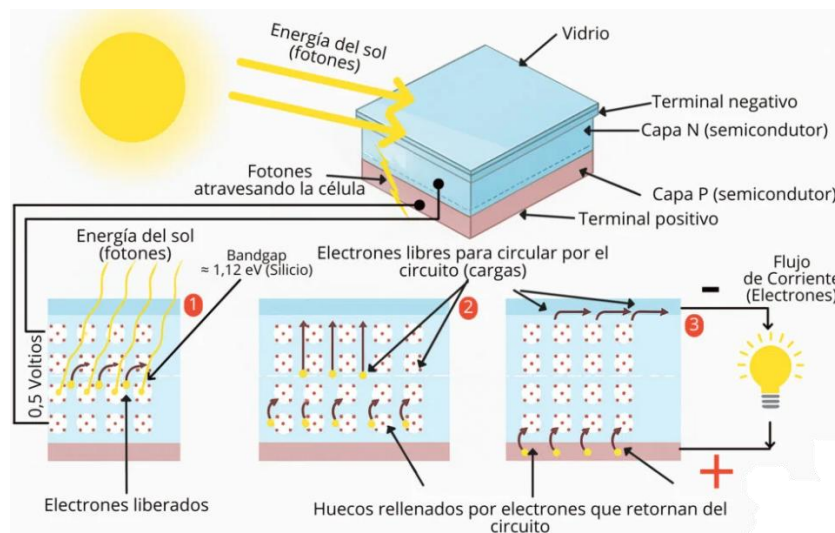


Figura 1 Funcionamiento del efecto fotovoltaico dentro de una célula solar. [6]

En la Figura 1 se muestran los pasos para entender el efecto fotovoltaico. Primero, los fotones de la luz solar inciden sobre el material semiconductor de la célula, generalmente silicio dopado con boro, galio o fósforo. La luz puede reflejarse, atravesar la célula o ser absorbida. Para que

6un fotón sea absorbido, debe tener energía igual o superior a la banda prohibida del silicio, de aproximadamente 1,12 eV, que es la diferencia entre la banda de valencia (electrones ligados) y la banda de conducción (electrones libres). Si el fotón supera este umbral, libera un electrón de la banda de valencia, generando un electrón libre y un hueco con carga positiva, formando pares electrón-hueco fundamentales para la célula. Los fotones con energía inferior al bandgap se pierden como calor o atraviesan la célula, mientras que los que tienen energía superior generan electrones, pero parte se pierde también como calor. La célula fotovoltaica tiene una unión P-N formada por silicio tipo P (exceso de huecos) y tipo N (exceso de electrones). Al entrar en contacto, los electrones del lado N se difunden hacia el P, y los huecos del P se difunden hacia el N. Esto crea una región de agotamiento alrededor de la unión, con carga fija: positiva en el N y negativa en el P. Esta separación de cargas genera un campo eléctrico interno que apunta del N al P, el cual es esencial para el funcionamiento de la célula. Cuando la luz genera nuevos pares electrón-hueco en la región de agotamiento, el campo eléctrico interno los separa: los electrones se desplazan hacia la región N y los huecos hacia la región P. Este movimiento dirigido constituye la corriente eléctrica interna de la célula. Los contactos metálicos en la parte frontal y trasera recolectan los electrones y los conducen hacia un circuito externo, mientras que los huecos completan el circuito por el contacto opuesto. De esta forma, la célula convierte la luz solar directamente en corriente continua, que puede usarse inmediatamente o convertirse en corriente alterna mediante un inversor para alimentar dispositivos o la red eléctrica. [7]

3.1.2. Radiación, Irradiancia e Irradiación

La radiación solar puede incidir sobre una superficie de tres formas: directa, proveniente directamente del sol; difusa, dispersada por la atmósfera; y reflejada o de albedo, que se proyecta desde la superficie terrestre. La radiación global es la suma de estas tres componentes y representa la energía total que recibe un receptor. La irradiancia solar (G) indica la intensidad de la radiación en un instante determinado y se mide en W/m^2 o kW/m^2 , mientras que la irradiación solar (H) corresponde a la energía acumulada durante un periodo de tiempo y se mide en Wh/m^2 o J/m^2 , reflejando la disponibilidad de energía solar para sistemas fotovoltaicos. Comprender estas magnitudes es fundamental para diseñar, dimensionar y evaluar el rendimiento de instalaciones solares, ya que determinan la cantidad de energía que los módulos pueden generar en distintas condiciones. [8]

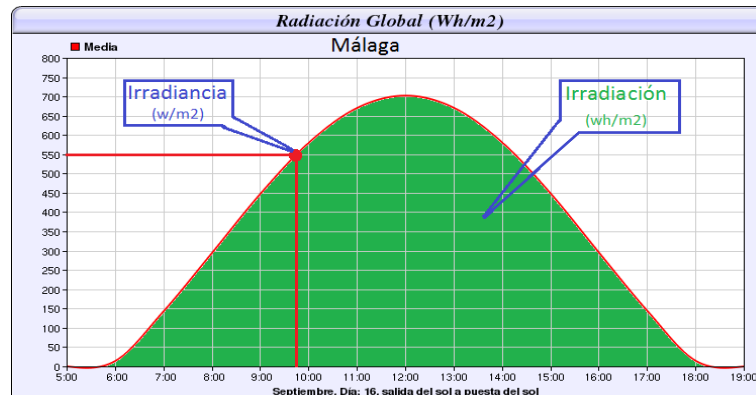


Figura 2 Radiación irradiancia he irradiación. [9]

El diseño de una instalación solar fotovoltaica se basa en parámetros clave como el número de paneles y su correcta orientación, definida por los ángulos de inclinación. El ángulo azimut, define la orientación horizontal óptima de los módulos, que generalmente es hacia el sur en el hemisferio norte y hacia el norte en el hemisferio sur, pudiendo ajustarse ligeramente según el perfil de consumo para maximizar la generación en determinadas horas del día, evitando desviaciones extremas que reducen la producción energética. [10]

3.1.3. Hora Solar Pico

La Hora Solar Pico (HSP) se define como el periodo del día en el que la radiación solar es más intensa y constante, permitiendo una captación óptima de la luz del sol por parte de los paneles solares, por lo que constituye un concepto clave para evaluar el rendimiento de una instalación fotovoltaica, ya que durante este intervalo se genera electricidad de manera más eficiente y se reducen las pérdidas energéticas, la HSP representa una media equivalente a captar una radiación de 1000 W/m² durante un número determinado de horas, por ejemplo, una HSP de 6 equivale a seis horas de máxima producción continua, y su valor depende de factores como la ubicación geográfica y la latitud, siendo mayor en zonas cercanas al Ecuador, la época del año, con mayor HSP en primavera y verano, el clima local, que favorece a regiones con muchas horas de sol despejado, la correcta orientación de los paneles, preferentemente hacia el sur o suroeste en el hemisferio norte y la ausencia de sombras u obstáculos, por lo que conocer y analizar la HSP permite optimizar la ubicación, orientación y eficiencia real de un sistema fotovoltaico. [11]

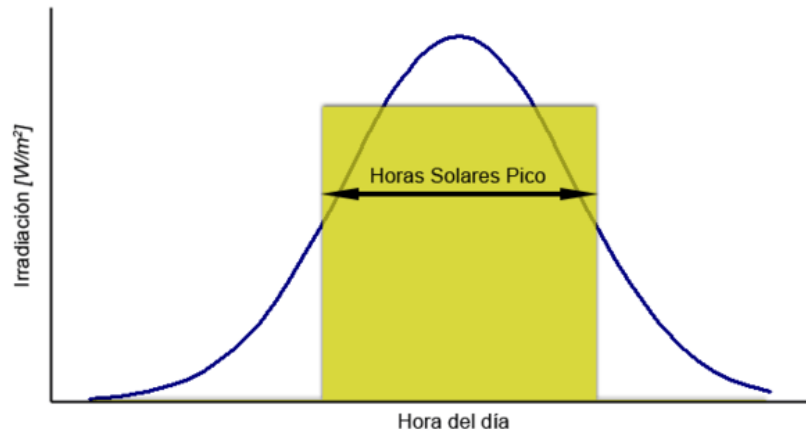


Figura 3 Hora solar pico. [12]

3.1.4. Orientación de los paneles solares



Figura 4 Orientación placas solares. [13]

La inclinación óptima de un panel solar (ángulo respecto al plano horizontal) se determina para maximizar la captación de la radiación solar directa a lo largo del año, lo que requiere minimizar el ángulo de incidencia entre los rayos solares y la normal (línea perpendicular) al panel. Este ángulo de incidencia depende de la declinación solar y de la latitud local del lugar. Para optimizar la producción en un período específico, se ajusta este ángulo sumando o restando un valor aproximadamente igual a la declinación solar media de ese período (unos 10° - 15°), lo que alinear mejor la normal del panel con la posición solar dominante en dicha estación. [14]

3.2. Sistema Fotovoltaico Off-Grid

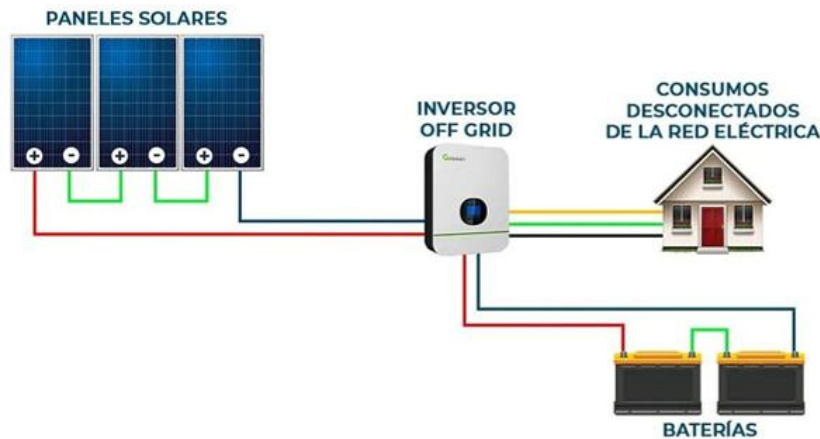


Figura 5 Sistema fotovoltaico aislado de la red. [15]

También llamados sistemas fotovoltaicos aislados y con una estructura base como se muestra en la Figura 5, son instalaciones que captan la radiación solar y la transforman en electricidad, proporcionando energía de forma autónoma y renovable en zonas sin conexión a la red eléctrica. Su funcionamiento se basa en las celdas solares que generan corriente continua, que puede almacenarse en baterías para su uso posterior y transformarse en corriente alterna mediante un inversor, permitiendo alimentar aparatos eléctricos de manera constante. Los componentes principales incluyen los paneles solares, las baterías, los controladores de carga que regulan la energía y los inversores que adaptan la corriente, y su diseño depende de la demanda energética, la ubicación y orientación de los paneles y las condiciones climáticas, factores clave para garantizar eficiencia y suministro confiable. [16]

La estructura de la Figura 5 es una instalación diseñada para generar y utilizar energía eléctrica de forma independiente de la red pública. Su estructura se compone principalmente de paneles solares, que convierten la radiación solar en energía eléctrica en corriente continua; el banco de baterías, donde se almacena la energía para su uso cuando no hay sol; y el inversor off-grid, que transforma la corriente continua en corriente alterna utilizable por los equipos eléctricos y gestionar la carga de las baterías. Además, el sistema incluye protecciones eléctricas y cableado, esenciales para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.

3.2.1. Paneles Solares

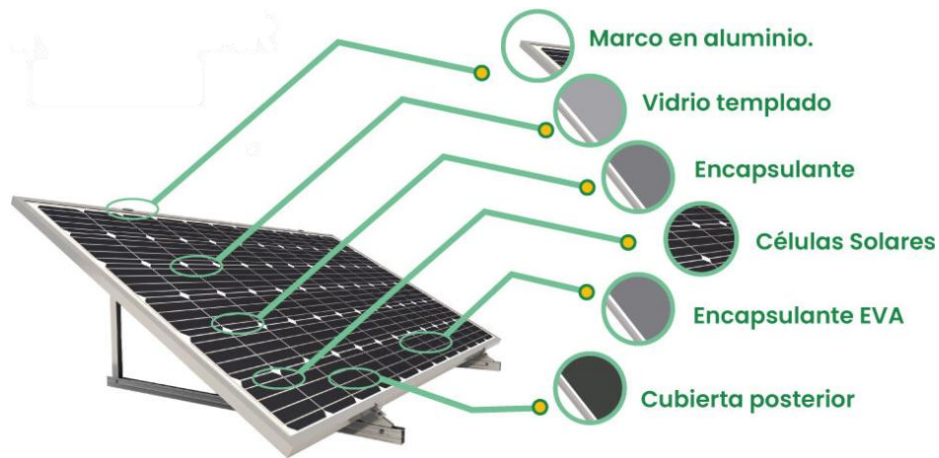


Figura 6 Características principales panel solar. [17]

Los paneles solares fotovoltaicos se clasifican según el tipo de silicio de sus células en monocristalinos, policristalinos y de capa fina (thin film), existiendo además diversas tecnologías que mejoran su rendimiento, como PERC, Tipo N, IBC, HJT, TOPCon y tándem. Los paneles monocristalinos, fabricados a partir de un único cristal de silicio, destacan por su alta eficiencia, baja degradación y larga vida útil, siendo actualmente los más utilizados y eficientes; dentro de ellos, tecnologías como PERC, Tipo N, IBC, HJT y bifaciales optimizan la conversión energética y el aprovechamiento de la radiación solar. Los paneles policristalinos, formados por múltiples cristales de silicio, presentan menor eficiencia y vida útil, pero un costo más reducido. Por su parte, los paneles de capa fina, como CIGS, CdTe y silicio amorfo, emplean materiales fotovoltaicos depositados en capas delgadas, ofreciendo ventajas como flexibilidad y menor precio, aunque con menor eficiencia y mayor degradación, por lo que su uso es más limitado. [18]

3.2.2. Calibre del Conductor

Elegir el calibre adecuado es esencial para equilibrar eficiencia, seguridad y costo, ya que los cables demasiado delgados pueden causar caída de voltaje y sobrecalentamiento. Para dimensionar correctamente un cable de batería se deben considerar tres factores principales: la corriente que debe transportar, la longitud del cable y la función específica en el sistema. Por ejemplo, los cables que conectan baterías deben soportar la corriente máxima de carga o

descarga; los que van del controlador de carga a la batería se dimensionan multiplicando por un factor de seguridad la corriente nominal del controlador; y los que van de la batería al inversor se calculan en función de la potencia del inversor, su eficiencia y el voltaje del sistema, también con un factor de seguridad. La longitud total del recorrido del cable es crucial, ya que a mayor longitud se necesita un cable más grueso para compensar la resistencia y minimizar la caída de voltaje. Finalmente, siempre se recomienda usar un fusible adecuado para proteger el cable ante sobrecorrientes, siguiendo las especificaciones del fabricante y las normativas locales. [19]

3.2.3. Análisis de demanda energética domiciliaria

El análisis de la demanda energética domiciliaria es un proceso técnico integral que permite comprender cómo, cuándo y cuánto consume electricidad una vivienda, con el fin de dimensionar y optimizar correctamente un sistema fotovoltaico desde el punto de vista técnico y económico, ya que no se limita a sumar kilovatios-hora consumidos, sino que estudia la potencia demandada, los horarios de uso y los hábitos de los usuarios para evitar sistemas sobredimensionados o insuficientes; este análisis se basa en la recopilación de datos reales como el consumo histórico anual, perfiles horarios obtenidos mediante medidores inteligentes o estimaciones detalladas de cargas, a partir de los cuales se calculan parámetros clave como el consumo diario promedio, la demanda máxima simultánea y la curva de carga típica, que luego se comparan con la curva de generación solar para estimar el autoconsumo, los excedentes y la viabilidad económica del sistema; con esta información se define la potencia pico necesaria del generador fotovoltaico, el número de paneles, la selección adecuada del inversor y, si aplica, la conveniencia de incorporar baterías, considerando además variables críticas como la tarifa eléctrica, la orientación y sombras del sitio, y el crecimiento futuro de la demanda, de modo que el resultado final sea un sistema fotovoltaico eficiente, rentable y alineado con las necesidades reales de la vivienda, evitando decisiones basadas en suposiciones que reducen los ahorros y alargan el retorno de la inversión. [20]

3.2.4. Controladores de Carga

Un controlador de carga, también llamado regulador de carga, es un dispositivo electrónico fundamental en los sistemas fotovoltaicos que incorporan baterías, ya que su función es gestionar de manera segura y eficiente la energía que fluye desde los paneles solares hacia el banco de baterías y las cargas, evitando principalmente las sobrecargas y las descargas

profundas que degradan rápidamente la capacidad y la vida útil de las baterías. Este equipo no solo actúa como un elemento de protección, sino también como un gestor energético inteligente que regula la corriente y el voltaje de carga mediante perfiles específicos según la tecnología de batería utilizada, ya sea plomo-ácido o litio, optimizando así su desempeño y durabilidad. Además de maximizar la captación de energía, el controlador de carga cumple funciones críticas como la protección contra sobrecarga al detener la carga cuando la batería alcanza su voltaje máximo, la protección contra descarga profunda mediante la desconexión automática de cargas, la regulación de la corriente de carga para no exceder los límites admisibles del banco de baterías y la incorporación de protecciones adicionales frente a cortocircuitos, polaridad inversa y sobretensión, incluyendo en modelos avanzados capacidades de monitorización y comunicación para una supervisión precisa del sistema. [21]



Figura 7 Controlador de carga. [22]

La selección correcta del controlador requiere un análisis técnico cuidadoso de parámetros como la corriente máxima de entrada proveniente de los paneles, la corriente máxima de salida hacia las baterías, el voltaje máximo del sistema considerando variaciones por temperatura y el voltaje nominal del banco de baterías, siempre aplicando márgenes de seguridad para condiciones extremas y futuras ampliaciones; a esto se suman consideraciones avanzadas como

la compatibilidad con baterías de litio y su BMS, la integración con sistemas híbridos y una instalación adecuada en un entorno ventilado y cercano a las baterías, lo que garantiza un funcionamiento confiable, eficiente y seguro del sistema fotovoltaico a largo plazo. Existen dos tipos principales de controladores de carga con diferencias técnicas relevantes: los controladores PWM, que funcionan como un interruptor electrónico rápido conectando directamente el panel a la batería, son de menor costo pero también de menor eficiencia, ya que obligan al panel a trabajar al voltaje de la batería y desaprovechan parte de su potencia, por lo que se recomiendan solo para sistemas pequeños y con voltajes coincidentes; y los controladores MPPT, que utilizan convertidores CC-CC para rastrear continuamente el punto de máxima potencia del panel, logrando eficiencias muy superiores y un mayor aprovechamiento energético, lo que los convierte en la opción ideal para sistemas medianos y grandes o configuraciones con paneles en serie y voltajes elevados. [23]

3.2.5. Inversores

El inversor fotovoltaico es un componente esencial de los sistemas de energía solar, ya que convierte la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna compatible con las redes eléctricas convencionales; para ello, utiliza algoritmos de seguimiento del punto de máxima potencia que optimizan la energía extraída, estabiliza la corriente mediante un bus de CC y, posteriormente, genera la señal de corriente alterna a través de modulación por ancho de pulsos, la cual es filtrada para obtener una onda sinusoidal estable, sincronizada en tensión y frecuencia con la red eléctrica, garantizando una inyección segura y eficiente de la energía. La selección de un inversor fotovoltaico adecuado depende de varios factores técnicos, como el tipo de sistema (conectado a la red, aislado o híbrido), los requerimientos energéticos, la eficiencia de conversión, las capacidades de monitoreo y control, y la garantía y soporte técnico ofrecidos por el fabricante. Una correcta elección del inversor no solo garantiza la seguridad y confiabilidad del sistema, sino que también maximiza el aprovechamiento de la energía solar y contribuye a una operación eficiente y sostenible del sistema fotovoltaico. [24]

La integración con sistemas de almacenamiento o generadores auxiliares permite mantener la continuidad del suministro en zonas remotas, donde la estabilidad energética es crítica. Su diseño también debe considerar condiciones ambientales como temperatura, humedad y polvo.



Figura 8 Inversor OFF - GRID. [25]

Los inversores off-grid con tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracking) son dispositivos con tecnología moderna esenciales en los sistemas fotovoltaicos autónomos, ya que cumplen la función de convertir la energía de corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA) utilizable por los equipos eléctricos de la vivienda. A diferencia de los inversores convencionales, los modelos con MPPT optimizan constantemente el punto de máxima potencia de los paneles solares, adaptándose a las variaciones de irradiancia y temperatura, lo que permite maximizar la eficiencia del sistema y asegurar un suministro estable de energía incluso en condiciones de radiación solar fluctuante. Este tipo de inversores también integra funciones de protección y gestión de la batería, garantizando la seguridad y la prolongación de la vida útil de los bancos de almacenamiento maximizando la eficiencia del sistema fotovoltaico y siendo ideales para el nivel de demanda a suplir como es el caso de este proyecto.

3.2.6. Almacenamiento de Energía

La batería en un sistema solar es el componente central para almacenar la electricidad generada por los paneles y suministrarla cuando no hay luz solar, como durante la noche o interrupciones de la red. Su funcionamiento se basa en ciclos de carga y descarga, donde la energía se almacena mediante reacciones electroquímicas y se libera en corriente alterna (CA) a través de un inductor

para alimentar hogares, empresas o industrias. Existen varias tecnologías de baterías según su composición y rendimiento. Las baterías de plomo-ácido y AGM son más básicas, con menor vida útil y profundidad de descarga, adecuadas para sistemas pequeños. Las baterías de gel ofrecen mayor durabilidad y menor mantenimiento, mientras que las estacionarias permiten almacenamiento a gran escala con ciclos prolongados y mayor descarga. Las baterías de litio destacan por su alta densidad energética, capacidad de descarga profunda y larga vida útil, siendo ideales para sistemas de alto consumo o aislados, garantizando un almacenamiento eficiente y confiable para la energía solar. [26]

3.2.7. Elementos de Protección

Los elementos de protección en instalaciones fotovoltaicas son esenciales para asegurar la protección de personas, instalaciones de equipos y su durabilidad. En corriente continua (CC), más peligrosa que la alterna, estos elementos se ubican entre la salida del string de paneles (conjunto de paneles solares conectados en serie) y el inversor e incluyen fusibles, seccionadores y descargadores de sobretensiones, además de un seccionador opcional. La elección de cada elemento depende de la corriente de cortocircuito (I_{sc}) y la tensión de circuito abierto (V_{oc}) de los módulos, así como del número de módulos en serie y la presencia de pararrayos, para garantizar que puedan soportar la máxima tensión del sistema y abrir o cerrar circuitos en caso necesario. Los interruptores magnetotérmicos protegen frente a sobre corrientes mediante mecanismos electromagnéticos y térmicos; los fusibles se funden ante sobrecarga o cortocircuito; los seccionadores permiten interrumpir el circuito de forma segura para mantenimiento o manipulación; y los descargadores de sobretensiones derivan a tierra las sobrecargas atmosféricas para proteger inversores y paneles, debiendo instalarse uno por cada polaridad y string. En corriente alterna (CA), los sistemas se protegen aguas abajo del inversor con interruptores magnetotérmicos y diferenciales, seleccionando 2 o 4 polos según la instalación sea monofásica o trifásica. La corriente nominal del magnetotérmico debe ser menor que la admisible por el cable, y la corriente del diferencial se calcula como un factor de la del magnetotérmico, siguiendo las normativas. [27]

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En este capítulo se desarrolló un levantamiento de datos en relación a la ubicación y al área donde se implementó el sistema, además se realizó el análisis de los componentes que se utilizaron en el diseño fotovoltaico Off-Grid como son: paneles solares, inversor y baterías.

4.1. Instrumentos

Los instrumentos utilizados para desarrollar las técnicas y métodos de investigación se describen a continuación:

- Ubicación: Google Maps
- Orientación: Brújula
- Radiación: Página web de la NASA
- Demanda Energética: Recopilación de cargas instaladas (Excel)
- Simulación: Fusion 360 versión estudiantil
- Diseño: AutoCAD versión estudiantil

4.1.1. Metodología de diseño del sistema fotovoltaico

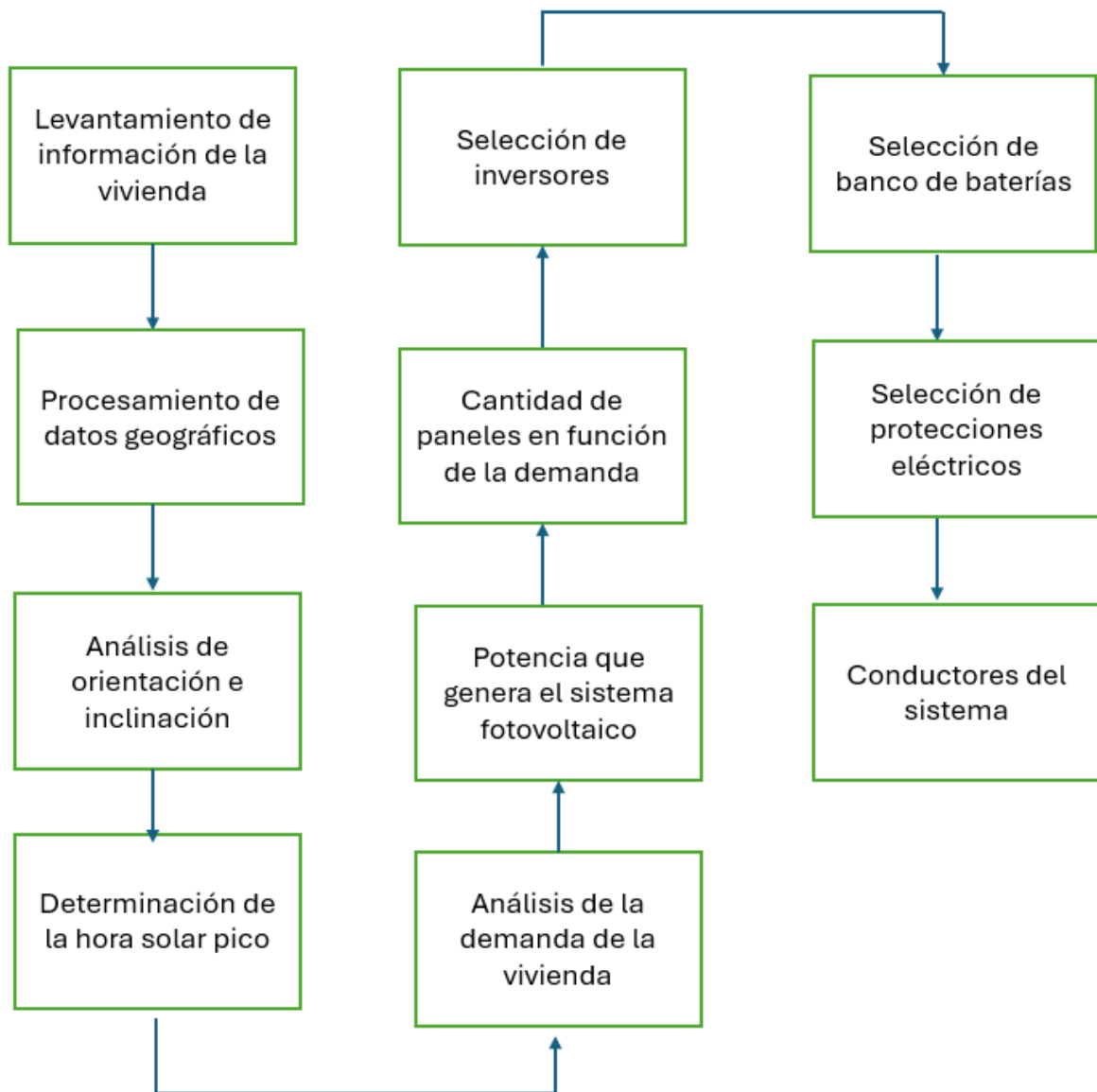


Figura 9 Metodología.

4.2. Levantamiento de información de la vivienda

El proyecto se inició con el planteamiento de implementar un sistema fotovoltaico en una vivienda ubicada en la provincia de Orellana, considerando su demanda energética como base para el dimensionamiento.



Figura 10 Mapa estándar vista general - Ubicación del lugar de estudio

En la Figura 10 se puede apreciar la ubicación de la vivienda en las coordenadas de latitud de -0.48 y altitud de -76.44 del cantón Francisco de Orellana en la provincia de Orellana.

Tabla 2 Ubicación del lugar de estudio

VIVIENDA	Ciudad	Orellana
	Dirección	Vía Auca-Dayuma
	Latitud	-0.4862°
	Longitud	-76.9833°

En los Anexos A, B Y C se presentan los planos civiles de la vivienda, el cual detalla las cargas. Estos planos sirven como base para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, permitiendo identificar las áreas de los equipos de la vivienda.

4.2.1. Listado de cargas de la vivienda

Tabla 3 listado de cargas de la vivienda.

LISTADO DE CARGAS ELÉCTRICAS					
CARGAS	CANTIDAD	POT. UNIDAD (W)	HORAS/DÍA	VOLTAJE DEL APARATO	ENERGÍA (Wh/DÍA)
Luminaria	3	40	6	127	720
Luminaria	4	24	6	127	576
Luminaria	14	20	6	127	1 680
Impresora	1	10	1	127	10
Computadora	1	400	2	127	800
Lavadora	1	400	1	127	400
Plancha	1	1 200	1	127	1 200
Router	1	10	24	127	240
Purificador de agua	1	30	24	127	720
Dispensador	1	540	1	127	540
Bomba de agua	1	750	1	127	750
Licuada-2	1	1 500	1	127	1 500
Cargadores de celular	3	33	1	127	99
Parlante-1	1	350	1	127	350
Taladro	1	650	1	127	650
Esmeriladora	1	1 200	1	127	1 200
Nevera-1	1	1 000	24	127	1 000
Total		8 157			12 435

En la tabla 3 se obtuvo la energía diaria multiplicando tres factores importantes como la cantidad de equipos eléctricos, potencia del equipo y las horas de uso durante el día. En esta tabla también se tomó en cuenta el voltaje de los electrodomésticos para tener de referencia en nuestro dimensionamiento. La vivienda tiene una carga total de energía 12 435Wh/día.

4.3. Procesamiento de datos geográficos

La forma en que se recopiló información precisa fue por medio del software “NASA Power”. De esta página web se obtuvo datos de nuestra estación meteorológica cerca al lugar de estudio donde los datos de irradiación proporcionados fueron precisos.

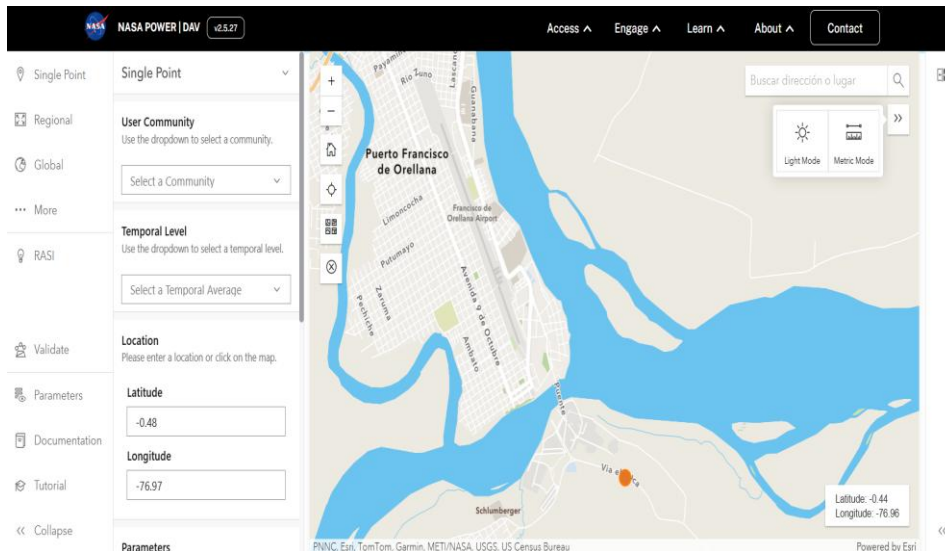


Figura 11 Nasa Power. [28]

4.4. Análisis orientación e inclinación

Para realizar el cálculo de la inclinación del panel solar se lo realiza en función de latitud de la vivienda ubicada en Orellana que es “0.76”, para lo cual se aplica la ecuación:

$$B = 3.77 + 0.69(\text{latitud}) \quad (1)$$

B = Ángulo de inclinación

La latitud en orellana es:”-0.76”

$$B = 3.77 + 0.69(0.76)$$

$$B = 3.24^\circ$$

Con este valor obtenido se tiene un ángulo de inclinación en los paneles fotovoltaicos de 3.34° , donde no tiene mucha variación con respecto a los 0° , mientras tanto se toma en cuenta 20° de inclinación con el fin de procurar que no se acumule mucho polvo o algún otro elemento que obstruya la captación de la radiación solar.

4.5. Determinación de la hora solar pico

Para la determinación de la Hora Solar Pico (HSP), se recurrió a la base de datos de la NASA POWER, utilizando las coordenadas (latitud: -0.4854, Longitud: -76.965), ubicada en la provincia de Orellana. Se descargó el registro histórico de irradiación solar mensual en formato ASCII correspondiente al periodo 2023-2025.

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER Source Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/2023 through 12/31/2025 in UTC
Location: Latitude -0.4854 Longitude -76.965
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 307.65 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
ALLSKY_SFC_SW_DWN CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (kW-hr/m^2/day)
-END HEADER-
PARAMETER YEAR JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2023 4.32 4.03 3.86 3.88 3.79 3.87 4.00 4.92 5.26 4.96 4.19 3.55 4.22
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2024 4.88 4.25 3.78 4.02 3.65 3.94 3.58 4.60 4.94 5.31 4.68 4.21 4.32
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2025 5.01 4.01 3.51 3.95 3.74 3.81 3.55 4.22 4.80 4.55 4.11 4.02 3.65

```

Figura 12 Datos de la página de la NASA.

4.5.1. Hora solar pico mínimo

La hora solar pico mínimo (HSPm) se seleccionó tras el análisis de datos de la página web, se eligió el valor mínimo de irradiación registrada, correspondiente al mes de junio de 2025.

Tabla 4 Irradiancia global media diaria

IRRADIANCIA GLOBAL MEDIA DIARIA												
Lugar: VIVIENDA CASTILLO ALVARADO											Unidades: kWh(m ² .dia)	
2024-2025												
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
.88	4.25	3.78	4.02	3.65	3.94	3.58	4.60	4.94	5.31	4.68	4.21	4.32
5.01	4.01	3.51	3.95	3.74	3.81	3.55	4.22	4.80	4.55	4.11	4.02	3.65

A continuación, en la tabla 4. Se observa la tabla que se realizó con los datos del archivo en formato ASCII que se obtuvo descargando de la página de la NASA, una vez organizada se buscó el valor mínimo de los 2 años de recolección de datos. Donde se seleccionó el valor como hora solar pico mínimo (HSPm) de “3.55”.

4.6. Análisis de la demanda de la vivienda

El análisis de cargas eléctricas es un paso fundamental en el diseño de un sistema fotovoltaico,

ya que permite determinar con precisión las necesidades energéticas de la instalación y definir las características técnicas del sistema a implementar. Este análisis consiste en identificar y cuantificar todos los equipos eléctricos que se conectarán al sistema, considerando tanto su consumo instantáneo como su uso diario, semanal o estacional, así como los horarios de operación de cada carga. La información obtenida permite calcular la demanda energética total de la vivienda o instalación, expresada en vatios-hora por día (Wh/día), así como la potencia máxima requerida, datos que son esenciales para dimensionar adecuadamente los paneles solares, el banco de baterías, el inversor y el controlador de carga.

Además, el análisis de cargas permite evaluar la distribución de la energía entre cargas críticas y no críticas, priorizando el suministro de los equipos esenciales en caso de limitaciones del sistema, y facilita la estimación de factores como la autonomía requerida y la capacidad de almacenamiento necesaria. Sin este estudio previo, el diseño del sistema podría resultar ineficiente, con pérdidas energéticas significativas, sobredimensionamiento innecesario o falta de suministro confiable. Por tanto, el análisis de cargas no solo garantiza que el sistema fotovoltaico cumpla con las necesidades energéticas de la instalación, sino que también optimiza su desempeño, seguridad y costo, asegurando un diseño equilibrado y confiable. Detallándose en la Tabla 3. En la sección 4.2.1 en el listado de cargas.

4.6.1. Selección de voltaje del sistema

Una vez establecido la potencia que se va a instalar al sistema fotovoltaico, se selecciona el voltaje con el que va a operar los equipos.

Tabla 5 Rango de voltajes de sistemas

POTENCIA(W)	TENSIÓN NOMINAL (V)
0-800	12
800-1600	24
1600-3200	48

La selección de la tensión nominal del sistema fotovoltaico se realizó a partir de la potencia total demandada por la instalación, conforme a la relación $P = V * I$, lo que permitió evaluar los niveles de corriente asociados y seleccionar un valor de tensión técnicamente adecuado. [29]. Se conoce la potencia que se va a instalar que es $P = 8\ 157\ W$, como se observa en la Tabla 3, en la sección 4.2.1 en el listado de cargas. Podremos seleccionar el voltaje, donde el voltaje del sistema es $V_{sist} = 48V$.

4.7. Potencia que genera el sistema fotovoltaico

4.7.1. Conversión de unidades de AC – DC

Primero se convierte la carga total de la vivienda que está en energía AC a energía DC con la siguiente fórmula.

Donde:

- EDC = Energía en corriente directa
- EAC = Energía en corriente alterna

$$E_{DC} = \frac{EAC}{EFICIENCIA\ DEL\ inv} \quad (2)$$

La energía ac de la carga de la vivienda es de “12 435 Wh” se divide por la eficiencia del inversor que es 92 % que está en la hoja de datos del inversor, Anexo L. Con estos datos se obtuvo el valor de la energía DC para este sistema.

$$E_{DC} = \frac{EAC}{EFICIENCIA\ DEL\ inv} = \frac{12\ 435}{0,92} = 13\ 516\ Wh$$

Tabla 6 Transferencia de energía AC-DC

Transferencia de energía AC-DC		
Energía AC	12435	Wh
Energía DC	13516	Wh
$E_{DC} = \frac{EAC}{EFICIENCIA\ DEL\ inv} = \frac{12435}{0,92} = 13\ 516Wh$		

4.7.2. Potencia de sistema fotovoltaico

Para el cálculo de la potencia fotovoltaica requerida, se consideró una eficiencia global del 80% que incluye pérdidas típicas en componentes. Adicionalmente, se aplicó un factor de seguridad de 1.15 para compensar incertidumbres en la irradiación, degradación de los paneles y variación de la demanda, asegurando un diseño robusto y confiable.

Donde:

- P_{gfv} = Potencia generada fotovoltaica
- HSP_m = Hora sola pico mínimo

$$P_{gfv} = \frac{EDC}{(HSP_m * eficiencia\ del\ sis)} \quad (3)$$

Utilizando los valores mencionados y los anteriores que son del punto 4.10.1, se realiza el cálculo con la siguiente formula.

$$P_{gfv} = \frac{EDC}{(HSP_m * eficiencia\ del\ sis)} = \frac{13\ 516Wh}{(3.55 * 0.8)} = 4\ 759\ W$$

A continuación, este valor de la potencia generada del sistema fotovoltaico se multiplicó por el factor de seguridad.

$$P_{gfv} = 4\ 759\ W * 1.15 = 5\ 473\ W$$

4.8. Cantidad de paneles en función de la demanda

4.8.1. Número de paneles

Utilizando el valor de la potencia generada “P_{gfv}” del dimensionamiento de las cargas, se lo divide con la potencia del módulo fotovoltaico que es de 720W se calcula con la siguiente fórmula.

$$N_{ps} = \frac{P_{gfv}}{potencia\ del\ panel} \quad (4)$$


con los datos mencionados, calculamos el total de paneles a utilizar.

$$N_{ps} = \frac{5\ 473\ W}{720\ W} = 8\ paneles$$

Tomando en cuenta que el voltaje seleccionado en la sección 4.8.1 Selección de voltaje del sistema es de 48 V, el arreglo de 8 paneles solares debe configurarse de manera que el voltaje total del conjunto coincida con el voltaje del banco de baterías y cumpla con los requerimientos

del inversor off-grid. En una conexión en serie, los voltajes de los paneles se suman, por lo que serían necesarios 4 paneles en serie para alcanzar los 48 V. En paralelo, se mantiene el mismo voltaje de los paneles, pero se suman las corrientes, lo que permite aumentar la capacidad de potencia del sistema. Por lo tanto, la configuración adecuada para este caso sería organizar los 8 paneles en 2 series de 4 paneles cada una, logrando así los 48 V necesarios y duplicando la corriente total del arreglo. Esta disposición asegura que el inversor off-grid opere dentro de sus parámetros de diseño, que las baterías se carguen correctamente y que el sistema aproveche al máximo la energía generada por los paneles solares.

Tabla 7 Comparación de paneles fotovoltaicos.

Tipos de paneles	Eficiencia	Durabilidad	Precio estimado	Equipo seleccionado
Monocrystalino	15-22% (mayor eficiencia)	25-30 años	Alto	
Policristalino	13-16% (Eficiencia moderna)	20-25 años	Medio	

4.9. Selección de inversores

4.9.1. Cálculo del inversor

La potencia del inversor se determina aplicando un factor de seguridad de 1,25 establecida en la norma NEC-11. Multiplicando con la potencia total de las cargas conectadas, con el fin de cubrir picos de arranque, pérdidas del sistema y evitar la operación continua del inversor al 100 % de su capacidad. [30]

Se utiliza la siguiente formula.

$$P_{inv} = potencia\ de\ la\ carga * FS \quad (5)$$

Se multiplica la potencia de la carga que es de “8 157 W” por el factor de seguridad de “1.25”, el resultado es el siguiente.

$$P_{inv} = 8\,157\text{ W} * 1.25 = 10\text{ kW}$$

El inversor a seleccionar es de 10 kW.

En la implementación del sistema se utilizó 2 inversores de 5kW para sustituir a un inversor de 10kW, también se realizó la comunicación por medio de puertos de comunicación ubicados en la parte de inferior de cada equipo, esta configuración se detalla en el Anexo G.

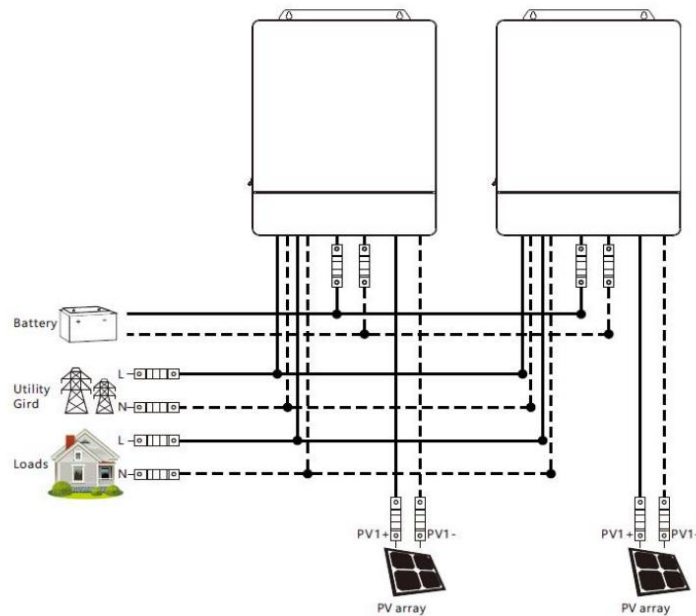


Figura 13 Esquema para inversores. [31]

Dentro de esta arquitectura de la figura 13 el inversor P1 es configurado como el inversor líder (Master), mientras que el inversor P2 actúa como inversor esclavo (Slave). El enlace de comunicación permite el intercambio continuo de información operativa entre ambos equipos, garantizando una sincronización adecuada de tensión, frecuencia, fase y potencia entregada a las cargas.

4.10. Selección de banco de baterías

4.10.1. Cálculo de baterías

La capacidad de almacenaje de las baterías se determina utilizando 4 valores como son el consumo “energía DC, DOD, Voltaje del sistema” y los días de autonomía.

- Consumo “Energía DC” = 13 516W, en base a la tabla 6
- DOD = El tiempo de descarga de la batería

- Voltaje del sistema = 48V, en base a la tabla 5
- Días de autonomía = 0.5(medio día = 12 horas)

La fórmula utilizada es la siguiente.

$$CAP(Ah) = \frac{\left(CONSUMO \left(\frac{Wh}{DIA} \right) * AUTONOMIA(DIAS) \right)}{(VOLT BATERIA * DOD)} \quad (6)$$

Con los valores establecidos, este es el valor total de la capacidad de almacenaje de las baterías.

$$CAP(Ah) = \frac{(CONSUMO \left(\frac{Wh}{DIA} \right) * AUTONOMIA(DIAS))}{(VOLT BATERIA * DOD)} = \frac{(13\ 516Wh * 0.5\ dias)}{(48V * 0.80\%)} = 176\ Ah$$

Se seleccionó baterías de 200Ah, teniendo en cuenta que el cálculo da un valor de 176Ah.

4.11. Cálculo de protecciones eléctricas



Figura 14 Elemento de protección. [32]

Para este sistema se revisó información en la sección 3.2.7 Elementos De Protección, en la Figura 14 están los componentes que conforman un sistema integral de protección que garantiza la seguridad y confiabilidad de la instalación eléctrica, previniendo daños a los equipos y manteniendo la estabilidad operativa del sistema fotovoltaico donde se encuentran instalados: A la izquierda se encuentran dos fusibles marca EBASEE, modelo RT18-32, diseñados para proteger contra sobrecorrientes con una capacidad nominal de 32 A y una tensión de

hasta 690 V AC. Estos fusibles actúan desconectando el circuito en caso de sobrecarga o cortocircuito para evitar daños mayores. En el centro aparecen dos supresores de sobretensión de la marca GEYA, modelo GSP9-C40PV, los cuales están diseñados para sistemas en corriente continua con un voltaje máximo de 1000 V DC. Estos dispositivos protegen el sistema contra picos de tensión transitorios, como los producidos por descargas atmosféricas o conmutaciones, limitando las sobretensiones a niveles seguros. Finalmente, a la derecha está un interruptor automático termomagnético marca SUA, modelo SG1-63DC, con una capacidad de 20 A y un voltaje de hasta 500 V DC, diseñado para proteger el circuito frente a sobrecargas y cortocircuitos en corriente continua.

4.11.1. Portafusibles DC

Se utilizó esta protección para los STRINGS de los sistemas FV, protección específica para las sobretensiones de corriente continua. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$I = \frac{P_{fv}}{V_{fv}} * F_{sb} \quad (7)$$

Donde:

- I = Corriente de protección “A”
- P_{fv} = Potencia del módulo fotovoltaico “W”
- V_{fv} = Tensión del módulo fotovoltaico “V”
- F_{sb} = Factor de sobrecarga 1.25

$$I = \frac{(720W * 4)}{(41.03V * 4)} * 1.25$$

$$I = 21.9 A$$

Tomando en cuenta las características a resolver, el sistema requiere dividirse en dos grupos. Así que utilizaremos 2 portafusiles para los dos strings.

4.11.2. Protector contra sobretensiones DC

Este protector de sobretensiones se lo utilizó para desviar en caso de que haya rayos indirectos o picos de tensión, estas sobretensiones serán desviadas hacia tierra.

$$V_{st} = N_{ps} * V_{oc} \quad (8)$$

Donde:

- V_{st} = Protección contra cortocircuito (V)
- N_{ps} = Número de grupo de paneles conectados en serie por grupo
- V_{oc} = Tensión en circuito abierto

$$V_{st} = 4 * 49.28 \text{ Vdc}$$

$$V_{st} = 197.12 \text{ Vdc}$$

La protección a seleccionar para sobretensiones de manera comercial es de 600V, en este proyecto se seleccionó uno de 1000V.

4.11.3. Interruptor termomagnético DC bipolar (SG1-63DC)

Este cálculo se repite, tal cual como se seleccionó el portafusible, de la misma manera se hace el cálculo de este interruptor.

$$I = \frac{P_{fv}}{V_{fv}} * F_{sb} \quad (9)$$

Donde:

- I = Corriente de protección "A"
- P_{fv} = Potencia del módulo fotovoltaico "W"
- V_{fv} = Tensión del módulo fotovoltaico "V"
- F_{sb} = Factor de sobrecarga 1.25

$$I = \frac{(720W * 4)}{(41.03V * 4)} * 1.25$$

$$I = 21.9 \text{ A}$$

Se seleccionó de igual manera 2 interruptores termomagnéticos DC que salen hacia los inversores.

4.11.4. Interruptor termomagnético DC bipolar (MCCB)

En este interruptor que está en el tramo del inversor al banco de baterías, se utilizó la potencia de cada inversor que es de 5kW y el voltaje que es de 25,6 V.

$$I = \frac{P_{ci}}{V_b} \quad (10)$$

Donde:

- I = Corriente de protección “A”
- P_{ci} = Potencia de cada inversor de 5kW “W”
- V_b = Tensión de cada batería de 25.6V “V”

$$I = \frac{(5000W)}{(25.6)} = 200A$$

$$I = 200 A$$

Se seleccionó un interruptor termomagnético MCCB de 200A. Este interruptor se usó para la protección entre las baterías e inversor

4.11.5. Interruptor termomagnético AC bipolar (MCB)

Mediante la siguiente ecuación se desarrolló el cálculo para la protección termomagnética AC, este termomagnético abre y cierra el circuito del sistema antes de conectarse con la vivienda.

$$I_{ac} = \frac{P_{inv}}{\sqrt{3} * 220 V} \quad (11)$$

Donde:

- I_{ac} = Corriente de protección “A”
- P_{inv} = Potencia total de los inversores “W”
- V = Tensión de alimentación “V”

$$I_{ac} = \frac{10kW}{\sqrt{3} * 220V}$$

$$I_{ac} = 26.2 \text{ A}$$

Se seleccionó 2 termomagnéticos para las dos salidas de los 2 inversores los cuales ya se conectan con la caja de distribución de la vivienda, de manera comercial se escogió de 63A.

Todas las protecciones en DC y AC están representadas en el diagrama bifilar en el anexo G.

4.12. Conductores del sistema

Las propiedades que cuenta cada cable de todo un sistema fotovoltaico deben estar diseñados con el objetivo de generar sistemas más fiables y duraderos. La sección del cable dependerá de la intensidad máxima que se puede someter al conductor.

AMPERAJE QUE SOPORTAN LOS CABLES ELECTRICOS DE COBRE					
Temperatura (°c)	60°	75°	90°	60°	
Aislante	TW	RHW-THW-THWN	THHN-XHHW-2-THWN-2	SPT	
Calibre del cable	Amperaje soportado			Calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A		
8 AWG	40 A	50 A	55 A	18 AWG	10 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A	16 AWG	13 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	14 AWG	18 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A	12 AWG	25 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Figura 15 Calibre de conductor en función de la corriente. [33]

Se determinó la corriente del conductor fotovoltaico a través de la potencia generada del sistema fotovoltaico en la sección 4.10.2, se seleccionó cable fotovoltaico para 1 500V en DC con certificación IEC62930. [34]

También se seleccionó el conductor número 6 AWG teniendo en cuenta la potencia unitaria de los equipos 8 157W que se encuentra en la tabla 3, este conductor se utilizó para el tramo de inversor – baterías y el tramo de inversor – caja distribución. [35]

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El sistema fotovoltaico fue diseñado para abastecer 12 435 Wh diariamente, considerando una autonomía designada por el beneficiario de “0.5” días de autonomía en el cálculo para el diseño, con la posibilidad de escalar el proyecto a futuro con una ampliación del generador fotovoltaico y potencia del suministro eléctrico. Además, el uso de baterías con capacidad adecuada asegura una operación estable durante el periodo de menor generación. La arquitectura del sistema está pensada para facilitar futuras modificaciones sin necesidad de reestructurar la infraestructura existente.

5.1. Paneles solares



Figura 16 Paneles solares instalados en la parte superior del techo de la vivienda.

El sistema fotovoltaico proyectado cuenta con una potencia instalada de 5 473 W, obtenida mediante 8 paneles solares de 720 W cada uno, según lo determinado en el apartado 4.8.1 Número de paneles. Al compararla con la demanda estimada de consumo de 12 435 Wh/día del apartado 4.2.1 listado de cargas de la vivienda. Los arreglos de los 2 grupos de paneles fotovoltaicos pueden ser aumentados con más paneles para aumentar la potencia, tranquilamente se pueden agregar 3 módulos fotovoltaicos más por grupo conectados. en serie

5.2. Protecciones sistema fotovoltaico



Figura 17 Protecciones sistema fotovoltaico en condiciones reales en la instalación.

El sistema fotovoltaico proyectado incorpora protecciones eléctricas diseñadas conforme a los valores de corriente y tensión calculados, garantizando la operación segura de los equipos y la protección de los usuarios. En la sección 4.11.1 Portafusibles DC, se seleccionó un portafusibles con corriente nominal de 21,9 A, adecuado para proteger los módulos fotovoltaicos y las líneas de conexión contra sobrecorrientes en corriente continua. Para la prevención de daños por sobretensiones, la sección 4.11.2 Protector contra sobretensiones DC contempla un dispositivo con un nivel de protección de 49,28 Vdc, capaz de desviar picos de tensión generados por descargas atmosféricas o perturbaciones eléctricas. Finalmente, en la sección 4.11.3 Interruptor termomagnético DC bipolar (MCB) se incluye un interruptor con corriente de disparo de 26,2 A, que ofrece protección térmica y magnética contra sobrecargas y cortocircuitos en corriente continua. Estos valores resultan de los cálculos realizados durante el diseño y sirven como base para la selección y comparación con los equipos disponibles en el mercado, asegurando que los componentes instalados cumplan con los requerimientos técnicos y normativos del sistema.

5.3. Inversor



Figura 18 Inversores ubicados en su lugar de operación.

Para el diseño del sistema fotovoltaico, la potencia del inversor se determinó aplicando un factor de seguridad de 1.25 sobre la potencia total de las cargas conectadas, con el objetivo de cubrir picos de arranque, pérdidas del sistema y evitar que el inversor opere continuamente al 100 % de su capacidad. Considerando que el 4.9.1 Cálculo del inversor, la potencia de las cargas es de 8,157 W, la potencia calculada para el inversor resultó en 10 kW, representado así un criterio de diseño para la selección de un inversor de 10 kW para el sistema.

Con estas características y tomando en cuenta una solución robusta y versátil, se seleccionó dos inversores híbridos SYP 5K-U destacando por su capacidad de gestionar una potencia nominal de salida de 5000 W con una eficiencia máxima del 92%. Este equipo integra un controlador de carga de alta precisión compatible con baterías de litio y plomo-ácido, permitiendo una corriente de carga y descarga de hasta 100 A, lo que facilita una gestión energética ágil ante fluctuaciones de demanda. En su sección fotovoltaica, el inversor cuenta con dos seguidores MPPT que soportan un rango de voltaje de operación entre 120 V y 500 V.

5.4. Baterías



Figura 19 Baterías del sistema fotovoltaico.

Para el diseño del sistema fotovoltaico, la capacidad de almacenamiento de las baterías se determinó considerando el consumo de energía en corriente continua, el nivel de descarga permitido (DOD), el voltaje del sistema y los días de autonomía, según lo calculado en el apartado 4.10.1 Cálculo de baterías.

Con un consumo de 13.516 Wh/día, un DOD del 80 %, un voltaje del sistema de 48 V y una autonomía de 0.5 días (12 horas), se obtuvo una capacidad total de 176 Ah. Para obtener un sistema con un voltaje nominal de 48 V utilizando baterías de 25.6 V y 200 Ah, es necesario conectar en serie dos baterías, sumando así sus voltajes para alcanzar aproximadamente 51.2 V, lo cual es compatible con el voltaje estándar de 48 V del sistema. Esta configuración en serie garantiza que el banco de baterías proporcione el voltaje requerido por el inversor off-grid y permita un correcto funcionamiento del sistema. Además, para aumentar la capacidad de almacenamiento y la autonomía, se pueden conectar varias de estas series en paralelo, manteniendo el voltaje constante, pero aumentando la corriente disponible y, por ende, la duración del sistema.

5.5. Diagrama bifilar del sistema fotovoltaico

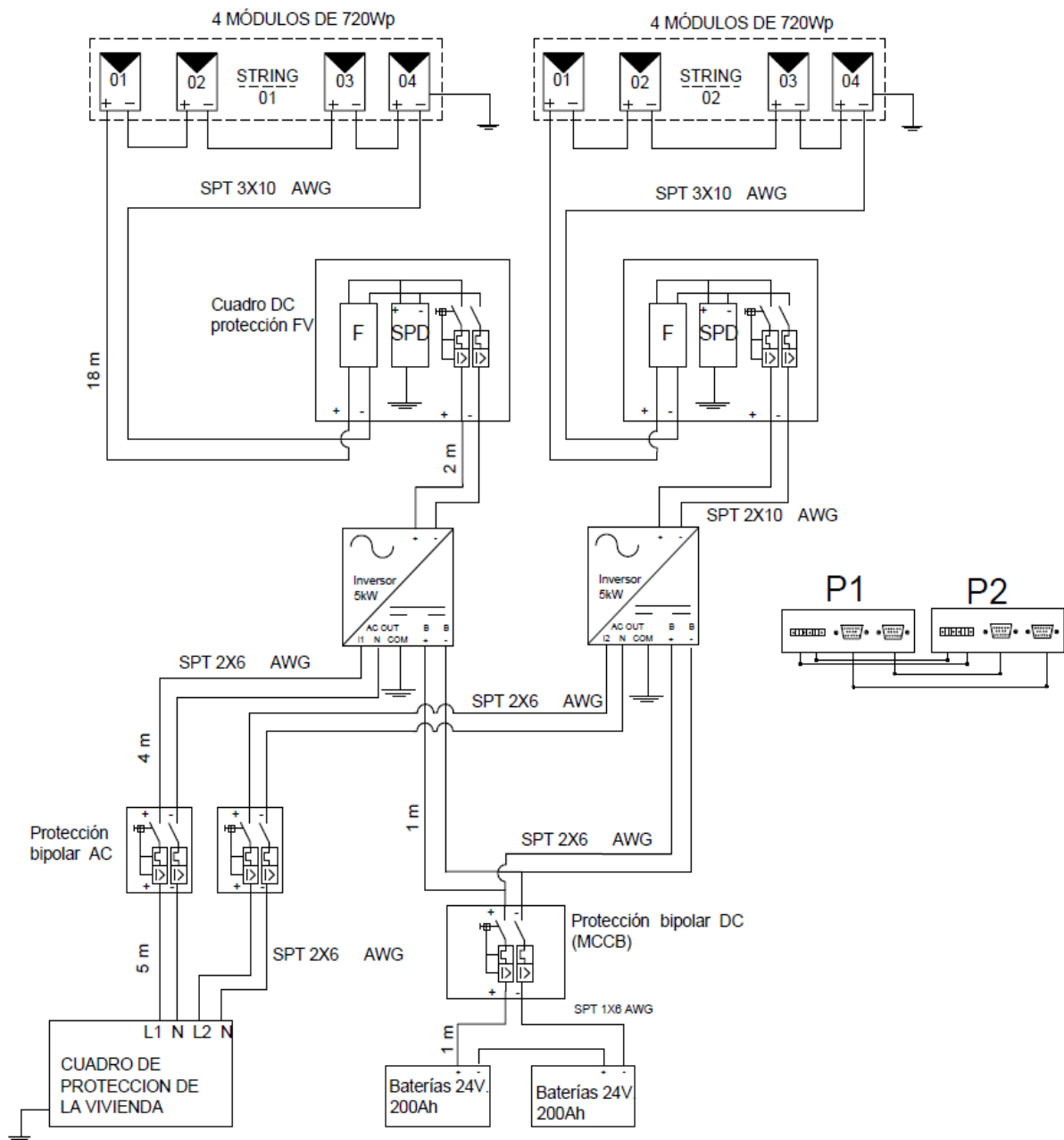


Figura 20 Diagrama de conexión.

5.6. Implementación del sistema fotovoltaico

El día que se comenzó con la implementación de los paneles solares en la estructura del techo de la vivienda se comenzó anclando los soportes tipo I para luego proceder a montar encima del soporte tipo I un riel de 4.8 metros donde se asentó los paneles en la parte superior del riel para su debido montaje.



Figura 21 Instalación de soportes, rieles y paneles.

Una vez todos que todos los paneles estaban instalados, se comprobó el voltaje por cada String, ya que salen 2 String para cada inversor. El voltaje con un día nublado nos dio de 183 voltios en corriente continua para los dos String ya que se conectó en un circuito en serie.



Figuras 22 Paneles acoplados y comprobados.

Conectamos los 2 strings a nuestros fusibles, spd y termomagnéticos, los dejamos con el circuito abierto hasta hacer el encendido de los equipos aguas arriba.



Figuras 23 Elementos de protección instalados.

Continuamos con la instalación de los inversores en la pared, aquí se dejó a los inversores con una distancia de 20 cm entre ellos por lo que tienen que estar en constante ventilación y se realizó la comunicación por medio del puerto 1 y puerto 2. Para que trabajen los 2 inversores de manera conjunta.



Figura 24 Inversores en el área de funcionamiento.

También se instaló también una protección para las baterías para cerrar y abrir el circuito. Esto ayuda a tener un control manual de conexión de los equipos. Exactamente de los inversores y el banco de baterías.



Figura 25 Interruptor termomagnético MCCB.

Por último, se ubican las baterías a continuación del protector y los unimos con cable de cobre. se realizó una conexión en serie.



Figura 26 Banco de baterías.

Una vez conectado todos los equipos, se realizó el encendido de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico aguas arriba, obteniendo como resultado la vivienda energizada a través del sistema de implementación fotovoltaico off – grid.



Figuras 27 Vivienda energizada.

5.7. Recolección de datos de la implantación fotovoltaica

Una vez ya instalado y funcionando los equipos se vinculó los comunicadores que se los puede observar a los costados de los inversores de color negro, En el inversor 1 está al costado izquierdo y también al lado derecho del inversor 2 como está en la figura 28 a continuación. Mediante la aplicación de SOLARMAN SMART.



Figura 28 Intercomunicadores de inversores.

Una vez instalada la aplicación de SOLARMAN SMART. Se procedió a vincular los equipos mediante un código QR con la aplicación como se puede observar en la figura 29. Los inversores se los renombró como R1 y R2 para así identificarlos de una mejor manera.

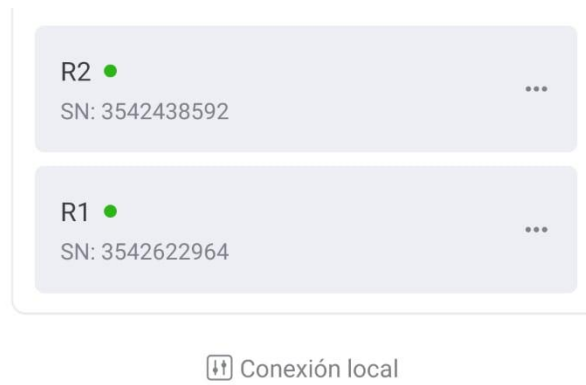


Figura 29 Inversores nombrados: R1 y R2.

A continuación, se accedió a datos en tiempo real como se observa en la figura 30. En la ventana “Hogar” ya se puede visualizar los datos que nuestros los equipos están dando como los paneles, las baterías y la carga de consumo en la vivienda.



Figura 30 Primera página "Hogar".

En la ventana de informe se puede observar la comparación mediante una gráfica del consumo de energía de la vivienda y la generación de energía fotovoltaico de los paneles, lo podemos observar a continuación en la figura 31. Estos datos fueron recolectados en la noche

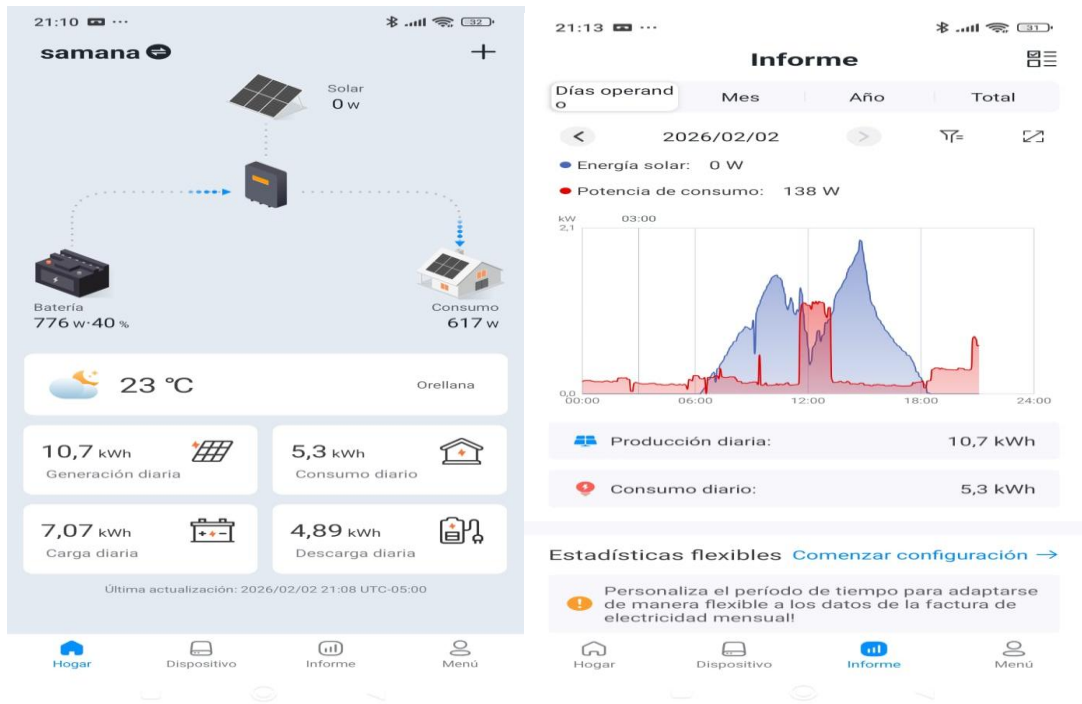


Figura 31 Ventana "Informe".

También se obtuvo datos recolectados en el día. Como se observa a continuación en la figura 32.

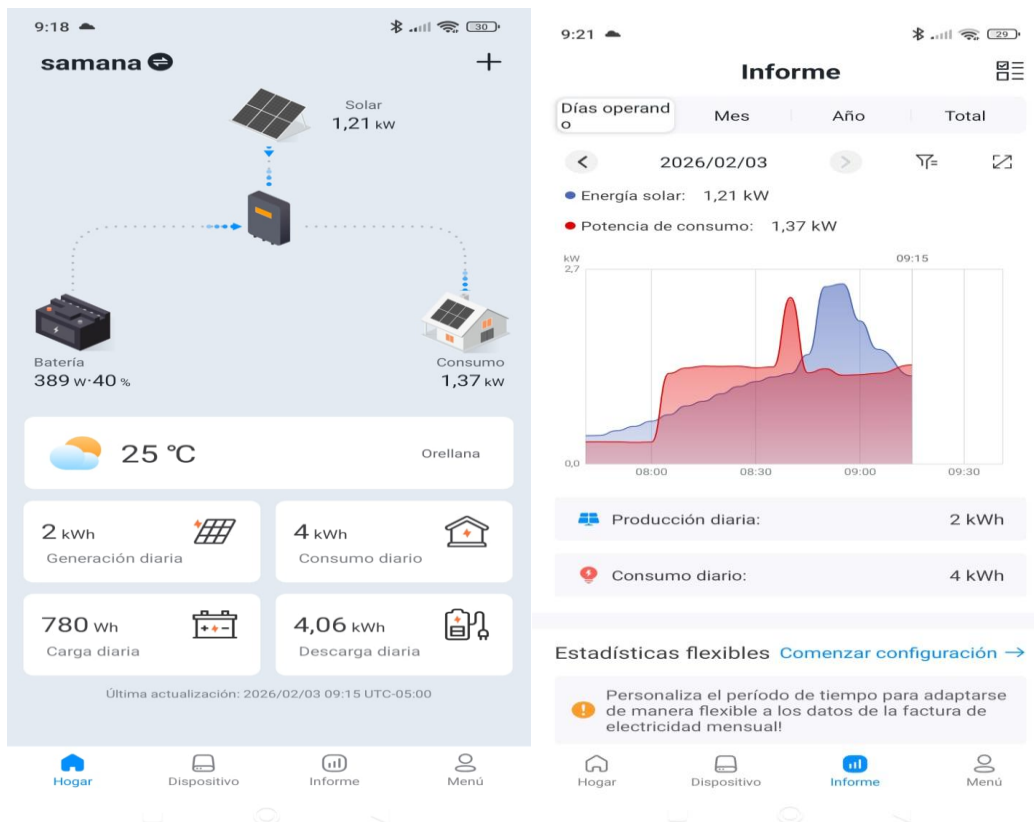


Figura 32 Ventana "Informe", datos de día.

5.8. Recolección de datos de los días de operación

Se puede observar los datos que se recopiló durante la primera semana de funcionamiento del sistema fotovoltaico en la siguiente tabla de datos.

Tabla 8 Datos de funcionamiento de la aplicación solarman smart.

Informe		
Día de operación	Producción diaria kWh	Consumo diaria kWh
2026/02/02	10.7	6.5
2026/02/03	17.1	12.5
2026/02/04	12	8.9
2026/02/05	13.2	9.3
2026/02/06	121.5	9.9
2026/02/07	10.3	6.3
2026/02/08	8.5	6.3
2026/02/09	10.7	8.3

A continuación, se interpreta de la siguiente manera como se lo observa en la figura 33.

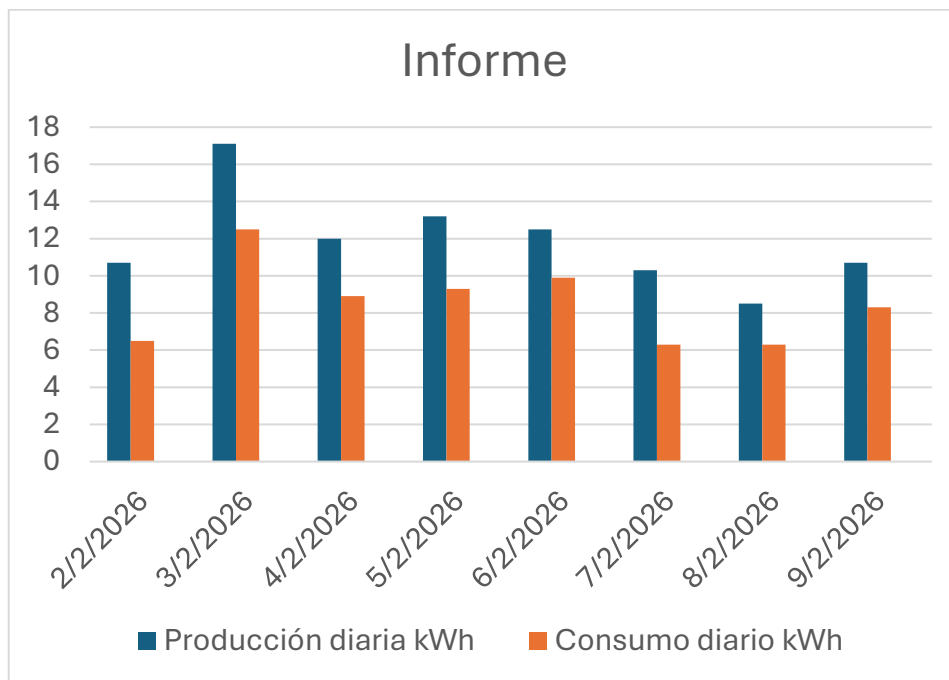


Figura 33 Resultado de la tabla de recopilación diaria.

5.9. Verificación de los equipos implementados

Este proyecto se lo puede verificar con la parte inicial en el anexo D y el después de la implementación de en el anexo E.

Los equipos principales del sistema aislado que se utilizó se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 9 Equipos principales del sistema fotovoltaico off- grid.

Equipos del sistema	Cantidad	Potencia/Energía
Paneles fotovoltaicos	8 unidades	720W
Inversores	2 unidades	5kW
Baterías	2 unidades	5.12kWh(10.24Wh) Total

5.10. Análisis de costo

5.10.1. Costo directo

Los detalles de los costos utilizados para la implementación del sistema off grid se detalla a continuación en la tabla 10.

Tabla 10 Costo de material directo.

Material directo				
Equipos de instalación				
DETALLE	Unidad	Cantidad	V/Unitario\$	V/Total \$
Panel solar monocristalino EVO6N 720W		8	109	872
Inversor Híbrido 5kW 110 VAC		2	834	1 668
Baterías LFP24-200 25.6V 200Ah		2	696	1 393
Soporte anclaje tipo L normal		16	2	32
Soporte final para paneles solares		8	1.20	9.60
Soporte medio para paneles solares		16	2	32
Riel para panel solar 4.8 metros		5	30	150
Conector MC4 macho + Hembra		8	2	16
Fusible 500V 20 A		4	15	60
Portafusibles		2	22	44
Caja DC 12P		1	25	25
Breaker DC MCB 2P 20A		2	9	18
Breaker DC MCB 2P 200A		1	120	120
Protección sobretensiones SPD 600V 2Polos		2	20	20
Canaletas 60X 60		2	9.50	19
Cable fotovoltaico	metro	19	2.5	47.5
Cable 6 AWG	metro	20	2.85	71.25
Subtotal				4 597.35

5.10.2. Costo indirecto

A continuación, se detalla la el costo de mano de obra. El salario de un ingeniero tiene un valor de 560.94 dólares y de los ayudantes tiene un valor de 494.56 dólares. [36]

Tabla 11 Costo de la mano de obra.

Mano de obra			
Detalle	Salario unificado	Diario	2 días de trabajo
Ingeniero	560.94	18.7	37.4
Ayudante 1	494.56	16.49	32.98
Ayudante 2	494.56	16.49	32.98
Ayudante 3	494.56	16.49	32.98
Total			136.34

El costo total de la mano de obra por 2 días de trabajo es de 136.34 dólares. Los gastos indirectos que se detalla en la tabla a continuación son del transporte de los equipos desde la ciudad de Quito a la ciudad de Pto Francisco de Orellana. También se consideró adjuntar los viáticos del viaje y la mano de obra ya en la instalación.

Tabla 12 Costos de materiales indirectos.

Material indirecto			
DETALLE	CANTIDAD	V/U\$	V.TOTAL\$
Transporte	1	300	300
Viáticos	2	20	20
Mano de obra	1	136.34	136.34
Subtotal			456.34

Los gastos indirectos que se tuvo durante este proyecto de implementación se detallan en la tabla 12.

5.10.3. Inversión total

A continuación, se suman los subtotales de los costos directos e indirectos y así se obtuvo el valor total de la inversión.

Tabla 13 Costo de la inversión total.

DETALLE	VALOR TOTAL \$
Costo directo	4 597.35
Costo indirecto	456.34
Inversión total	5 053.69

La inversión tal del proyecto es de 5 053.69 dólares, cabe mencionar que se utilizó herramientas que ya se tenía en la vivienda.

5.10.4. VAN y el TIR

Se estima que por mantenimiento son 50 dólares anuales y por ingresos se contempla el no desembolso por pago de consumo energético de la siguiente manera.

$$\text{Consumo energético anual} = 12\,435 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 4\,538.77 \frac{\text{Wh}}{\text{año}} \quad (12)$$

$$\text{Costo energético anual} = 4.5 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * 0.13 \frac{\text{dolares}}{\text{kWh}} = 590.04 \frac{\text{dolares}}{\text{año}} \quad (13)$$

A continuación, se evalúa la rentabilidad del proyecto. En base al VAN y el TIR.

$$VAN = \sum \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+r)^t} - \text{inversion inicial} \quad (14)$$

$$0 = \sum \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+tir)^t} - \text{inversion inicial} \quad (15)$$

Donde:

Inversión inicial = 5 053.69 dólares

Tasa de descuento = 17%

Egresos = 50.00 dólares

Tiempo = 5 años

Ingresos = 1 800 dólares

Tabla 14 Análisis anual.

VAN			
Años	Flujo	(1+r) ^t	Valor presente
0	-5 053.69		-5 053.69
1	1 750	1.17	1 495.73
2	1 750	1.37	1 278.40
3	1 750	1.60	1 092.65
4	1 750	1.87	933.89
5	1 750	2.19	798.19

En la tabla 14 se muestra lo que se necesita para el cálculo del VAN. A continuación, se realizó una sumaria del valor presente y se resta con el valor inicial.

$$VAN = (1\ 495.73 + 1\ 278.40 + 1\ 092.65 + 933.89 + 798.19) - 5053.69$$

$$VAN = 545.49 \text{ dólares}$$

En el periodo analizado el VAN es positivo, por lo cual el proyecto es factible.

La tasa de descuento del 17% que representa el costo de oportunidad del capital o la rentabilidad mínima esperada por los inversionistas comparada con la TIR (Tasa de Interna de Retorno) obtenida del 22% mide el porcentaje de rentabilidad que genera el proyecto en función de los flujos de caja estimados a lo largo del periodo de evaluación observándose que la TIR es superior. Esto significa que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que además genera un rendimiento adicional del 5% sobre la tasa requerida. Por lo tanto, desde el punto de vista financiero, el proyecto es fiable y rentable durante los cinco años analizados, ya que cumple con los criterios de aceptación basado en la TIR ($TIR > \text{tasa de descuento}$).

5.11. Impactos

5.11.1. Impacto práctico

La energía de la vivienda será alimentada por el sistema fotovoltaico implementado en la zona rural de la provincia de Orellana, garantizando el suministro continuo de energía eléctrica y mejorando las condiciones de los equipos eléctricos y electrónicos al proporcionar una fuente de energía estable.

5.11.2. Impacto ambiental

Al usar la energía solar se reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y cuidar más de la flora y fauna del planeta. La implementación del sistema fotovoltaico aislado representa un impacto ambiental positivo considerable al sustituir fuentes de energía convencionales basadas en combustibles fósiles. Durante su vida útil estimada de 20 - 25 años, el sistema contribuirá significativamente a la reducción de gases de efecto invernadero.

5.11.3. Impacto tecnológico

El sistema de generación de energía fotovoltaico autónomo reduce el gasto energético adquirido a las compañías de electricidad. Esta tecnología también promueve la capacitación personal local en su operación y mantenimiento, impulsando el desarrollo de habilidades técnicas y generando oportunidades de empleo. Además, el sistema sirve como un catalizador para la innovación y la adopción de otras tecnologías limpias, contribuyendo a la modernización del sector energético.

5.11.4. Impacto social

Este proyecto motiva a la comunidad orellanense a implementar este tipo de energía alternativas en zonas rurales donde no hay acceso a conexión a la red. También impulsa la participación de más comunidades a conocer más de las energías renovables y su amplio método de implementación para sustituir a las compañías suministradoras de energía.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La revisión bibliográfica permitió comprender el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos y establecer criterios técnicos para su dimensionamiento. Así, en ubicaciones con características similares a la provincia de Orellana, se determinó la necesidad de un sistema aislado a 48 V y conductores eléctricos como el cable solar fotovoltaico para 1 500V en corriente continua y conductor N.º 6 AWG THHN 90°. Además, se realizó un levantamiento de información del sitio utilizando datos de radiación solar de la NASA para determinar las horas solares pico mínimas, (HSPm) es de “3.55”.
- El desarrollo de criterios de dimensionamiento permitió establecer parámetros técnicos para la selección adecuada de los equipos que conforman un sistema fotovoltaico off-grid. A partir del análisis de una demanda energética estimada de 12 435 Wh/día, se determinaron requerimientos de generación de aproximadamente 720Wp en módulos fotovoltaicos. Asimismo, se definieron capacidades mínimas para el banco de baterías de 200Ah a 25.6V, garantizando una autonomía de 0.5días, así como los inversores con una potencia mínima de 5kW cada uno y un margen de seguridad del 1.25%.

Estos criterios proporcionan una base cuantificable y técnica para el diseño eficiente y confiable de sistemas fotovoltaicos autónomos.

- La verificación de la implementación del sistema fotovoltaico aislado permitió comparar las condiciones iniciales y finales tras la incorporación de la fuente de energía renovable. Inicialmente, el sistema presentaba un consumo promedio de 12 435 Wh/día, Posteriormente a la instalación del sistema, se registró una cobertura energética del 100% mediante generación fotovoltaica, reduciendo el consumo de dependencia energética externa sentando una base sólida para futuras ampliaciones o mejoras tecnológicas. El retorno de inversión se calculó en 5 años.

6.2. Recomendaciones

- Se aconseja capacitar a los usuarios finales sobre el uso adecuado del sistema fotovoltaico, especialmente en lo referente al consumo responsable de energía y al reconocimiento de alarmas o fallas básicas, para asegurar una operación segura.
- Se recomienda la correcta inspección periódica de las protecciones eléctricas en corriente continua y alterna, asegurando que los interruptores magnetotérmicos, fusibles y termomagnéticos estén adecuadamente en condiciones óptimas.
- Implementar el sistema ON – GRID con los inversores ya que pueden conectarse a la red. En el banco de baterías se puede agregar más baterías para aumentar el día de autonomía.
- Hacer una limpieza cada 2 meses a los inversores y así verificar que los equipos no tengan ninguna anomalía.

REFERENCIAS

- [1] A. Pueyo, «Fundación CIDOB,» Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.cidob.org/publicaciones/acceso-universal-energia-asequible-fiable-sostenible-moderna>. [Último acceso: 5 Enero 2026].
- [2] C. V. Chicaíza López y G. J. Mieles Mieles, «Revista Multidisciplinaria Arbitrada de Investigación Científica Universidad Técnica de Manabí,» 21 Septiembre 2025. [En línea]. Available: <https://www.investigarmqr.com/2025/index.php/mqr/article/view/1033>. [Último acceso: 9 Enero 2026].
- [3] B. J. Tacuri Chávez, V. M. Gabriela Rivas y S. A. Moscoso Bernal, «Revista InGenio Científica y Tecnológica Universidad Técnica Estatal De Quevedo,» 08 Julio 2024. [En línea]. Available: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/ingenio/article/view/784>. [Último acceso: 01 Enero 2026].
- [4] P. Khaigunha, A. Prajantasen y T. Wongwuttanasatian, «Choices of Solar Energy Storage for a Sustainable Urban Society: Economic Assessment for a Small Household,» de *Choices of Solar Energy Storage for a Sustainable Urban Society: Economic Assessment for a Small Household*, Tokyo, Japan, 2023.
- [5] Autosolar Energía de Colombia, «autosolar.co,» AutoSolar, [En línea]. Available: <https://autosolar.co/energia-solar/que-es-el-efecto-fotovoltaico>. [Último acceso: 10 Enero 2026].
- [6] J. Alfonso, «sfe-solar,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/electricidad/efecto-fotovoltaico/>. [Último acceso: 23 octubre 2025].
- [7] J. A. Alonso, «SUNFIELDS,» [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/electricidad/efecto-fotovoltaico/?srsltid=AfmBOoqQj34PIiNrJYLeDps7Q74FhI0rrn3fXtWIhxFw7HV0t0BqBA7l>. [Último acceso: 10 Enero 2026].
- [8] L. Peña, «ilumin.online,» Icontec Ilumin Capacita, 13 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://ilumin.online/diferencias-entre-radiacion-irradiancia-e-irradiacion-solar/>. [Último acceso: 10 Enero 2026].

- [9] J. Bach, «helioesfera.com,» [En línea]. Available: <https://www.helioesfera.com/irradiancia-irradiacion-y-radiacion-solar/>. [Último acceso: 3 Febrero 2025].
- [10] J. Conesa Ruiz, «repositorio.upct.es,» Sobre Repositorio Digital UPCT, 24 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://repositorio.upct.es/entities/publication/b0f3119b-f214-4e8a-9c67-c1de8eddb3d2>. [Último acceso: 10 Enero 2026].
- [11] «repsol.es,» Repsol 2026, 04 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/hora-solar-pico/>. [Último acceso: 16 Enero 2026].
- [12] J. Alarcón, «es.wikipedia.org,» 17 Enero 2008. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Horas_solares_pico.png. [Último acceso: 14 Julio 2025].
- [13] M. Carbonell, «hogarsense.es,» 3 Abril 2024. [En línea]. Available: <https://www.hogarsense.es/placas-solares/orientacion-placas-solares>. [Último acceso: 9 Febrero 2025].
- [14] M. A. & G. J. L. González, Energía Solar Fotovoltaica, Editorial Paraninfo., 2021.
- [15] Energi, «energitiendaups.com,» [En línea]. Available: <https://energitiendaups.com/preguntas-frecuentes-sobre-inversores-de-voltaje/>. [Último acceso: 9 Febrero 2025].
- [16] Bluetti Power, «es.bluettipower.eu,» Bluetti, 08 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://es.bluettipower.eu/blogs/respaldo-en-el-hogar/sistema-fotovoltaico-aislado>. [Último acceso: 10 Enero 2026].
- [17] Autosolar, «autosolar.co,» [En línea]. Available: <https://autosolar.co/energia-solar/panel-solar-dibujo>.
- [18] R. G. Cordero, «sfe-solar.com,» SunFields EUROPE, 02 Mayo 2025. [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/>. [Último acceso: 10 Enero 2026].

- [19] «powmr.com,» PowMr, 11 Marzo 2025. [En línea]. Available: <https://powmr.com/es/blogs/accessories/battery-cable-size-chart>. [Último acceso: 11 Enero 2026].
- [20] A. & M. J. Fernández, Metodología para el análisis de la demanda energética residencial mediante monitorización., Revista de Ingeniería Energética, 2020.
- [21] R. & A. A. Messenger, Photovoltaic Systems Engineering (5th ed.), CRC Press., 2017.
- [22] Powest, «powest.com,» [En línea]. Available: <https://powest.com/producto/inversor-solar-all-in-one-powest-3kva-on-grid/>. [Último acceso: 8 Febrero 2025].
- [23] R. W. & M. D. Erickson, Fundamentals of Power Electronics (3rd ed.), Springer, 2020.
- [24] «auxsol.com,» Auxsol, 06 Agosto 2025. [En línea]. Available: <https://www.auxsol.com/blog/solar-pv-inverter.html>. [Último acceso: 10 Enero 2026].
- [25] Pintulac, «pintulac.com.ec,» [En línea]. Available: https://www.pintulac.com.ec/catalog/product/view/_ignore_category/1/id/195420/s/inversor-5kw-monofasico-offgrid-110v-ruixu/. [Último acceso: 7 Enero 2025].
- [26] «ecoflow.com,» ECOFLOW, 04 Junio 2025. [En línea]. Available: <https://www.ecoflow.com/mx/blog/batteries-for-solar-panels>. [Último acceso: 11 Enero 2026].
- [27] Colaboradores de APIEM, «apiem.org,» Asociación Profesional de Empresarios de Instalaciones Eléctricas y Telecomunicaciones de Madrid., 31 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.apiem.org/elementos-de-proteccion-para-instalaciones-fotovoltaicas-en-corriente-continua-y-alterna/>. [Último acceso: 11 Enero 2026].
- [28] NASA, «power.larc.nasa.,» [En línea]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
- [29] C. E. Internacional, «webstore.iec.ch,» 1 Octubre 2025. [En línea]. Available: https://webstore.iec.ch/en/iec_catalog/product/preview/?id=L3B1Yi9wZGYvcHJldmll dy9pbmZvX2llYzYwMzY0LTctNzEye2VkMy4wfWIucGRm. [Último acceso: 15 Diciembre 2025].

- [30] C. E. D. L. N. Ecuatororiana, «inmobiliariadja.wordpress.com,» 6 Abril 2011. [En línea]. Available: <https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/nec2011-cap-14-energic3adas-renovables-021412.pdf>. [Último acceso: 5 Enero 2025].
- [31] tecnológico Harbin Xinnuowo, «eszoneo.com,» [En línea]. Available: <https://eszoneo.com/zh-CN/products/solar-inverter-5kw-110v220v-parallel-6pcs-off-grid-pv-systems-shinenovo>. [Último acceso: 6 Enero 2025].
- [32] geya, «geya.net,» [En línea]. Available: <https://www.geya.net/es/product/gsp9-d20-ac-surge-protective-device/>. [Último acceso: 5 Enero 2025].
- [33] C. Color, «codigodecolor.com,» [En línea]. Available: <https://codigodecolor.com/electricidad/calibres-amperajes/>.
- [34] C. E. Internacional, «sowell-solar.com,» 5 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.sowell-solar.com/uploads/2023914135143562.pdf>. [Último acceso: 8 Enero 2025].
- [35] Ineldec, «Ineldec.com/producto,» 2 Junio 2024. [En línea]. Available: <https://ineldec.com/producto/cable-numero-6-awg-cu-thhn/>. [Último acceso: 7 Febrero 2025].
- [36] C. d. l. i. d. l. construcción., «contraloria.gob.ec,» 10 Enero 2026. [En línea]. Available: <https://www.contraloria.gob.ec/WFDescarga.aspx?id=2821&tipo=doc>. [Último acceso: 7 Febrero 2026].
- [37] G. O. Rivera Argoti, M. A. Revelo Pereira y E. J. Cueva Sánchez, *Perspectivas de la Transición Energética: Las Energías Renovables no Convencionales en Ecuador, Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 2025.
- [38] Colaboradores de BBVA, «bbva.com,» BBVA, 05 Diciembre 2025. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/los-mercados-clave-del-motor-global-de-la-economia-verde/>. [Último acceso: 10 Enero 2026].
- [39] Colaboradores de BBVA, «bbva.com/es,» Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. 2025, 2025. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia->

solar/. [Último acceso: 16 Enero 2026].

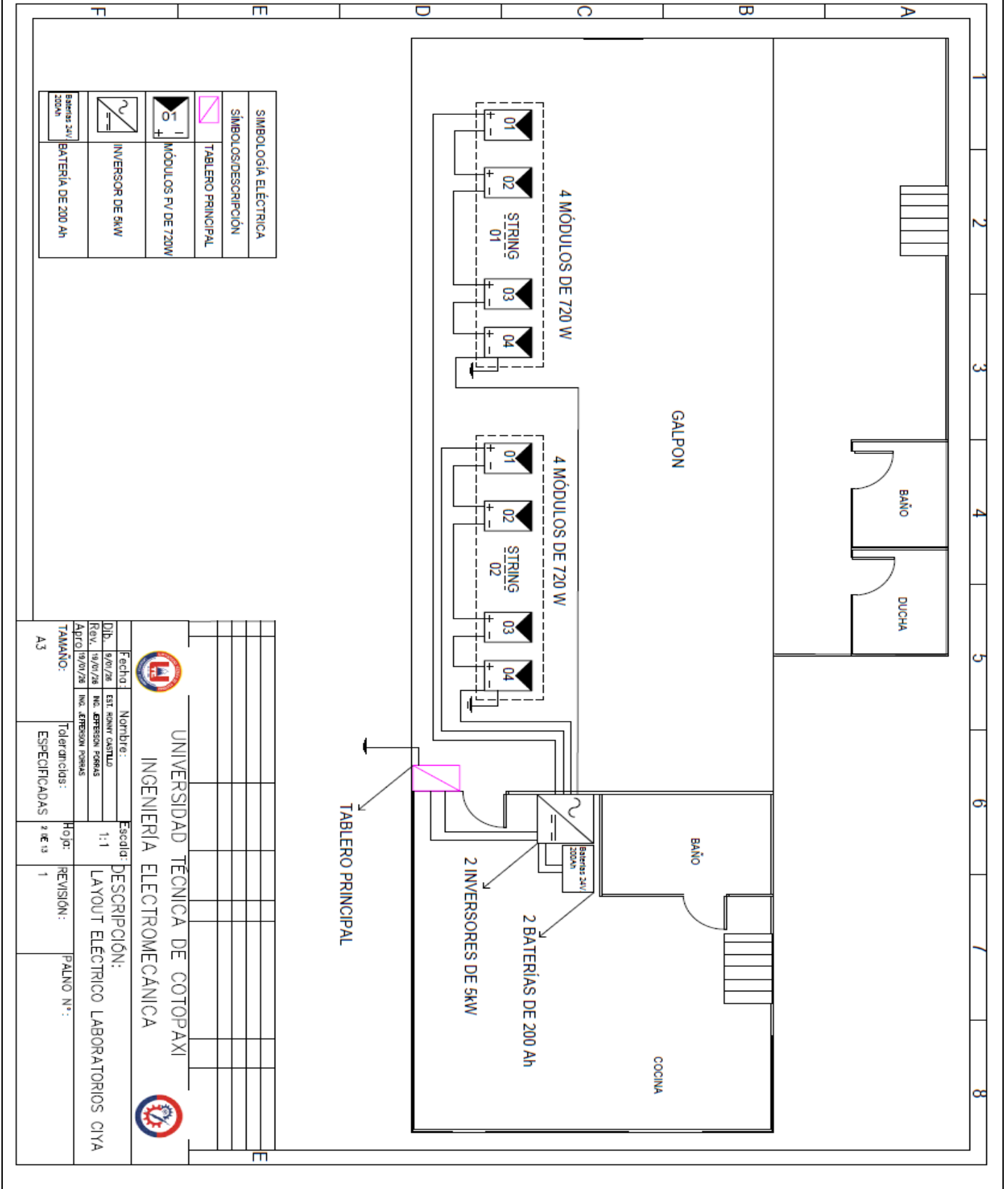
- [40] P. Stackhouse, «NASA POWER,» NASA Privacy Statement, 14 Enero 2026. [En línea]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/>. [Último acceso: 17 Enero 2026].
- [41] R. & V. J. Messenger, Photovoltaic Systems Engineering (4th ed.), CRC Press., 2018.

7. ANEXOS

ANEXO A

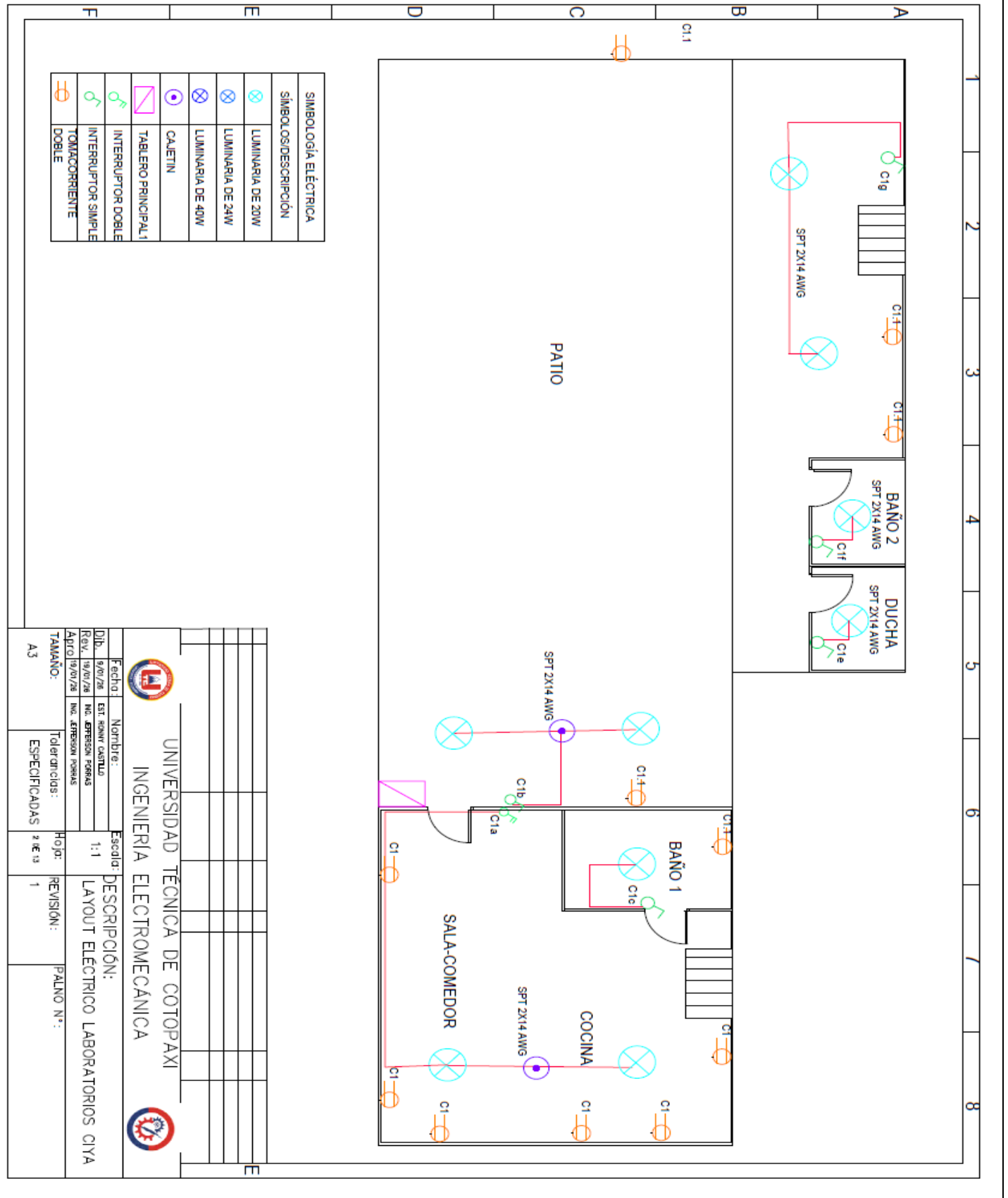
TEMA: Plano civil

1 DE 1



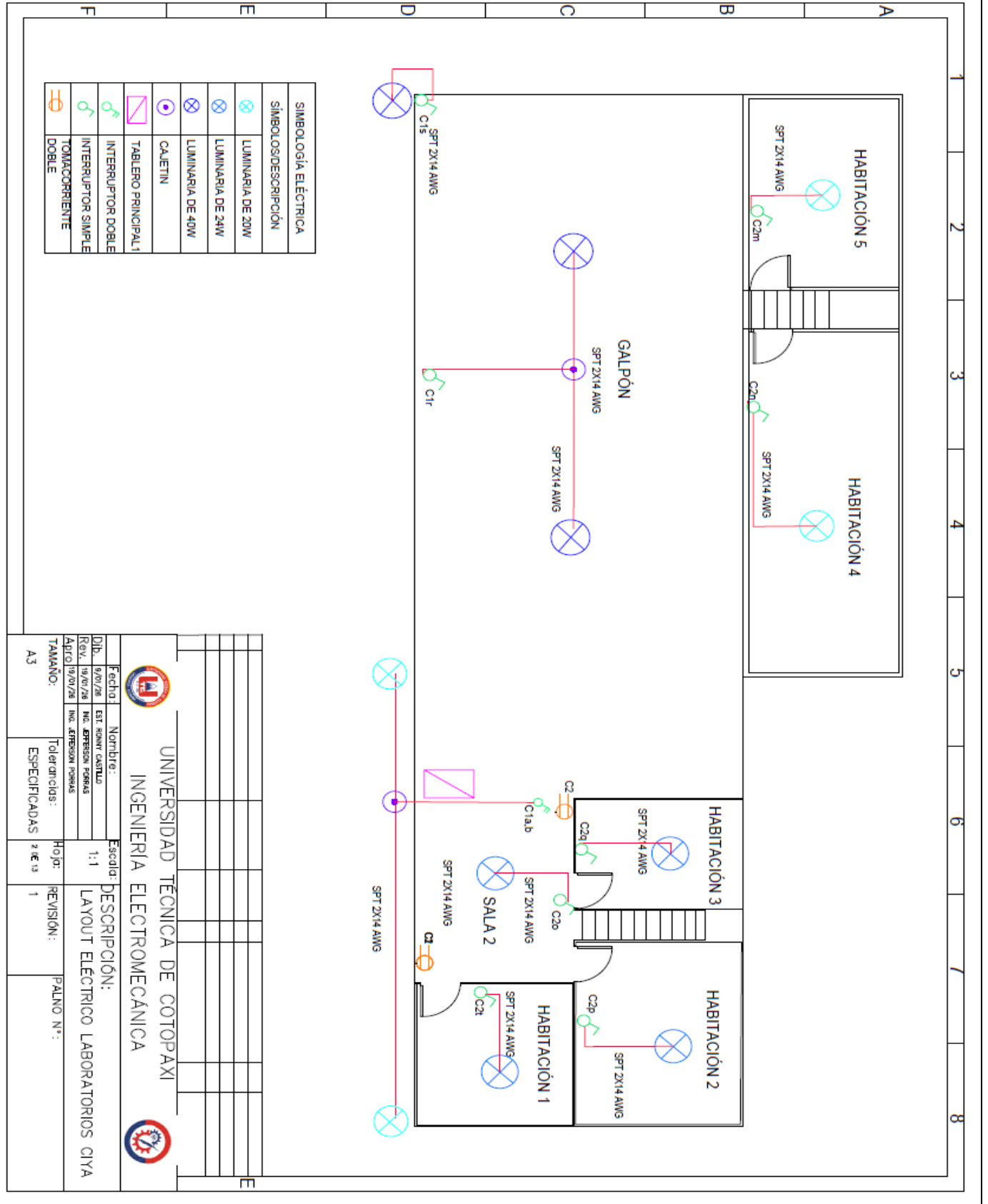
SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA	
	TABLERO PRINCIPAL
	MÓDULOS PV DE 720W
	INVERSOR DE 5kW
	BATERÍA DE 200 Ah

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Fecha:	Nombre:
Dib. 9/01/28	EST. KENNY CASTILLO
Rev. 19/01/28	ING. EFRÉN FORRÁS
Apr. 19/01/28	ING. EFRÉN FORRÁS
TAMAÑO:	Tolerancias:
A3	ESPECIFICADAS
Hoja:	REVISIÓN:
2 de 13	1
Descripción: LAYOUT ELÉCTRICO LABORATORIOS CIYA	
Escala: 1:1	
PALANO N°:	



SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA	
SIMBOLOS/DESCRIPCIÓN	
	LUMINARIA DE 20W
	LUMINARIA DE 24W
	LUMINARIA DE 40W
	CALETIN
	TABLERO PRINCIPAL
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	TOMACORRIENTE DOBLE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		INGENIERIA ELECTROMECÁNICA	
Fecha:	Nombre:	Escala:	DESCRIPCIÓN:
Dib. 9/01/28	EST. RINNY CASTILLO	1:1	LAYOUT ELECTRICO LABORATORIOS CIYA
Rev. 19/01/28	MG. AFRISON TORRAS		
Apro. 19/01/28	MG. AFRISON TORRAS		
TAMAÑO:	Tolerancias:	Hoja:	REVISIÓN:
A3	ESPECIFICADAS	2 de 3	PALNO N.º:
		1	



SIMBOLÓGIA ELÉCTRICA	
SÍMBOLOS/DESCRIPCIÓN	
	LUMINARIA DE 20W
	LUMINARIA DE 24W
	LUMINARIA DE 40W
	CAJETIN
	TABLERO PRINCIPAL
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	TOMACORRIENTE DOBLE

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p> <p>INGENIERIA ELECTROMECANICA</p>		
Fecha:	Nombre:	Escala:
Dib:	Est. autor cartula	1:1
REV:	INC. APROBACION PARRAS	DESCRIPCION:
APRO:	ING. APROBACION PARRAS	LAYOUT ELECTRICO LABORATORIOS CIYA
TAMANO:	Tolerancias:	Hoja:
A3	ESPECIFICADAS	2 de 13
		REVISION:
		1
		PALNO N°:

ANEXO D

TEMA: Vivienda en la provincia de Orellana antes de la implementación

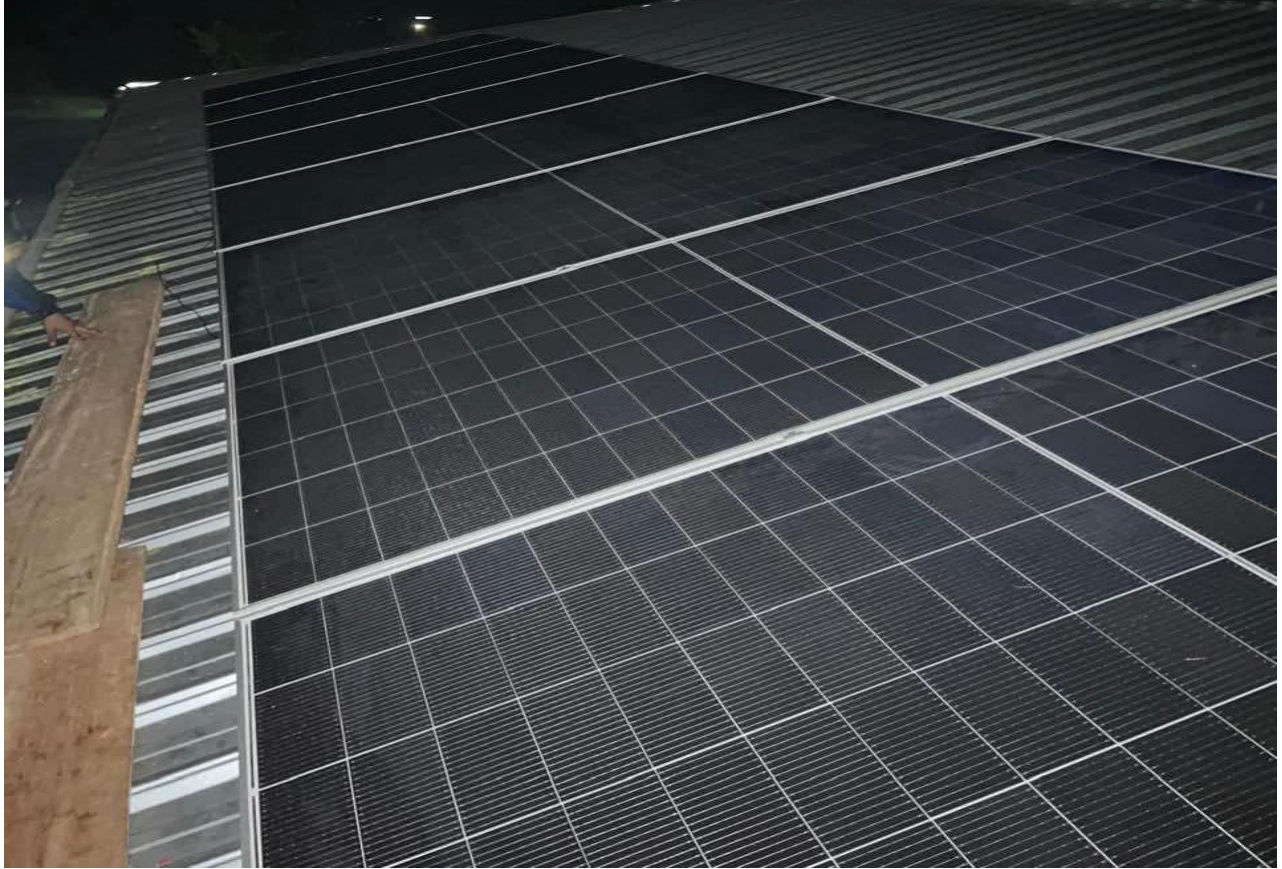
1 DE 4

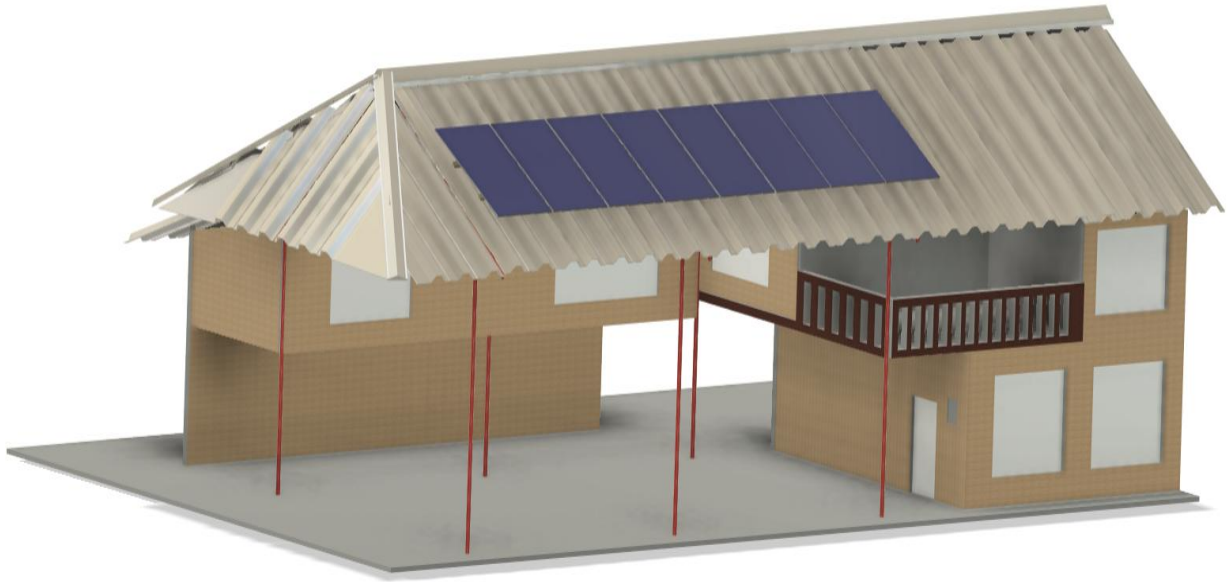


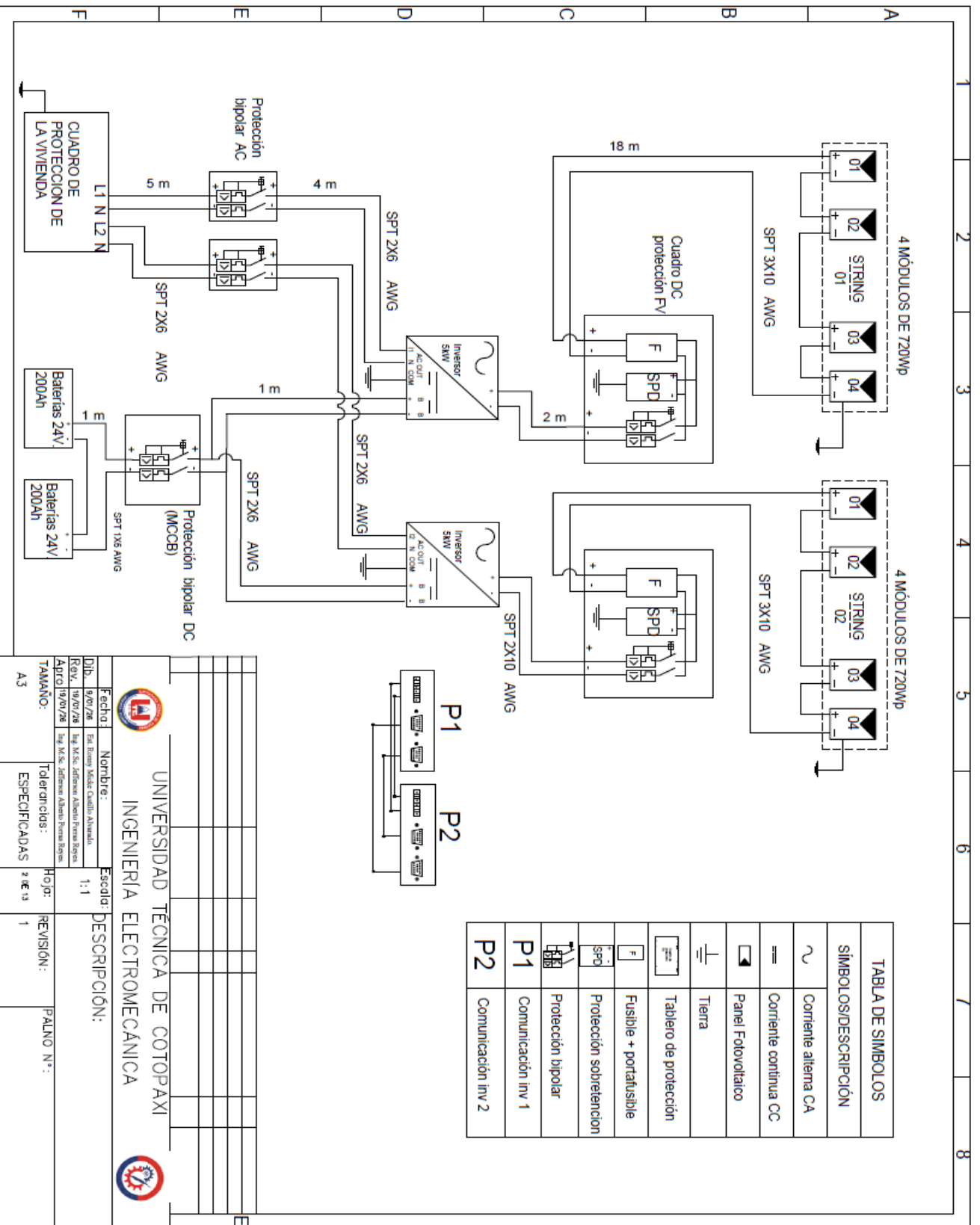
ANEXO E

TEMA: Vivienda en la provincia de Orellana después
de la implementación

1 DE 5







UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Fecha: 9/07/28
Dib.: Ed. Romo Mideir Cevallos Alvarado
Rev.: 19/07/28
Apr/O: 19/07/28

Nombre: Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Pizarro Rojas

Escala: 1:1

Tamaño: A3

Tolerancias: ESPECIFICADAS

Hoja: 1

REVISIÓN: 1

PALNO N°:



EVO 6N

700-720W SE6-66HBDN-type TOPCon Bifacial
Double-glass Solar Module23.20%
High Module Efficiency**10-30% Additional Power Generation**

30 years lifespan brings 10-30% additional power generation comparing with conventional P-type module.

ZERO LID (Light Induced Degradation)

N-type solar cell has no LID naturally which can increase power generation.

Higher Reliability

Adopted SunEvo latest S-TOPCon 2.0 technology, No polysilicon wrap around, Full electrical isolation, Zero leakage current; Much Safer for roof.

Better Weak Illumination Response

Higher power output even under low-light environments like on cloudy or foggy days.

Better Temperature Coefficient

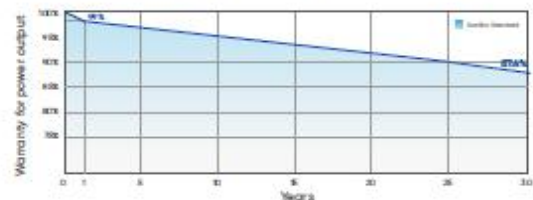
Higher power generation under working conditions, thanks to passivating contact cell technology.

Quality Management System and Product Certification

IEC61215/IEC61730, IEC62804(PID), IEC61701(Salt),
IEC62716 (Ammonia), IEC60068-2-68(Sand),
ISO 9001:2015/quality management system,
ISO 14001:2015/environmental management system,
ISO 45001:2018/occupational health safety management system,
ISO 50001:2011/energy management system,
IEC TS 62961-2016/PV industry quality management system.

Quality Guarantee

12 Years Materials Warranty **30 Years** Power Warranty



SUNEVO

SunEvo Solar Co., Ltd.

Add: No. 398 Ganshan Road, Hefei, Anhui, China.

Email: info@suneco.com

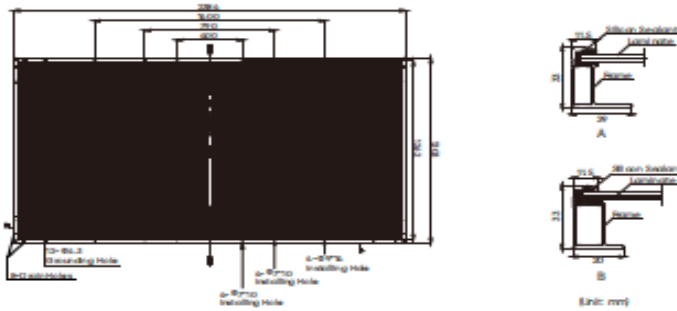
Tel: +86 551 6262 4885

Web: www.suneco.com

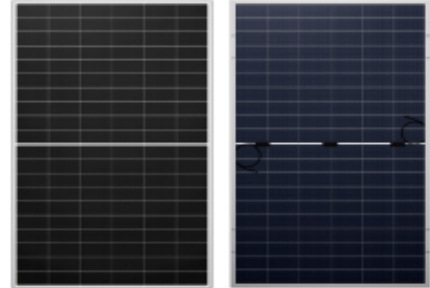
EVO 6N

700-720W

Drawings



Product Image



Mechanical Characteristics

Solar Cells	N-type Monocrystalline
No. of Cells	132 cells
Dimensions	2384 × 1303 × 35mm
Weight	37.9kg
Front Glass	2.0mm, High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	PDE/EVA
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP68 rated
Cables	+400mm, -200mm or ±140mm, length can be customized
Connector	MC4
Packaging	31pcs per pallet, 558pcs per 40'HC

Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temp. (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.28%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.046%/°C

Maximum Ratings

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC
Maximum Series Fuse Rating	35A
Power Output Tolerance	0 ~ +3%
Bifaciality	80±5%

Electrical Parameters (STC & NOCT)

Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Peak Power Watts-Pmax [Wp]	700	526	705	530	710	534	715	538	720	541
Power Tolerance-Pmax [W]	0 ~ +5									
Maximum Power Voltage-Vmp [V]	40.35	3255	40.52	3273	40.69	3290	40.86	3308	41.03	3318
Maximum Power Current-Imp [A]	17.35	14.01	17.40	14.05	17.45	14.09	17.50	14.13	17.55	14.17
Open Circuit Voltage-Voc [V]	48.60	46.17	48.77	46.33	48.94	46.49	49.11	46.65	49.28	46.82
Short Circuit Current-Isc [A]	18.35	14.82	18.40	14.86	18.45	14.90	18.50	14.94	18.55	14.98
Module Efficiency [%]	22.5		22.7		22.9		23.0		23.2	

STC: Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, Air Mass AM1.5. NOCT: Irradiance of 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s. Measuring tolerance: ±3%.

Electrical Characteristics (Rear Power Gain)

		735	740	745	750	756
5%	Maximum Power: Pmax[W]					
	Module Efficiency: η [%]	23.7	23.8	24.0	24.1	24.3
15%	Maximum Power: Pmax[W]	805	810	816	822	828
	Module Efficiency: η [%]	25.9	26.1	26.3	26.5	26.7
25%	Maximum Power: Pmax[W]	785	881	887	893	900
	Module Efficiency: η [%]	28.2	28.4	28.6	28.7	29.0

Power Bifaciality: 80±5%

SUNEVO

Sunivo Solar Co., Ltd.

Add: No. 398 Gangqun Road, Hefei, Anhui, China.

Email: info@sunivo.com

Tel: +86 551 62624885

Web: www.sunivo.com



SYP 5K-U

Solar storage inverter

Efficiency

- Advanced MPPT technology with up to 99.9% efficiency
- Up to 22A PV input current for high power PV module

Safety

- 360 degrees of security from hardware to software
- IEC safety approvals

All in one

- Up to 100A charging current

Reliable

- Outputs high quality pure sine wave AC power
- Up to 6 units in parallel connection

User-Friendly

- Industrial design with a modern aesthetic look
- Easy to install and simple to use

Intelligent

- Exclusive Li-ion battery BMS dual activation
- Time-slot function to save cost with peak-valley

Application scenario



House



Farm



Telecom



Countryside



Island



Pasture

MODEL	SYP 5K-U	CAN BE SET
INVERTER OUTPUT		
Rated Output Power	5,000W	
Max.Peak Power	10,000VA	
Rated Output Voltage	120Vac (L/N/PE single-phase)	✓
Load Capacity of Motors	4HP	
Rated AC Frequency	50/60Hz	✓
Waveform	Pure sine wave	
Switch Time	10ms (typical)	
Parallel Capacity	1-6 units (single/split/three phase)	
BATTERY		
Battery Type	LI-ion / Lead-acid / User-define	✓
Rated Battery Voltage	48Vdc	
Voltage Range	40~60Vdc	✓
Max.MPPT Charging Current	100A	✓
Max.Mains/Generator Charging Current	40A	✓
Max.Hybrid Charging Current	100A	✓
PV INPUT		
Num. of MPPT	1	
Max.PV array power	5,500W	
Max.input current	22A	
Max.Voltage of Open Circuit	500Vdc	
MPPT Voltage Range	120~450Vdc	
MAINS / GENERATOR INPUT		
Input Voltage Range	90~140Vac	✓
Frequency Range	50/60Hz	
Bypass Overload Current	63A	
EFFICIENCY		
MPPT Tracking Efficiency	99.9%	
Max. Battery Inverter Efficiency	92%	
GENERAL		
Dimensions	446.9*350*133mm (1.47*1.15*0.44ft)	
Weight	14kg (30.86lb)	
Protection Degree	IP20, indoor only	
Operating Temperature Range	-10~55°C	
Noise	≤60dB	
Cooling Method	Forced air cooling with adjustable air speed	
Warranty	18 months	
COMMUNICATION		
Embedded Interfaces	RS485 / USB / Dry contact	✓
External Modules (Optional)	WI-FI / GPRS	✓
CERTIFICATION		
Safety	CE(IEC 62109-1/2)	
EMC	EN61000	
RoHS	Yes	

LFP24-200

25.6V 200AH LiFePO₄Lithium Iron Phosphate
Deep Cycle Battery**Lighter Weight**

About 40% of the weight of a comparable lead acid battery.
Easy to replace lead acid batteries.

**Higher Power**

Delivers twice power of lead acid battery.
Higher discharge rate, while maintaining high energy capacity.

**Longer Cycle Life**

Offers up to 20 times longer cycle life and
five times longer float/calendar life than lead acid battery.

**Superior Safety**

Lithium Iron Phosphate chemistry eliminates the risk of explosion
or combustion due to high impact, overcharging or short circuit.

Quality

Guarantee

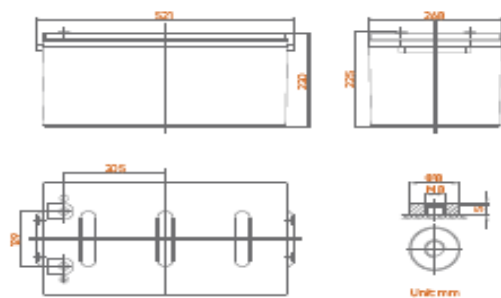
5 Years



Specification

Nominal Voltage	25.6V
Nominal Capacity	200Ah / 5120Wh
BMS	Integrated
Cycle Life	>5000 cycles @ 0.5C / 50%DOD
Months Self Discharge	<3%
Efficiency of Charge	100% @ 0.5C
Efficiency of Discharge	96~99% @ 0.5C
Charge Voltage	28.4~29.2V
Charge Mode	0.2C to 29.2V, then charge to 0.02C (CC/CV)
Recommended Charge Current	40A
Max. Charge Current	150A
Charge Cut-off Voltage	29.2V±0.2V
Max. Continuous Discharge Current	150A
Peak Discharge Current	600A (0.5-1.5S)
Discharge Cut-off Voltage	20V±0.5V
Charge Temperature	0°C~55°C @60±25% Relative Humidity
Discharge Temperature	-20°C~60°C @60±25% Relative Humidity
Storage Temperature	-20°C~45°C @60±25% Relative Humidity
Protection Class	IP65
Approx. Dimensions	521mm*268mm*225mm
Approx. Weight	41kg
Terminal	M8
Maximum Modules in Series	4
Monitoring Option	Bluetooth with Smartphone App

Physical Dimension—mm



Typical Applications

- Wheelchairs and scooters
- Solar/wind energy storage
- Back-up power for small UPS
- Golf trolleys & buggies
- Electric bikes
- Tools

