



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

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

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: JHON ALEXANDER MOLINA PILLA

TUTOR: ING. GARY OMAR AMPUÑO AVILÉS, PhD

Guayaquil-Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Jhon Alexander Molina Pilla con documento de identificación N°
0931840649 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 10 de febrero del año 2025

Atentamente,



Jhon Alexander Molina Pilla

0931840649

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jhon Alexander Molina Pilla con documento de identificación No. 0931840649, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Implementación de un sistema fotovoltaico Off Grid para abastecer de energía eléctrica a una vivienda, ubicada en un sector rural del cantón Isidro Ayora en la provincia del Guayas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de febrero del año 2025

Atentamente,



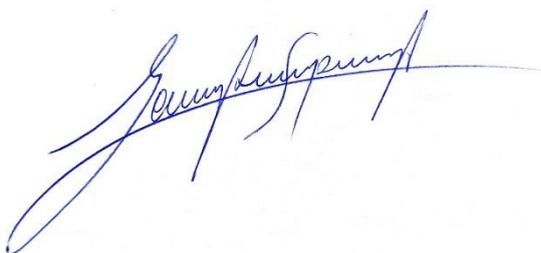
Jhon Alexander Molina Pilla
0931840649

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Gary Omar Ampuño Avilés, PhD. con documento de identificación N° 0922639752, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID PARA ABASTECER DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA VIVIENDA, UBICADA EN UN SECTOR RURAL DEL CANTÓN ISIDRO AYORA EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS”, realizado por Jhon Alexander Molina Pilla con documento de identificación N° 0931840649, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de febrero del año 2025

Atentamente,



Ing. Gary Omar Ampuño Avilés, PhD
0922639752

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado va dedicado a:

Toda mi familia en general y en especial a mi madre por ser un pilar fundamental en mi vida, y estar siempre presente durante todo mi camino como estudiante, y enseñarme a tomar las mejores decisiones para un buen futuro.

Mis amigos que fueron parte del proceso y siempre estar dispuestos a darnos la mano y cumplir juntos una meta más en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a nuestro Padre Celestial por brindarme salud, vida y sabiduría para poder culminar con éxito mis estudios de tercer nivel.

Agradecer a mi mamá por su apoyo incondicional durante este recorrido como estudiante universitario y siempre estar dispuesta ayudarme en lo que necesitaba.

Agradecer a cada uno de los Ingenieros que formaron parte de mi camino como estudiante en la Universidad Salesiana, destacando entre ellos al Ing. José Jaime, Ing. Erwin Solano y mi tutor de tesis el PhD. Juan Carlos Lata, por sus nobles actos de enseñanza, respeto, cooperación y empatía.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo directo la implementación de un sistema fotovoltaico Off Grid para la generación eléctrica de una vivienda que se encuentra ubicada en la parte rural del cantón Isidro Ayora en la provincia del Guayas, con esto lo que se busca es proporcionar una solución que sea sostenible y de igual manera eficiente a la falta acceso eléctrico en comunidades del sector rural, promoviendo así la autogeneración energética y la reducción significativa en la brecha de pobreza energética.

El diseño del sistema se basó en un análisis detallado sobre la demanda energética de la vivienda, utilizando un software que es especializado en dimensionar los paneles solares, en el banco de baterías, el inversor y el controlador de carga. La instalación constó de dos paneles solares Longi de 585W conectados en serie, un banco de baterías de 48V estructurado por cuatro unidades de 12V y 100Ah, un inversor Calpha de 2,212W y un sistema de protección eléctrica con breakers para cada componente.

Los resultados que se obtuvieron nos muestran directamente que el sistema proporciona una amplia cobertura energética confiable y cómoda logrando así que exista una alimentación de equipos básicos y reduciendo la dependencia de generadores en la vivienda. También, esta implementación ayuda a controlar el impacto en el medio ambiente debido a que se elimina el uso de combustibles fósiles, promoviendo así el uso de nuevas tecnologías de energía limpia. Se concluye que el modelo es bastante replicable en otras comunidades que se encuentren en una misma situación demostrando así que es una alternativa viable para garantizar el acceso a la electricidad en sectores aislados.

Palabras Clave:

Energía fotovoltaica

Off Grid

Pobreza energética

Sustentabilidad

Autonomía energética

ABSTRACT

The present thesis has as its direct objective the implementation of an Off Grid photovoltaic system for the electrical generation of a house that is located in the rural part of the Isidro Ayira canton in the province of Guayas. With this, what is sought is to provide a solution that is sustainable and equally efficient to the lack of electrical access in communities in the rural sector, thus promoting energy self-generation and a significant reduction in the energy poverty gap.

The design of the system was based on a detailed analysis of the energy demand of the house, using a software that is specialized in sizing the solar panels, the battery bank, the inverter and the charge controller. The installation consisted of two 585W Longi solar panels connected in series, a 48V battery bank structured by four 12V and 100Ah units, a 2,212W Calpha inverter and an electrical protection system with breakers for each component.

The results obtained show us directly that the system provides a wide and reliable energy coverage, thus achieving the supply of basic equipment and reducing the dependence on generators in the home. Also, this implementation helps to control the impact on the environment because the use of fossil fuels is eliminated, thus promoting the use of new clean energy technologies. It is concluded that the model is quite replicable in other communities that are in the same situation, thus demonstrating that it is a viable alternative to guarantee access to electricity in isolated sectors.

Keywords:

Photovoltaic energy

Off Grid

Energy poverty

Sustainability

Energy autonomy

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
1.1. TÍTULO:.....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. PROBLEMA DE ESTUDIO.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5. Delimitación.....	7
1.6. Beneficiarios.....	7
1.7. Objetivos.....	7
1.7.1. Objetivo General.....	7
1.7.2. Objetios específicos.....	7
Capítulo II.....	8
2.1. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1. Conceptos generales sobre la energía fotovoltaica.....	8
2.1.2. Sistemas fotovoltaicos Off Grid.....	8
2.1.3. Potencial solar en Ecuador.....	9
2.1.4. Pobreza energética en comunidades rurales.....	10
2.1.5. Impacto social, económico y ambiental de los sistemas fotovoltaicos.....	11
2.2. Marco conceptual.....	12
2.2.1. Definición de energía renovable.....	12
2.2.2. Componentes de un sistema fotovoltaico.....	12
2.2.3. Autonomía energética y sostenibilidad.....	13
2.2.4. Principios de funcionamiento de los paneles solares.....	13
2.2.5. Relación entre energía limpia y desarrollo comunitario.....	14
2.3. Marco legal.....	15
2.3.1. Normativa energética en Ecuador.....	15

2.3.2. Constitución del Ecuador: Derecho al acceso a la energía eléctrica.....	15
2.3.3. Regulaciones para la instalación de sistemas fotovoltaicos.....	16
2.3.4. Políticas públicas de promoción de energías renovables.....	16
2.3.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con energía limpia.....	17
Capítulo III.....	17
3. Descripción del objeto de estudio.....	17
3.1. Introducción.....	17
3.2. Características generales del sistema.....	18
3.2.1. Descripción de la vivienda.....	18
3.2.2. Plano arquitectónico de la vivienda.....	20
3.2.3. Plano eléctrico de la Vivienda.....	21
3.2.4. Demanda energética de la vivienda.....	22
3.3. Componentes principales del sistema fotovoltaico.....	23
3.3.1. Paneles solares.....	23
3.3.2. Banco de baterías.....	23
3.3.3. Inversor.....	24
3.3.4. Controlador de carga.....	25
3.4. Configuración y Diseño del Sistema.....	26
3.4.1. Esquema Eléctrico del Sistema.....	26
3.4.2. Cálculo de los requerimientos energéticos.....	30
3.4.3. Simulación en PVGIS y Validación del Diseño.....	30
3.4.4. Diagrama unifilar del sistema.....	36
3.4.5. Montaje e instalación.....	37
3.5. Factores ambientales y operativos.....	39
3.5.1. Impacto de la temperatura en el rendimiento.....	40
3.5.2. Factores de pérdidas.....	42
3.6. Limitaciones y alcance.....	44
3.6.1. Restricciones en el diseño e instalación debido a condiciones específicas de la vivienda o el entorno.....	44
3.6.2. Alcance del sistema en términos de cobertura energética y sostenibilidad.....	46
Capítulo IV.....	47
4.1. Análisis del trabajo.....	47
4.1.1. Evaluación del Diseño y Configuración del Sistema.....	47
4.1.2. Evaluación del rendimiento del sistema.....	48
4.1.3. Comparación entre el consumo energético y la producción del sistema.....	49
4.1.4. Impacto de la Instalación en la Vivienda.....	50

4.1.5. Identificación de oportunidades de mejora	50
4.2. Presupuesto referencial	51
4.3. Conclusiones y Recomendaciones	53
4.3.1. Conclusiones	53
4.3.2. Recomendaciones	54
5. Bibliografía.....	55
ANEXOS.....	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del funcionamiento de un panel solar .. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 2. Ubicación de la vivienda	18
Figura 3. Generación de energía mensual obtenida en la simulación de PVGIS.....	33
Figura 4. Conexión de paneles solares en serie.....	34
Figura 5. Conexión de banco de baterías	35
Figura 6. Diagrama unifilar.....	37
Figura 7. Estructura y fijación de los paneles solares	38
Figura 8. Instalación del inversor y la caja de distribución.....	39
Figura 9. Montaje de estructura a 20 cm para ventilación	42
Figura 10. Instalación de cable en acometida	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes y funciones de un sistema fotovoltaico	12
Tabla 2. Normativo para regular la generación, distribución y consumo de energía eléctrica	15
Tabla 3. Regulación para sistemas fotovoltaicos	16
Tabla 4. Detalle demanda energética vivienda.....	22
Tabla 5. Características de paneles solares	23
Tabla 6. Detalle de banco de batería	24
Tabla 7. Características de Inversor seleccionado.....	25
Tabla 8. Detalle de protección por breakers.....	29
Tabla 9. Detalle demanda eléctrica	30
Tabla 10. Resultados simulación.....	31
Tabla 11. Rendimiento del sistema por mes	32
Tabla 12. Coeficientes de temperatura	40
Tabla 13. Eficiencia y pérdida de cada componente	43
Tabla 14. Rendimiento del sistema	48
Tabla 15. Comparación de consumo energético	49
Tabla 16. Presupuesto referencial del sistema fotovoltaico	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Generador utilizado por la familia.....	58
Anexo B. Espacio elegido para colocar el sistema	58
Anexo C. Montaje de panel de breakers de protección	59
Anexo D. Montaje de inversor	59
Anexo E. Colocación de riel tipo M para paneles solares	60
Anexo F. Dirección de acometida hacia los paneles	60
Anexo G. Fijación de acometida.....	61
Anexo H. Casa de paso desde los paneles al sistema de control	61
Anexo I. Ingreso de manguera funda sellada.....	62
Anexo J. Prueba de consumo eléctrico	62

INTRODUCCIÓN

El acceso a la electricidad es un elemento fundamental para el desarrollo social y económico de cualquier comunidad. Pero en lugares como el cantón Isidro Ayora, el acceso a redes eléctricas convencionales sigue siendo bastante limitado, Lo que prácticamente empuja a muchas de estas familias a depender de generadores de combustión cuyos costos son altísimos y también son contaminantes. Esta problemática no solo afecta directamente a la calidad de vida de los habitantes que están en este sector rural sino que también puede limitar las oportunidades educativas y económicas así como las tecnologías. Entonces siguiendo este contexto, la energía solar fotovoltaica aparece como una solución viable y sostenible en el abastecimiento de energía para las comunidades que están aisladas

La adecuación de un sistema fotovoltaico Off Grid permite generar y almacenar energía eléctrica de manera que sea autónoma, logrando reducir en gran medida la dependencia de una red eléctrica y a su vez minimizando costos operativos. El enfoque de este proyecto está en el diseño, instalación y análisis de un sistema fotovoltaico en una vivienda rural, garantizando así un suministro eléctrico confiable a través del uso de tecnologías renovables.

El presente estudio también incluye el detalle del análisis en cuestión de la demanda energética de la vivienda, el dimensionamiento de los componentes del sistema y la evaluación del desempeño de la instalación basándose en diferentes condiciones operativas. Además, se analizan factores ambientales y técnicos que puedan afectar la eficiencia del sistema, así como también su impacto socio – económico en la comunidad beneficiaria. Finalmente, se presentan recomendaciones para optimizar la implementación de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales y se destaca la importancia de fomentar políticas públicas que impulsen el acceso a energías renovables en el Ecuador.

CAPÍTULO I

1.1. TÍTULO:

Implementación de un sistema fotovoltaico Off Grid para abastecer de energía eléctrica a una vivienda, ubicada en un sector rural del cantón Isidro Ayora en la provincia del Guayas.

1.2. ANTECEDENTES

Tener acceso a la energía eléctrica ha sido identificado como un elemento bastante importante en el desarrollo socio – económico de las comunidades. De acuerdo al Ministerio de Energía y Minas de Ecuador, el país tiene una ubicación geográfica un tanto privilegiada lo que le permite un alto aprovechamiento de la radiación solar, logrando gracias a esto el uso de sistemas fotovoltaicos. Este recurso natural es un punto clave en la reducción de la desigualdad en las comunidades rurales que todavía enfrentan pobreza energética debido a las limitaciones de infraestructura y acceso económico [1].

La energía solar en su mayoría ha demostrado que es una solución bastante viable a la hora de aplicarlo en sectores rurales con acceso difícil, donde las redes eléctricas que se usan de manera convencional con pueden llegar debido a la ubicación geográfica y los altos costos asociados. Estudios recientes indican que la instalación de sistemas solares pueden reducir de buena manera la dependencia de combustibles fósiles y disminuir la huella de carbono, además de generar un impacto positivo en términos de salud y bienestar social [2].

A nivel global, la implementación del sistema fotovoltaico esta directamente respaldada por las tendencias hacia fuentes que sea de energía renovable. En Ecuador, en 2021, el 93.2% de la energía producida provino de fuentes renovables, principalmente en tecnologías hidráulicas, con un aumento significativo en las tecnologías solares. Ejemplos donde se pueden indicar estos avances son proyectos como Conolophus, que busca dar energía limpia a comunidades en las Islas Galápagos, con una capacidad de 14.8 MWp y una reducción estimada de 16 mil toneladas de CO2 anuales [1].

En el contexto local, el cantón Isidro Ayora en la provincia del Guayas muestra desafíos únicos en términos de dar energía. Sectores como Río Paco y Hda. El Manantial dependen de generadores de combustión para la realización actividades básicas como el riego de cultivos. Este acceso limitado a la energía eléctrica afecta el desarrollo económico y social de las familias en estas áreas, perpetuando desigualdades y limitando oportunidades de progreso.

Además, la energía eléctrica está reconocida no solo como una necesidad, sino como un derecho humano fundamental en la Constitución ecuatoriana, siendo bastante importante en garantizar condiciones básicas de vida. En este sentido, la introducción de sistemas fotovoltaicos no solo representa un avance tecnológico, sino también es un acto de justicia en el ámbito socio – ambiental, ya que esta directamente alineado con los principios de sostenibilidad y equidad [3].

En los últimos años, los costos que rodean la tecnología fotovoltaica disminuyeron considerablemente, logrando así que la implementación de microrredes solares sea una solución más asequible para comunidades que cuentan con altos recursos económicos. Esto, sumándole también el potencial solar que existe en Ecuador convirtiendo así a la energía fotovoltaica en una opción estratégica para mitigar los efectos de la pobreza energética y promover el desarrollo sostenible en las zonas rurales del país.

1.3. PROBLEMA DE ESTUDIO

El Ecuador es un país que destaca en gran medida por su diversidad geográfica y por estas mismas razones existen profundas desigualdades en el acceso a servicios básicos como la electricidad. Independientemente de todos los avances existentes en la cobertura energética en zonas urbanas, comunidades rurales como las del cantón Isidro Ayora, en la provincia del Guayas, tienen que hacerle frente a limitantes significativas por su ubicación remota, condiciones geográficas adversas y la falta de infraestructura eléctrica adecuada.

De acuerdo al Ministerio de Energía y Minas, uno de los principales retos de electrificación rural es el alto costo de la instalación de redes eléctricas y la dispersión geográfica de las comunidades, lo que incrementa la dificultad de llevar energía convencional a estas zonas [1].

En el sector Río Paco – Hda. El Manantial, las familias dependen de generadores de combustión para satisfacer sus necesidades básicas de energía, como el bombeo de agua para riego agrícola. Con este método, aunque directamente sea funcional, es más costoso, así como insostenible y hablando ambientalmente es perjudicial, por estas razones la pobreza energética en esta región no solo limita el desarrollo económico de las familias, sino que también afecta su calidad de vida, restringiendo su acceso a servicios esenciales como la iluminación nocturna, uso de electrodomésticos y herramientas que sirvan para la educación y el trabajo.

La falta de acceso a las fuentes de energía que sean sostenibles mantienen viva la desigualdad social y económica en las comunidades rurales. Estudios recientes demuestran también que la pobreza energética está directamente vinculada a la exclusión social y económica, afectando de manera desproporcionada a todas las familias que tienen bajos ingresos y que habitan en estas zonas rurales. Sin electricidad, estas comunidades están excluidas directamente en la participación plena de actividades económicas modernas, así como también de aprovechar las oportunidades educativas y tecnológicas que están disponibles para el resto de país que cuentan con recursos suficientes [4].

Se sabe que el acceso a la electricidad está directamente reconocido en la constitución del Ecuador y cuenta como un derecho fundamental, siendo bastante indispensable a la hora de garantizar una vida digna. Sin embargo, la realidad en estos sectores como lo es en el río Paco está muy alejado de esta idea. A estas comunidades permanecen en el aislamiento del Progreso a diferencia de otras partes del país, lo que perpetúa un ciclo de pobreza y estancamiento que las excluye de un montón de beneficios de desarrollo económico y social nacionales

Desde un punto de vista ambientalista, la dependencia de generadores de combustión para la creación de electricidad no solo resulta costosa para las familias como sino que también tiene un impacto bastante significativo en el medio ambiente. Los altos niveles de radiación solar en el Ecuador representan una oportunidad única para que se pueda implementar soluciones energéticas que sean sostenibles para las comunidades del sector rural. Sin embargo, esta ventaja aunque natural sigue estando sin utilizar en sectores como el cantón Isidro Ayora, donde este acceso a las tecnologías como los sistemas fotovoltaicos podrían transformar directamente sus condiciones de vida [5].

Si se habla en términos técnicos, la creación de un sistema fotovoltaico Off Grid en estas áreas desatendidas representa una solución bastante innovadora y sostenible para abordar la problemática energética punto este enfoque va a garantizar no solo un suministro constante de electricidad sino que también fomenta la autonomía energética y la reducción de rastros de carbono punto proyectos similares han demostrado que utilizar estas tecnologías pueden ser bastante efectivos en comunidades rurales de América Latina, promoviendo así el desarrollo social y económico mientras que también se busca proteger el medio ambiente [6].

La problemática energética en el sector Río Paco afecta directamente a los habitantes de la comunidad y a su vez también repercute en la limitación del potencial de futuras

generaciones, se entiende que sin acceso de electricidad estas comunidades se ven bastante privadas de oportunidades que ayudan con la mejora a las condiciones de vida actuales, educar a sus jóvenes y participar en la economía actual. La creación de sistemas fotovoltaicos representa no solamente una esperanza sino una solución práctica sostenible y que esté alineada directamente con objetivos globales de desarrollo, que buscan garantizar de la mejor manera accesos a energías accesibles seguras y limpias para todos

1.4. JUSTIFICACIÓN

El acceso directo a la energía eléctrica no solo cuenta como una necesidad básica sino que cuenta cómo un derecho fundamental que está reconocido en la constitución del Ecuador. La provisión de energía eléctrica es demasiado importante en el mejoramiento de la calidad de vida cómo fomentar el desarrollo socioeconómico y garantizar la igualdad de oportunidades en comunidades rurales que están aisladas como lo es el sector Río Paco – Hda. El Manantial, en el cantón Isidro Ayora. En esta región destaca que las familias se enfrentan una pobreza energética debido a diversos factores uno de ellos es la dependencia de generadores de combustión ya que esto produce altos costos operativos y además tiene un impacto muy significativo para el ambiente [7].

La creación de un sistema fotovoltaico Off Grid en esta comunidad de estudio no solo brindará una solución directa al problema sino que también va a contribuir en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) específicamente el objetivo 7, que busca garantizar acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. El tener acceso a fuentes de energía que sean renovables en comunidades rurales reduce significativamente la pobreza energética, mejorando también la salud pública al eliminar la contaminación que se tiene por combustibles fósiles y fomenta también un progreso social y económico [8].

Ecuador tiene un potencial solar que es único debido a la ubicación en la línea ecuatorial, que garantiza que los niveles de radiación sean altos durante todo el año. Este recurso natural prácticamente es inagotable y sostenible da a su vez puede ser aprovechado mediante sistemas fotovoltaicos con el fin de transformar las condiciones de vida en áreas rurales que son aisladas. El país se enfrenta índices altos de radiación ultravioleta, lo que representa una oportunidad en el desarrollo de proyectos de energía solar que beneficien a comunidades con acceso limitado a redes eléctricas que sean tradicionales para el sector urbano [5].

Desde un punto de vista ambiental, este proyecto contribuye directamente en la reducción de

la producción de dióxido de carbono al reemplazar los generadores de combustión por sistemas fotovoltaicos. Las energías renovables, incluyen la solar son bastante fundamentales a la hora de buscar combatir el cambio climático y promover la sostenibilidad ambiental En Ecuador, donde el 93.2% de la energía generada ya proviene de fuentes renovables, este tipo de iniciativas refuerza el compromiso nacional con la transición energética y la protección del medio ambiente [9].

La justificación técnica radica en la factibilidad a la hora de implementar un sistema fotovoltaico o grid ya que garantiza el suministro eléctrico en condiciones seguras y confiables. Este tipo de sistemas es bastante ideal en comunidades rurales que están dispersas, donde la construcción de redes eléctricas o redes tradicionales es económicamente no viable debido a que tiene altísimos costos y dificultades logísticas. Además, los avances tecnológicos en la fabricación de diferentes paneles solares y baterías reducen de manera significativa los costos, haciendo que los sistemas con paneles solares sean una solución más accesible y eficiente que métodos tradicionales [1].

En términos sociales, este proyecto directamente impacta de manera positiva ya que mejora las condiciones de vida de todas las familias beneficiarias, permitiéndoles realizar actividades básicas como iluminación nocturna, el uso de electrodomésticos y la comunicación digital. Además, fomenta la igualdad social debido a que se cierra la brecha de acceso a servicios básicos para estas zonas rurales así como lo es para la zona urbanas. Según estudios recientes la electrificación de comunidades rurales genera cambios significativos en toda la calidad de vida, también la educación y las oportunidades económicas de los habitantes [10].

Desde una perspectiva económica, la reducción de costos operativos a largo plazo es un beneficio directo que se puede observar en este proyecto. Al reemplazar los generadores de combustión que previamente se utilizaban las familias tienden a ahorrar en combustible, destinando así estos recursos a otras necesidades con mayor relevancia. Además, el sistema fotovoltaico promueve la autonomía energética liberando así a las comunidades de una dependencia de fuentes externas de energía [11].

Por último, la realización de este proyecto tiene un alto valor académico y profesional, pues permite que el autor aplique todos los conocimientos que se adquirieron a lo largo de la carrera de electricidad para resolver problemas reales, contribuyendo de manera significativa al desarrollo de su comunidad. Este enfoque refuerza la conexión que existe entre la

educación superior y las necesidades sociales en estas zonas rurales, promoviendo al compromiso social y el desarrollo sostenible como pilares bastante fundamentales en la ingeniería eléctrica.

1.5. Delimitacion

El presente proyecto tiene como finalidad implementar un sistema fotovoltaico en el sector RIO PACO – HDA. EL MANANTIAL, cantón Isidro Ayora ubicado en la provincia del Guayas, para ayudar a satisfacer las necesidades básicas de la familia que reside en el sector.

1.6. Beneficiarios

El proyecto beneficiara a la familia PLÚAS HUACÓN, permitiéndole por primera vez aprovechar de energía eléctrica para sus labores cotidianas y de forma sostenible con el medio ambiente.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Implementar un sistema fotovoltaico Off Grid dimensionado en software comercial para el abastecimiento eléctrico de una vivienda ubicada en el sector rural del cantón Isidro Ayora.

1.7.2. Objetios especificos

- Realizar una encuesta del consumo energético de la vivienda para realizar los cálculos de dimensionamiento eléctrico.
- Diseñar la instalación eléctrica residencial en base a la normativa vigente para cubrir la demanda básica de la vivienda de forma segura.
- Diseñar el sistema fotovoltaico en software para alimentar la carga de la vivienda

Capítulo II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Conceptos generales sobre la energía fotovoltaica

La radiación solar es una energía emitida por el sol, a través de ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio, misma que es aprovechada para la generación de energía fotovoltaica, de tal manera que este proceso se hace por medio de dispositivos llamados paneles o módulos fotovoltaicos. Estos ayudan a transformar la energía solar en corrientes eléctricas directas (DC) la cual utiliza materiales semiconductores como el silicio. Esta energía generada se puede almacenar en baterías o convertirla en corriente alterna (AC) con la ayuda de inversores para incorporar en algunos sistemas eléctricos más completos [12].

La energía fotovoltaica ha notado cierto crecimiento acelerado en las dos últimas décadas gracias a la disminución de costos, algunas mejoras tecnológicas y por el incremento en la demanda de energías limpias y sostenibles. Aproximadamente por el año 2020, se instalaron energías renovables a nivel mundial siendo más del 25% que corresponde a los sistemas fotovoltaicos, resaltando su importante transición energética global [13].

En el ámbito ecuatoriano, se dice que el país tiene una radiación solar promedio de 4.5 a 5.5 kWh/m²/día, siendo visto como un territorio privilegiado para desarrollar algunos proyectos fotovoltaicos. Así mismo, esta potencia se lo puede utilizar en varias aplicaciones, como sistemas conectados a la red en zonas urbanas o sistemas aislados en comunidades rurales. Esta tecnología fotovoltaica tiene algunas ventajas como la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, la disminución de costos operativos y el fortalecimiento de la seguridad energética [14].

La implementación de sistemas fotovoltaicos no solo ayuda a la mitigación del cambio climático, si no que también aporta al desarrollo económico y social, generando empleos en la fabricación, instalación y mantenimiento de los sistemas. Así mismo, se ve como una solución óptima para las comunidades rurales que enfrentan pobreza energética, accediendo a la electricidad de forma segura, sostenible y a un bajo costo [15].

2.1.2. Sistemas fotovoltaicos Off Grid

Los sistemas fotovoltaicos Off Grid, se los conoce también como sistemas aislados, estos operan de forma independiente de la red eléctrica convencional, mismos sistemas que están diseñados para suministrar energía a comunidades rurales o ubicaciones lejanas en donde no

es viable o no hay la economía suficiente para poder extender la red eléctrica. Entre los componentes principales tenemos, paneles fotovoltaicos, baterías para almacenamiento de energía, un controlador de carga y un inversor para transformar la corriente directa en corriente alterna utilizable [16].

La gran capacidad que tiene para proveer energía confiable en áreas aisladas es una de las ventajas con las que cuenta el sistema Off Grid, lo que viene a ser un sistema esencial que encierra la brecha de acceso a la electricidad en comunidades vulnerables, aumentando su calidad de vida y fomentando a la inclusión social y económica. Además, los sistemas Off Grid son ajustables que pueden llegar a ser personalizados satisfaciendo así las necesidades particulares de los usuarios, desde el suministro básico de iluminación hasta aplicaciones agrícolas y comerciales.

Dentro del país, la ejecución de los sistemas fotovoltaicos Off Grid ha logrado una importante relevancia en las comunidades rurales tanto en la región costa como en la amazonía, en donde las condiciones geográficas y climáticas han presentado dificultades al momento de construir la infraestructura eléctrica usual. Estos sistemas han logrado que familias rurales puedan acceder por primera vez a electricidad, impactando positivamente en su educación, salud y desarrollo económico[1].

Así como se tiene ventajas, se presentan algunos desafíos técnicos y financieros en los sistemas Off Grid. Es importante asegurar un adecuado diseño el cual considere las condiciones climáticas locales, la capacidad de almacenamiento requerida y el mantenimiento de los componentes. Así mismo, establecer un financiamiento es fundamental para que estas tecnologías sean factibles para las comunidades de bajos recursos [17].

Los sistemas Off Grid no solo muestran una solución práctica a los problemas de electrificación rural, sino que también ayudan a la transición hacia un modelo energético sostenible. Al disminuir la dependencia de combustibles fósiles, estos sistemas promueven la conservación ambiental y confortan la resiliencia de las comunidades frente a los impactos del cambio climático [12].

2.1.3. Potencial solar en Ecuador

Ecuador se caracteriza por tener una posición geográfica excepcional ya que su ubicación está en la línea ecuatorial, por ende presencia altos niveles de radiación solar durante todo el año. Según el Ministerio de Energía y Minas, el país tiene un promedio de radiación solar de 4.5

a 5.5 kWh/m²/día, colocándolo como uno de los territorios con mayor potencial para el desarrollo de proyectos de energía fotovoltaica en la región. [14].

El potencial solar que hay en el Ecuador es notoriamente significativo en zonas campestres y lejanas, en donde la economía marca una limitante para la instalación de infraestructura eléctrica convencional. El empleo de sistemas solares en estas áreas reduce la dependencia de combustibles fósiles, y también promueve la autosolvencia energética y aumenta la calidad de vida de las comunidades beneficiarias. Así mismo, el país cuenta con condiciones climáticas ideales para la instalación de sistemas solares, ya que la incidencia de nubosidad no afecta significativamente la producción de energía [9].

Si mencionamos el ámbito gubernamental, Ecuador ha progresado desarrollando políticas que promuevan el uso de energías renovables. Como ejemplo tenemos al proyecto fotovoltaico Conolophus en las Islas Galápagos, el cual busca aprovechar la radiación solar para proveer energía limpia a las comunidades locales, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero en la región [1].

No obstante, a pesar de considerarse como importante el potencial solar en el país, el aprovechamiento aun se encuentra un poco limitado, debido a la falta de inversión en la infraestructura y tecnología, poca información de investigaciones y otros aspectos, comparandolo con otras naciones de la región, siendo necesario el fortalecimiento en las capacidades técnicas y el acceso a financiamiento para comunidades rurales [15].

2.1.4. Pobreza energética en comunidades rurales

El concepto de pobreza energética se lo determina como la falta de acceso a servicios energéticos modernos que ayuden a cubrir las necesidades básicas de las personas, como iluminación, calefacción, cocción de alimentos y acceso a tecnología. En Ecuador, este conflicto afecta directamente a las comunidades rurales y aisladas, en donde las condiciones geográficas y los altos costos de infraestructura eléctrica restringe la expansión de la red eléctrica convencional [18].

Algunas estadísticas del INEC manifiestan que, alrededor del 12% de las comunidades rurales en el país no tienen acceso a electricidad, lo que muestra desigualdad social y económica entre las áreas urbanas y rurales. Estas comunidades tienen algunas soluciones inseguras como generadores de combustión, que no solo son costosos, sino también malignos para la salud y el medio ambiente [19].

Es evidente que la falta de acceso a electricidad perjudica de manera negativa en diversos aspectos de la vida en las comunidades rurales. Los niños por ejemplo afrontan ciertas dificultades para estudiar por la noche debido a la poca iluminación en sus hogares, por otro lado tenemos a las actividades productivas, como la agricultura, que se ven limitadas ya que no es posible usar equipos eléctricos. Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta es que por la ausencia de energía no tienen la posibilidad de acceder a la tecnología y poder mantenerse informados, de tal manera que estas comunidades se encuentran aisladas [20].

La implementación de sistemas fotovoltaicos Off Grid es visto como una solución viable que ayuda a combatir la pobreza energética en estas zonas. De tal manera, que estos sistemas ayudarían a las comunidades a acceder a la electricidad de manera sostenible y económica, promoviendo así su integración al desarrollo nacional. Algunos estudios recientes recalcan que los sistemas solares pueden disminuir significativamente la pobreza energética en comunidades vulnerables, al mismo tiempo que fomentan el desarrollo económico y social [21].

2.1.5. Impacto social, económico y ambiental de los sistemas fotovoltaicos

Dentro de los sistemas fotovoltaicos existen impactos importantes que se deben tomar en cuenta los cuales se dividen en tres magnitudes principales: social, económica y ambiental. Desde el punto de vista social, estos métodos optimizan la calidad de vida de las comunidades al proporcionar acceso a electricidad, lo que permite desarrollar tanto actividades educativas, como productivas y recreativas. De esta manera se puede decir que el acceso a la electricidad por medio de los sistemas solares ha manifestado la inclusión social, reduciendo así las desigualdades y aumentando las oportunidades educativas y laborales [22].

En el ámbito económico, los sistemas fotovoltaicos muestran una solución beneficiosa a largo plazo. No obstante la inversión inicial puede ser considerable, ya que los costos operativos son significativamente menores en comparación con los generadores a combustión. De la misma manera, estos sistemas promueven la autonomía energética, desprendiendo a las comunidades de la dependencia de fuentes externas y disminuyendo los gastos relacionados con el transporte y la adquisición de combustibles fósiles [14]. Adicional a esto, la ejecución de estos sistemas ayudaría a generar empleos locales en la fabricación, instalación y mantenimiento, fomentando las economías locales.

Ahora bien, si hablamos desde un punto ambiental, estos sistemas contribuirían en la disminución de la huella de carbono al sustituir las fuentes de energía basadas en

combustibles fósiles. Cada kilovatio-hora que generado un sistema fotovoltaico reduce la emisión aproximada de 0.5 kilogramos de CO₂, convirtiendo así esta tecnología en un instrumento clave que ayuda a disminuir el cambio climático. Así mismo, el manejo de la energía solar ayudaría a reducir la contaminación del aire y del agua, manteniendo un entorno mucho mas saludable en las comunidades [13].

2.2. Marco conceptual

En este apartado se menciona algunos conceptos importantes para el desarrollo del proyecto, lo que nos ayuda a comprender significancia tanto técnica como ambiental y social. A continuación, se especifican ciertos aspectos fundamentales.

2.2.1. Definición de energía renovable

Las fuentes de energía que se obtienen de los recursos naturales y se consideran inagotables o se regeneran de manera constante son consideradas como parte de la energía renovable, como la luz solar, el viento, el agua y la biomasa. Estas fuentes de energía son fundamentales para mitigar los efectos del cambio climático, disminuir la dependencia de combustibles fósiles y promover un modelo energético sostenible [12].

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), las energías renovables muestran que el 82% de la capacidad eléctrica global añadida en 2020, ha reflejado un importante crecimiento en la transición de sistemas energéticos sostenibles. En el entorno de este proyecto, se puede mencionar que la energía solar fotovoltaica es una de las tecnologías esenciales de energía renovable que se utilizan en áreas rurales para enfrentar la pobreza energética y mejorar la calidad de vida de las comunidades vulnerables [13].

2.2.2. Componentes de un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está compuesto por varios elementos interconectados que permiten capturar la energía solar y convertirla en electricidad utilizable [23]. A continuación, la Tabla 1 se presenta una tabla con los componentes principales y sus funciones:

Tabla 1. Componentes y funciones de un sistema fotovoltaico

Componente	Función
Paneles solares	Capturan la radiación solar y la convierten en energía eléctrica (corriente continua).

Inversor	En un dispositivo electrónico que transforma la corriente continua en corriente alterna para el uso de electrodomésticos.
Controlador de carga	Este dispositivo regula el flujo de energía entre los paneles solares y las baterías que ayuda a evitar sobrecargas.
Baterías	Almacenan la energía para su uso durante la noche o en días nublados.
Estructura de soporte	Ayudan a sostener los paneles solares proporcionando así una adecuada estabilidad y orientación.
Cables y conexiones	Conecta todos los componentes facilitando la transmisión de electricidad en el sistema.

Nota: los datos para la elaboración de esta tabla se obtuvieron de Bielefeld Academic Search Engine [24]

2.2.3. Autonomía energética y sostenibilidad

Si hablamos de autonomía energética, podemos decir que es la capacidad con la que un sistema genera su energía propia, disminuyendo así la dependencia de otras fuentes. Además está vinculado con la sostenibilidad, ya que ayuda a promover el uso de los recursos renovables y también minimiza el impacto ambiental [25].

Los sistemas fotovoltaicos Off Grid muestran una solución clave para lograr la autonomía energética en áreas rurales, lo que permitiría que las comunidades produzcan electricidad de manera sostenible, estos sistemas contribuyen al desarrollo sostenible al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar la resiliencia energética frente a variaciones en los precios de los combustibles fósiles [26].

2.2.4. Principios de funcionamiento de los paneles solares

Para que los paneles solares funcionen nos basamos en el efecto fotovoltaico, el cual sigue un proceso bajo ciertos materiales semiconductores, como el silicio, este genera electricidad cuando está expuesto a la luz solar [Figura 1]. El proceso puede explicarse en los siguientes pasos:

- **Captación de luz solar:** Los paneles solares capturan los rayos solares mediante celdas fotovoltaicas.

- **Generación de corriente eléctrica:** La energía de la luz solar provoca que los electrones de las celdas fotovoltaicas creen un flujo de corriente continua.
- **Conversión de corriente:** Un inversor transforma la corriente continua en corriente alterna, que es la forma de energía utilizada en la mayoría de los dispositivos eléctricos.
- **Almacenamiento:** La energía excedente puede almacenarse en baterías para su uso posterior.

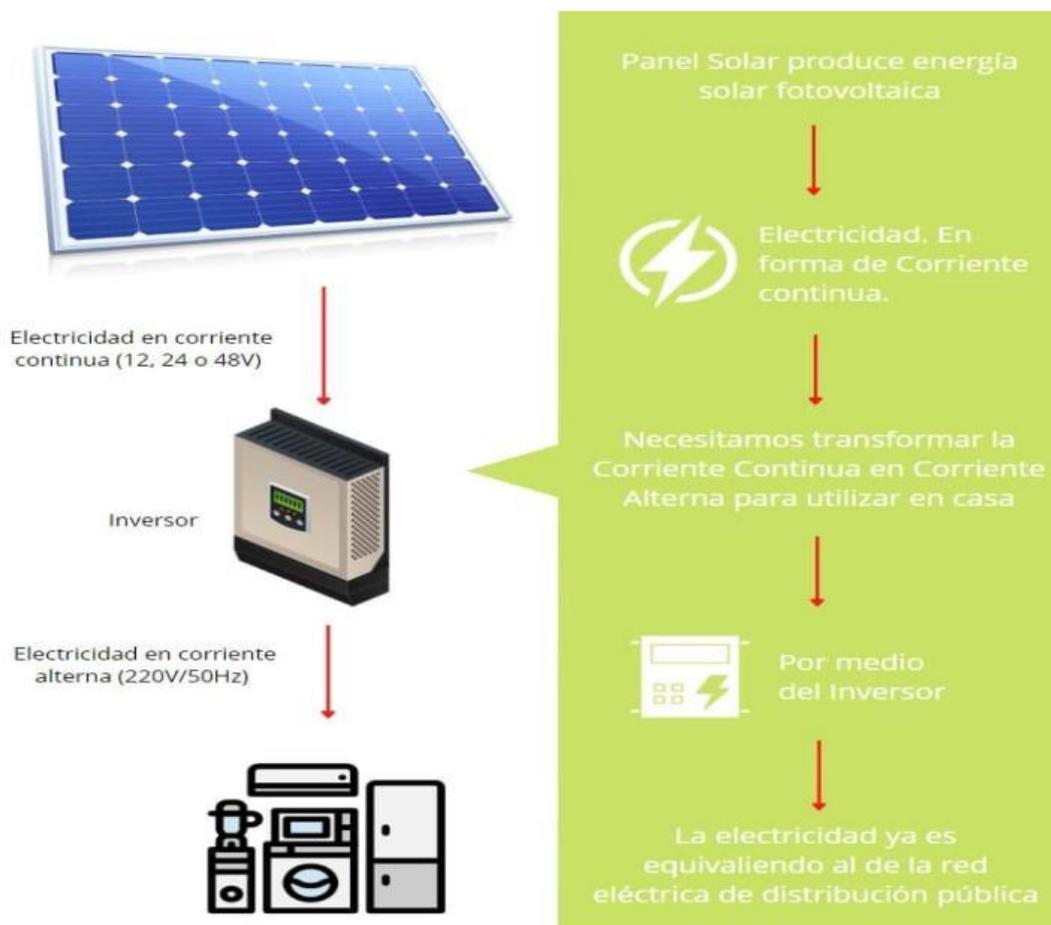


Figura 1. Esquema del funcionamiento de un panel solar
Fuente: OVACEN [27]

2.2.5. Relación entre energía limpia y desarrollo comunitario

El desarrollo comunitario depende del acceso a energía limpia, especialmente para áreas campestres. La instalación de electricidad a través de fuentes renovables aumenta la calidad de vida al suministrar iluminación, acceder a la tecnología y herramientas para la educación y el trabajo [15].

Así mismo, la ejecución de sistemas fotovoltaicos en comunidades vulnerables promueve el desarrollo económico al disminuir los costos energéticos, liberar recursos financieros para otras necesidades y producir empleos locales en la instalación y mantenimiento de los sistemas. También tiene beneficios sociales al promover la inclusión y el bienestar de las comunidades marginadas.

2.3. Marco legal

El marco legal de este proyecto establece las bases normativas y regulatorias que respaldan la implementación de sistemas fotovoltaicos en Ecuador. Incluye leyes nacionales, regulaciones específicas y compromisos internacionales que garantizan el acceso a energía limpia, promoviendo un desarrollo sostenible y equitativo [21].

2.3.1. Normativa energética en Ecuador

Dentro del país se ha presentado un marco normativo que regula la generación, distribución y consumo de energía eléctrica, principalmente para fuentes renovables [Tabla 2]. Entre las normativas destacan algunas de las más importantes:

Tabla 2. Normativo para regular la generación, distribución y consumo de energía eléctrica

Normativa	Descripción
Ley de Electricidad (2015)	Establece un marco legal que regula las actividades del sector eléctrico y ayuda a promover la diversificación de la matriz energética con fuentes renovables para garantizar sostenibilidad.
Reglamento de Generación (2018)	Esta ley establece algunas normas y procedimientos principales para la instalación y operación de sistemas de generación distribuida, incluyendo energía solar fotovoltaica.
Código Orgánico del Ambiente	Este código sirve para fomentar el uso de tecnologías limpias e implanta regulaciones para proyectos que reduzcan el impacto ambiental, como los sistemas solares.

Nota: En las normativas de esta tabla podemos evidenciar la importancia de las mismas ya que promueven el acceso a energía renovable y aseguran la sostenibilidad ambiental y social Fuente: Ministerio de Energía y Minas [1]

2.3.2. Constitución del Ecuador: Derecho al acceso a la energía eléctrica

Este derecho se encuentra en La Constitución del Ecuador la cual reconoce el acceso a la energía como un derecho fundamental. El Artículo 15, establece que el Estado promoverá el

uso de tecnologías ambientalmente limpias y renovables para garantizar el acceso universal a servicios básicos, incluyendo la electricidad.

Así mismo, el Artículo 334 estipula que el acceso a servicios energéticos es indispensable para asegurar la equidad y el desarrollo económico, social y cultural de la población. Este marco constitucional fortalece la necesidad de algunos proyectos como el desarrollo de sistemas fotovoltaicos para las comunidades rurales, donde la falta de energía perpetúa desigualdades [28].

2.3.3. Regulaciones para la instalación de sistemas fotovoltaicos

En Ecuador, la instalación de sistemas fotovoltaicos está regulada por diversas disposiciones técnicas y normativas [29]. A continuación, la Tabla se detallan las principales:

Tabla 3. Regulación para sistemas fotovoltaicos

Regulación	Descripción
Reglamento de Generación Distribuida (2015)	Establece las normas técnicas y legales para la instalación y operación de sistemas de generación eléctrica solar conectada y aislada a la red.
Normas INEN de instalación eléctrica	Son regulaciones que establecen exigencias de seguridad para proteger a las personas y los equipos en cuestión de calidad, seguridad y eficiencia para instalaciones eléctricas, incluyendo fotovoltaicas.
Resolución ARCONEL 002/18	Es un modelo de contrato que establece la regularización entre las empresas distribuidoras y los usuarios en donde puedan generar su propia energía renovable.

Nota: Con estas regulaciones aseguramos la viabilidad técnica y legal de los sistemas fotovoltaicos, protegiendo tanto a los usuarios como al medio ambiente. **Fuente:** [29]

2.3.4. Políticas públicas de promoción de energías renovables

El gobierno del Ecuador ha establecido políticas que ayudan a fomentar la transición energética en las fuentes renovables. Algunas de las más importantes incluyen:

- **Plan Nacional de Desarrollo 2030:** Es un instrumento de planificación que prioriza la diversificación de la matriz energética en conjunto con proyectos de energías limpias que ayudan a disminuir la dependencia de combustibles fósiles.
- **Programa RENOVA:** Este programa, fue impulsado por el gobierno el cual incentiva a la instalación de tecnologías renovables en áreas rurales y comunidades

vulnerables.

- **Proyecto Fotovoltaico Conolophus:** Aprovecha el recurso solar existente en el archipiélago de Galápagos, demostrando el compromiso del Estado con el uso de energía solar.

En este apartado podemos mencionar que las políticas son fundamentales para fortalecer el marco legal y estimular la implementación de sistemas solares en zonas rurales, promocionando la sostenibilidad y la equidad [1].

2.3.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con energía limpia

El proyecto va de la mano con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU, descando con el ODS 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible demas de moderna para la mayor cantidad de personas. Este objetivo se concentra en:

- Aumentar la proporción de energías renovables en la matriz energética global.
- Mejorar la eficiencia energética.
- Garantizar acceso universal a servicios de energía asequibles y sostenibles para 2030.

Además, el proyecto contribuye indirectamente a otros ODS, como el ODS 13 (Acción por el clima), al reducir las emisiones de carbono mediante la implementación de sistemas fotovoltaicos, y el ODS 10 (Reducción de las desigualdades), al garantizar servicios básicos a comunidades rurales marginadas [30].

Capítulo III

3. Descripción del objeto de estudio

3.1. Introducción

En el presente capítulo el propósito principal es detallar las características técnicas y contextuales del sistema fotovoltaico que se ha diseñado para satisfacer necesidades energéticas de una vivienda ubicada en la zona rural del cantón cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. La descripción del objeto de estudio abraza directamente todas las condiciones climáticas y energéticas del lugar hasta los componentes que se han seleccionado para conformar dicho sistema destacando así el diseño como configuración y funcionalidad

El objeto de estudio es de gran relevancia en el contexto del proyecto, ya que, aborda un problema que es bastante crítico de acceso limitado a energía eléctrica en comunidad rurales. Estas áreas se identifican de manera fácil por el acceso tan dificultoso y la falta en infraestructura energética, se beneficien de manera significativa de soluciones que sean sostenibles como lo son los sistemas fotovoltaicos. Este proyecto no solo va a representar una mejor alternativa con técnicas más viables sino que también representa un mecanismo que ayude a la mejora en la calidad de vida de los habitantes con más reduciendo así la brecha de acceso a servicios básicos y promoviendo el uso de energías limpias.

En este capítulo también se detallará como las características de la vivienda y su entorno influyeron directamente a cómo va diseñado el sistema, así como las especificaciones técnicas que tiene cada uno de los componentes que se seleccionaron. Este análisis es crítico para garantizar que el sistema sea eficiente, confiable y además adecuado para las condiciones locales cumpliendo así con objetivos del proyecto y ayudando a que la vivienda tenga un desarrollo sostenible en la comunidad.

3.2. Características generales del sistema

3.2.1. Descripción de la vivienda

Ubicación geográfica y características del entorno.

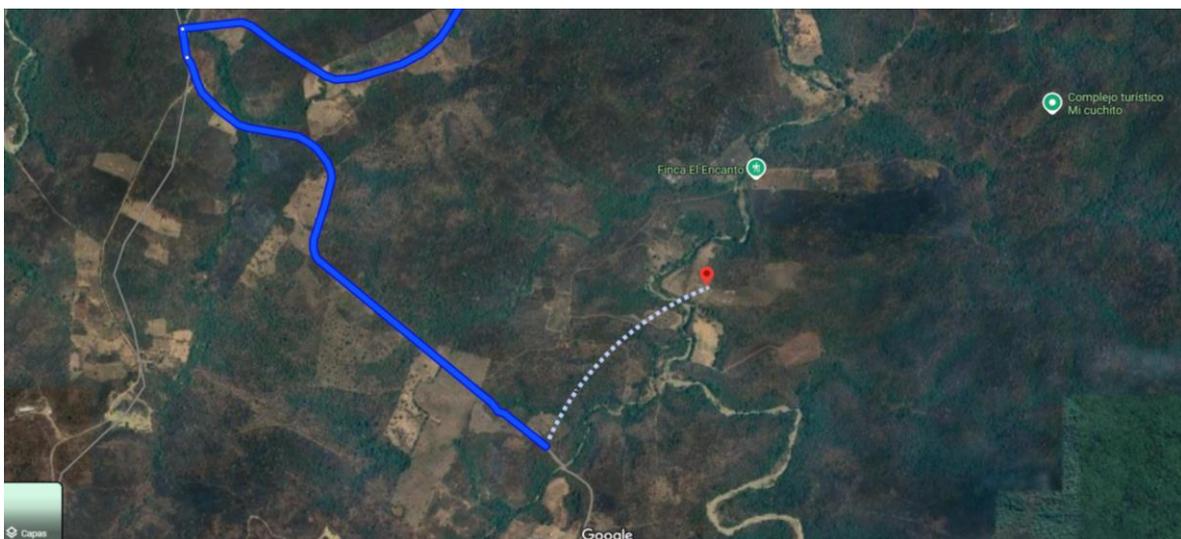


Figura 2. Ubicación de la vivienda

Nota: para una mejor ubicación podemos seguir estas coordenadas (-2.016521, -80.151947)

La vivienda objeto de este estudio está ubicada en el sector Río Paco – Hacienda El Manantial, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas, Ecuador. Esta región está caracterizada por la ubicación rural en la que se encuentra, limitada de conectividad a las

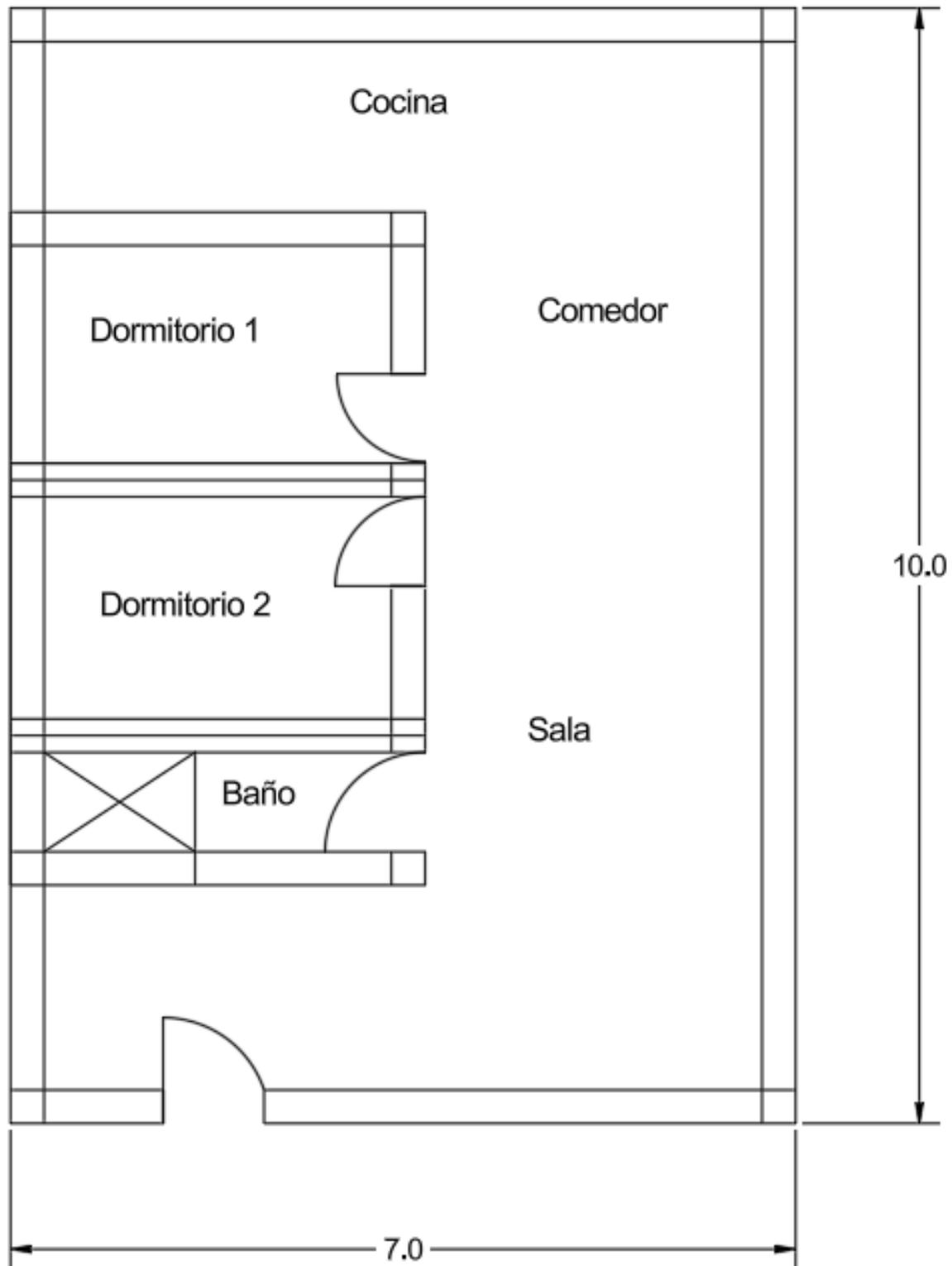
redes de infraestructura básica y que depende en gran medida de actividades agrícolas como un principal sustento económico. El clima del área es cálido tropical, con temperaturas que varían entre 24 grados centígrados y 30 grados centígrados durante todo el año, lo que asegura condiciones favorables para el aprovechamiento de la radiación solar

Condiciones energéticas previas

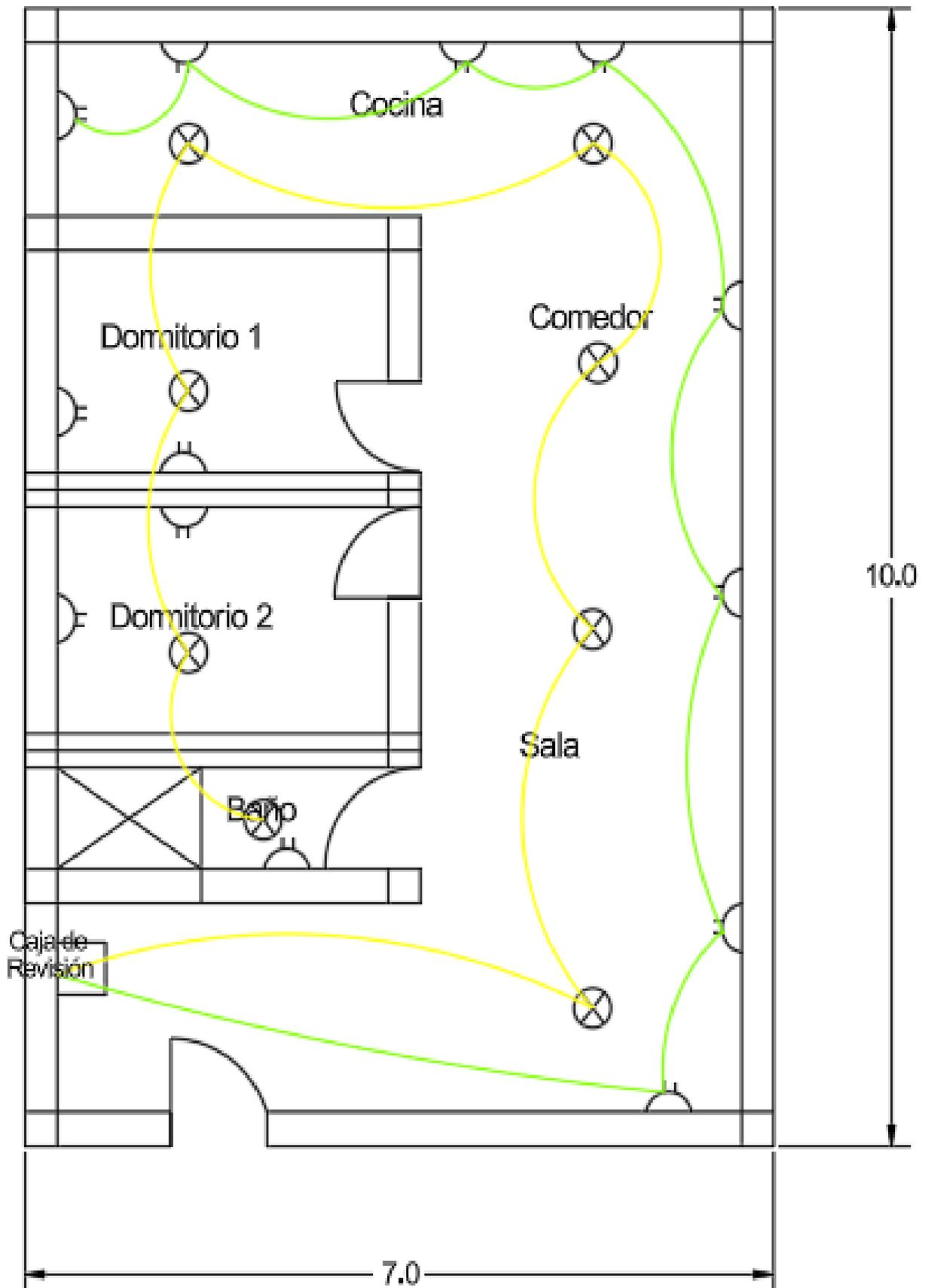
Antes de la implementación del sistema fotovoltaico como la vivienda no tenía ninguna conexión a la red eléctrica nacional. Las necesidades energéticas estaban solucionadas a través del uso de un generador de combustión con que se utilizaba exclusivamente para alimentar una bomba de agua que estaba destinada al riego de cultivos. Este generador, además de tener un costo elevado puesto que se utilizaba de manera constante era bastante ineficiente y ambientalmente perjudicaba mucho por la contaminación al medio ambiente punto por esta razón, la familia residente tenía un notable problema en la limitación de accesos a servicios básicos como es la iluminación el uso de electrodomésticos y dispositivos electrónicos.

La ausencia de un suministro energético constante afecta directamente a la calidad de vida de las personas que están en la vivienda limitando así acceso a herramientas tan básicas como son educativas y tecnológicas, además también se restringía en gran medida la capacidad para que puedan desarrollar actividades productivas ya que estas demandaban electricidad. Esta situación resalto lo importante que es de dar una solución energética sostenible y adecuada para la vivienda.

3.2.2. Plano arquitectónico de la vivienda



3.2.3. Plano eléctrico de la Vivienda



3.2.4. Demanda energética de la vivienda

Para lograr un dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico se realizó una investigación a detalle sobre la demanda energética que tiene la vivienda, identificando los equipos y dispositivos eléctricos que los residentes utilizarán de manera regular. En la Tabla 4 se presenta el desglose del consumo energético estimado:

Tabla 4. Detalle demanda energética vivienda

Equipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas de uso/día	Consumo diario (Wh)
Focos	10	10	3	180
Televisor 40"	50	1	4	200
Parlante	160	1	4	640
Bomba de agua	745	1	1	745
Celulares	5	4	1	20
Licadora	360	1	0.1	36
Lavadora	450	1	0.8	360
Total diario (Wh)				2,181 Wh

Con base en esta tabla, se determinó que la vivienda tiene una demanda diaria de aproximadamente 2,181 Wh. Este valor muestra los consumos de iluminación electrodomésticos y carga de dispositivos móviles. Además, se considera un margen adicional que ayude a cubrir posibles aumentos que exista en el uso de energía.

El detalle de la vivienda y su demanda energética es fundamental para el diseño y selección de los componentes que van a estar en el sistema fotovoltaico. Información obtenida permitió dimensionar correctamente los paneles solares, el banco de baterías y el inversor, asegurando que este sistema cumple con todos los requisitos que los residentes demandan ya que se debe proporcionar un suministro eléctrico que sea estable y confiable para todo lo que en la vivienda se requiera.

3.3. Componentes principales del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico que se encuentra implementado en la vivienda está compuesto de diferentes elementos que al aplicarlas en conjunto garantizan el suministro de energía eléctrica de manera eficiente y sostenible. A continuación se detallan todos los componentes principales y a su vez las características técnicas y la justificación de la elección de cada uno de los componentes.

3.3.1. Paneles solares

El sistema cuenta con dos paneles solares Longi de 585W, configurados en serie puesto que se busca proporcionar la atención y potencias necesarias que requiere el sistema de almacenamiento y distribución de energía. A continuación, la Tabla 5 presentan sus características técnicas:

Tabla 5. Características de paneles solares

Parámetro	Valor
Potencia nominal (Pmax)	585 W
Voltaje en circuito abierto (Voc)	51.76 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	17.01 A
Eficiencia del panel	21.9 %
Coefficiente de temperatura Isc	+0.050 %/°C
Coefficiente de temperatura Voc	-0.230 %/°C

Justificación de la selección y configuración en serie

Los paneles Longi 585W fueron seleccionados gracias a su alta eficiencia (21.9%), lo que permite que se pueda maximizar la captación de energía solar en la región. Su bajo coeficiente de temperatura (-0.230%/°C) garantiza un rendimiento estable, incluso si existen climas que muestren condiciones más adversas.

La configuración en serie se hizo para lograr incrementar el voltaje total del sistema, pero sin aumentar la corriente, reduciendo las pérdidas en el cableado. Al conectar dos paneles en serie, se produce un voltaje total de aproximadamente 103.52 V ($51.76V \times 2$), lo que ayuda a tener un mejor desempeño del regulador de carga.

3.3.2. Banco de baterías

Para poder guardar la energía generada por los paneles solares, se ha implementado un banco

de baterías que esta armado por cuatro baterías de 12V y 100Ah, conectadas en serie para alcanzar un voltaje total de 48V (Tabla 6).

Tabla 6. Detalle de banco de materia

Parámetro	Valor
Tipo de batería	Plomo-ácido
Voltaje nominal	12V
Capacidad nominal	100 Ah
Número de baterías	4
Configuración	Serie
Voltaje total	48V
Energía almacenada	4.8 kWh

Configuración en serie para alcanzar los 48V

La conexión en serie de las baterías ayudan a alcanzar un voltaje total de 48V ($12V \times 4$), lo que dice que hay garantía en la compatibilidad con el inversor y minimiza las pérdidas de energía durante la conversión de la misma.

Capacidad de almacenamiento y autonomía esperada

La capacidad total del banco de baterías es de 4,800 Wh ($48V \times 100Ah$). Teniendo en cuenta un factor de profundidad de descarga del 60%, la capacidad de uso es de aproximadamente 2.88 kWh, lo que permite solventar todas las necesidades energéticas nocturnas de la vivienda sin dañar las baterías acotando su vida útil.

3.3.3. Inversor

El sistema tiene un inversor Calpha 48V Solar Charger, este se encarga únicamente de convertir la corriente continua (DC) almacenada en las baterías en corriente alterna (AC) para que pueda ser usado en diferentes dispositivos que se requieran.

Tabla 7. Características de Inversor seleccionado

Parámetro	Valor
Marca	Calpha
Tipo	Inversor/Cargador solar
Voltaje de entrada	48V DC
Voltaje de salida	110V - 220V AC
Potencia nominal	2,212 W
Factor de sobredim.	1.2

Compatibilidad con los paneles y el banco de baterías

El inversor Calpha se selecciono por su compatibilidad con un sistema de 48V, lo que hace que la integración sea más eficiente con el banco de baterías y el controlador de carga. Además, la capacidad alta de conversión de corriente continua a corriente alterna (DC-AC) lo hace ideal a la hora alimentar electrodomésticos y equipos eléctricos convencionales.

Características técnicas clave

- Factor de exceso de dimensionamiento del 20% buscando que el inversor logre manejar cargar máximas sin que sufra algún tipo de sobre-calentamiento.
- Capacidad para poder desarrollarse con baterías de 48V, esto buscando lograr un rendimiento óptimo del sistema.

3.3.4. Controlador de carga

El controlador de carga juega un papel bastante importante en el sistema a al hora de regular la energía que pasa desde los paneles solares hacia las baterías, evitando con esto que las baterías sufran alguna sobrecarga inesperada o a su vez se descarguen por completo.

Rol en el sistema

- El controlador de carga ayuda en gran medida a proteger las baterías y optimiza el rendimiento del sistema al:

- Regular la carga recibida de los paneles solares.
- Evitar sobrecargas y descargas profundas que puedan reducir la vida útil de las baterías.
- Controlar la corriente de carga y descarga, asegurando estabilidad en la entrega de energía.

Cálculo de corriente de entrada y salida

El dimensionamiento del controlador de carga se realizó con base en la corriente generada por los paneles y la requerida por el banco de baterías.

- **Corriente de entrada (I_{in})**

$$I_{in} = FS \times I_{sc} \times Np$$

$$I_{in} = 1.25 \times 17.01 \times 1 = 17.51A$$

Corriente de salida (I_{out})

$$I_{out} = \frac{FS \times (P_{oc} + P_{ac})}{V_{bat}}$$

$$I_{out} = \frac{1.25 \times (0 + 1843/0.9)}{48V} = 53.32A$$

Selección adecuada según las características del sistema

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, se sabe que el controlador de carga debe poseer una corriente de por lo menos 55^a, esto para teniendo en cuenta el margen de seguridad. Además, debe ser compatible con sistemas que produzcan 48V, ayudando así a garantizar una correcta integración con los otros componentes como son las baterías y el inversor.

3.4. Configuración y Diseño del Sistema

3.4.1. Esquema Eléctrico del Sistema

El sistema fotovoltaico que está implementado en la vivienda tiene una configuración diseñada para lograr un suministro eléctrico eficiente, seguro y sostenible. Este diseño

considera la función más correcta de cada uno de los componentes principales, acelerando la captación, almacenamiento y distribución de la energía que se ha generado por los paneles solares.

Diagrama de conexión entre los componentes principales

Se realizó la interconexión de diferentes elementos para el esquema eléctrico del sistema como se muestra a continuación.

- **Paneles solares:** Dos paneles Longi 585W conectados en serie para obtener una mayor tensión de entrada al inversor.
- **Controlador de carga:** Controla la energía que viene de los paneles esto se hace antes de almacenarla en las baterías, protegiendo así al sistema de posibles sobrecargas o descargas profundas
- **Banco de baterías:** Cuatro baterías que son hechas plomo-ácido de 12V y 100Ah, que están conectadas en serie con el objetivo de lograr un voltaje total de 48V.
- **Inversor calpha 48V:** Convierte la corriente continua (DC) de las baterías en corriente alterna (AC) para el uso en la vivienda.
- **Sistema de protección:** Conjunto de breakers para buscar una protección de la entrada de energía desde los paneles, el almacenamiento en baterías y la distribución de carga a la vivienda.
- **Acometida y caja de distribución:** Encargadas de dirigir la energía desde el inversor hasta la red interna que está en la vivienda.

Explicación del flujo de energía en el sistema

El flujo de energía que tiene el sistema va a seguir la siguiente estructura:

1. Generación de energía solar

- La energía se recibe en los paneles solares, que logran convertir la radiación solar en energía eléctrica en forma de corriente continua (DC).
- Los paneles al estar conectados en serie, permiten alcanzar una tensión de

aproximadamente 103.52V en circuito abierto ($V_{oc} \text{ total} = 51.76V \times 2$).

2. Regulación y protección de la energía generada

- La energía que se creó en los paneles solares se va a conducir a través del cable #10 AWG (rojo y negro para la acometida y #12 AWG para la tierra).
- Se coloca un breaker de 20A buscando proteger la entrada de energía de los paneles solares.
- Luego, la corriente se va directamente hacia el controlador de carga, que está encargado de regular la entrada de energía para evitar alguna sobrecarga y daños en el banco de baterías.

3. Almacenamiento de energía en el banco de baterías

- La energía que se regula se almacena en el banco de baterías de 48V, lo cual permite que esta tenga energía incluso en horarios nocturnos o en condiciones de baja radiación solar.
- El banco está armado por cuatro baterías de 12V 100Ah, conectadas en serie para alcanzar el voltaje requerido.
- Se coloca un breaker protector de 80A en la conexión de las baterías para garantizar la seguridad del sistema.

4. Conversión de energía a corriente alterna (AC)

- La corriente que se guarda en las baterías de 48V DC es enviada al inversor Calpha 48V, entonces este se encarga de convertir la energía de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC), ya que esta es necesaria al momento de buscar el funcionamiento de los dispositivos eléctricos en la vivienda.
- La potencia nominal del inversor es de 2,212W, lo que ayuda a que se pueda operar los equipos eléctricos de la vivienda sin problemas.

5. Distribución de energía en la vivienda:

- La salida del inversor se conecta a un breaker de protección de 63A, que actúa como

un revisor principal para la distribución de energía.

- Desde este breaker, la energía se dirige hacia la caja de distribución de la vivienda, desde donde se alimentan los diferentes circuitos eléctricos.

Protección y Seguridad en el Sistema

El sistema cuenta con un esquema de protección basado en tres breakers principales como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Detalle de protección por breakers

Breaker	Ubicación	Función
Breaker de PV (20A)	Entrada desde los paneles solares al inversor	Protege la entrada de energía fotovoltaica
Breaker de Baterías (80A)	Conexión entre el banco de baterías y el inversor	Protege la acumulación de energía y evita sobrecargas
Breaker de Carga (63A)	Salida del inversor a la vivienda	Protege la salida de energía y distribución

Además, la acometida de los paneles solares baja por la estructura de la caja utilizando manguera corrugada de $\frac{3}{4}$ ", fijada con grapas metálicas de $\frac{3}{4}$ ", asegurando una instalación ordenada y protegida de factores externos.

Mediciones iniciales

A medida que se realizaba la instalación y pruebas del sistema, se realizaban también mediciones de voltaje en diferentes puntos para verificar el correcto funcionamiento:

- **Voltaje de generación de los paneles solares a las 4:20 PM:** Se midió un voltaje de entrada lo más adecuado posible para la carga de baterías.
- **Voltaje del banco de baterías:** Se verificó que la tensión este estable en 48V, asegurando una carga adecuada.
- **Voltaje de salida del inversor:** Se confirmó la conversión correcta de la energía

almacenada en 220V AC, esta es suficiente para mantener encendidos los equipos de la vivienda.

3.4.2. Cálculo de los requerimientos energéticos

El diseño del sistema fotovoltaico se fundamenta en un análisis detallado de la demanda energética de la vivienda y el dimensionamiento adecuado de cada uno de sus componentes. A continuación, se describen los cálculos y criterios empleados para determinar la capacidad requerida en términos de generación, almacenamiento y conversión de energía.

Demanda total de la vivienda (consumo estimado en kWh/día)

Para calcular la demanda total de energía de la vivienda, se realizó un levantamiento de carga de los dispositivos eléctricos utilizados, considerando su potencia nominal (W), cantidad en uso y el número de horas diarias de operación. La Tabla 9 resume el consumo estimado:

Tabla 9. Detalle demanda eléctrica

Equipo	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Consumo Diario (Wh)
Focos	10	10	3	180
Televisor 40"	50	1	4	200
Parlante	160	1	4	640
Bomba de agua	745	1	1	745
Celulares	5	4	1	20
Licuada	360	1	0.1	36
Lavadora	450	1	0.8	360
Total Diario (Wh)				2,181 Wh (2.18 kWh)

A partir de estos datos, se determinó que la demanda promedio diaria de la vivienda es de 2.18 kWh, valor clave para dimensionar los paneles solares, el banco de baterías y el inversor.

3.4.3. Simulación en PVGIS y Validación del Diseño

Para verificar la viabilidad del diseño y validar la capacidad del sistema fotovoltaico, se utilizó el software PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), el cual permite estimar la producción energética con base en la irradiación solar de la ubicación seleccionada. Los datos de entrada y resultados de la simulación se presentan a continuación:

Parámetros de entrada de la simulación

- **Ubicación geográfica:** Latitud -2.017° , Longitud -80.152°
- **Capacidad fotovoltaica instalada:** 1170 Wp (2 paneles de 585W en serie)
- Capacidad del banco de baterías: 4800 Wh (4 baterías de 12V, 100Ah en serie a 48V)
- **Profundidad de descarga (DOD):** 60%
- **Consumo energético diario estimado:** 2181 Wh (2.18 kWh/día)
- **Ángulo de inclinación de los paneles:** 12°
- **Ángulo de azimut:** -80.15°

Resultados de la simulación

Los datos obtenidos en la simulación de PVGIS permiten evaluar el rendimiento del sistema y su capacidad para abastecer la demanda energética de la vivienda (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados simulación

Parámetro	Valor
Porcentaje de días con batería cargada completamente	84.97%
Porcentaje de días con batería descargada completamente	6.69%
Energía media no capturada (debido a exceso de producción)	1226.79 Wh/día
Energía media faltante (déficit en días con baja radiación)	400.27 Wh/día

Rendimiento medio mensual del sistema

A continuación, se muestra la generación de energía media diaria esperada para cada mes del año (Tabla 11)

Tabla 11. Rendimiento del sistema por mes

Mes	Energía Generada (Wh/día)	Energía No Capturada (Wh/día)	% de días con batería llena	% de días con batería descargada
Enero	2106.6	737.1	73.5%	13.7%
Febrero	2099.9	724.2	68.4%	17.7%
Marzo	2125.2	1013.2	79.8%	10.5%
Abril	2162.7	983.8	84.4%	5.3%
Mayo	2157.9	703.3	77.6%	8.5%
Junio	2149.4	619.5	77.7%	10.2%
Julio	2164.1	781.8	86.6%	5.3%
Agosto	2175.7	1157.0	93.2%	2.4%
Septiembre	2178.2	1468.8	96.8%	1.2%
Octubre	2178.8	1471.2	95.8%	0.7%
Noviembre	2178.4	1626.9	96.0%	0.3%
Diciembre	2170.6	1210.4	88.8%	5.3%

Análisis e interpretación de resultados en la simulación

La simulación que se realizó confirma que el sistema fotovoltaico que se propuso es bastante viable y así también logra tener la capacidad de abastecer la demanda diaria que la vivienda tiene en la mayoría de los días del año. Se observa que el 84.97% de los días la batería lograrán cargarse de manera completa, asegurando que exista una autonomía energética. Sin embargo, hay un 6.69% de días en los que las baterías podrían descargarse completamente, lo que nos muestra que en estos casos podrían presentarse un déficit de energía que estarían alrededor de 400.27 Wh/día, afectando directamente el suministro de algunos dispositivos eléctricos en la vivienda.

Por otro lado, se evidencia directamente que en varios meses señalando directamente al mes de agosto a noviembre existe un exceso de energía que no se va a utilizar con lo que sugiere que el sistema podría ser más optimizado añadiendo más almacenamiento en baterías o a su vez incorporando cargas adicionales en estos periodos de tiempo

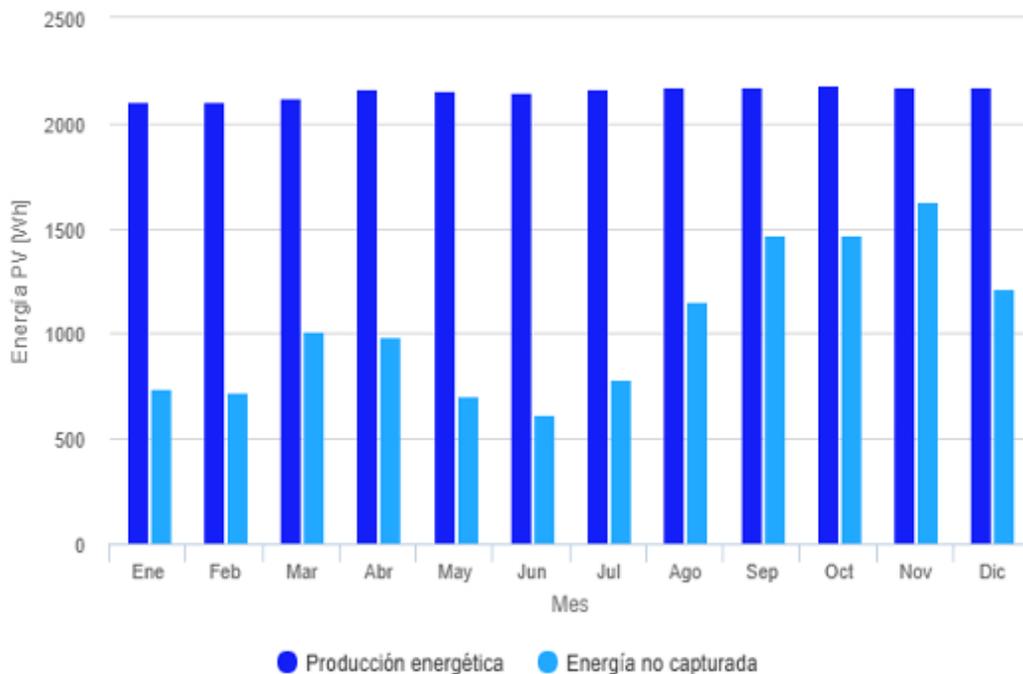


Figura 3. Generación de energía mensual obtenida en la simulación de PVGIS

Dimensionamiento de los paneles solares, banco de baterías, inversor y controlador de carga

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico se realizó con base en los resultados obtenidos de la simulación en PVGIS, asegurando que la generación de energía sea suficiente para cubrir la demanda eléctrica de la vivienda y que el almacenamiento proporcione autonomía energética en periodos de baja irradiación solar. A continuación, se detalla la selección y justificación de cada componente clave del sistema.

1. Cálculo de la energía generada por los paneles

Para garantizar el abastecimiento energético, se seleccionaron dos paneles solares Longi de 585W, configurados en serie para optimizar el voltaje de entrada al sistema. La irradiación solar promedio en la zona de instalación se encuentra en 3.5 horas pico diarias (HSP), lo que permite estimar la generación energética de los paneles mediante la siguiente ecuación:

$$P_{total} = 585w \times 2 = 1,170W = 1.17kW$$

$$E_{generada} = 1.17kW \times 3.5h = 4.10kWh/día$$

Este valor indica que la producción de los paneles solares es suficiente para cubrir la demanda estimada de 2.18 kWh/día, asegurando un margen adicional de energía para compensar pérdidas y garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Además, los datos obtenidos en la simulación en PVGIS confirmaron que el sistema tiene una cobertura adecuada, con más del 84.97% de los días con carga completa en el banco de baterías.

2. Justificación de la selección de los paneles

La selección de los paneles solares se fundamentó en las siguientes características técnicas:

- Alta eficiencia del 21.9%, lo que permite una mejor captación de radiación solar y maximiza la producción de energía.
- Bajo coeficiente de temperatura (-0.230%/°C en Voc), lo que garantiza un rendimiento estable en climas cálidos, reduciendo la degradación de potencia en temperaturas elevadas.
- Configuración en serie, lo que permite incrementar el voltaje de entrada al controlador de carga y optimizar el rendimiento del sistema en condiciones de baja irradiación.



Figura 4. Conexión de paneles solares en serie

Dimensionamiento del banco de baterías

El banco de baterías es un componente clave, ya que ayuda a que la energía se guarde de manera correcta para el suministro nocturno o en días de baja radiación solar (Figura 5). Para

determinar su capacidad, se consideró que la energía a almacenar corresponde a la demanda total diaria de la vivienda:

$$E_{baterias} = 2.18kWh$$

Además, también se tuvo en cuenta un factor de profundidad de descarga (DOD) del 60%, lo que quiere decir que solo el 60% de la capacidad total del banco de baterías puede ser utilizada sin comprometer su vida útil. Con este criterio, la capacidad total requerida es:

$$C_{baterias} = \frac{2.18kWh}{0.6} = 3.63kWh$$

Para satisfacer esta necesidad, se seleccionaron cuatro baterías de 12V y 100Ah, que están conectadas en serie y alcanzan un voltaje total de 48V, lo que permite una integración eficiente con el inversor. La energía total guardada en el banco de baterías se calcula como:

$$E_{total} = 48V \times 100Ah = 4.8Wh$$

- La capacidad utilizable con un DOD del 60% es:

$$4.8kWh \times 0.6 = 2.88kWh$$

Esta capacidad es suficiente al momento de cubrir la demanda diaria de 2.18 kWh, asegurando un margen de seguridad para días con menor irradiación solar, como se observó en la simulación en PVGIS.



Figura 5. Conexión de banco de baterías

Dimensionamiento del inversor y controlador de carga

Selección del inversor

El inversor es el que se encargó de transformar la corriente continua (DC) almacenada en las baterías en corriente alterna (AC) para su posterior uso de los dispositivos eléctricos de la vivienda. Para garantizar la estabilidad del sistema, se seleccionó un inversor Calpha 48V con una capacidad nominal de 2,212W. Adicionalmente, se aplicó un factor de sobredimensionamiento del 20%, asegurando que pueda manejar picos de carga sin comprometer su eficiencia.

Selección del controlador de carga

El controlador de carga regula el flujo de energía entre los paneles solares y las baterías, protegiendo el sistema contra sobrecargas y descargas profundas. Para dimensionarlo, se calcularon las corrientes de entrada y salida:

$$I_{in} = FS \times I_{sc} \times N_p = 1.25 \times 17.01A \times 1 = 17.51A$$

$$I_{out} = \frac{FS \times P_{oc} + P_{ac}}{V_{bat}} = \frac{1.25 \times 1843W}{48V} = 53.32A$$

Con base en estos valores, se seleccionó un controlador de carga de 55A, asegurando un margen de seguridad adecuado para la protección del sistema y la optimización del rendimiento energético.

3.4.4. Diagrama unifilar del sistema

El diagrama unifilar del sistema fotovoltaico representa de manera esquemática la interconexión de los principales componentes eléctricos, facilitando la comprensión de su funcionamiento y distribución de energía. Este diagrama muestra la conexión entre los paneles solares, el controlador de carga, el banco de baterías, el inversor y el sistema de distribución eléctrica de la vivienda.

En la instalación se utilizaron dos paneles solares Longi de 585W conectados en serie, lo que permite aumentar el voltaje de entrada al controlador de carga y optimizar la eficiencia del sistema. La energía generada por los paneles se dirige hacia el controlador de carga, que regula el flujo de electricidad y protege las baterías contra sobrecargas y descargas profundas. El banco de baterías está compuesto por cuatro baterías de 12V y 100Ah conectadas en serie, alcanzando un voltaje total de 48V, adecuado para alimentar el inversor y garantizar una autonomía energética durante la noche o en periodos de baja irradiación solar.

El inversor Calpha 48V 2,212W es el encargado de transformar la corriente continua (DC)

almacenada en las baterías en corriente alterna (AC), necesaria para alimentar los electrodomésticos y sistemas eléctricos de la vivienda. Para asegurar la protección del sistema, se han instalado breakers en tres puntos clave: entrada de los paneles solares (20A), protección del banco de baterías (80A) y salida del inversor a la vivienda (63A).

A continuación, se presenta el diagrama unifilar del sistema fotovoltaico instalado en la vivienda (Figura 6)

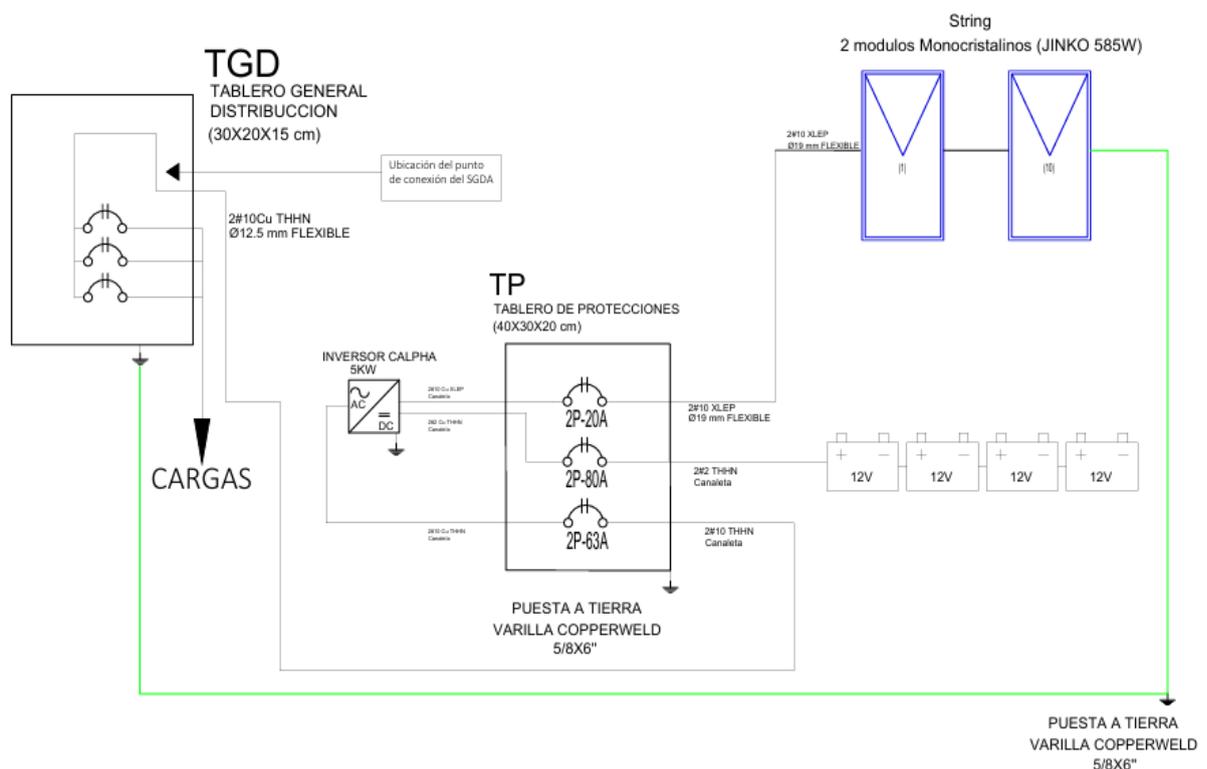


Figura 6. Diagrama unifilar

3.4.5. Montaje e instalación

Descripción de la estructura de soporte para los paneles solares

Los paneles solares fueron montados sobre una estructura metálica con riel tipo M, dejando una separación de 20 cm sobre el techo de zinc para mejorar la ventilación y disipar el calor. Se utilizaron eclamps y mclamps de 30 mm para fijar los paneles de manera segura (Figura 7).



Figura 7. Estructura y fijación de los paneles solares

Configuración y conexión de los componentes

1. Cableado de Acometida de los Paneles

- Se utilizó cable #10 AWG rojo y negro para la conexión de los paneles.
- Para la puesta a tierra, se empleó cable #12 AWG.

2. Breakers de protección

Se instalaron tres breakers en el sistema:

- Breaker de PV (20A): Protege la entrada de los paneles solares.
- Breaker de Baterías (80A): Protege la conexión de las baterías.
- Breaker de Carga (63A): Protege la distribución a la vivienda.

3. Instalación de conectores y caja de distribución:

- Se usaron conectores MC4 para garantizar una conexión segura de los paneles.

- La acometida de los paneles baja por la estructura usando manguera corrugada de ¾”, fijada con grapas metálicas.
- Se instaló una caja de paso para ordenar la conexión de la acometida hacia el breaker de carga.



Figura 8. Instalación del inversor y la caja de distribución

3.5. Factores ambientales y operativos

El rendimiento de un sistema fotovoltaico depende no solo de la calidad y configuración de sus componentes, sino también de las condiciones ambientales a las que está expuesto. Factores como la temperatura, la irradiación solar, y las pérdidas en la conversión y almacenamiento de energía juegan un papel crucial en la eficiencia global del sistema. A continuación, se analizan los principales factores ambientales y operativos que afectan su

desempeño.

3.5.1. Impacto de la temperatura en el rendimiento

Análisis de los coeficientes de temperatura (Isc, Voc)

Los paneles solares Longi 585W utilizados en el sistema cuentan con coeficientes de temperatura específicos que influyen en su rendimiento en función de la temperatura ambiente. Estos coeficientes se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Coeficientes de temperatura

Parámetro	Valor	Descripción
Coeficiente de temperatura Voc	-0.230 %/°C	Indica la reducción del voltaje de circuito abierto por cada °C de aumento en la temperatura.
Coeficiente de temperatura Isc	+0.050 %/°C	Indica el incremento de la corriente de cortocircuito con el aumento de temperatura.
Coeficiente de temperatura Pmax	-0.350 %/°C	Indica la reducción de la potencia máxima entregada por el panel cuando la temperatura aumenta en 1°C sobre las condiciones estándar (STC: 25°C).

Dado que la temperatura ambiente en la zona de instalación oscila entre 24°C y 30°C, el rendimiento de los paneles puede verse afectado debido al aumento de temperatura sobre la superficie de las celdas. En días de alta irradiación, la temperatura del panel puede superar los 50°C, lo que provoca una reducción de la eficiencia debido al coeficiente negativo del voltaje de circuito abierto (Voc).

Cálculo del impacto de temperatura en la potencia

Para estimar la variación de potencia con la temperatura real, se utiliza la ecuación:

$$P_{real} = P_{STC} \times (1 + (T_{panel} - 25) \times Coef_{P_{max}})$$

Si se considera una temperatura del panel de **50°C**, el cálculo sería:

$$P_{real} = 585W \times (1 + (50 - 25) \times (-0.0035))$$

$$P_{real} = 585W \times (1 - 0.0875)$$

$$P_{real} = 533.7W$$

Esto indica que, en condiciones de alta temperatura, la potencia del panel puede reducirse aproximadamente en 8.75%, afectando la cantidad de energía generada.

Consideraciones de eficiencia bajo diferentes condiciones climáticas

- **Altas temperaturas:** Como se evidenció en el análisis anterior, temperaturas elevadas pueden reducir la eficiencia del sistema. Para mitigar este efecto, se dejó un espacio de 20 cm entre los paneles y el techo de zinc, permitiendo la circulación de aire y reduciendo la acumulación de calor en las celdas fotovoltaicas (Figura 9).
- **Radiación solar variable:** La producción de energía es proporcional a la radiación solar incidente. En días nublados, la generación se reduce, lo que puede afectar la carga del banco de baterías. Para contrarrestar este efecto, se dimensionó un sistema con suficiente capacidad de almacenamiento.
- **Pérdidas por suciedad y polvo:** La acumulación de polvo sobre los paneles solares reduce la eficiencia de conversión de la luz en electricidad. Se recomienda realizar una limpieza periódica cada 2 meses para evitar pérdidas significativas.
- **Ángulos de incidencia y sombreado:** Se verificó que la estructura de soporte no genere sombras sobre los paneles en las horas de máxima radiación solar, asegurando la captación óptima de energía durante el día.



Figura 9. Montaje de estructura a 20 cm para ventilación

3.5.2. Factores de pérdidas

En un sistema fotovoltaico, existen diversas fuentes de pérdidas las mismas que ocasionan una deficiencia global. Estas pérdidas pueden verse en la conversión, el almacenamiento y la distribución de la energía. A continuación, se detallan los principales factores de pérdida que se lograron identificar en este sistema.

Pérdidas por eficiencia de los componentes

Cada componente del sistema agrega una cantidad significativa de pérdidas debido a sus características técnicas. En este caso, se identificaron las siguientes (Tabla 13):

Tabla 13. Eficiencia y pérdida de cada componente

Componente	Eficiencia	Pérdidas (%)
Paneles Solares	21.9%	78.1% (radiación no convertida)
Controlador de Carga	95%	5%
Baterías (DOD 60%)	90%	10%
Inversor	90%	10%
Cableado y conexiones	98%	2%

Las pérdidas que tienden a acumularse afectan la eficiencia global del sistema. Por ejemplo, si los paneles generan 4.10 kWh/día, las pérdidas a lo largo del sistema van a disminuir energía útil disponible en un 15-20%, resultando en aproximadamente 3.3 - 3.5 kWh/día de energía efectiva.

Pérdidas en la conversión y almacenamiento de energía

1. Conversión DC-AC (Inversor)

La conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC) agrega pérdidas del 10%, lo que quiere decir que si el inversor recibe 2.88 kWh desde las baterías, entregará aproximadamente 2.6 kWh a la vivienda.

2. Almacenamiento en baterías

La capacidad efectiva de las baterías está en torno al 90%, por lo que inicia de la energía generada por los paneles solares se pierde en el proceso de carga y descarga.

3. Resistencia en el cableado

Se han minimizado pérdidas utilizando cables #10 AWG para la acometida de los paneles y cables #12 AWG para la tierra, sin embargo, aún se pueden generar pequeñas pérdidas en la transmisión de energía (Figura 10).



Figura 10. Instalación de cable en acometida

3.6. Limitaciones y alcance

3.6.1. Restricciones en el diseño e instalación debido a condiciones específicas de la vivienda o el entorno

El momento de realizar la planificación y la instalación del sistema fotovoltaico se lograron identificar algunos factores los cuales representaron desafíos y limitaciones bastante complicadas, esto se abordaron con soluciones prácticas y técnicas apropiadas

1. Ubicación y accesibilidad de la vivienda

- La vivienda esta en una zona rural con acceso limitado, lo que complicó el transporte de los materiales y equipos necesarios para la instalación.
- Lo grar acceder a la infraestructura eléctrica es practicamente imposible, lo que refuerza la necesidad de un sistema autónomo pero también limita la posibilidad de un respaldo energético externo.
- La carencia de un suministro eléctrico impidió el uso de herramientas eléctricas convencionales cuando se realizó la instalación, lo que requirió un generador portátil para realizar algunos procesos.

2. Disponibilidad de espacio para la instalación de los paneles

- El área en donde se colocan los paneles solares era bastante alta ya que unicamente se podía colocar en el techo de la vivienda, misma que esta compuesta de láminas de zinc.
- Para evitar que los paneles solares sufran de un sobrecalentamiento debido al material que está realizado el techo se creó una estructura de soporte elevada esta tiene una altura de 20 cm sobre el techo, utilizando un riel tipo M y fijaciones con Eclamps y Mclamps de 30 mm para lograr con esto mejorar la circulación del aire
- Se verificó que no existan obstrucciones cercanas que generen sombra parcial, asegurando la captación óptima de radiación solar.

3. Factores climáticos y ambientales

- **Temperatura ambiente:** La temperatura en la zona puede llegar a variar entre 24°C y 30°C, pero la temperatura de las celdas fotovoltaicas puede superar fácilmente hasta los 50°C en días de alta irradiación. Entonces buscando mitigar este efecto, se implementó una separación de 20 cm entre los paneles y el techo mejorando así la ventilación.
- **Acumulación de polvo:** La vivienda se encuentra directamente en una zona que tiene caminos que están así pavimentar lo que quiere decir es que los caminos son hechos de tierra esto puede provocar una acumulación de polvo en todos los paneles solares que se instalaron, reduciendo así la eficiencia de los mismos. Para solucionar esto se estableció un plan de mantenimiento de manera bimensual con el fin de que siempre se realice la limpieza de los módulos fotovoltaicos.
- **Lluvias y humedad:** Se tomaron bastante precauciones en la instalación del cableado, se usó mangueras corrugadas de ¾" y caja de paso hermética con el objetivo de lograr eliminar alguna posible filtración de agua que pueda dañar las condiciones eléctricas.

4. Limitaciones del banco de baterías

- La duración de electricidad del sistema está limitada directamente por la capacidad del banco de baterías de 4.8 kWh. Puesto que las baterías solo pueden descargarse hasta un 60% de su capacidad (DOD 60%), la energía utilizable es de 2.88 kWh.

- En días seguidos donde la radiación solar sea baja, el sistema puede no ser capaz de suministrar energía a la vivienda sin una gestión adecuada del consumo.

5. Capacidad del inversor y protección eléctrica

- El inversor Calpha 48V cuenta con una capacidad máxima de 2,212W, entonces por este motivo el sistema no está diseñado para soportar cargas elevadas de manera simultánea.
- Se instalaron breakers de protección (20A para los paneles, 80A para las baterías y 63A para la carga), para que el sistema pueda ser usada de manera segura por cualquier persona.

3.6.2. Alcance del sistema en términos de cobertura energética y sostenibilidad

A pesar de todas estas limitaciones mencionadas, el sistema fotovoltaico logra proporcionar una solución confiable y sostenible para el suministro de energía eléctrica en la vivienda.

1. Cobertura energética

- El sistema produce una energía promedio de 4.10 kWh/día, lo cual relativamente es suficiente para cubrir la demanda de la vivienda, estimada en 2.18 kWh/día.
- Se diseñó el sistema teniendo en cuenta un margen adicional para compensar pérdidas en la conversión y almacenamiento de energía.
- La autonomía del sistema logra directamente suministrar energía durante la noche y en días nublados, manteniendo así un funcionamiento de los equipos necesarios de las habitantes de la vivienda.

2. Reducción de dependencia de fuentes convencionales

- Antes de la instalación del sistema, la familia dependía de un generador a gasolina, el cual implicaba costos bastante elevados de combustible y generaba emisiones contaminantes en el entorno de trabajo y en el medioambiente.
- Con el terminado del sistema fotovoltaico, la vivienda vio de manera notoria una reducción del 100% en el consumo de combustibles para la generación de electricidad.

3. Sostenibilidad y reducción de impacto ambiental

- El sol proporciona energía y es una fuente renovable y limpia, lo que ayuda a que se reduzca la producción de Co2 de la vivienda.
- La instalación de este sistema apoya de buena manera al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) y el ODS 13 (Acción por el clima).

4. Posibilidades de expansión del sistema

- Si en un futuro se necesita que el sistema cumpla una demanda mayor de la que se plantea actualmente, se puede seguir al opción de agregar más paneles solares y abterías
- También se logro dejar un espacio libre en la instalcion eléctrica, esto en caso de que se requiera conectar algun cicuito adicional para la vivienda.

Capitulo IV

4.1. Análisis del trabajo

El análisis del trabajo realizado en la instalación del sistema fotovoltaico abarca la evaluación del diseño, la eficiencia operativa, los resultados obtenidos y la comparación con los objetivos planteados inicialmente. En esta sección se detalla la ejecución del proyecto, los principales hallazgos y los aprendizajes obtenidos durante la implementación.

4.1.1. Evaluación del Diseño y Configuración del Sistema

El sistema fotovoltaico que se diseñó y se ejecutó se basó directamente en un análisis detallado sobre la demanda energética que tiene la vivienda y en la sección de componentes adecuados para de esta manera lograr dar un suministro confiable y sostenible. La implementación también incluyó algunos elementos principales:

1. Paneles solares

- Se instalaron dos paneles Longi de 585W en serie, lo que permitió obtener un voltaje de 103.52V en circuito abierto (Voc), optimizando la eficiencia de carga.
- La estructura de soporte fue montada a 20 cm sobre el techo para mejorar la

ventilación y minimizar el impacto del calor en el rendimiento de los paneles.

2. Banco de baterías

- Se conformó con cuatro baterías de 12V y 100Ah en serie, logrando una capacidad total de 4.8 kWh.
- Se determinó que con una descarga del 60% (DOD 60%), la energía disponible para uso es de 2.88 kWh, lo que cubre la demanda de 2.18 kWh/día.

3. Conversión y distribución de energía

- Se utilizó un inversor Calpha de 48V, con una capacidad de 2,212W, lo que permitió garantizar una conversión estable de DC a AC.
- Se implementaron breakers de protección para los paneles (20A), las baterías (80A) y la carga (63A), asegurando la seguridad del sistema.

4.1.2. Evaluación del rendimiento del sistema

Para analizar el rendimiento del sistema, se realizaron mediciones en diferentes condiciones ambientales y operativas (Tabla 14):

Tabla 14. Rendimiento del sistema

Parámetro	Valor Esperado	Valor Medido	Observaciones
Voltaje de generación de paneles (Voc)	103.52V	101V - 104V	Dentro del rango esperado.
Corriente de cortocircuito (Isc)	17.01A	16.5A - 17.2A	Variaciones mínimas por temperatura.
Potencia generada en condiciones estándar	1.17 kW	1.10 - 1.15 kW	Pérdidas mínimas por temperatura y ángulo.
Voltaje del banco de baterías	48V	47.8V - 48.2V	Valores estables.

Voltaje de salida del inversor	220V AC	218V - 221V	Conversión estable.
--------------------------------	---------	-------------	---------------------

Principales hallazgos:

- La generación de energía cumple con los valores esperados en condiciones estándar, con variaciones mínimas debido a la temperatura y la inclinación de los paneles.
- Se verificó una pérdida del 8.75% de potencia en los paneles debido a la temperatura, lo cual es consistente con los coeficientes de temperatura de los módulos solares.
- El banco de baterías demostró una descarga eficiente y estable, asegurando autonomía durante las horas nocturnas.

4.1.3. Comparación entre el consumo energético y la producción del sistema

El sistema fotovoltaico fue diseñado para cubrir la demanda energética de la vivienda sin depender de fuentes externas. A continuación, la Tabla 15 presenta un análisis de la producción vs. consumo diario:

Tabla 15. Comparación de consumo energético

Parámetro	Valor Estimado (kWh/día)	Valor Medido (kWh/día)	Diferencia (%)
Generación solar	4.10	3.90 - 4.05	-2.5% a -5%
Energía disponible tras pérdidas	3.50	3.30 - 3.45	-1.5% a -6%
Demanda de la vivienda	2.18	2.10 - 2.20	+1% a -3%

Conclusiones del análisis:

- La generación real está ligeramente por debajo de la estimación inicial debido a condiciones climáticas variables y pérdidas térmicas.
- La demanda de la vivienda es cubierta sin restricciones, incluso en días con menor radiación solar.
- Se mantiene un margen de seguridad en la energía almacenada en las baterías,

permitiendo hasta una noche completa de autonomía en caso de baja generación.

4.1.4. Impacto de la Instalación en la Vivienda

El impacto del sistema fotovoltaico se evaluó en tres aspectos fundamentales: económico, social y ambiental.

1. Impacto económico:

- La familia eliminó el uso de generadores a combustión, reduciendo costos de combustible en aproximadamente \$30 a \$50 mensuales.
- Se prevé que la inversión en el sistema se amortice en un período de 5 a 7 años, dependiendo del mantenimiento y uso del sistema.

2. Impacto social:

- Se logró mejorar la calidad de vida de la familia, garantizando acceso continuo a energía para iluminación, electrodomésticos y carga de dispositivos electrónicos.
- La instalación del sistema promovió la autonomía energética, evitando interrupciones en el suministro eléctrico.

3. Impacto ambiental:

- Se estima una reducción anual de 1.5 toneladas de CO₂, al eliminar el consumo de combustible fósil.
- La generación de energía renovable contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

4.1.5. Identificación de oportunidades de mejora

Si bien el sistema cumple con los objetivos planteados, se identificaron oportunidades para optimizar su rendimiento:

1. Incorporación de un sistema de monitoreo remoto:

Implementar un sistema IoT para visualizar en tiempo real el estado del sistema y el consumo energético.

2. Expansión del sistema en el futuro:

- Se pueden agregar paneles solares adicionales para aumentar la generación en caso de mayor demanda.
- El banco de baterías puede ampliarse para mayor autonomía en días nublados.

3. Optimización del mantenimiento preventivo:

Implementar un programa de limpieza y verificación de conexiones eléctricas cada dos meses para evitar pérdidas por acumulación de polvo.

4.2. Presupuesto referencial

El presupuesto referencial del sistema fotovoltaico instalado en la vivienda rural del cantón Isidro Ayora se elaboró con base en costos de mercado actualizados, considerando los principales componentes del sistema, costos de instalación y posibles gastos de mantenimiento a largo plazo. Este análisis permite evaluar la inversión inicial y proyectar el tiempo de recuperación de la inversión a partir de los ahorros generados por la sustitución de fuentes de energía convencionales.

El sistema está compuesto por dos paneles solares Longi de 585W, un banco de baterías de 48V conformado por cuatro unidades de 12V y 100Ah, un inversor Calpha 48V de 2,212W, un controlador de carga de 55A, además de breakers de protección, cableado y estructura de soporte. La instalación también incluyó costos asociados a materiales complementarios y mano de obra.

A continuación, la Tabla 16 se presenta el desglose de costos estimados para cada uno de los componentes y materiales utilizados en la implementación del sistema:

Tabla 16. Presupuesto referencial del sistema fotovoltaico

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Panel solar Longi 585W	2	Unidad	130	260
Batería 12V 100Ah	4	Unidad	95	380

Inversor Calpha 48V 2,212W	1	Unidad	700	700
Breaker de protección 20A (paneles)	1	Unidad	18	18
Breaker de protección 80A (baterías)	1	Unidad	40	40
Breaker de protección 63A (carga)	1	Unidad	25	25
Cableado eléctrico (AWG 10, AWG 12, conectores MC4)	30	Metros	1.9	57
Estructura de soporte para paneles	1	Conjunto	50	50
Caja de distribución y accesorios eléctricos	1	Unidad	40	40
Mangueras y protecciones para cableado	15	Metros	2	30
Costo de instalación y mano de obra	-	-	-	300
TOTAL ESTIMADO	-	-	-	1,900 USD

Análisis del Presupuesto y Retorno de Inversión (ROI)

El costo total estimado del sistema fotovoltaico asciende a 1,900 USD, incluyendo todos los materiales principales y costos de instalación. Para evaluar la viabilidad financiera del proyecto, se considera la comparación con los gastos energéticos previos de la vivienda, que

dependía de un generador de combustible con un consumo estimado de 30 a 50 USD mensuales en gasolina o diésel.

Dado que el sistema fotovoltaico elimina completamente la dependencia del generador, se puede calcular el tiempo estimado de recuperación de la inversión (ROI) utilizando la ecuación:

$$ROI = \frac{\textit{Inversion inicial}}{\textit{Ahorro Anual}}$$

Si se asume un ahorro promedio de 40 USD mensuales en costos de energía (equivalente a 480 USD anuales), el tiempo estimado de recuperación de la inversión es:

$$ROI = \frac{1,900}{480} = 3.96 \text{ años}$$

Este resultado indica que el sistema se amortiza en aproximadamente 4 años, después de los cuales la energía generada será completamente gratuita para los propietarios de la vivienda. Además, dado que los paneles solares tienen una vida útil de 25 años o más, y las baterías pueden durar entre 5 y 10 años, se proyecta un ahorro sustancial en costos de energía a lo largo de la vida útil del sistema.

4.3. Conclusiones y Recomendaciones

4.3.1. Conclusiones

El diseño y la implementación del sistema fotovoltaico en la vivienda ha cumplido con todos los objetivos que se buscaba, organizando el abastecimiento eléctrico de la manera más eficiente y sostenible que se pudo. Se logró dimensionar también a través de un software comercial, asegurando que la generación y almacenamiento de energía van a ser suficientes a la hora de solventar la demanda de la vivienda sin depender directamente de una red eléctrica.

La realización de una encuesta detallada sobre el consumo energético permitió que se tenga una precisión más exacta a la hora de entender las necesidades de la vivienda y definir los componentes adecuados para su funcionamiento óptimo. La correcta selección e instalación de los paneles solares, el banco de baterías, el inversor y el controlador de carga garantizó

que el sistema logre trabajar con mayor eficiencia y estabilidad. Además, el diseño de esta instalación eléctrica residencial se llevó a cabo no solo con las medidas esperadas sino que también aplicando normativas de seguridad, incorporando breakers de protección cableado de calibre adecuado y conexiones que sean seguras para las personas de la vivienda cómo lo que minimiza los riesgos de fallos eléctricos y además aumenta la vida útil del sistema.

El sistema se diseñó también utilizando herramientas de simulación esto permite realizar un pequeño análisis para lograr ver el desempeño bajo diferentes condiciones ambientales y operativas. La comparación entre los valores teóricos y las medidas realizadas en el lugar de estudio demostraron que el software comercial utilizado proporciona resultados precisos como facilitando la optimización del diseño y evitando que haya errores innecesarios. Así mismo como la autonomía de almacenamiento permitió que exista un suministro nocturno que no tenga interrupciones demostrando que hay viabilidad del sistema como una alternativa energética para estas zonas rurales que no tienen acceso a una red eléctrica convencional.

Finalmente, el impacto del sistema mostró una mejora bastante significativa en la calidad de vida de los residentes, también en la reducción de costos energéticos y en la contribución a la mejora ambiental. Al eliminar esta dependencia de los generadores, la vivienda dejó de consumir gasolina, reduciendo así la emisión de CO₂ y promoviendo el uso de energías más limpias. Este proyecto evidencia que los sistemas fotovoltaicos son una solución mucho más eficiente y que se puede replicar también en otros lugares para garantizar el acceso a la electricidad en comunidades rurales como promoviendo que se auto genere la energía y de esta manera se reduzca esta brecha energética que existe para los sectores aislados.

4.3.2. Recomendaciones

Si se busca mejorar el control del sistema y la operación del mismo, se recomienda la implementación de un sistema adicional de monitoreo ya que éste ayudará a registrar en tiempo real el estado de los paneles solares con las baterías y el consumo de energía. Con esta tecnología adicional, sería posible optimizar el uso de recursos energéticos, detectando así anomalías en el funcionamiento del sistema y posiblemente una planificación de mantenimiento de manera más eficiente. Este monitoreo podrá realizarse mediante plataformas digitales o a su vez también se puede realizar en aplicaciones móviles ya que van a permitir al usuario verificar su consumo y generación de energía de forma remota y de manera más clara y precisa.

El mantenimiento del sistema también es un punto clave que se debe tomar en cuenta para

lograr garantizar la eficiencia a largo plazo, por lo que también se sugiere establecer un plan de limpieza que sea periódica de los paneles solares como buscando así evitar que el polvo se acumule y la suciedad ya que esto podría reducir la capacidad de captación de radiación solar. Además, se recomienda revisar el estado del cableado y de las conexiones eléctricas esto se debería hacer una vez cada 6 meses con el fin de prevenir fallos por desgaste o corrosión de los cables. En cuanto al banco de baterías es importante y bastante necesario monitorear su capacidad de carga y descarga asegurando que no exceda la profundidad de descarga recomendada para lograr prolongar la vida útil y mantener esta autonomía energética que tiene el sistema.

En el caso de que se necesite tal vez algún incremento sobre la demanda energética, la recomendación directa es que se debe evaluar la posibilidad de expandir el sistema mediante un aumento de paneles solares adicionales y también un banco de baterías pueden ser en mayor número o un banco de baterías que tenga mayor capacidad al actual. Esta ampliación permite que el sistema pueda cumplir con mayores necesidades energéticas sin que se comprometa la estabilidad del suministro eléctrico. Asimismo la instalación de un protector de sobretensión esto podría ser como una medida adicional que busque proteger el sistema ante variaciones eléctricas o descargas atmosféricas.

5. Bibliografía

- [1] Ministerio de Energía y Minas, «Plan Maestro de Electricidad,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>.
- [2] F. Cruz Cabrales, «Photovoltaic systems: energy solution in isolated communities,» Revista Ciencia e Ingeniería, 11 Agosto 2022. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8740373.pdf>.
- [3] PRIMICIAS, «PRIMICIAS,» 2023. [En línea]. Available: https://www.primicias.ec/nota_comercial/hablemos-de/cambio/habitos-verdes/paneles-solares-una-oportunidad-sostenible-que-ecuador-puede-aprovechar/.
- [4] A. C. e. Hambre, «Energía regulación contra el hambre,» 2024. [En línea]. Available: <https://accioncontraelhambre.org/es>.
- [5] Grupo El Comercio, «EL COMERCIO,» 20 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/altos-indices-radiacion-ecuador-inamhi.html>.
- [6] Bloomberg Línea, «Bloomberg Línea,» 14 enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.bloomberglinea.com/2022/01/14/el-932-de-energia-que-genera-el-ecuador-es-renovable/>.
- [7] «Acción contra el hambre,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.accioncontraelhambre.org/es/causas-pobreza-energetica>.
- [8] . M. Ibáñez Martín, «¿Cómo aliviar la pobreza energética a partir de energías renovables? Diseño de un ensayo aleatorio en barrios vulnerables,» Universidad Nacional de la Plata, 2022. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8541484.pdf>.
- [9] C. A. Barreto Calle, «Análisis de la reducción de gases contaminantes, emitidos por un motor

- de combustión interna, que utiliza paneles solares como fuente de recarga de la batería, en el centro histórico de Cuenca en horas pico,» Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19887>.
- [10] D. Mendieta Vicuña, «ELECTRICIDAD, DESARROLLO RURAL Y BUEN VIVIR,» Universidad de Valencia (España), 2020. [En línea]. Available: <https://www.ub.edu/geocrit/iii-mexico/mendietaescribano.pdf>.
- [11] J. G. Villarreal, «Diseño y Evaluación de un Sistema Fotovoltaico Aislado para Iluminación en Vías Rurales y Carga de Vehículos Eléctricos Basado En Un Enfoque Multipropósito,» Revista Técnica energía, 2024. [En línea]. Available: <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/614/966>.
- [12] A. López y M. Sánchez, «Tecnologías fotovoltaicas en América Latina: Avances y perspectivas,» Revista de Innovación Energética, 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.xxxx/revieng2021>.
- [13] IRENA, «Renewable capacity statistics 2021. International Renewable Energy Agency,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.irena.org>.
- [14] R. Martínez y P. Torres, «Potencial solar en Ecuador: Aplicaciones y desafíos,» Revista Andina de Energía, 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.xxxx/randener2020>.
- [15] J. Gómez y L. Pérez, «Energías renovables y desarrollo sostenible en América Latina: Estudio de caso de Ecuador,» Revista de Energía y Medio Ambiente, 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.xxxx/revema2020>.
- [16] . W. Liu y H. Zhang, «Off-grid photovoltaic systems: A sustainable solution for rural electrification,» Energy Reports, 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.xxxx/energy2021>.
- [17] M. Santos y P. Martínez, «Electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos en zonas remotas de Ecuador,» Revista Científica de Energías Renovables, 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.xxxx/rceener2020>.
- [18] J. P. Mera Bravo, «Factibilidad para la electrificación rural con tecnología fotovoltaica,» 5 May 2024. [En línea]. Available: https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/2490.
- [19] I. N. d. E. y. Censos, «Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares Urbanos y Rurales,» INEC, 2024. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-nacional-de-ingresos-y-gastos-de-los-hogares-urbanos-y-rurales/>.
- [20] S. Sanjoy Kumar, «Empowering rural South Asia: Off-grid solar PV, electricity accessibility, and sustainable agriculture,» 1 January 2024. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261924020221>.
- [21] A. M. Vélez Pizarro, «Desarrollo sostenible de Ecuador a través del desarrollo de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable,» ResearchGate, June 2024. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/383128611_Desarrollo_sostenible_de_Ecuador_a_traves_del_desarrollo_de_las_Fuentes_No_Convencionales_de_Energia_Renovable.
- [22] D. R. y D. Arroyo, «El Telegrafo,» 8 julio 2016. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto/1/energia-solar-fotovoltaica-en-ecuador>.
- [23] O. G. B. Edith Nolasco Benitez, «AmeliCA,» 27 Agosto 2021. [En línea]. Available: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/367/3672541005/html/>.
- [24] J. Sanabria, «Componentes del sistema fotovoltaico solar,» Agosto 2024. [En línea]. Available: <https://www.base-search.net/Search/Results?lookfor=Componentes+de+un+sistema+fotovoltaico&name=&oabooost=1&newsearch=1&refid=dcbases>.
- [25] D. M. y J. Escribano, «Universitat de Barcelona,» 20 marzo 2015. [En línea]. Available: <https://www.ub.edu/geocrit/iii-mexico/mendietaescribano.pdf>.
- [26] A. Moreno, «SolarMente,» 15 enero 2021. [En línea]. Available: <https://solarmente.es/blog/aun-no-conoces-los-beneficios-sociales-que-te-brinda-la-energia-solar/>.

- [27] OVACEN, «Energía solar fotovoltaica,» 2024. [En línea]. Available: <https://ovacen.com/energias-renovables/solar/fotovoltaica/>.
- [28] Asamblea Nacional del Ecuador, «Derecho al acceso a la energía eléctrica,» 29 Noviembre 2024. [En línea]. Available: <https://www.asambleanacional.gob.ec/es>.
- [29] J. F. y. A. Vélez, «Revista Científica Dominio de las Ciencias,» 1 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2477/5511>.
- [30] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, «Resoluciones de la ARCOTEL,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/resoluciones/>.
- [31] Naciones Unidas, «La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe,» CEPAL, 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>.
- [32] «Ministerio de Energía y MInas,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>.

6. ANEXOS

ANEXO 1 EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Anexo A. Generador utilizado por la familia

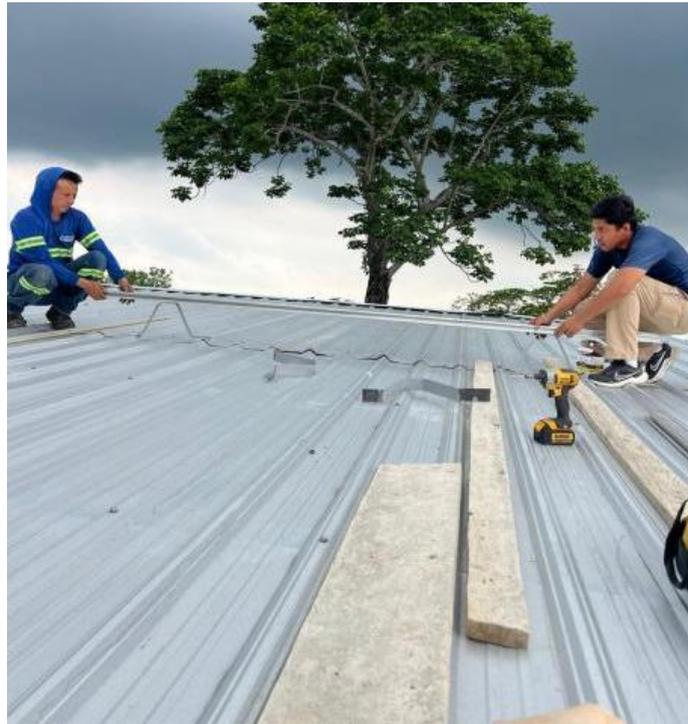


Nota: Este generador la familia lo usaba de manera diaria con el objetivo de generar la electricidad necesaria para su consumo.

Anexo B. Espacio elegido para colocar el sistema



Anexo C. Montaje de panel de breakers de proteccion**Anexo D. Montaje de inversor**

Anexo E. Colocacion de riel tipo M para paneles solares**Anexo F.** Direccion de acometida hacia los paneles

Nota: La acometida de los paneles bajan por la estructura de la caja con manguera corrugada de 3/4 y fijada con grapas metálica de 3/4

Anexo G. Fijacion de acometida**Anexo H.** Casa de paso desde los paneles al sistema de control

Nota: Llego hasta la pared la tubería corrugada luego pusimos una caja de paso para salir con manguera funda sellada de 1/2"

Anexo I. Ingreso de manguera funda sellada



Nota: Por donde muestra la flecha verde ingresa la manguera funda sellada una es la que entra con la acometida desde los paneles y la otra es la que sale del breaker de carga hacia la caja de distribución

Anexo J. Prueba de consumo electrico



Nota: consumo de corriente de salida, con 2 iluminarias y un taladro

ANEXO 2 COTIZACIONES Y PRESUPUESTO

- **Cotizaciones realizadas**
- **Facturas de equipos adquiridos**
- **Presupuesto del proyecto**



Nombre comercial: RISING SUN ECUADOR S.A.
Razón Social: RISING SUN ECUADOR S.A.
RUC/CI: 0993369161001
Dirección: GUAYAS / GUAYAQUIL / GUAYAQUIL / VIA DAULE Y 278
Correo: renato@risingsunecuador.com
Teléfono: 0982718152

COTIZACION:**No. 202501000036**

Cliente:
 OBCIPLAN S.A
CI/RUC:
 0915593347001
Dirección:
 N/A
Teléfono:
 N/A
Fecha Emisión:
 28/01/2025

#	Item	Cantidad	Precio	Subtotal
1	CABLE FOTOVOLTAICO 10 AWG X MT. - PV WIRE	50.00 Unid.	\$1.78	\$89.00
2	CONECTOR MC4 (PAR) - MC4.1	4.00 Unid.	\$2.94	\$11.76
3	END CLAMP 30MM, INCLUYE PERNO Y TUERCA - 001	4.00 Unid.	\$2.90	\$11.60
4	MID CLAMP 30MM, INCLUYE PERNO Y TUERCA - 002	2.00 Unid.	\$2.90	\$5.80
5	RIEL TIPO M - 6.2M - RM62	1.00 Unid.	\$49.00	\$49.00

Información Adicional	
Descripción:	VENTA DE HERRAJE , RETIRA EN GUAYAQUIL. 25m DE CABLE ROJO Y 25m DE CABLE NEGRO
Referencia:	VENTA DE HERRAJE , RETIRA EN GUAYAQUIL.
Usuario:	wellington Macias

Descuento:	\$0.00
Subtotal 15%:	\$167.16
Subtotal 5%:	\$0.00
Subtotal 0%:	\$0.00
IVA 15%:	\$25.07
IVA 5%:	\$0.00
Total:	\$192.23
Saldo:	\$192.23



***PROD* Sistemas de Seguridad S.A. (SISEGUSA)**
GUAYAQUIL

Urdesa Central, Av. Las Lomas 403 entre Calle 4ta. y 5ta. PBX.:
 (04)3712850 Telf.:(04)2389994 Cel.: 0984362098

CONTRIBUYENTE ESPECIAL No. 0048

c.karolys@sisegusa.com

COTIZACIÓN

N° 1100026777

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:				FECHA EMISION	
RAZÓN SOCIAL: DIAMONDSHIELD-SECURITY S.A.S.				4/2/2025 0:00	16:03
DIRECCIÓN: LA AURORA PESANTES Y CLL. 9 DE OCTUBRE MZ. B SL. 32--DAULE				VENDEDOR	
TELEFONOS: RUC: 0993388675001					
E-MAIL: contabilidad@cbm.com.bc				Carolina Karolys	
E-MAIL2: contabilidad@cbm.com.bc					
CANT	MODELO	DESCRIPCIÓN	P.UNIT.	PROMOCIÓN	TOTAL
1	PS-GW-MIN1000TL-X(WIFI-X)	INVERSOR 1000WATTS 220V CON CARGADOR SOLAR Y MONITOREO	1,238,58	1,052,79	1,052,79
1	PS-LGM225W	CELDAS SOLARES MONOCRISTALINAS DE 225 WATTS	67,04		67,04
1	PS-LGM435W	SOLARES MONOCRISTALINAS DE 435 WATTS	83,38	79,21	79,21
1	PS-LGM550W	CELDAS SOLARES MONOCRISTALINAS DE 550 WATTS	115,15	109,39	109,39
1	PS-LS1021	INVERSOR OFF GRID 1000WATTS 120V 12VDC CON CARGADOR SOLAR	181,25		181,25
1	PS-M-EP30-1512-LV2	INVERSOR OFF GRID 1500WATTS 120V 12VDC CON CARGADOR DE BATERIA	290,69	276,16	276,16
1	PS-M-EP30-3024 LV2	INVERSOR OFF GRID 3000WATTS 120V 24VDC CON CARGADOR DE BATERIA	352,99	335,34	335,34
1	PS-M-P115-1012-LV	INVERSOR OFF GRID 1000WATTS 110V 12VDC	129,38	122,91	122,91
1	PS-M-PV18-6048-TLV	INVERSOR OFF GRID 6000WATTS 120V/220V 48VDC CON CARGADOR DE BATERIA	1.089,31	1.034,84	1.034,84
1	PS-M-PV33-4048 TLV	INVERSOR OFF GRID SPLIT PHASE 110/220V 4000WATTS 48VDC CON CARGADOR DE BATERIA	739,51		739,51
1	PS-MC4	CONECTOR TIPO MC4	0,90		0,90
1	PS-MC42-1	CONECTOR DEL TIPO MC4 DE 2 A 1	4,33		4,33
1	PS-MC43-1	CONECTOR DEL TIPO MC4 DE 3 A 1	7,76		7,76
1	PS-MCR3024	CONTROL DE CARGA SOLAR 12V/24V AUTOMATICO - 30AMP	67,57		67,57
1	PS-PC2024L	CONTROLADOR PARA CARGADOR SOLAR 12V/24V 20A	14,36		14,36
1	PS-PC2048L	CONTROLADOR PARA CARGADOR SOLAR 48V 20A	30,41		30,41
1	PS-PK100D-12	BATERIA DE GEL CICLO PROFUNDO 12V/ 100AH PK	174,75		174,75
1	PS-PK150D-12	BATERIA DE GEL CICLO PROFUNDO 12V/ 150AH PK	263,94		263,94
1	PS-PLV3K-48PL	INVERSOR OFF GRID 3000WATTS 120V 48VDC CON CARGADOR SOLAR Y MONITOREO	598,96	580,99	580,99
1	PS-PMS120W	CELDAS SOLARES MONOCRISTALINAS DE 120 WATTS	46,88		46,88
1	PS-PMS200W	CELDAS SOLARES MONOCRISTALINAS DE 200 WATTS	65,97	62,67	62,67
1	PS-PSW2K-PRO	INVERSOR OFF GRID 2000WATTS 120V 24VDC CON CARGADOR SOLAR Y MONITOREO	399,31	387,33	387,33
1	PS-WIFI-MODULO	MODULO MONITOREO WIFI PARA INVERSOR PS-PSW2K-PRO	40,54		40,54
1	PS-X-END-CLAMP	SOPORTE LATERAL PARA RIEL Y PANEL SOLAR	0,87		0,87
1	PS-X-ES-30248	INVERSOR ON GRID 3000WATTS 48V, 110V	1.516,22		1.516,22
1	PS-X-GP-C30112	INVERSOR OFF GRID 300WATTS 120V 12VDC	54,05		54,05
1	PS-X-GP-C50124	INVERSOR 500WATTS 120V 24VDC	86,15		86,15
1	PS-X-GP-C50124-10	INVERSOR 300WATTS 110VAC 12VDC	82,70		82,70
1	PS-X-GP-C50148	INVERSOR OFF GRID 500WATTS 120V 24VDC	86,15		86,15
1	PS-X-L-FOOT	SOPORTE DE SUPERFICIE PARA RIEL (4 PCS)	1,85		1,85
1	PS-X-PV-CABLE	ROLLO DE CABLE FOTOVOLTAICO DE 100 MTS NEGRO	137,78		137,78
1	PS-X-PV-CABLE-NEG	ROLLO DE CABLE FOTOVOLTAICO DE 100 MTS NEGRO	137,78		137,78
1	PS-X-PV-CABLE-ROJ	ROLLO DE CABLE FOTOVOLTAICO DE 100 MTS ROJO	137,78		137,78
1	PS-X-PV-PROTECTION	CAJA ELECTRICA FOTOVOLTAICA 500V 30AMP	71,50	67,93	67,93
1	PS-X-TT-RAIL	RIEL PARA PANEL SOLAR 1200MM	8,74		8,74
1	PS-X-TT-RAIL-SLICE	KIT DE ENPALME PARA RIELES PS-X-L-FOOT	2,22		2,22
1	PS-X-U-MID-CLAMP	SOPORTE CENTAL PARA RIEL Y PANEL SOLAR	0,99		0,99



Emisor: RISING SUN ECUADOR S.A.
RUC: 0993369161001
Matriz: GUAYAS / GUAYAQUIL / GUAYAQUIL / VIA DAULE Y 278
Correo: renato@risingsunecuador.com
Teléfono: 0982718152
Obligado a llevar contabilidad: SI
CONTRIBUYENTE RÉGIMEN RIMPE

Razón Social: OBCIPLAN S.A
Dirección:
Fecha Emisión: 08/11/2024

RUC/CI: 0915593347001
Teléfono:
Correo: Alexmolina.a22@gmail.com

FACTURA

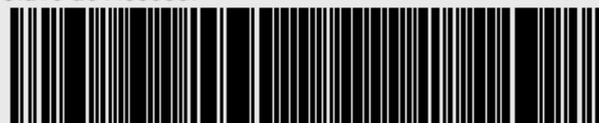
No.001-001-000000203

Número de Autorización:

0811202401099336916100120010010000002034070225714

Fecha y hora de Autorización:

08/11/2024 13:46:52

Ambiente: PRODUCCION**Emisión:** NORMAL**Clave de Acceso:**

0811202401099336916100120010010000002034070225714

Código Principal	Cantidad	Descripción	Detalles Adicionales	Precio Unitario	Descuento	Total
P1406	2.00	MODULO SOLAR LONGI 585 W MONOFACIAL		149.00	\$0.00	\$298.00

Información Adicional

Descripción VENTA DE PANELES. RETIRA EN GYE

Formas de pago

Otros con Utilización del Sistema Financiero \$298.00 0 días

Subtotal Sin Impuestos:	\$298.00
Subtotal 15%:	\$0.00
Subtotal 5%:	\$0.00
Subtotal 0%:	\$298.00
Subtotal No Objeto IVA:	\$0.00
Descuentos:	\$0.00
ICE:	\$0.00
IVA 15%:	\$0.00
IVA 5%:	\$0.00
Servicio %:	\$0.00
Valor Total:	\$298.00



Emisor: RISING SUN ECUADOR S.A.
RUC: 0993369161001
Matriz: GUAYAS / GUAYAQUIL / GUAYAQUIL / VIA DAULE Y 278
Correo: renato@risingsunecuador.com
Teléfono: 0982718152
Obligado a llevar contabilidad: SI
CONTRIBUYENTE RÉGIMEN RIMPE

Razón Social: OBCIPLAN S.A
Dirección:
Fecha Emisión: 28/01/2025

RUC/CI: 0915593347001
Teléfono:
Correo: Alexmolina.a22@gmail.com

FACTURA**No.001-001-000000577****Número de Autorización:**

2801202501099336916100120010010000005774126004318

Fecha y hora de Autorización:

28/01/2025 16:14:57

Ambiente: PRODUCCION**Emisión:** NORMAL**Clave de Acceso:**

2801202501099336916100120010010000005774126004318

Código Principal	Cantidad	Descripción	Detalles Adicionales	Precio Unitario	Descuento	Total
PV WIRE	50.00	CABLE FOTOVOLTAICO 10 AWG X MT.		1.78	\$0.00	\$89.00
MC4.1	4.00	CONECTOR MC4 (PAR)		2.94	\$0.00	\$11.76
001	4.00	END CLAMP 30MM, INCLUYE PERNO Y TUERCA		2.90	\$0.00	\$11.60
002	2.00	MID CLAMP 30MM, INCLUYE PERNO Y TUERCA		2.90	\$0.00	\$5.80
RM62	1.00	RIEL TIPO M - 6.2M		49.00	\$0.00	\$49.00

Información Adicional

Descripción VENTA DE HERRAJE , RETIRA EN GUAYAQUIL. 25m DE CABLE ROJO Y 25m DE CABLE NEGRO

Formas de pago

Otros con Utilización del Sistema Financiero \$192.23 0 días

Subtotal Sin Impuestos:	\$167.16
Subtotal 15%:	\$167.16
Subtotal 5%:	\$0.00
Subtotal 0%:	\$0.00
Subtotal No Objeto IVA:	\$0.00
Descuentos:	\$0.00
ICE:	\$0.00
IVA 15%:	\$25.07
IVA 5%:	\$0.00
Servicio %:	\$0.00
Valor Total:	\$192.23

Detalles finales del pedido #114-8864153-9357009[Imprima esta página para sus registros.](#)

Pedido realizado: 30 de octubre de 2024
 Pedido amazon.com número: 114-8864153-9357009
 Total del pedido: \$631.25

Enviado el 30 de octubre de 2024

Productos comprados:

	Precio
1 de: <i>Calpha - Inversor de onda sinusoidal de 5000 W, 48 V CC a 120 VCA, potencia máxima de 10000 W para baterías de litio/plomo de 48 V con controlador solar MPPT de 80 A, perfecto para emergencias</i>	\$649.95

Vendido por: Calpha Solar by Labfirst Scientific (Perfil del vendedor)

Suministrado por: Otro

Estado: Nuevo

Dirección de envío:

RYM COURIER
 8533 NW 66TH ST
 MIAMI, FL 33166-2636
 Estados Unidos

Velocidad de envío:

Envío estándar

Información de pago

Método de pago:	Productos:	\$649.95
Visa que termina en 1274	Envío:	\$0.00
	Promoción aplicada:	-\$60.00

Dirección de facturación:	Total antes de impuestos:	\$589.95
RYM COURIER	Impuestos:	\$41.30
8533 NW 66TH ST		-----
MIAMI, FL 33166-2636	Total (I.V.A. Incluido):	\$631.25
Estados Unidos		
Transacciones con la tarjeta de crédito	Visa que termina en 1274: 30 de octubre de 2024:	\$631.25

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Panel solar Longi 585W	2	Unidad	130	260
Batería 12V 100Ah	4	Unidad	95	380
Inversor Calpha 48V 2,212W	1	Unidad	700	700
Breaker de protección 20A (paneles)	1	Unidad	18	18
Breaker de protección 80A (baterías)	1	Unidad	40	40
Breaker de protección 63A (carga)	1	Unidad	25	25
Cableado eléctrico (AWG 10, AWG 12, conectores MC4)	30	Metros	1.9	57
Estructura de soporte para paneles	1	Conjunt o	50	50
Caja de distribución y accesorios eléctricos	1	Unidad	40	40
Mangueras y protecciones para cableado	15	Metros	2	30
Costo de instalación y mano de obra	-	-	-	300
TOTAL ESTIMADO	-	-	-	1,900 USD

ANEXO 3 RESULTADOS DEL SOFTWARE PVGIS.

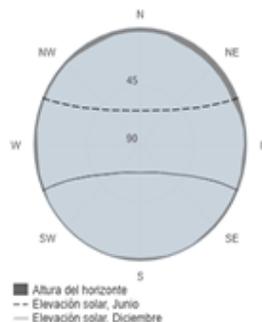


PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

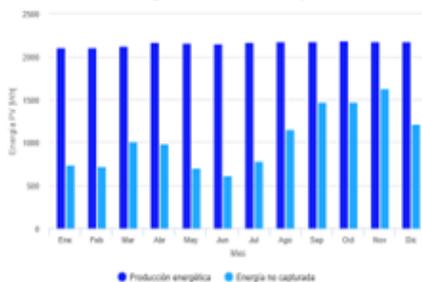
Datos proporcionados

Latitud/Longitud:	-2.017,-80.152	Ángulo de inclinación:	12 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut	-80.1519 °
Base de datos:	PVGIS-ERA5	Resultados de la simulación	
FV instalado:	1170 Wp	Porcentaje días batería cargada:	84.97 %
Capacidad de la batería:	4800 Wh	Porcentaje días batería descargada:	6.69 %
Limitador de descarga:	60 %	Energía media no capturada:	1226.79 Wh
Consumo diario:	2181 Wh	Energía media que falta:	400.27 Wh

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Producción energética estimada para un sistema FV autónomo:

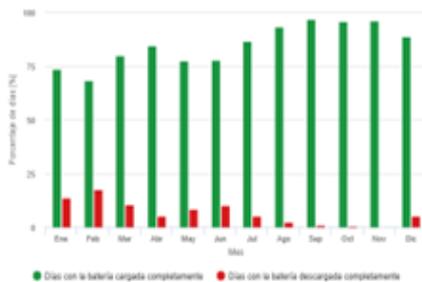


Rendimiento medio mensual

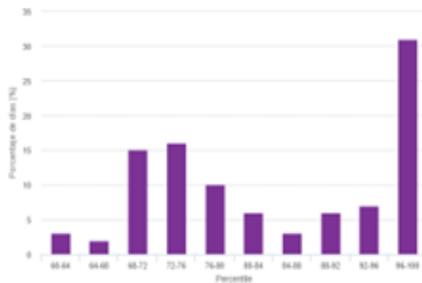
Mes	E_d	E_l	f_f	f_e
Enero	2106.6	737.1	73.5	13.7
Febrero	2099.9	724.2	68.4	17.7
Marzo	2125.2	1013.2	79.8	10.5
Abril	2162.7	983.8	84.4	5.3
Mayo	2157.9	703.3	77.6	8.5
Junio	2149.4	619.5	77.7	10.2
Julio	2164.1	781.8	86.6	5.3
Agosto	2175.7	1157.0	93.2	2.4
Septiembre	2178.2	1468.8	96.8	1.2
Octubre	2178.8	1471.2	95.8	0.7
Noviembre	2178.4	1626.9	96.0	0.3
Diciembre	2170.6	1210.4	88.8	5.3

E_d: Producción energética media diaria [Wh/día].
 E_l: Energía media diaria no capturada [Wh/día].
 f_f: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].
 f_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:



Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día:



Cs	Cb
60-64	3.0
64-68	2.0
68-72	15.0
72-76	16.0
76-80	10.0
80-84	6.0
84-88	3.0
88-92	6.0
92-96	7.0
96-100	31.0

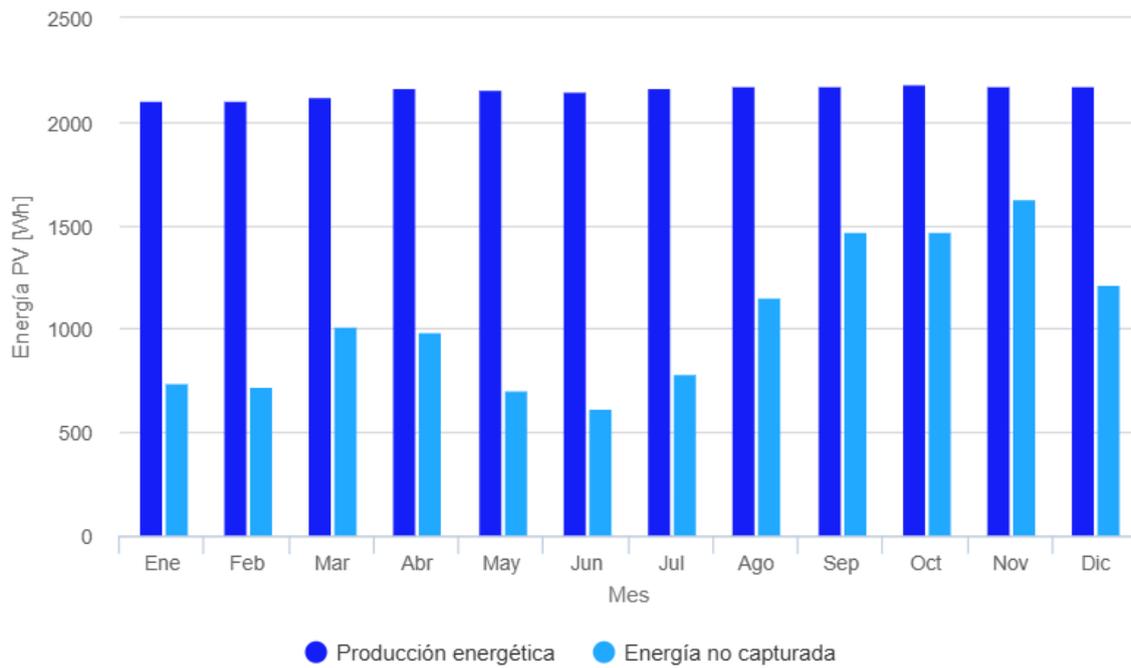
Cs: Estado de carga al final de cada día [%].
 Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y los resultados de la Unión Europea. No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información facilitada en esta web. Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores técnicos, algunos datos e informaciones contenidas en nuestros sitios pueden haberse creado o actualizado en versiones o formatos no matenidos de ciertos servidores, y los usuarios que accedan a ellos pueden encontrar información incorrecta. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta información o datos estadísticos contenidos en esta web. Para obtener más información, por favor visite <http://ec.europa.eu/infoblog/ro/index.es>

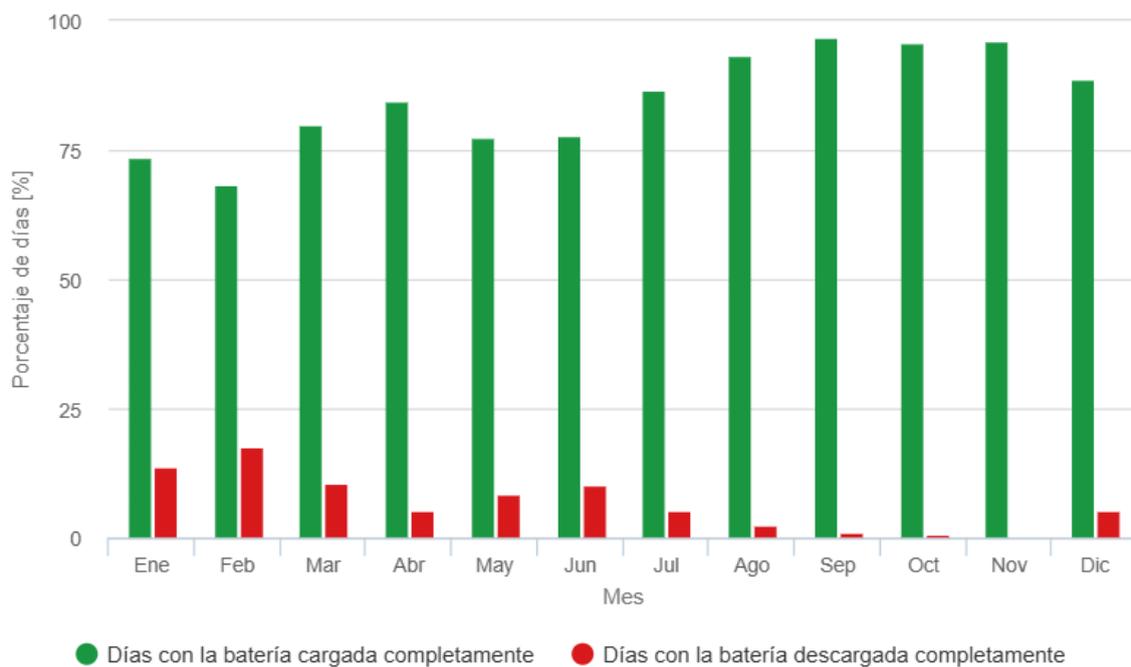
PVGIS ©Unión Europea, 2001-2025. Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.



Producción estimada para un sistema FV autónomo



Rendimiento de la batería del sistema FV autónomo



Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día