



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN
LA COMUNIDAD RURAL MOCOCHAL, CALCETA**

AUTORES:

MARÍA YAMILETH SACÓN LOOR

CARLOS ANTONIO VERA SACÓN

TUTOR:

ING. JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY. Mg

CALCETA, JULIO 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

MARÍA YAMILETH SACÓN LOOR, con cédula de ciudadanía **1315578375** y **CARLOS ANTONIO VERA SACÓN**, con cédula de ciudadanía **1314767714**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD RURAL MOCOCHAL, CALCETA** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



MARÍA YAMILETH SACÓN LOOR

CC: 1315578375



CARLOS ANTONIO VERA SACÓN

CC: 1314767714

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

MARÍA YAMILETH SACÓN LOOR, con cédula de ciudadanía **1315578375** y **CARLOS ANTONIO VERA SACÓN**, con cédula de ciudadanía **1314767714**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD RURAL MOCOCHAL, CALCETA**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



MARÍA YAMILETH SACÓN LOOR

CC: 1315578375



CARLOS ANTONIO VERA SACÓN

CC: 1314767714

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY MG, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD RURAL MOCOCHAL, CALCETA**, que ha sido desarrollado por **MARÍA YAMILETH SACÓN LOOR** y **CARLOS ANTONIO VERA SACÓN**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY MG.

CC: 2300121833

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD RURAL MOCOCHAL, CALCETA**, que ha sido desarrollado por **MARÍA YAMILETH SACÓN LOOR** y **CARLOS ANTONIO VERA SACÓN**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. JOSÉ MIGUEL GILER MOLINA, MG.

CC: 1310656762

PRESIDENTE

ING. JOFFRE ANDRADE CANDELL, MG.

CC: 1311651390

MIEMBRO

ING. ADRIANA VERGARA AUQUILLA, MG.

CC: 1714516307

MIEMBRO

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen del Cisne, por darme salud, sabiduría y constancia, por guiar cada uno de mis pasos en estos años de estudio y por permitirme cumplir cada una de mis metas.

A mis padres, por todo el amor y el apoyo brindado, especialmente a mi amada madre, por ser el pilar fundamental de mi vida y éxito académico. A ti mamá, te debo todo lo que soy y te agradezco por formarme como una gran mujer, por siempre estar para mí festejando cada uno de mis logros y alentándome en cada fracaso.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí por acogerme en su casa de estudio y darme la oportunidad de formarme como profesional. A los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental, por inculcarme conocimientos y valores durante mi carrera profesional. De manera especial, a mi querido tutor y amigo Ing. José Manuel Calderón Pincay Mg, por toda la paciencia, dedicación y ayuda brindada para culminar con éxito esta etapa.

A mis grandes amigas, Lcda. Nicole Quijije por todos sus consejos, por creer en mí y motivarme para seguir adelante. A Isabel Villamil por la amistad formada fuera de las aulas, por su cariño y apoyo incondicional.

A mi amigo y compañero de tesis Carlos Antonio Vera Sacón quien ha sido parte importante de mi carrera universitaria, con quien he compartido buenos y malos momentos y quien siempre me ha tendido una mano amiga cuando lo he necesitado. Te agradezco de manera especial por caminar conmigo desde el inicio de esta ardua travesía académica y por tomar el reto de realizar este trabajo juntos.

Finalmente, agradezco a toda mi familia y a mis amigos, quienes confiaron en mis capacidades y de una u otra manera me apoyaron para hacer realidad este sueño. Gracias, eternamente agradecida con todos. ¡Los quiero!

María Yamileth Sacón Loor

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido seguir adelante, por haberme brindado salud, sabiduría y sobre todo fortaleza en los momentos más difíciles de mi trayectoria académica.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por haberme acogido en sus aulas, formándome como profesional y persona, por haberme dado una segunda familia llamados amigos.

A cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por haberme impartido todos sus conocimientos y haber formado parte de mi formación académica.

A mi tutor, Mg. José Manuel Calderón Pincay por haber confiado en este proyecto, por su apoyo incondicional y fundamental durante el desarrollo del mismo, también por ser un gran amigo y ejemplo de profesional.

A mi señora madre, Angela Hermelinda Sacón Barre por todo ese apoyo incondicional, por su paciencia, por su amor y por esa fuerza brindada para seguir adelante.

A mi hermano, Jaime Joel Vera Sacón quien desde inicio de mi vida universitaria me ha brindado todo su apoyo, tanto en lo económico como en lo moral.

A mi familia, que de una u otra forma han estado pendiente de mi formación profesional y brindando todo su apoyo.

A lo largo del camino universitario van llegando personas importantes en la vida que se van convirtiendo en esa mano amiga que no te deja flaquear, por aquello agradezco a mi compañera de tesis, María Yamileth Sacón Loo por estar siempre en las buenas y en las malas para llevar en conjunto nuestro sueño anhelado.

Carlos Antonio Vera Sacón

DEDICATORIA

Dedico este logro importante en mi vida a Dios por ser mi fortaleza y refugio en estos años de estudios.

Con profundo amor y aprecio para mi amada madre, quien ha estado caminando junto a mí en todo momento y ha sido mi apoyo, motivación e inspiración para salir adelante cada día. Este logro es tuyo mamá, te amo y te admiro por todo lo que haces por mí.

A mi abuelo, quien desde niña siempre me apoyo y me brindó su amor de manera incondicional.

A mi ángel del cielo, mi primo Jairo Tuárez Loor, quien me cuida y guía cada uno de mis pasos y sé que hoy estaría orgulloso de mí.

Con amor

María Yamileth Sacón Loor

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi madre querida, Angela Hermelinda Sacón Barre que con esfuerzo y perseverancia logró hacer de mí una persona de bien y competitiva, por haber sido padre y madre y aun así no flaquear para seguir apoyándome cuando más la he necesitado.

A toda mi familia por el respaldo brindado en todo momento, principalmente a mis hermanos que de una u otra forma han sido motivo de superación.

A mi hijo que viene en camino, que por casualidad de la vida llegará a mi vida en el cierre de este episodio de mi vida, dándome un motivo más para seguir adelante y alcanzar mi objetivo, sin lugar a duda es el mejor regalo que la vida me pudo haber dado.

Carlos Antonio Vera Sacón

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
CONTENIDO GENERAL	x
CONTENIDO DE TABLAS.....	xiv
CONTENIDO DE FIGURAS	xiv
CONTENIDO DE FÓRMULAS	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. IDEA A DEFENDER.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. SERVICIOS BÁSICOS Y CALIDAD DE VIDA.....	5
2.1.1. SERVICIOS BÁSICOS	5
2.1.2. ELECTRICIDAD COMO SERVICIO BÁSICO.....	5
2.1.3. NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS	6

2.1.4.	CALIDAD DE VIDA.....	6
2.2.	ENERGÍA SOLAR.....	7
2.3.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	7
2.4.	RADIACIÓN SOLAR	7
2.4.1.	TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	8
2.5.	HELIOFANÍA.....	8
2.6.	HORAS DE SOL PICO (HSP).....	8
2.7.	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	9
2.7.1.	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED.....	9
2.7.2.	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS DE LA RED	9
2.8.	COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	10
2.8.1.	PANEL SOLAR.....	10
2.8.1.1.	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL PANEL SOLAR	10
2.8.2.	CELDA FOTOVOLTAICA	11
2.8.3.	TIPOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS.....	11
2.8.3.1.	CELDA SILICIO MONOCRISTALINAS	11
2.8.3.2.	CELDA SILICIO POLICRISTALINO	12
2.8.3.3.	CELDA SILICIO AMORFO	12
2.8.4.	SISTEMA DE ACUMULACIÓN.....	14
2.8.5.	REGULADOR DE CARGA	14
2.8.6.	INVERSOR.....	14
2.8.7.	BATERÍAS.....	14
2.8.7.1.	TIPOS DE BATERÍAS	15
2.9.	CABLEADO ELÉCTRICO EN LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.....	15
2.10.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ECUADOR.....	16
2.11.	POTENCIAL SOLAR DE ECUADOR.....	17

2.12. BENEFICIOS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA A LA CALIDAD DE VIDA.....	18
2.13. MARCO LEGAL.....	19
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	21
3.1. UBICACIÓN	21
3.2. DURACIÓN.....	21
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	21
3.4. MÉTODOS.....	22
3.4.1. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO.....	22
3.4.2. MÉTODO DESCRIPTIVO.....	22
3.4.3. MÉTODO ANALÍTICO-SINTÉTICO.....	22
3.4.4. MÉTODO EXPLORATORIO.....	22
3.4.5. MÉTODO CUANTITATIVO.....	23
3.5. TÉCNICAS.....	23
3.5.1. OBSERVACIÓN DE CAMPO.....	23
3.5.2. ENCUESTA.....	23
3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA	24
3.6.1. POBLACIÓN.....	24
3.6.2. MUESTRA.....	24
3.7. VARIABLES EN ESTUDIO	24
3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	24
3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	24
3.8. PROCEDIMIENTOS.....	24
3.8.1. FASE I. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO Y DE LA ZONA DE INFLUENCIA.....	24
3.8.2. FASE II. CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA UNA VIVIENDA RURAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	25

3.8.3. FASE III. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA AISLADO IMPLEMENTADO	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	33
4.1. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO Y DE LA ZONA DE INFLUENCIA.....	33
4.2. CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA UNA VIVIENDA RURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	40
4.2.1. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	45
4.3. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO IMPLEMENTADO.....	53
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. CONCLUSIONES	56
5.2. RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	83

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Comparación de las celdas fotovoltaicas.....	13
Tabla 2.2. Marco Legal	19
Tabla 3.1. Resumen de búsqueda bibliográfica.....	29
Tabla 4.1. Resumen de los datos obtenidos de la encuesta en la comunidad Mocochal	40
Tabla 4.2. Estimación del consumo eléctrico en una vivienda rural.....	45
Tabla 4.3. Parámetros del diseño fotovoltaico implementado en una vivienda de la comunidad rural Mocochal.....	46
Tabla 4.4. Revisión bibliográfica para la selección del panel implementado	48
Tabla 4.5. Proceso de la instalación del sistema fotovoltaico aislado	50
Tabla 4.6. Presupuesto de adquisición de equipos.....	52

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa solar del Ecuador	17
Figura 3.1. Mapa de georreferenciación del proyecto	21
Figura 4.1. Mapa de ubicación de la zona de estudio	33
Figura 4.2. Zona de emplazamiento	34
Figura 4.3. Temperatura máxima y mínima durante el mes de marzo en los años 2012-2022 .	35
Figura 4.4. Valores históricos de radiación (2012-2022)	35
Figura 4.5. Mapa de radiación solar global del mes de marzo	36
Figura 4.6. Mapa de radiación solar difusa del mes de marzo.....	37
Figura 4.7. Mapa de radiación solar directa del mes de marzo	37
Figura 4.8. Mapa de radiación solar del mes de marzo, 2016 - 2021	38
Figura 4.9. Panel policristalino de 50 W.....	47
Figura 4.10. Esquema de la instalación del sistema fotovoltaico.....	49
Figura 4.11. Relación Voltaje (V) Vs Tiempo (h)	53
Figura 4.12. Relación Intensidad (A) Vs Tiempo (h)	53
Figura 4.13. Eficiencia del sistema fotovoltaico policristalino	54

CONTENIDO DE FÓRMULAS

Ecuación 3.1. Población y muestra	26
Ecuación 3.2. Consumo de energía diaria	26
Ecuación 3.3. Consumo de energía mensual	27
Ecuación 3.4. Eficiencia de la instalación	27
Ecuación 3.5. Potencia solar fotovoltaica	27
Ecuación 3.6. Número de paneles	28
Ecuación 3.7. Capacidad del regulador.....	28
Ecuación 3.8. Número de baterías.....	28
Ecuación 3.9. Capacidad del banco de batería	28
Ecuación 3.10. Potencia del inversor.....	29
Ecuación 3.11. Ángulo de inclinación	29
Ecuación 3.12. Potencia medida	31

Ecuación 3.13. Energía captada.....	31
Ecuación 3.14. Área del panel	31
Ecuación 3.15. Eficiencia del sistema	32

RESUMEN

Ecuador dado a sus condiciones geográficas se consolida como uno de los países con mayor potencial energético para el uso de energías renovables, destacando la solar fotovoltaica, como una excelente alternativa para comunidades rurales aisladas que no cuentan con el servicio eléctrico. El objetivo de la investigación fue evaluar las condiciones de emplazamiento y de la zona de influencia en la eficiencia del sistema fotovoltaico aislado para el suministro de energía eléctrica de una vivienda en la comunidad Mocochoal – Calceta, para lo cual se realizó un reconocimiento del lugar y el análisis de información climática con datos proporcionados por la EMESPAM MFL; además, se elaboraron mapas de radiación solar. Posteriormente, se ejecutó un análisis de información sociodemográfica en el área de estudio mediante una encuesta, se efectuaron los cálculos del diseño fotovoltaico para la vivienda seleccionada y con base a la revisión bibliográfica se seleccionó el panel implementado. Finalmente, se realizó la instalación del sistema fotovoltaico y el monitoreo durante 32 días (28 días de marzo y 4 días de abril). Los resultados obtenidos indican que el nivel de radiación del lugar es alto ($4927 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$; $T_{\text{min}} 22.43^\circ\text{C}$; $T_{\text{max}} 31.62^\circ\text{C}$ y 115.98 HSP); se constató que para un consumo de energía promedio de 0.187 kWh/día se requiere de un panel policristalino de 50W . La eficiencia del panel alcanzó un valor de 7.87% referente al 14.1% del fabricante. Se concluye que el sistema fotovoltaico aislado alcanzó 55.65% de la eficiencia proyectada, aceptándose la idea a defender.

Palabras clave: Eficiencia, Estimación, Inclinación, Horas Sol, Radiación Solar

ABSTRACT

Ecuador, given its geographical conditions, is consolidated as one of the countries with the greatest energy potential for the use of renewable energies, highlighting solar photovoltaic, as an excellent alternative for isolated rural communities that do not have electrical service. The objective of the investigation was to evaluate the conditions of the location and the area of influence in the efficiency of the isolated photovoltaic system for the supply of electrical energy of a house in the Mocochal - Calceta community, for which a recognition of the place and the analysis of climatic information with data provided by the EMESPAM MFL; in addition, solar radiation maps were prepared. Subsequently, an analysis of sociodemographic information in the study area was carried out through a survey, the calculations of the photovoltaic design for the selected house were made and based on the bibliographic review the implemented panel was selected. Finally, the installation of the photovoltaic system and the monitoring for 32 days (28 days of March and 4 days of April) were carried out. The results obtained indicate that the radiation level of the place is high (4927 Wh/m²/day; T min 22.43°C; T max 31.62°C and 115.98 HSP); it was found that for an average energy consumption of 0.187 kWh/day, a 50W polycrystalline panel is required. The efficiency of the panel reached a value of 7.87% compared to 14.1% of the manufacturer. It is concluded that the isolated photovoltaic system reached 55.65% of the projected efficiency, accepting the idea to defend.

Keywords: Efficiency, Estimation, Inclination, Sun Hours, Solar Radiation

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, se calcula que 1,100 millones de personas no tienen acceso a la electricidad a nivel global (International Energy Agency [IEA], 2015). En Ecuador el índice de cobertura eléctrica es del 97.04%, ubicando a la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) como la zona que presenta menores tasas de electrificación del país. Por tanto, en el marco de la matriz energética, la generación de electricidad con energías renovables se vislumbra como la alternativa energética más apropiada para la provisión eléctrica de las poblaciones rurales aisladas (Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL], 2015).

Gracias a su ubicación geográfica, Ecuador posee un promedio de seis horas de luz solar perpendicular (Cuervo y Méndez, 2011), teniendo niveles de radiación relativamente altos en promedio anual que oscilan entre 4 y 6 kWh/m²/días (Herrera, 2018). Según Ponce et al. (2020) la provincia de Manabí es una de las regiones con mayor radiación solar, ya que, de acuerdo con datos proporcionado por el Atlas Solar, alcanza valores de 4.7 kWh/m²/días (Consejo Nacional de la Electricidad [CONELEC], 2008).

A pesar de que Manabí se encuentra en una zona con un alto índice de radiación solar, en relación con otras provincias del país, este recurso no es aprovechado en base al beneficio social (Rodríguez et al., 2017). En la actualidad existen un 17% de viviendas que no cuentan con el servicio eléctrico debido a que se encuentran en zonas rurales aisladas o de difícil acceso (Martínez, 2018).

En la ciudad de Calceta, a 5 km de distancia se encuentra la comunidad Mocochoal, en donde existen 20 familias que no cuentan con dotación eléctrica debido a que se encuentran en una zona de difícil acceso. Esto afecta su calidad

vida, ya que al no contar con este servicio los pobladores carecen de iluminación nocturna. Como consecuencia, existen problemas de inseguridad, dificultad de almacenar alimentos que requieran refrigeración, acceso a la tecnología, entre otros.

En la era moderna, la electricidad resulta fundamental para los seres humanos. Por esto que la carencia del servicio es uno de los principales problemas para el mejoramiento de la calidad de vida y el progreso socioeconómico de los pobladores de un país (Polanco, 2014). Por esta razón Chicaiza (2016) expresa que es fundamental la aplicación de apropiadas tecnologías renovables de manera autónoma y sostenible que permitan suministrar energía eléctrica a las comunidades rurales que no tienen acceso a este servicio básico.

De acuerdo con los antecedentes expuestos, los autores se realizan la siguiente interrogante: ¿Cómo influyen las condiciones de emplazamiento y de la zona en la eficiencia del sistema fotovoltaico?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En el marco del cumplimiento de la Agenda 2030, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) tributan a la sostenibilidad, tal es el caso del objetivo 7, que garantiza el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos (Naciones Unidas, 2018). Bajo esta premisa, la energía solar fotovoltaica presenta diversos beneficios al medio ambiente, ya que, es gratuita, inagotable y renovable. Asimismo, la utilización de esta energía ayuda a la reducción de consumo de combustibles fósiles, obteniendo energía limpia que permiten disminuir los gases de efecto invernadero (Villegas y Alcívar, 2020).

Desde una perspectiva social, las instalaciones fotovoltaicas aisladas son un componente esencial para el progreso de las comunidades rurales que no cuentan con energía eléctrica (Florián, 2021). La implementación de este sistema es una forma técnicamente viable de proporcionar energía de manera segura y sustentable a la población (Velásquez y Zambrano, 2018). Desde un enfoque económico, los sistemas fotovoltaicos aislados requieren de pocos gastos y mantenimiento para la generación de electricidad, por otra parte, conlleva a la reducción significativa de los costos de combustibles y otros productos de contaminación como son los grupos electrógenos a gasolina y diésel (Florián, 2021).

En el marco legal, la Constitución del Ecuador (2008) en el artículo 15, establece que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes de bajo impacto al entorno. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria ni afectará el derecho al agua. Por su parte, el Código Orgánico del Ambiente [COA] (2017) en su artículo 5, menciona que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, promoviendo el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de las condiciones de emplazamiento y de la zona en la eficiencia del sistema fotovoltaico aislado para el suministro de energía eléctrica de una vivienda en la comunidad Mocochoal, Calceta.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar las condiciones de emplazamiento y de la zona de influencia.
- Calcular el diseño del sistema fotovoltaico aislado para una vivienda rural del área de estudio.
- Medir la eficiencia del sistema fotovoltaico aislado implementado.

1.4. IDEA A DEFENDER

Con las condiciones de emplazamiento y de la zona se tendrá una eficiencia mayor al 50% del sistema fotovoltaico aislado

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. SERVICIOS BÁSICOS Y CALIDAD DE VIDA

2.1.1. SERVICIOS BÁSICOS

Peñafiel (2018) indica que los servicios básicos también son conocidos como servicios públicos domiciliarios, ya que corresponden a los servicios de alcantarillado, energía eléctrica, telefonía, aseo, entre otros. Estos servicios suelen ser fundamentales para el desarrollo económico y social del país, por lo que son administrados por el Estado (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2022). Cordero (2014) enfatiza que los servicios públicos están relacionados con el desarrollo y el bienestar de la población a través de la dotación de servicios que ayuden a mejorar la calidad de vida de una colectividad.

2.1.2. ELECTRICIDAD COMO SERVICIO BÁSICO

En la actualidad, se estima que en América Latina y el Caribe un 97% de la población tiene acceso al servicio básico de la energía eléctrica, mientras que el 3% de la población tiene problemas de cobertura eléctrica, bien parece que este porcentaje tiene poco valor significativo, sin embargo, se trata de 18127.385 habitantes que carecen de dicho servicio (Contreras, 2020).

Castillo et al. (2016) afirman que la falta de servicio eléctrico en las comunidades rurales del país, dificulta el desarrollo y la calidad de vida de las personas, teniendo serias limitaciones para efectuar diversas tareas de orden social por las noches. Asimismo, no poseen accesos a los medios de comunicación y pasan la mayor parte de su tiempo en el silencio y la oscuridad para su vida social.

El acceso a la electricidad en las poblaciones rurales no solo beneficia a la educación y la salud, sino que también favorece a la supervivencia de los habitantes de manera directa, ya que, la electricidad puede servir para la implementación de sistemas para la dotación de agua potable y el uso de las telecomunicaciones, logrando así un cambio significativo en las posibilidades y oportunidades de la población (Mendieta y Escribano, 2015). Bajo este contexto, se evidencia que existe una fuerte relación entre la pobreza de las zonas rurales

y el acceso a la electricidad, siendo el servicio eléctrico fundamental para las actividades productivas y la calidad de vida del sector rural (Manzano, 2021).

2.1.3. NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS

El índice de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) es un indicador utilizado para identificar la vulnerabilidad dentro de una sociedad, en cuanto al acceso que tiene la población sobre los servicios básicos (Gusqui, 2018). Este método se lo creó con la finalidad de aprovechar la información en los censos para así determinar el nivel de pobreza dependiendo de las necesidades básicas de la población (Feres y Mancero, 2014). Velecela (2020) menciona que se calculan los indicadores para establecer el déficit de servicio de agua potable, eléctrico, alcantarillado, analfabetismo, entre otras que sean consideradas como NBI.

En Ecuador, la tasa de pobreza por NBI obtuvo 31.8% en el mes de diciembre del 2017 para el área urbana, mientras que para el área rural alcanzó un total de 56.1%, siendo las zonas rurales las que alcanzan mayores índices de pobreza, ya que, es notable la falta de acceso a los servicios básicos como el agua, electricidad y alcantarillado, afectando la calidad de vida de la población (Serrano, 2017). Por otro lado, Zabala (2013) expone que el 9.8% de las viviendas en zonas rurales están construidas con material de caña y piso de tierra, lo cual es considerado como carencias críticas de la vivienda según el cálculo del NBI.

2.1.4. CALIDAD DE VIDA

La Organización Mundial de la Salud [OMS] define a la calidad de vida como: “la percepción individual de la propia posición en la vida dentro del contexto del sistema cultural y de los valores que se vive en relación con los objetivos, esperanzas, normas y preocupaciones” (Wiese, 2019). También se asocia con diversos componentes como el trabajo, vivienda, economía, medio ambiente, derechos, entre otros, que logran un alto nivel de bienestar físico, social y material (Espinoza y Oré, 2017).

2.2. ENERGÍA SOLAR

Sancho y Toalongo (2021) manifiestan que la energía solar se obtiene a partir de la captación de la luz y el calor proveniente del Sol. Marín y Quintero (2017) expresan que la energía solar se caracteriza por ser un recurso renovable e inagotable, es decir, que siempre está disponible y puede ser aprovechada por el hombre. Además, es considerada como una energía verde o limpia, gracias a que presenta bajos impactos perjudiciales para el medio ambiente (Salamanca, 2017). Sierra et al. (2020) afirman que son los paneles solares los que ocasionan impactos ambientales sino son dispuestos adecuadamente. Desde esta perspectiva, se considera que la energía solar es la mejor opción para la generación de electricidad (Zhou et al., 2017).

2.3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica consiste en el aprovechamiento de la energía procedente de la radiación solar para convertirla en electricidad, mediante el uso de las células fotovoltaicas (Cárdenas 2019; Guerrero, 2017, p. 12). Estas células son fabricadas con materiales cristalinos semiconductores, que permiten un efecto fotovoltaico generando un movimiento de electrones, que son los que originan la corriente eléctrica cuando entran en contacto con la radiación solar (Chiluiza, 2022).

2.4. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es la energía emitida por el Sol a través de reacciones nucleares que se producen en el interior del núcleo, las cuales son transmitidas mediante ondas electromagnéticas hacia la atmósfera alcanzando una longitud de ondas que oscila entre $0.15 \mu\text{m}$ a $4 \mu\text{m}$ (De La Cruz, 2015, p. 21). Esta radiación es distribuida desde el infrarrojo hasta el ultravioleta (Salazar, 2017; González et al., 2014), cabe destacar que no toda la radiación alcanza al planeta Tierra, ya que las ondas ultravioletas cortas se quedan en la atmósfera y son retenidos por los gases atmosféricos. La unidad de medida es el W/m^2 (Vatio por metro cuadrado) (Huamanchumo, 2019).

2.4.1. TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR

Guerrero (2017) menciona que existen diversos tipos de radiación solar: radiación directa, difusa o dispersa, albeada y global, las cuales se describen a continuación:

- **Radiación directa:** procede directamente del sol hacia la atmósfera sin que exista refracciones o reflexiones intermedias, es decir, que no son dispersados.
- **Radiación difusa:** varía por efecto de la reflexión y reflejo solar de la superficie terrestre.
- **Radiación dispersa o del albedo:** esta radiación es reflejada por el suelo en dirección a otros cuerpos que se encuentren cercanos.
- **Radiación global:** suma de la radiación directa y radiación difusa.

2.5. HELIOFANÍA

Para Jara (2018) la heliofanía es el tiempo en horas durante el cual el sol presenta un brillo solar efectivo; a este término también se lo conoce como brillo solar o duración real de insolación. Cedeño y García (2020) expresan que el instrumento utilizado para medir la heliofanía es el heliofanógrafo, que tiene como principal función registrar el tiempo en que recibe la radiación solar directa durante el día.

2.6. HORAS DE SOL PICO (HSP)

Palacios y Morales (2017) señalan que las horas de sol pico conocido por sus siglas HSP es la unidad que se encarga de medir la irradiación, el cual es de vital importancia ya que ayuda a estimar la producción de energía en un sistema fotovoltaico (Pérez y Delgado, 2018). Desde otro contexto, Senmache (2018) indica que las horas de sol pico “es el número de horas por día cuando la insolación arroja a los 1000 Watt en un área de (1) un m² en un día”.

2.7. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Otacomá y Quinatoa (2021) señalan que un sistema fotovoltaico es el conjunto de elementos mecánicos y electrónicos empleados para captar la energía proveniente del sol y transformarla en electricidad para el funcionamiento de equipos y artefactos eléctricos. Están conformado por paneles solares, regulador o controlador de carga, baterías y por el inversor de corriente DC/AC (González et al., 2014). Estos sistemas pueden estar conectados a la red o pueden ser aislados de la misma (Morales y Muzzi, 2022).

2.7.1. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFGR) son aquellos que trabajan en intercambio con la red eléctrica de distribución. Para Campoverde y Vélez (2020) este sistema es un tipo de tecnología dual, es decir, que dispone de un generador de tipo fotovoltaico y a la vez se encuentra conectado con una red de energía tradicional empleado como sistema de reserva. Santos et al. (2017) mencionan que por lo general los sistemas fotovoltaicos conectados a la red están conformados por módulos fotovoltaicos, inversor con conexión a red y contador de energía.

2.7.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS DE LA RED

Los sistemas fotovoltaicos aislados de la red o autónomo son un sistema auto abastecedor, gracias a que aprovecha la energía solar para generar electricidad (Pareja, 2016, p.19). Asimismo, son definidos como un conjunto de componentes interconectados entre sí que se alimentan de ciertas cargas mediante la energía fotovoltaica, sin tener que estar conectada a la red de energía convencional (De La Cruz, 2015, p. 31-32), están compuestos por un generador fotovoltaico, acumulador, regulador de carga e inversor (Style, 2012, p. 3). Estos sistemas fotovoltaicos aislados son ideales para generar energía eléctrica en lugares alejados o en zonas de difícil acceso que no disponen de puntos de conexión eléctrica de las redes (Castro, 2019; Moreno, 2016).

2.8. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

2.8.1. PANEL SOLAR

El panel solar es parte esencial de una instalación fotovoltaica, ya que, permite captar la energía del sol para transformarla en energía eléctrica (Arévalo, 2016). Se encuentra conformado por un grupo de células que están enlazadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre un material de apoyo, que sirve para proteger al panel (Lojano y Ríos, 2013). Posee entre 31 y 36 células solares, que son conectadas eléctricamente en serie y del cual depende el voltaje de salida. Por otro lado, la superficie del panel varía entre 0.5 y 1.3 m², donde las células están conectadas entre dos estrados, uno superior compuesto de cristal de silicio y el inferior constituido por material de plástico (Tobajas, 2014, p.7).

2.8.1.1. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL PANEL SOLAR

La orientación y el grado de inclinación de los paneles solares juegan un papel importante en la eficiencia del sistema fotovoltaico (Fletes et al., 2020), dado a que los paneles solares pueden ubicarse en cualquier lugar, siempre y cuando estos reciban al máximo la radiación solar. Generalmente estos sistemas son ubicados por encima de los techos o zonas libres de obstáculos con el fin de que otros factores no alteren su funcionamiento (Morales, 2021).

Los sistemas de paneles fijos presentan una orientación e inclinación hacia el este y con 20° de inclinación, para el máximo aprovechamiento de la radiación solar (Caballero, 2014). Huamanchumo (2019) indica que las orientaciones del panel solar pueden ser proyectadas de acuerdo con lo siguiente:

- **Ángulo azimut (α):** ángulo de la proyección entre el plano horizontal y el perpendicular de la superficie terrestre del generador y la dirección del norte/sur o sur/norte.
- **Ángulo horario (ω):** en el horario del medio día el ángulo es igual a cero con una longitud de 15° por hora, en las mañanas resulta positivo y en la tarde negativo.
- **Ángulo de inclinación (β):** ángulo entre la superficie del panel solar y el plano horizontal.

2.8.2. CELDA FOTOVOLTAICA

Las celdas fotovoltaicas son los componentes que se encuentran ubicados en los paneles solares (Guerrero, 2017). Capaz de procesar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica, producto de esto se obtendrá una corriente y un voltaje, este sistema se cataloga como una manera eficaz en cuanto al aprovechamiento de la radiación solar (Huerta et al., 2016). Cabe mencionar que las condiciones de eficiencia corriente-voltaje, así como también de la potencia suministrada van a depender del nivel de radiación solar (González y Puerto, 2014).

2.8.3. TIPOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS

En la actualidad las celdas solares con mayor predominancia en la industria son las basadas en silicio, elemento fundamental que sirve como base en la mayoría de dispositivos electrónicos (Eraso et al., 2019). La obtención de energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas es un tema que se ha ido desarrollando con el paso de los años, permitiendo la expansión de diferentes tecnologías de celdas solares y a su vez el mejoramiento de su eficiencia y calidad, las celdas fotovoltaicas son principalmente diseñadas con silicio, dentro de la industria global se encuentran las celdas silicio monocristalinas (Sierra et al., 2020).

2.8.3.1. CELDA SILICIO MONOCRISTALINAS

Las celdas monocristalinas están compuestas por un solo cristal de silicio puro, por ende, tienen un gran porcentaje de eficiencia debido a que están fabricadas con silicio de máxima pureza, en condiciones ideales de irradiación la eficiencia de esta tecnología está por encima del 15% (Noguera et al., 2017). La vida útil de las celdas monocristalinas es más larga a diferencia de otras tecnologías fabricadas por otros componentes diferentes al silicio (Gómez, 2019). Sin embargo, esta tecnología tiene sus desventajas como el alto costo y fragilidad en comparación con otros tipos de paneles (Torres et al., 2018).

2.8.3.2. CELDA SILICIO POLICRISTALINO

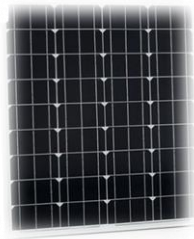

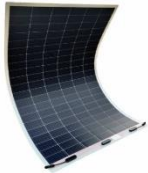
Villao y Consuegra (2021) sostienen que las celdas policristalinas presentan diferencias con respecto a las celdas monocristalinas, ya que se encuentran compuestas por múltiples cristales de silicios. El proceso de fabricación de esta celda se realiza mediante la fundición de silicio, para posteriormente llevarlo a un molde cuadrado donde se deja enfriar y finalmente es cortado en láminas (Cedeño y García, 2016). Acero y Puentes (2019) destacan que debido al proceso de fabricación y a que no está compuesto de silicio tan puro, es más económico y su eficiencia se ubica en un rango de entre 13% al 16%. Una característica principal es su color azul intenso.

2.8.3.3. CELDA SILICIO AMORFO

Las celdas de silicio amorfo son denominadas así porque el silicio no cumple en su totalidad con el proceso de cristalización, se adquiere al colocar una lámina delgada de materiales fotovoltaicos sobre una base de plástico o vidrio (Canchala y Chas, 2021). Presenta una estructura atómica bastante desordenada pero su fabricación es sencilla, lo que hace que esta celda sea incluso más barata que las celdas policristalinas (Acero y Puentes, 2019). Musuña y Veintimilla (2018) sostienen que su rendimiento es inferior al 10%.

A continuación, se presentan una comparación de las celdas anteriormente descritas, con sus respectivas ventajas y desventajas, rendimientos y características:

Tabla 2.1. Comparación de las celdas fotovoltaicas

Células	Rendimiento		Características	Ventajas	Desventajas	
	Laboratorio	Fabricante				
Monocrystalino		24%	15 - 18%	<ul style="list-style-type: none"> Fabricados de silicio puro. Color negro o azul homogéneos. Bordes de láminas redondeadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Altos rendimientos en comparación con las otras celdas. Buena relación potencia-superficie. Existen más fabricantes para este tipo de panel. Presenta una vida útil de hasta 25 años. 	Costos elevados.
Policristalino		19 – 20%	13 – 16%	<ul style="list-style-type: none"> Fabricados con múltiples cristales de silicio. Color azul intenso. Están conformados por células cuadradas. 	<ul style="list-style-type: none"> Fabricación sencilla y económica. Tiene un tiempo de vida útil de 25 años. 	Bajo rendimiento en condiciones de radiación baja.
Amorfo		16%	< 10%	<ul style="list-style-type: none"> Forma de lámina delgada sobre sustrato de plástico o vidrio. Color homogéneo (marrón). 	<ul style="list-style-type: none"> Funciona con luz difusa baja. Los costos de inversión son más bajos. 	Degradación más rápida y duración de vida útil corta.

2.8.4. SISTEMA DE ACUMULACIÓN

El sistema de acumulación está compuesto por baterías, fusibles y un medidor de carga, sus funciones principales son el almacenamiento y control de la carga y descarga del sistema (Salamanca, 2017). Además, es el encargado de atender la demanda energética sin sobrepasar el límite máximo de descarga de las baterías del sistema fotovoltaico (Rodríguez y Sarmiento, 2011). La eficiencia máxima de un sistema fotovoltaico depende en gran parte a la capacidad del sistema de acumulación empleado, ya que estos sistemas varían sus características en función al diseño (Bravo et al., 2018).

2.8.5. REGULADOR DE CARGA

El regulador de carga es un sistema electrónico que conforma un sistema fotovoltaico ya sea autónomo o aislado, se encarga de llevar al generador al punto máximo de potencia de su curva, así como también la regulación de carga y descarga de las baterías (Mascarós, 2015). Los reguladores de carga controlan el voltaje de los paneles a un voltaje constante que son trasladado al sistema de almacenamiento de energía (Vargas y Navia, 2015). Por otra parte, el regulador protege la vida útil de los acumuladores frente a eventos de sobrecarga o sobre descarga (Gruezo y Solís, 2022).

2.8.6. INVERSOR

Los inversores son los dispositivos más comunes en acondicionar potencias (Trejos y Alzate, 2013). Los inversores son dispositivos electrónicos utilizados en la implementación de los sistemas fotovoltaicos, siendo su principal función convertir la corriente continua en corriente alterna. Normalmente el inversor en sistemas aislados está conectado a una batería (Pascual, 2014).

2.8.7. BATERÍAS

Las baterías también conocidas como acumuladores son componentes electroquímicos capaz de almacenar energía de manera química para luego transformarla en energía eléctrica, por aquello estos dispositivos son primordiales en la aplicación de sistemas fotovoltaicos aislado (Valdiviezo, 2014; Alarcón y Sánchez, 2021). Una batería normalmente está compuesta por compuestos como electrodos y electrolitos, como las de tipo Absorción Glass

Mat (AGM), este tipo de acumulador no requiere de mantenimiento ni de ventilación y se pueden colocar de forma horizontal o vertical debido a que no contienen líquido lo que lo hace ideal para este tipo de Sistemas (Rojas et al., 2018).

2.8.7.1. TIPOS DE BATERÍAS

- **BATERÍA DE ÁCIDO-PLOMO.** – son las más requeridas en la implementación de sistemas fotovoltaicos, este tipo de baterías alcanzan una profundidad hasta el 80%, que las hacen ideales para los sistemas fotovoltaicos. Además, estas baterías son de fácil acceso y mantenimiento (Villegas y Alcívar, 2020).
- **BATERÍAS DE ÁCIDO-PLOMO ABIERTAS.** – están constituidas por una lámina de plomo positiva y una negativa inmersa en ácido sulfúrico y por agua, contienen cámaras separadas dependiendo de la potencia de la batería (Villegas y Alcívar, 2020).
- **BATERÍAS SELLADAS (VRLA).** – son muy diferentes a las anteriormente descritas, ya que, de ninguna forma se puede operar el electrolito de su interior, sin embargo, cuentan con una válvula para la liberación de presión en caso de sobre cargas (Coyopol, 2020).
- **BATERÍAS DE GEL.** – para esta clase de batería su electrolítico se transforma en un gel sílice manteniendo por períodos más largos la carga almacenada. Posee un mayor rendimiento a bajas temperaturas desarrollando así la capacidad de transmisión de corriente (Coyopol, 2020).

2.9. CABLEADO ELÉCTRICO EN LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Los conductores eléctricos son unos de los componentes más importantes en la implementación de los sistemas fotovoltaicos, los conductores más utilizados en estos tipos de sistemas son los de cobre y aluminio (Fernández y Cervantes, 2017). El sistema de cableado en la implementación de los sistemas fotovoltaicos deberá tener un aislamiento adecuado con el objetivo de prevenir o descartar un posible contacto con otras líneas eléctricas. Los conductores deben dimensionarse para una potencia eléctrica máxima, así como también para una caída de potencia (Guerrero, 2017).

2.10. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ECUADOR

Ecuador dado a sus condiciones geográficas se consolida como uno de los países con mayor potencial energético para realizar proyectos que empleen tecnologías con energías renovables, especialmente sistemas fotovoltaicos, ya que, gracias a los niveles altos de radiación es posible la generación de energía eléctrica a través de la energía solar (Peláez y Espinoza, 2015). Muñoz *et al.* (2018) enfatizan que a pesar de que Ecuador posee un alto potencial energético, el desarrollo de proyectos energía solar aún es incipiente.

De acuerdo con la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), en los últimos años el Ecuador ha presentado diversas iniciativas de implementar sistemas fotovoltaicos aislados en zonas rurales, donde el acceso de electricidad es de difícil acceso. Asimismo, se consolida como pionero en la ejecución de proyectos de microrredes con sistemas fotovoltaicos aislados (El Universo, 2017).

En la actualidad, el mercado de generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos aún es pequeño, ya que, solo se ha realizado una inversión de 50 millones de dólares en proyectos fotovoltaicos de pequeña capacidad, los mismos que han sido financiados por empresas privadas. Los proyectos mencionados se encuentran ubicados en ocho provincias del Ecuador, entre ellas, Manabí, Guayas, Pichincha, Cotopaxi, Loja, Imbabura, El Oro y Galápagos (La Hora, 2021).

En Manabí, se desarrolla un proyecto de generación eléctrica “El Aromo”, con una capacidad de 200 MW. A través de este proyecto, se adquirirán ciertos beneficios ambientales y sociales, entre ellos, la reducción de 128 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) al año y el consumo de 7,9 millones de galones de Fuel Oil se evitarían, debido a la sustitución de generación térmica por la energía solar fotovoltaica (Corporación Eléctrica del Ecuador [CELEC EP], 2019).

2.11. POTENCIAL SOLAR DE ECUADOR

A través del ex Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) del 2008, Ecuador desarrolló el Atlas Solar para fines de generación eléctrica. En la figura 2.1, se presentan los valores diarios de insolación total (directa y difusa) que se expresan en $\text{Wh/m}^2/\text{día}$ y también se observan las zonas del país con mayor potencial energético para proyectos fotovoltaicos como Manabí, Carchi, Loja e Imbabura (Muñoz et al., 2018).

Ecuador posee una radiación solar global de $4,575 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$, cuyo potencial solar con fines de generación eléctrica es de 312 GW, lo cual es equivalente a 456 TWh por año o 283 millones de barriles equivalente de petróleo (MBEP). El valor descrito equivale a quince veces el potencial hidroeléctrico en el país (Ávila et al., 2022).

Muñoz et al. (2018) afirma que para el 2017 ARCONEL informó que la capacidad efectiva en energía solar fue de 24.6 MW que representó el 0.34% de la capacidad total de energía del país, produciendo en un año un valor de 35.3 GWh/año lo que es equivalente a 0.15% del total de la producción de energía. El autor ratifica que Ecuador no cuenta con información suficiente relacionadas con paneles solares, lo que hace que no se aproveche este recurso en cuanto al beneficio social.

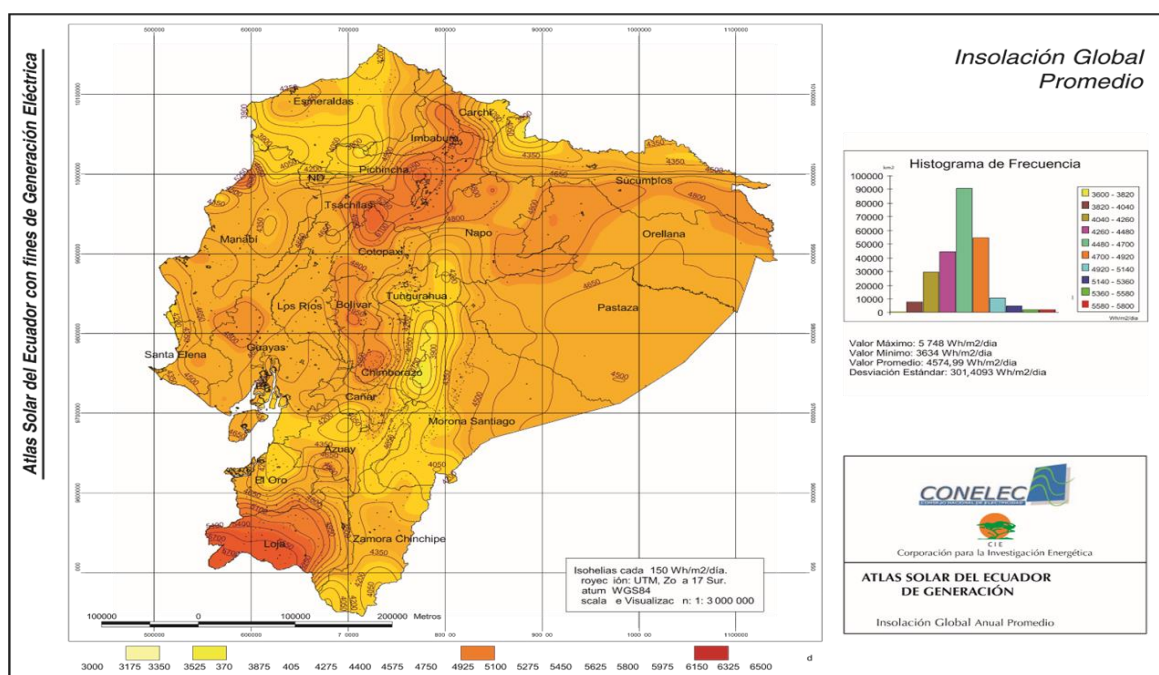


Figura 2.1. Mapa solar del Ecuador

Fuente: Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica

2.12. BENEFICIOS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA A LA CALIDAD DE VIDA

Las fuentes de energías renovables son cada vez más sustentables para el desarrollo de comunidades rurales de todo el mundo, puesto que las energías convencionales de origen fósil aparte de generar daños al ambiente también causan deterioros de la calidad de vida del ser humano (Jiménez, 2014). Contreras et al. (2021) afirman que, en la actualidad la energía solar fotovoltaica mejora considerablemente la calidad de vida de las personas, dado a que la implementación de sistemas de energía renovable es vital para las comunidades donde el sistema de la red eléctrica no es accesible.

Nolasco y Gomis (2021) enfatizan que la dotación de energía limpia impulsa al progreso socioeconómico de las comunidades aisladas y rurales, minimizando la pobreza e incrementando la calidad de vida. De tal forma, los hogares en situación de pobreza energética tendrían acceso a una energía de calidad y no contaminante que les permita satisfacer sus necesidades primordiales, conllevándolos al desarrollo económico de cada uno sus integrantes (Álamos et al., 2021).

2.13. MARCO LEGAL

El presente trabajo de investigación se rige ante el siguiente marco legal:

Tabla 2.2. Marco Legal

Legislación	Fecha de registro	Documento de información
Constitución Política de la República del Ecuador	Publicada en el Registro Oficial Nro.449 del 20 de octubre de 2008	<p>Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.</p> <p>Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua (Constitución de la República del Ecuador, 2008).</p>
Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE)	Publicada en el Registro Oficial Nro. 418 del 16 de enero de 2015	<p>Art. 26.- Energías renovables no convencionales. – El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía.</p> <p>La electricidad producida con este tipo de energías contará con condiciones preferentes establecidas mediante regulación expedida por el ARCONEL (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica [LOSPEE], 2015).</p>
Código Orgánico del Ambiente (COA)	Registro Oficial Suplemento 983 de 12 de abril de 2017	<p>Art. 5. Derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, promoviendo el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental.</p> <p>Art. 245.- Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable. Todas las instituciones del Estado y las personas naturales o jurídicas, están obligadas según corresponda, a:</p> <p>3. Fomentar y propender la optimización y eficiencia energética, así como el aprovechamiento de energías renovables</p>

		8. Coordinar mecanismos que faciliten la transferencia de tecnología para la producción más limpia (Código Orgánico del Ambiente [COA], 2017).
Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL)	Registro Oficial Nro. 783 del 22 de febrero de 2019	Se establecen las condiciones para el desarrollo, implementación y participación de consumidores que cuenten con sistemas de microgeneración fotovoltaica -μSFV- hasta 100 kW de capacidad nominal instalada, ubicados en techos, superficies de viviendas o en edificaciones para las categorías residencial y general determinados en el pliego tarifario en bajo o medio voltaje (Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL], 2019).
Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador	2021	Objetivo 8. Generar nuevas oportunidades y bienestar para las zonas rurales, con énfasis en pueblos y nacionalidades (Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador, 2021).
Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible	2018	Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (Naciones Unidas, 2018).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en una vivienda localizada en la comunidad de Mocochal, situada en la ciudad de Calceta, perteneciente al cantón Bolívar, provincia de Manabí.

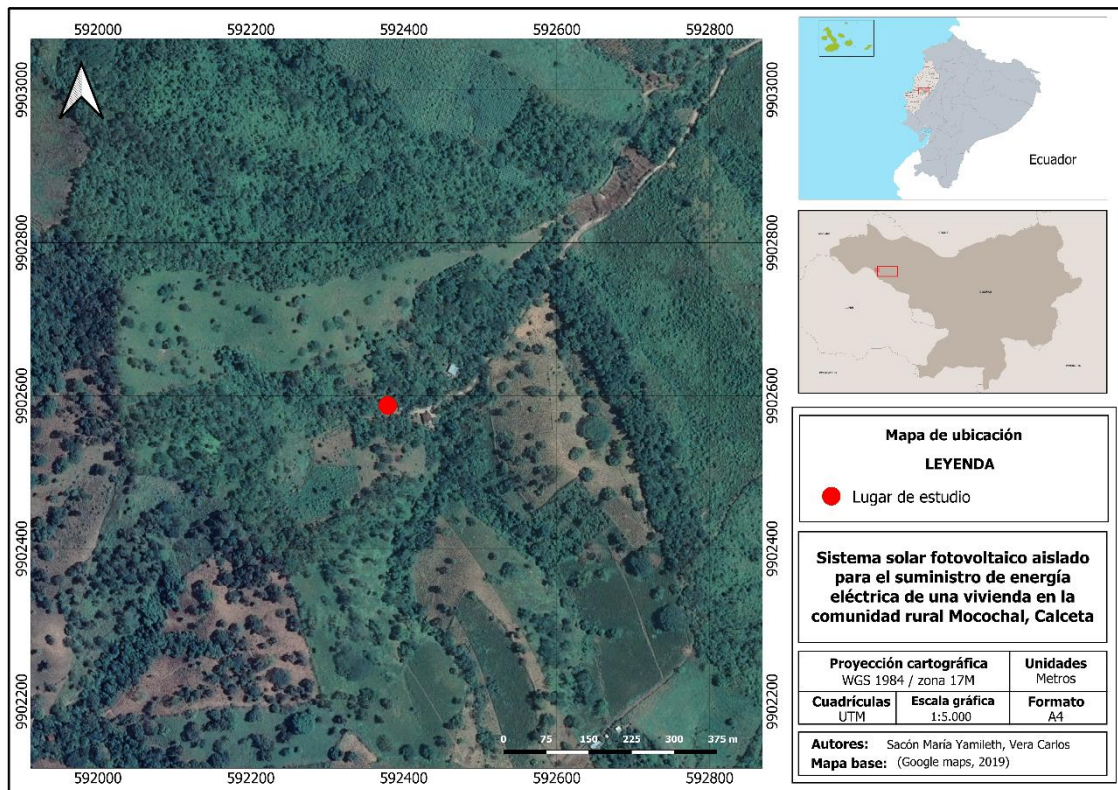


Figura 3.1. Mapa de georreferenciación del proyecto
Elaborado por: Los Autores (2022), mediante el programa ArcGis

3.2. DURACIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de nueve meses, comprendido entre agosto del 2022 hasta abril del 2023, a partir de la aprobación del proyecto para su respectiva ejecución.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo no experimental, porque no existe manipulación de las variables de estudio por los investigadores (Álvarez, 2020).

3.4. MÉTODOS

3.4.1. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

Lafuente y Martín (2017) señalan que el método bibliográfico es fundamental en una investigación, dado a que constituye una etapa esencial en el desarrollo de un trabajo académico o científico. Según Gómez et al. (2014) este incluye la búsqueda y revisión de diversas fuentes como libros, revistas, bases de datos, etc. En este trabajo, se empleó para la revisión bibliográfica sobre la instalación y funcionamiento del sistema fotovoltaico aislado implementado.

3.4.2. MÉTODO DESCRIPTIVO

El método descriptivo se encarga de puntualizar las características de la población que se está estudiando. Se utiliza para recoger, organizar, resumir, analizar los resultados obtenidos a través de las observaciones (Guevara et al., 2020). Desde el punto de vista de Abreu (2012), este método implica la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea clara de una determinada situación. Se utilizó este método para recolectar, organizar, sintetizar e interpretar los resultados obtenidos mediante la observación de campo en el lugar donde se implementó el sistema fotovoltaico aislado.

3.4.3. MÉTODO ANALÍTICO-SINTÉTICO

Maya (2014) menciona que el método analítico es aquel que consiste en el análisis de un objeto de estudio. A través de la desmembración de sus partes este método permite estudiar las causas, naturaleza y efectos de cada componente (Lopera et al., 2010). Por su parte, Rodríguez y Pérez (2017) señalan que el método sintético es un proceso de razonamiento que tiene como finalidad la unión o combinación de las partes analizadas. El método analítico-sintético determinó las acciones humanas que requieren un suministro de energía eléctrica, así como las frecuencias de uso de los equipos electrónicos.

3.4.4. MÉTODO EXPLORATORIO

Según Abreu (2012) el método exploratorio tiene como finalidad explorar un problema de investigación que no ha sido objeto de análisis o poco estudiado. Dicho método resulta esencial dentro de una investigación, porque permite conocer las variables en estudio que están relacionadas con la investigación

(Ramos, 2020). Batthyány et al. (2020) indican que este tipo de método se distingue de los otros porque suelen ser amplios y manejables en su metodología en contraste con otros métodos de investigación. En este caso, el método exploratorio definió las necesidades de la familia al no estar conectada al Sistema Nacional Interconectado (SIN).

3.4.5. MÉTODO CUANTITATIVO

Abero et al. (2015) mencionan que el método cuantitativo tiene como propósito la recolección y análisis de datos numéricos para cuantificar el problema de investigación. Arenas (2014) indica que se basa en hechos o causas que puedan medirse. Este método tributó a que se conociera el valor de consumo diario y mensual de una familia del sector rural en kilovatios horas, así como también proyectó la demanda que tiene el sistema fotovoltaico una vez establecido.

3.5. TÉCNICAS

3.5.1. OBSERVACIÓN DE CAMPO

Para Campos y Martínez (2012) la observación de campo es la manera más sistematizada y lógica para la búsqueda visual y ejecutable de lo que se requiere conocer. A través de esta técnica se logra captar de la forma más objetiva lo que sucede en el mundo real, asimismo resulta parte importante de la descripción de una investigación, ya que se efectúa en los sitios donde acontecen fenómenos o hechos investigados (Díaz, 2011; Pulido, 2015). Con la observación se definió las condiciones de la vivienda, el número de espacios, el número de puntos de iluminación, el número de electrodomésticos existentes dentro de la vivienda (en caso de existir) y la facilidad de acceso para el establecimiento del sistema.

3.5.2. ENCUESTA

De acuerdo con Katz et al. (2019) la encuesta es una de las técnicas de investigación más utilizada por el investigador, ya que, se caracteriza por emplear una serie de procedimientos estandarizados, a través de la cual se recolectan, procesan y examinan un conjunto de datos de una muestra estimada. Se aplicó una encuesta en la comunidad Mocochoal con la finalidad de obtener datos sociodemográficos de los habitantes, así como también conocer el nivel

de comprensión de los moradores sobre el tema de energías alternativas y el uso de paneles solares.

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.6.1. POBLACIÓN

La población también es conocida como universo, hace referencia al conjunto de elementos que se requieren investigar; pueden ser objetos, acontecimientos o grupos de personas, los cuales pueden presentar características similares (Bernal, 2018; Arias et al., 2016). En esta investigación, la población corresponde a las casas y habitantes de la comunidad rural Mocochoal de la ciudad de Calceta.

3.6.2. MUESTRA

Para Gallardo (2017) y Arias (2021) la muestra es parte representativa de la población en un estudio determinado. El muestreo de esta investigación fue de tipo aleatorio, ya que, de las 120 casas encuestadas, 20 no cuentan con el servicio eléctrico y de estas se seleccionó aleatoriamente una vivienda para la implementación del sistema fotovoltaico aislado.

3.7. VARIABLES EN ESTUDIO

3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Condiciones de emplazamiento y de la zona de influencia

3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Eficiencia del sistema fotovoltaico aislado

3.8. PROCEDIMIENTOS

3.8.1. FASE I. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO Y DE LA ZONA DE INFLUENCIA

Actividad 1. Reconocimiento del lugar

Se efectuó una visita de campo en la comunidad Mocochoal, Calceta para diagnosticar el área de estudio y conocer la situación actual de la vivienda donde se implementó el sistema fotovoltaico. Además, se procedió a georreferenciar el

sitio mediante la herramienta Handy GPS free, mismo que proporcionó datos en coordenadas UTM WGS84. Posteriormente, los datos georreferenciados fueron procesados a través de programas informáticos como Google Earth y ArcGIS, que facilitaron la ubicación exacta donde se aplicó dicho proyecto.

Actividad 2. Análisis de información climática de la zona

Para llevar a cabo esta actividad se tomó lo expuesto por Velásquez y Zambrano (2018), para lo cual se realizó una revisión y análisis de la información climática de la zona de estudio, dicha información fue proporcionada por la Estación Meteorológica de la ESPAM MFL. En el análisis se tuvieron en cuenta la temperatura máxima y mínima, así como el parámetro de horas sol.

Actividad 3. Elaboración de mapas de radiación solar

Se estimó la radiación solar aplicando la metodología propuesta por Mendoza y Carrión (2021) que consiste en la extracción de mapas de radiación solar del lugar de estudio utilizando el Atlas solar del Ecuador elaborado por CONELEC (2008). Los mapas obtenidos fueron procesados mediante el programa ArcGIS con la finalidad de conseguir datos precisos para el cálculo de la eficiencia de conversión de los paneles solares (Velásquez y Zambrano, 2018; Alarcón y Cevallos, 2019).

3.8.2. FASE II. CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA UNA VIVIENDA RURAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Actividad 4. Análisis de la información sociodemográfica del área de estudio

Empleando lo propuesto por Esparza (2016) se aplicó una encuesta a los habitantes de la comunidad Mocochoal, dicha encuesta estuvo conformada por un total de 16 preguntas (Anexo 1), la cual contenía información básica sobre aspectos sociodemográficos, características de la vivienda y conocimientos de paneles solares para el abastecimiento de energía eléctrica, consumo de energía, entre otros (Mendoza y Carrión, 2021). Esta información se contrastó con los datos publicados por Instituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC] del año 2010.

Para el cálculo de la muestra se empleó la siguiente fórmula, misma que fue empleada por Esparza (2016) en su investigación:

$$n = \frac{Z^2 * N * P * Q}{E^2 (N-1) + Z^2 * P * Q} \quad [\text{Ec. 3.1}]$$

Donde:

n= Muestra

N= Población

Z= Intervalo del nivel de confianza

P= Nivel de ocurrencia

Q= Nivel de no ocurrencia

E= Grado de error

Actividad 5. Diseño del sistema fotovoltaico

Con base a lo establecido en la actividad 3 sobre la obtención de los mapas de radiación solar del lugar de estudio se consideró la ubicación de la vivienda respecto a su posición con el sol (Rojas y Velazco, 2021). Asimismo, se consideraron los cálculos del ángulo de inclinación de los paneles (Lozano, 2017), los cuáles se describen a continuación:

- **Cálculo de consumo promedio de la instalación a diseñar**

Se efectuaron los cálculos del consumo promedio de la instalación a diseñar con base a los cálculos propuestos por Bayod (2009) (ecuación 3.2):

$$\text{Energía diaria} = \frac{P * H}{1000} \left(\frac{KWh}{\text{día}} \right) \quad [\text{Ec. 3.2}]$$

Dónde:

P = Potencia en Watios (W)

H = Horas/día de funcionamiento

Asimismo, se calculó el consumo de energía mensual (30 días del mes) utilizando la ecuación 3.3 propuesta por Bayod (2009), mismos que fueron empleados en la investigación de Velásquez y Zambrano (2018), a continuación, se describen dichas fórmulas:

$$\text{Consumo de energía mensual} = \left(\frac{\text{KWh}}{\text{mes}} \right) = \text{Energía diaria} * 30 \text{ días} \quad [\text{Ec. 3.3}]$$

- **Cálculo de la eficiencia de la instalación**

De acuerdo con Acevedo (2016) para el cálculo de la eficiencia de la instalación se procedió a multiplicar las eficiencias obtenidas de los equipos empleados: batería, inversor y regulador.

La estimación de dicha eficiencia se la realizó mediante la ecuación 3.4:

$$n = n_r * n_a * n_i \quad [\text{Ec. 3.4}]$$

Donde:

n = Eficiencia de instalación

n_r = Eficiencia del regulador

n_a = Eficiencia de la batería

n_i = Eficiencia del inversor

- **Cálculo de la potencia solar fotovoltaica**

Tomando como referencia la ecuación 3.5 propuesta por Acevedo (2016) se procedió a calcular la potencia solar fotovoltaica:

$$P_{SFV} = \frac{(C_{\text{día}})}{HSP * n * 1000} \quad [\text{Ec. 3.5}]$$

Donde:

P_{SFV} = Potencia solar fotovoltaica

HSP = Horas sol pico

$C_{\text{día}}$ = Consumo diario

n = Eficiencia de instalación

- **Cálculo del número de Paneles**

El cálculo del número de paneles se efectuó dependiendo del número de paneles utilizados para satisfacer la energía diaria en una vivienda rural, la capacidad de la planta y la potencia del panel aplicando la ecuación 3.6 (Crespo, 2021).

$$N_{I_{paneles}} = \frac{P_{SFV}}{P_P} \quad [\text{Ec. 3.6}]$$

Donde:

P_{SFV} = Potencia solar fotovoltaica

P_P = Potencia del panel

- **Cálculo de la capacidad del regulador**

Mediante la ecuación 3.7 se procedió a calcular la capacidad del regulador, dicha fórmula fue empleada en el trabajo de Velásquez y Zambrano (2018):

$$I_{reg} = I_{tp} * 1,25 + I_{tp} \quad [\text{Ec.3.7}]$$

Dónde:

I_{reg} = Corriente del regulador (A)

I_{tp} = Corriente total proveniente de los paneles

- **Cálculo para el número de baterías**

Crespo (2021) indica que el cálculo para el número de baterías se efectuó estimando la energía diaria con respecto a la instalación, los días de autonomía, porcentaje de descarga de batería, temperatura y voltaje de la misma (ecuación 3.8).

$$C_{BANCO} = \frac{\left(\frac{E_{diaria} * \text{Días de autonomía}}{P_{des}} * \text{factor temperatura} \right)}{V_{bateria}} \quad [\text{Ec. 3.8}]$$

Posteriormente, se estimó el valor de la capacidad de banco de batería obtenida en la ecuación anterior y se dividió para el valor de la capacidad de batería utilizada en el sistema, para lo cual se aplicó la ecuación 3.9 (Acevedo, 2016).

$$\#Baterias = C_{BANCO} / C_{BATERÍA} \quad [\text{Ec. 3.9}]$$

- **Cálculo para la potencia del inversor**

El cálculo para la potencia del inversor se lo ejecutó mediante la ecuación 3.10 (Acevedo, 2016).

$$P_{inversor} = E_{diaria} * Fs \quad [\text{Ec. 3.10}]$$

E_{diaria} = Consumo de energía diaria

Fs = Factor de seguridad

- **Cálculo del ángulo de inclinación**

Para efectuar el cálculo del ángulo de inclinación se empleó la ecuación 3.11 con el objetivo de alcanzar la mayor radiación solar posible sobre el captador solar estático (Borbor, 2021; Segovia, 2017). Este cálculo se basó en el análisis estadístico de la radiación solar sobre las superficies con diversas inclinaciones ubicadas en áreas de diferentes latitudes, proporcionando la inclinación óptima en función de la latitud del lugar (Monar, 2015).

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |\varnothing| \quad [\text{Ec. 3.11}]$$

Donde:

β : Ángulo de inclinación óptima (grados)

$|\varnothing|$: Latitud del lugar, sin signo (grados)

Actividad 6. Selección del equipo fotovoltaico a implementarse

Para la selección del equipo fotovoltaico se efectuó una revisión bibliográfica en revistas, artículos científicos, libros, páginas web y trabajos de titulación, para tener conocimiento sobre las características del panel, así como su funcionamiento, equipos a utilizarse y autonomía del mismo (Velásquez y Zambrano, 2018).

Tabla 3.1. Resumen de búsqueda bibliográfica

Fuente	Nombre	Autor, año	Relación a SFV	Utilidad/Contribución
Artículos				
Libros				
Tesis				

Asimismo, teniendo en cuenta la revisión bibliográfica y a la información obtenida en la actividad 3 referente al Atlas Solar del sitio de estudio, se realizó una búsqueda de los parámetros del diseño a seleccionarse para el sistema fotovoltaico que mejor se ajuste a las necesidades y realidad de la investigación (Acero y Puentes, 2019). Bajo esta premisa se consideraron los siguientes elementos claves para el éxito del diseño: porcentaje de radiación solar, condiciones de infraestructura de la vivienda, dirección y ubicación del panel implementado, ángulos de inclinación presencia/ausencia de cobertura boscosa alrededor de la vivienda, consumo diario promedio de una vivienda rural, características topográficas del lugar de estudio, número de personas por vivienda (Ochoa y Ramírez, 2020).

Teniendo en cuenta las características de las celdas fotovoltaicas detallada en la tabla 2.1, el sistema seleccionado fue un sistema fotovoltaico aislado porque cumple con las condiciones expuestas por Petrel (2021), ya que la vivienda está en una zona que no cuenta con la cobertura total de conexión al Sistema Nacional Interconectado (SIN) y por tanto requiere de una batería que almacene la energía producida durante el día para usarla en la noche.

Actividad 7. Instalación del sistema fotovoltaico

Para la instalación del sistema fotovoltaico se empleó la metodología establecida por Navarro et al. (2017) donde se procedió a armar la estructura, la cual sirvió como base para el panel solar. La estructura contempló materiales como rieles, ángulos y plancha de metal. Posteriormente, se realizó el montaje y anclaje del panel solar, mismo que se ubicó a una altura de seis metros. Después de lo establecido, se procedió a instalar y conectar el sistema de cableado, que unió la potencia y el voltaje. Luego, se elevó la línea al interior de la vivienda para proceder a conectarlo con el inversor.

3.8.3. FASE III. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA AISLADO IMPLEMENTADO

Actividad 8. Monitoreo del sistema

Para el monitoreo del sistema se aplicó la metodología de Punina (2020) donde se realizó el monitoreo con una frecuencia de cada cinco horas al día en horarios de 7 am, 9 am, 12 am, 3 pm y 5 pm, durante 32 días. Siguiendo la metodología propuesta por Velásquez y Zambrano (2018) se realizó el monitoreo del consumo energético, en el cual se consideró el voltaje y amperaje, aplicando la ecuación 3.12 y 3.13:

$$P_m = V * I \quad [\text{Ec. 3.12}]$$

Dónde:

P_m = Potencia medida

V = Voltaje

I = Intensidad

$$E_{cp} = \frac{P_m}{A} \quad [\text{Ec. 3.13}]$$

Dónde:

E_{cp} = Energía captada

A = Área del panel

El área del panel se lo obtuvo aplicando base x altura, como lo expresa la ecuación 3.14:

$$A = \frac{bxh}{2} \quad [\text{Ec. 3. 14}]$$

Actividad 9. Eficiencia del sistema

De acuerdo con Velásquez y Zambrano (2018) se realizó los cálculos de eficiencia del sistema, empleando la ecuación 3.15:

$$Ef = \frac{Ecp}{W} * 100 \quad [\text{Ec. 3.15}]$$

Dónde:

Ef = Eficiencia de conversión

Ecp = Energía captada

W = Irradiación de la zona

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO Y DE LA ZONA DE INFLUENCIA

La comunidad rural Mocochal cuenta con una extensión total de 5 km², la misma que se encuentra ubicada geográficamente en las coordenadas de latitud - 0.8804825 y longitud -80.1660754, sobre los 117 msnm. Este sitio meteorológicamente se caracteriza por tener una temperatura que oscila entre 25 y 36°C.

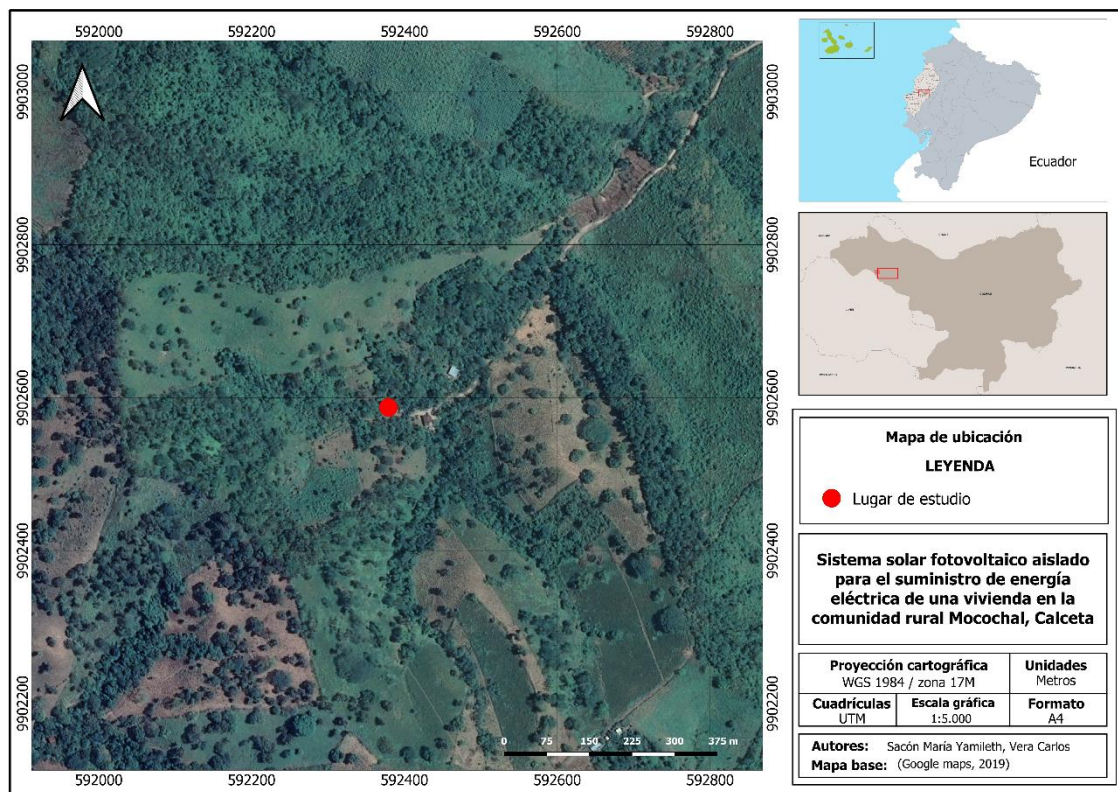


Figura 4.1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

El área del terreno de la vivienda seleccionada cuenta con una superficie de 800 m², siendo un lugar apto para la instalación del panel, ya que no existe cobertura arbórea que impida el aprovechamiento de los rayos solares; es una casa típica rural, de construcción alta con madera, caña y zinc, cuenta con seis espacios (dos cuartos, sala, cocina, baño seco fuera de la casa, corredor y la parte baja de la vivienda).

El panel solar se encuentra ubicado en la cara sur del techo de la vivienda, con una inclinación de 3.09 grados y un ángulo de azimut de 45° (figura 4.2).

$$\beta = 3.09^\circ$$

$$\gamma = 45^\circ$$



Figura 4.2. Zona de emplazamiento

Santa (2014) expone que, para el dimensionamiento e instalación de un sistema fotovoltaico es fundamental el diagnóstico de las condiciones de emplazamiento, considerando diversos aspectos como la ubicación geográfica, las condiciones climáticas, el nivel de radiación solar y las actividades que se desarrollan en dicho lugar. Por su parte, Gómez y Mayorga (2020) sostienen que un factor fundamental que influye en el emplazamiento es el tipo de material con el que estará diseñada la base de montaje de la placa fotovoltaica.

Chong et al. (2012) y Baca (2016) argumentan que el estudio de una zona de emplazamiento es de gran importancia, debido a que no solo constituye una práctica anticipada de reconocimiento directo in situ del lugar en estudio, sino

que también la caracterización fundamental del lugar de emplazamiento de un proyecto.

De acuerdo con la información proporcionada por la estación meteorológica de la ESPAM MFL, se diagnosticaron las condiciones climáticas del cantón Bolívar, mediante la cual se determinó que los factores de temperatura máxima, mínima y horas sol pico presentan los valores más altos en el mes de marzo durante el período 2012-2022, tal como se evidencia en las figuras 4.3 y 4.4.

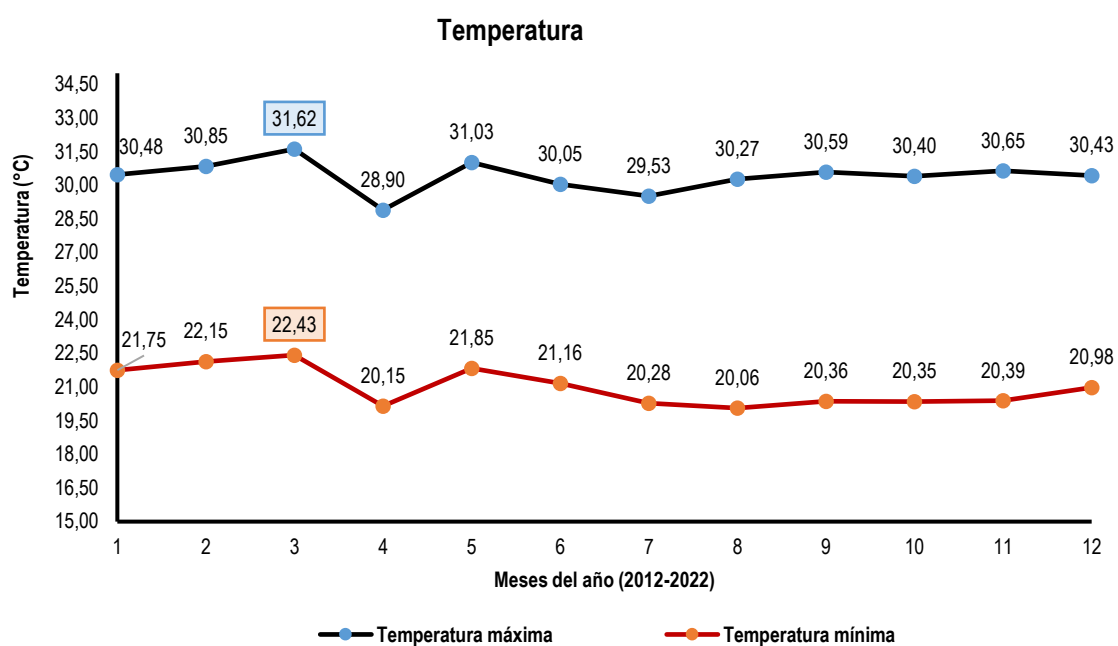


Figura 4.3. Temperatura máxima y mínima durante el mes de marzo en los años 2012-2022

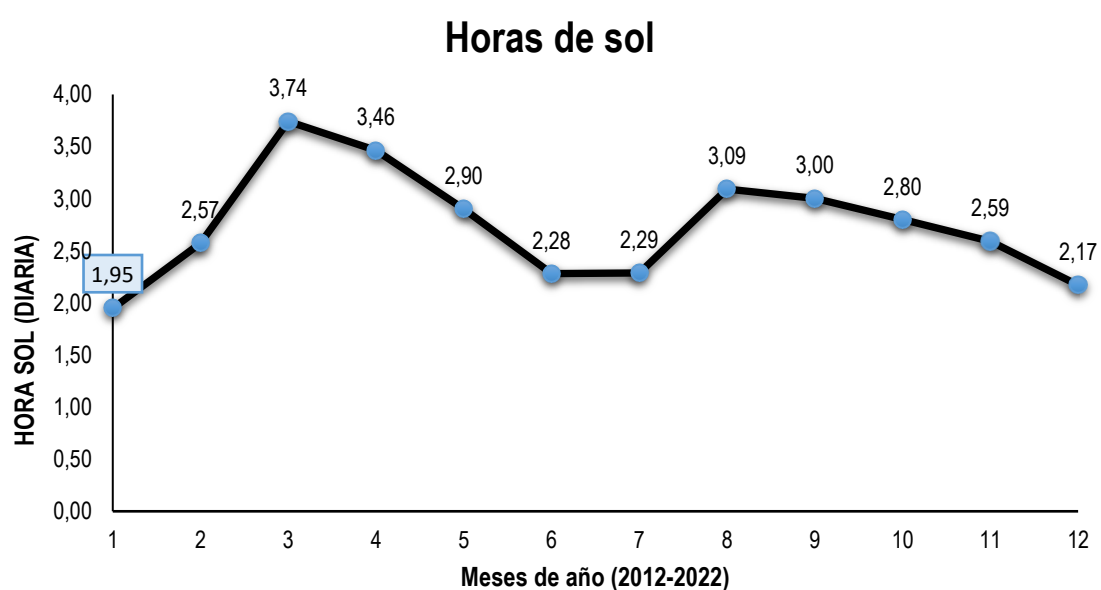


Figura 4.4. Valores históricos de radiación (2012-2022)

En la figura 4.3 se visualiza que la temperatura máxima para el mes de marzo presentó un valor de 31.62°C y la temperatura mínima muestra un valor de 22.43°C. Con respecto a las horas de sol pico (HSP), se constató que el mes de enero presenta la menor radiación con un valor de 1.95 HSP (figura 4.4).

Los resultados alcanzados en esta investigación se asemejan a los datos obtenidos de la estación meteorológica de la Universidad Católica de Chone, los cuales indican que marzo es el mes con los estándares climatológicos más altos a diferencia de los otros meses del año, alcanzando una temperatura máxima de 32.1°C y una mínima de 22.1°C, mientras que las horas sol presentan un valor de 2.29 horas para el mes de enero, siendo el mes de menor radiación; estos resultados son superiores a los alcanzados en este estudio (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador [INAMHI], 2014).

Asimismo, se elaboraron los mapas de radiación solar global, difusa y directa de la zona de influencia para el mes de marzo, dichos mapas fueron procesados con datos establecidos en el Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica del CONELEC del año 2008. Se obtuvo que la radiación global alcanzó valores elevados de insolación con 4800 Wh/m²/día, en comparación con la insolación difusa que obtuvo 2900 Wh/m²/día y la insolación directa con 2400 Wh/m²/día (figura 4.5, 4.6 y 4.7).

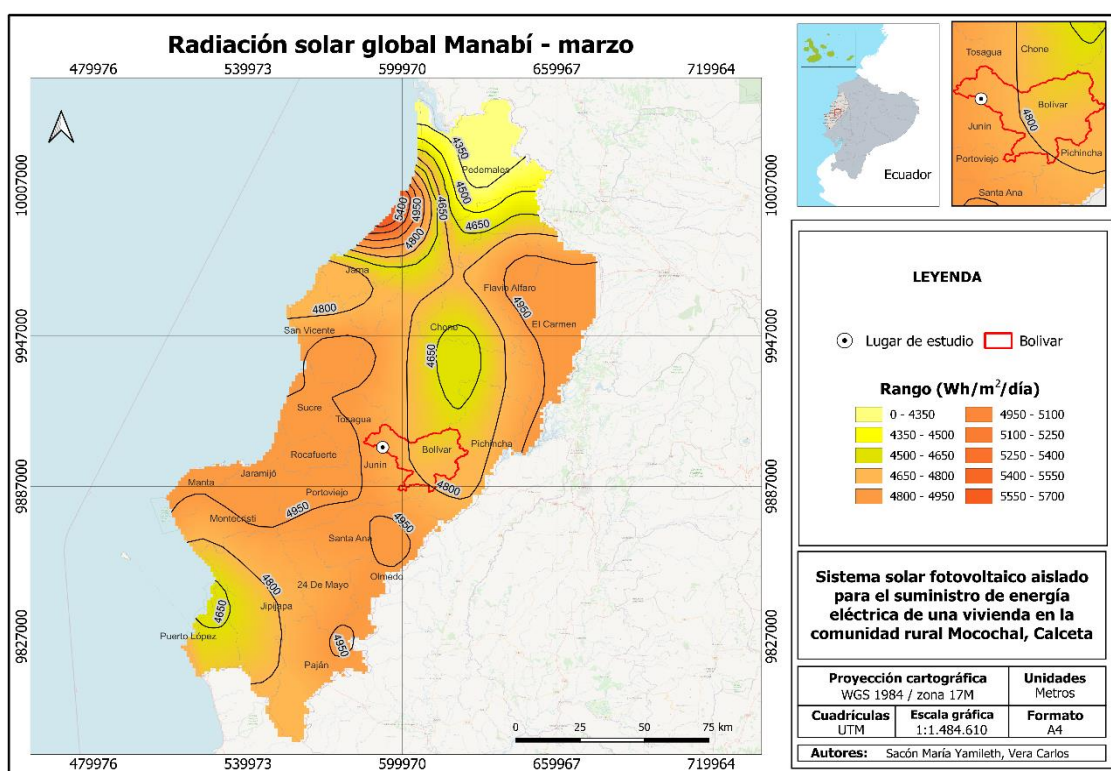


Figura 4.5. Mapa de radiación solar global del mes de marzo
Fuente: CONELEC (2008)

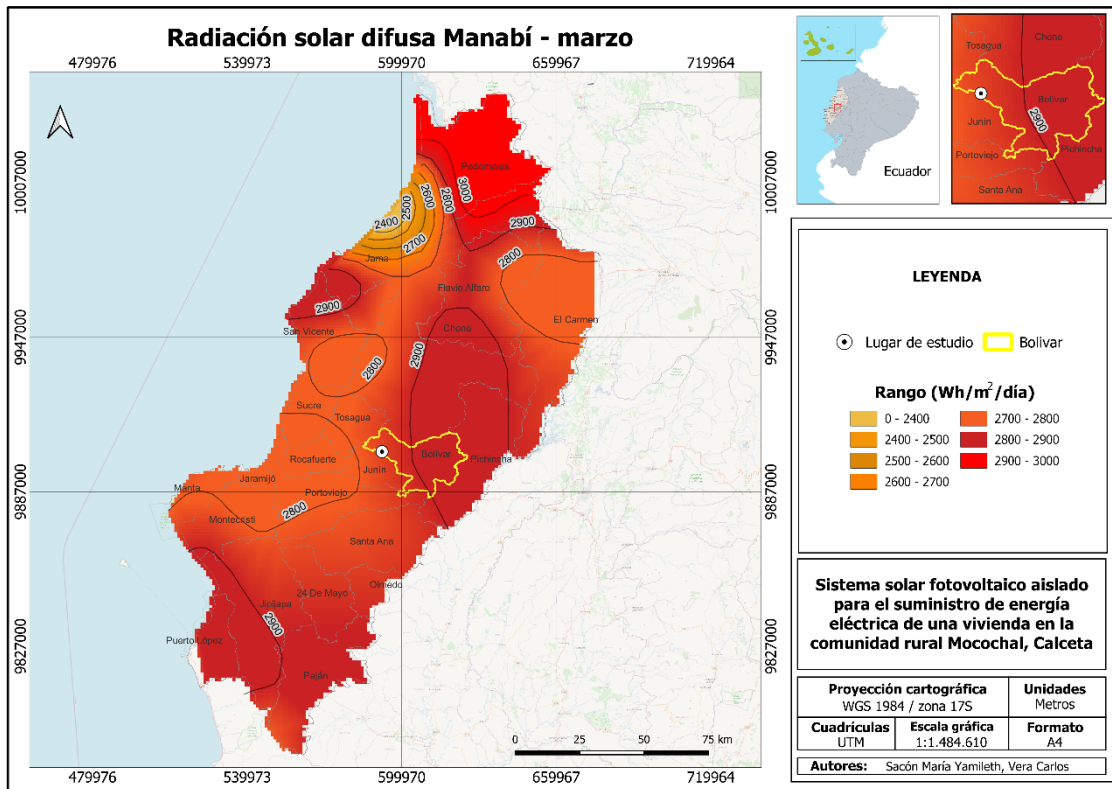


Figura 4.6. Mapa de radiación solar difusa del mes de marzo
Fuente: CONELEC (2008)

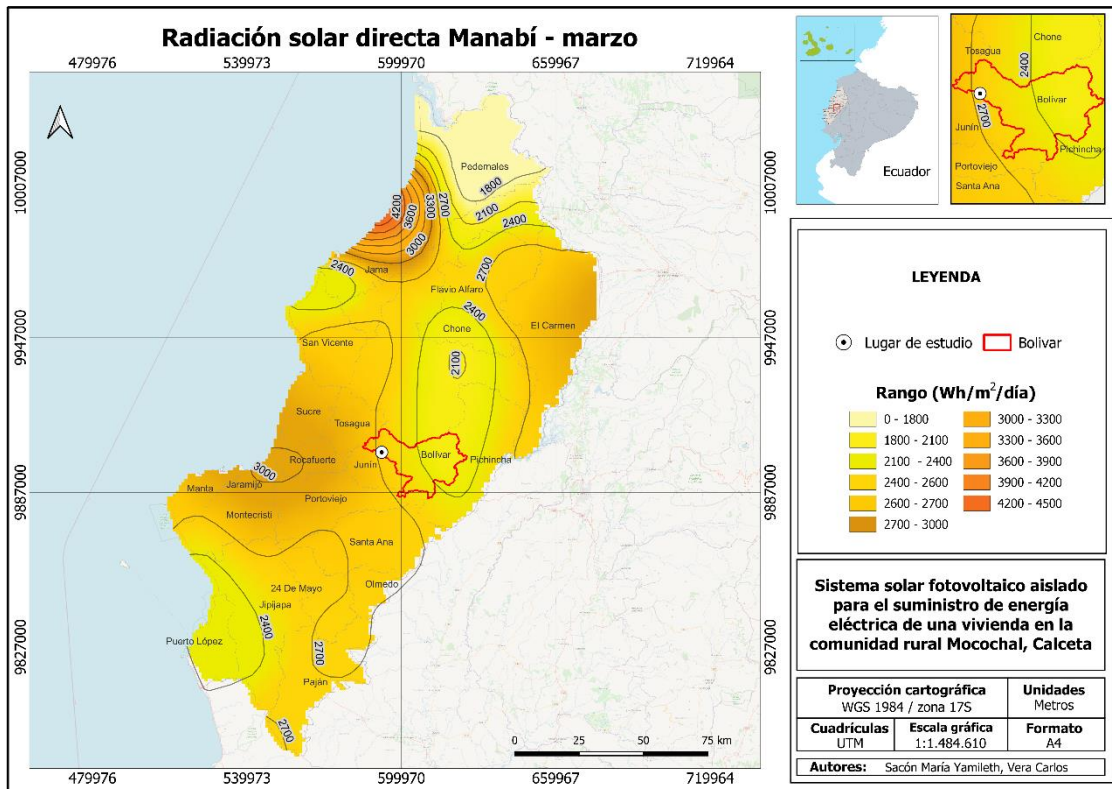


Figura 4.7. Mapa de radiación solar directa del mes de marzo
Fuente: CONELEC (2008)

Los datos presentados por el Atlas Solar de CONELEC son similares a los obtenidos de la NASA POWER durante los últimos cinco años (2016-2021), ya que para la comunidad rural de Mocochal la radiación solar global alcanzó un total de 4927 Wh/m²/día, seguido de la radiación solar directa con 2943 Wh/m²/día y la radiación difusa que indica un valor de 2668 Wh/m²/día (figura 4.8); por lo que la utilización de energía solar en proyectos fotovoltaicos resulta factible. Los valores de radiación presentados pueden variar dependiendo de las condiciones climáticas.

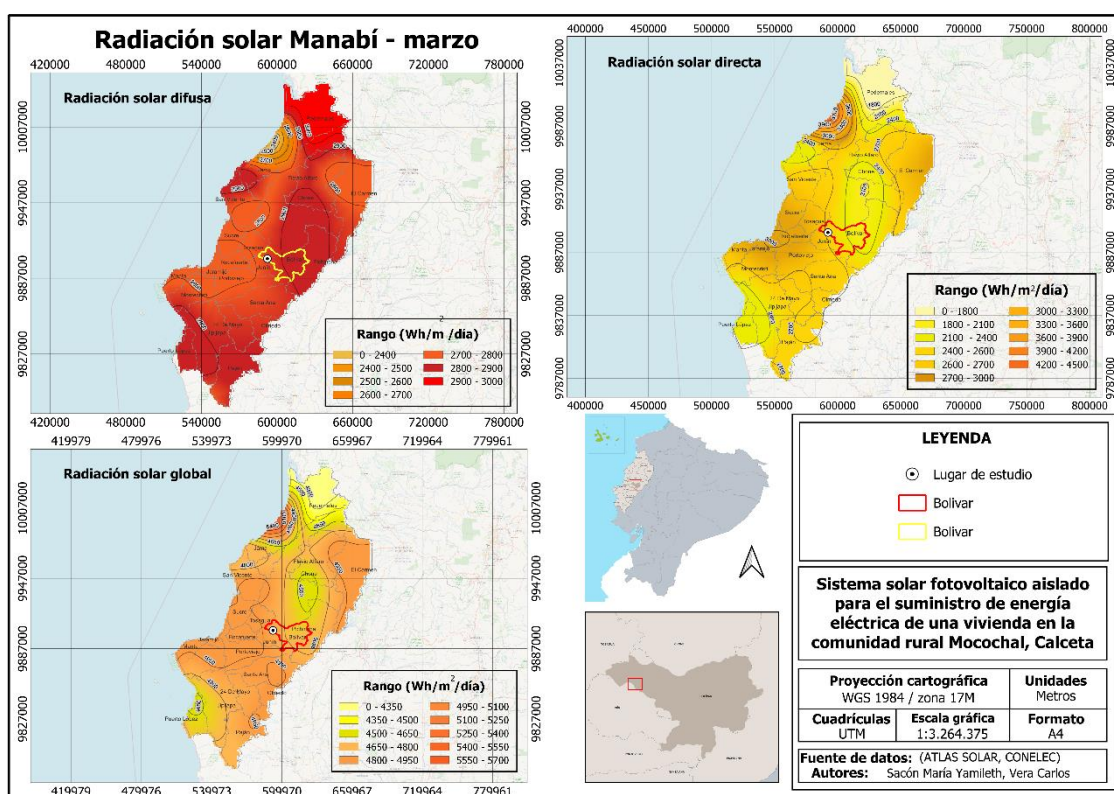


Figura 4.8. Mapa de radiación solar del mes de marzo, 2016 - 2021
Fuente: NASA POWER (2021)

Desde una perspectiva general, Ecuador es un país que presenta altos niveles de radiación solar; gracias a su posición geográfica el recurso solar resulta casi constante a lo largo del año (Mora, 2015; Vaca y Ordóñez, 2019). De acuerdo con Muñoz et al. (2018) la radiación solar global en el país es de 4.575 kWh/m²/día cuyo valor es superior al de Argentina, que, a pesar de tener lugares con buena insolación, alcanza una radiación solar global de 3 Wh/m²/día (Romero y Flores, 2019).

La provincia de Manabí, situada geográficamente en la costa del Ecuador, posee uno de los niveles más elevados de radiación solar en comparación con el resto del país (Saltos et al., 2017), es así como la ciudad de Portoviejo, capital de la provincia, presenta variaciones relativas de radiación solar, dado a su posición latitudinal, movimiento del sol y sus condiciones climáticas durante todo el año (Rodríguez y Vásquez, 2018). Portoviejo, ha registrado valores de radiación hasta 4.850 kWh/m²/día, siendo marzo el mes con mayor irradiancia de hasta 5.865 kWh/m²/día, es así que cualquier estudio en relación con la energía solar garantiza niveles energéticos superiores a los esperados en otra parte de la provincia (Rodríguez et al., 2017).

Cevallos y Ramos (2018) manifiestan que un valor de 3.8 kWh/m²/día es técnicamente viable para la implementación de un sistema fotovoltaico. Según Vaca y Ordóñez (2019) el 75% del territorio ecuatoriano presenta niveles de radiación solar que están por encima del valor mencionado, especialmente en provincias como Manabí (4.6 kWh/m²/día), Pichincha, Imbabura (4.5 a 5.7 kWh/m²/día) y Loja (4.2 hasta 5.7 kWh/m²/día).

4.2. CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA UNA VIVIENDA RURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

La comunidad de Mocochal cuenta con 240 familias y un total de 781 personas, distribuidas en 170 viviendas, de las cuales el 17% no tienen acceso a energía eléctrica según el censo local realizado en el 2020, por tanto, la selección de la vivienda y el diseño del sistema fotovoltaico aislado se efectuó basándose en las necesidades prioritarias identificadas durante la encuesta realizada.

En la tabla 4.3, se detallan los resultados obtenidos durante la realización de la encuesta a los habitantes de la comunidad rural Mocochal:

Tabla 4.1. Resumen de los datos obtenidos de la encuesta en la comunidad Mocochal

Variable	Cantidad	Frecuencia	
Datos sociodemográficos			
Edad	20 a 25 años	7	6%
	25 a 30 años	18	15%
	30 a 35 años	40	33%
	45 a 60 años	55	46%
Estado Civil	Soltero (a)		
	Casado (a)	49	40%
	Unión Libre	58	48%
	Separado (a)	10	8%
	Viudo (a)	5	4%
Sexo	Hombre	82	68%
	Mujer	38	32%
Núcleo familiar	2 a 4 personas	80	67%
	4 a 6 personas	22	18%
	6 a 8 personas	16	10%
	Otro	6	5%
Nivel de estudio	Primaria	76	63%
	Secundaria	20	17%
	Técnico/Tecnólogo		
	Universitario	15	13%
	Ninguna	9	8%
Ocupación laboral	Agricultor/a	78	65%
	Empleado/a público/a	12	10%
	Trabajo eventual	7	6%
	Negocio propio	11	9%
	Otros	12	10%
Características de la vivienda			
Tipo de vivienda	Casa	120	100%
	Departamento		
	Choza		
Estado de la vivienda	Bueno	62	52%
	Regular	46	38%
	Malo	12	10%
Techo	Zinc	112	94%
	Eternit	4	3%
	Cade	4	3%
Pared	Ladrillo	45	38%

	Bloque	6	5%
	Caña	40	33%
	Madera	29	24%
Piso	Cerámica	25	21%
	Madera	83	69%
	Caña	12	10%
	Tierra		
Acceso a servicios públicos	Agua potable		
	Alcantarillado		
	Electricidad	100	83%
	Internet	16	13%
	Teléfono fijo		
Fuente de electricidad en la vivienda	Recolección de basura		
	Red eléctrica pública	100	83%
	Generadores a gasolina		
	Generadores fotovoltaicos		
Vías de acceso a la vivienda	Ninguno	20	17%
	Asfalto		
	Lastrado	108	90%
	Adoquinado		
	Tierra	12	10%
Conocimiento sobre energía solar			
¿Tiene usted o alguien de su familia conocimiento de que existen las energías alternativas o renovables?	Sí	94	78%
	No	26	22%
¿Ha escuchado hablar sobre la energía solar y sus beneficios?	Sí	94	78%
	No	26	22%
¿Le gustaría implementar este método de energía en su hogar?	Sí	86	71%
	No	26	21%
	Tal vez	10	8%
¿Considera que la implementación de energías alternativas sería la solución para dar cobertura a los lugares donde la energía eléctrica no llega?	Sí	120	100%
	No		

Con base a los datos sociodemográficos levantados a las 120 familias en la comunidad Mocochal, se determinó que el 68% de los habitantes son hombres y el 32% son mujeres, mismos que presentan edades de entre 20 a 60 años. Asimismo, se constató que el 48% de los moradores se encuentran viviendo en unión libre y el 40% son personas casadas. De igual forma, el 67% de los encuestados tienen un hogar conformado por 2 o 4 personas.

Los datos obtenidos en esta investigación concuerdan con los resultados de Andrade (2021) el cual expresa que en las comunidades rurales de la Isla San Cristóbal de Galápagos el 58% de los habitantes encuestados son hombres y el 45% son mujeres, con un rango de edad de entre 25 a 60 años. Referente a la información sobre el estado civil de las personas, se constató mediante los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] (2010) que en las áreas rurales del Ecuador el 21.2% de personas son unidas, 33.1% casados, 2.8% divorciados y 2.2 viudos; valores inferiores a los obtenidos en esta investigación.

Los resultados del núcleo familiar de la comunidad rural Mocochoal, coinciden con los datos presentados por Peña (2018) en la comunidad Vereda Alabania de Colombia, dado a que el 29% de las viviendas encuestadas están conformadas por 4 personas y el 29% por 5 habitantes por casa.

Se determinó el nivel de estudio de los pobladores de la comunidad rural Mocochoal, dónde el 63% de los habitantes afirmó haber terminado la primaria, 17% poseen estudios de educación secundaria, 13% estudios universitarios y 8% sin instrucción educativa. Por otra parte, las ocupaciones laborales de los pobladores de esta comunidad están relacionados a la agricultura (65%), negocios propios (10%) y a trabajos en la avícola cercana a la comunidad (10%), otros son choferes y un pequeño porcentaje son amas de casas.

Según datos del INEC (2010) en las áreas rurales del Ecuador el 69.1% de las personas tienen educación primaria, el 13.8% educación media o secundaria y el 5.8% poseen estudios de tercer nivel. Con respecto al analfabetismo, la provincia de Manabí presenta una tasa del 10.2%, siendo el grupo de los hombres los más afectados con un total del 10.84% y las mujeres con un 9.56%. En el cantón Bolívar el analfabetismo en mujeres es de 9.1% y en los hombres de 10.3%

En la provincia de Manabí la ocupación predominante es la agricultura, ya que el 70.5% de los habitantes se dedican a la siembra y producción de cultivos como maíz, arroz, entre otros; el cargo de empleado público es de 3.5% para las comunidades rurales, el 36.1% cuentan con negocios propios y el 2% tienen trabajos del hogar no remunerado, que por lo general son amas de casas (INEC,

2010), estas estadísticas difieren de las que se obtuvieron en la comunidad de Mocochal.

En cuanto a las características de la vivienda de la comunidad en estudio, se conoció que el 100% de los encuestados poseen casas, con una infraestructura variable, dado a que algunas de estas poseen diferentes tipos de materiales de construcción como paredes de ladrillos (38%), caña (33%), madera (24%), bloque (5%); techos de zinc (94%), eternit y cade (3%); pisos de madera (69%), cerámica (21%) y caña (10%). Mediante lo expuesto, se determinó que el 52% de las viviendas se encuentran en estado bueno, el 38% regular y el 10% en mal estado.

Teniendo en cuenta datos del INEC (2010) el 81.7% de las viviendas de la provincia de Manabí son casas, de las cuales solo el 43.50% se encuentra en buen estado, mientras que el 44.90% de manera regular y un 11.60% en mal estado (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Manabí [PDOT], 2021).

Benavides (2019) enfatiza que Manabí es una de las provincias que se caracteriza por implementar diferentes tipos de construcción de viviendas, ya que conforme a los datos del INEC (2010) el 80% de las viviendas rurales utilizan cubiertas tipo zinc, seguido de un 5% de eternit y un 7% de cade. De la misma manera sucede con el material de las paredes, dado a que un 39% son hechas de ladrillos, un 42% de caña guadúa y 1% de madera; y finalmente los pisos son de madera en un 60%, de cerámica un 29% y un 8% de caña.

Las encuestas determinaron que la comunidad rural Mocochal carece de servicios básicos como agua potable, alcantarillado y recolección de basura; solo el 83% tienen acceso al servicio eléctrico mediante la red pública mientras que el 17% carece de energía eléctrica, lo que afecta a la calidad de vida de estas familias. Por otro lado, el 90% de las vías de acceso a las viviendas están compuestas por lastre a diferencia del 10% que son de tierra, debido a que son vías adyacentes a la principal y, por tanto, se encuentran más aisladas de la comunidad.

En las comunidades rurales de la provincia de Manabí existen un total de 37.16 % de familias que presentan carencias en la cobertura de servicios básicos, tales como servicio de agua potable, sistema de recolección de residuos, alcantarillado y electricidad (PDOT, 2021). En relación a las vías de acceso, en el cantón Bolívar la superficie vial que predomina son los caminos de tierra con el 46%, seguido de las vías pavimentadas con 29%, mientras que las vías de lastres y empedradas ocupan el 25 y 1% (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador [CONGOPE], 2019); esto conlleva muchas veces a que no se cubra la totalidad de servicios.

Finalmente, se aplicaron preguntas referentes al conocimiento sobre energía solar, teniendo como resultado que el 78% de los encuestados no conoce sobre la existencia de las energías alternativas o renovables, ni de sus beneficios, sin embargo, el 100% de la comunidad considera que las energías alternativas son una opción de implementación de energía eléctrica en comunidades rurales; aunque de este porcentaje el 71% estaría dispuesto a implementar este método en sus hogares.

Los datos conseguidos en este trabajo difieren a los presentados por Andrade (2021) en la investigación efectuada en las comunidades rurales de la Isla de San Cristóbal de Galápagos, ya que el 84.4% de los encuestados si tenían conocimiento en cuanto a las energías alternativas. Asimismo, Peña (2018) menciona que en la comunidad Vereda Alabania de Colombia, el 96% de los encuestados señaló que las energías renovables son importantes para el beneficio del ambiente y social. Concerniente a la implementación del sistema fotovoltaico, Cedeño y García (2020) afirmaron que el 62.5% de los encuestados en comunidades rurales del Guayas han considerado la opción de implementar este método de energía en sus viviendas.

Desde este punto, Flores y Vélez (2022) sostienen que la electrificación mediante tecnología fotovoltaica en zonas rurales se consolida como una alternativa factible para los lugares donde el servicio eléctrico resulta de difícil acceso y tiene costos muy elevados. Por su parte, Vélez (2018) argumenta que los componentes técnicos de dichos sistemas pueden transportarse de una forma fácil, los mantenimientos son de bajo costo y los paneles suelen tener un ciclo de vida de 25 años si se les brinda el cuidado adecuado.

4.2.1. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El sistema fotovoltaico que se instaló en la vivienda de estudio está diseñado para alimentar seis focos ahorradores por seis horas de uso diario y dos cargadores de celulares por dos horas de uso, tal como se observa en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Estimación del consumo eléctrico en una vivienda rural

Estimación del consumo eléctrico						
Dispositivos	Cantidad	Potencia (W)	Potencia instalada (W)	Horas de uso diario (h)	Consumo de energía diario (kWh)/día	Consumo de energía mensual (kWh)/mes
Focos Ahorradores	6	5	30	6	0.180	5.4
Cargadores de celulares	2	1.8	3.6	2	0.007	0.216
Consumo total					0.187	5.616

En la tabla 4.2, se describen las cargas de los dispositivos que se alimentan del panel solar, su potencia, el tiempo de uso en horas y la energía consumida en kWh/día. Los focos ahorradores con una potencia 5W y cargadores de celulares con una potencia de 1.8W tendrán un consumo de energía de 0.187 kWh/día y 5.616 kWh/mes.

Asimismo, se efectuaron los cálculos de los parámetros del diseño a implementarse, mediante lo cual se constató que para un consumo de energía promedio de 0.187 kWh/día se requiere de un panel solar fotovoltaico de tipo policristalino de 50W con una eficiencia de 14.10%. El sistema también cuenta con una batería tipo gel de 50 Ah con un voltaje nominal de 12 V, un inversor de 1000 W que presenta un voltaje de 12 V y 24 V y un controlador de 30 Ah, tal como se detallan en los anexos 4, 5, 6 y 7.

Con las características descritas, el sistema fotovoltaico aislado logra una eficiencia de instalación de 50.4% y una potencia solar fotovoltaica de 48.38 Wh/día, siendo coherente con la capacidad del equipo seleccionado, dichos resultados se describen en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Parámetros del diseño fotovoltaico implementado en una vivienda de la comunidad rural Mocochoal

Parámetros de diseño fotovoltaico implementado		
Parámetros	Resultados obtenidos	Unidad
Energía diaria requerida	0.187	kWh/día
Horas sol pico mínima	1.95	kWh/m ² /día
Latitud	-0.8804825	°
Longitud	-80.1660754	°
Localización	Calceta	-
Ángulo de inclinación	3.09	°
Eficiencia de instalación del sistema	50.4	%
Inversor		
Potencia del inversor	322.56	Wh
% de eficiencia	0.9	%
Panel policristalino		
Números de paneles	0.97 ≈ 1	#P
Potencia	50	W
Voltaje	12	V
Amperaje (Isc)	2.68	A
Potencia del sistema	48.38	Wh
Batería		
% de descarga	0.7	%
Días de autonomía	1	Día
Voltaje del sistema	12	V
Capacidad de Batería	50	Ah
Voltaje de la Batería	12	V
% de eficiencia	0.8	%
# de Baterías en Serie x banco	1	
# Bancos de Baterías	0.70 ≈ 1	#Bp
Controlador		
Capacidad del regulador	6.03	Ah
% de eficiencia	0.7	%

Martínez y Mora (2022) destacan que el diseño e instalación de un sistema fotovoltaico aislado depende de la demanda energética promedio requerida por la vivienda en estudio, asegurando el abastecimiento de energía durante las 24 horas. Punina (2020) detalla que una vez obtenido el consumo promedio de instalación de una vivienda rural se procede a la adquisición de los equipos del sistema a implementarse; para su trabajo de investigación el autor mencionado utilizó dos paneles policristalinos de 150 W, un inversor de 500 W, un controlador de PWM de 30 Ah y dos baterías tipo gel de 100 Ah, para una demanda de energía 0.972 kWh/día con una eficiencia total de 53.55%.

En cuanto al tipo de panel, el panel policristalino fue seleccionado de acuerdo a las necesidades de la vivienda y a las condiciones de emplazamiento de la zona de estudio, ya que, para la comunidad Mocochoal se determinaron altos índices de radiación solar ($4927 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$) y, por ende, el equipo escogido funciona de manera eficiente (figura 4.9), siguiendo los lineamientos metodológicos evidenciados en la revisión bibliográfica (tabla 4.4).

Los paneles policristalinos son la mejor alternativa para lugares con altos niveles de radiación solar, dado a que ofrecen ciertas ventajas en cuanto a sus costos, ya que estos suelen ser más económicos y bastan para satisfacer la demanda eléctrica de una vivienda rural (Acero y Puentes, 2019; Portugal, 2018). Otra característica esencial es que, a diferencia de los paneles monocristalinos, estos no requieren de una limpieza constante y tienen un bajo impacto ambiental (Sierra et al., 2020). En cuanto a su eficiencia, pueden alcanzar una eficiencia de entre 13 y 16% (Paredes et al., 2018; Sanabria et al., 2019) y una vida útil que oscila alrededor de 25 años (Huamán, 2018).



Figura 4.9. Panel policristalino de 50 W

Tabla 4.4. Revisión bibliográfica para la selección del panel implementado

Fuente	Nombre	Autor, año	Relación a SFV	Utilidad/Contribución
Artículos	Comparison of solar panel monocristalino 0 and 20 ° vs policristalino 0 and 20 ° of inclination in Puerto Vallarta.	Paredes <i>et al.</i> (2018)	Tipos de paneles	Alta
	El potencial solar y la generación distribuida en la provincia de Manabí en el Ecuador	Rodríguez <i>et al.</i> (2017)	Potencial solar en Manabí	Alta
	Comparative analysis of the performance of mono-crystalline and polycrystalline PV modules in weather conditions of Fusagasugá.	Sanabria <i>et al.</i> (2019)	Análisis y comparación de paneles solares	Media
	Disposición final e impacto ambiental de las celdas fotovoltaicas	Sierra <i>et al.</i> (2020)	Paneles solares y el medio ambiente	Baja
	Efficiency in solar panels	Torres <i>et al.</i> (2018)	Diseño fotovoltaico	Alta
Libros	Instalaciones solares fotovoltaicas.	Baselga (2019)	Diseño fotovoltaico, cálculos	Alta
	Energías renovables: sistemas fotovoltaicos.	Bayod (2009)	Cálculos	Alta
	Energía solar fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada.	Pareja (2016)	Diseño fotovoltaico	Alta
Tesis	Sistema fotovoltaico para proveer energía eléctrica	Chicaiza (2016)	Diseño fotovoltaico	Media
	Diseño de sistema solar fotovoltaico e individual en el corregimiento Bocas del Atrato-Turbo	Petrel (2021)	Cálculos	Media
	Eficiencia de la heliofanía en diferentes tipos de células fotovoltaicas de un sistema aislado en la ESPAM MFL.	Velásquez y Zambrano (2018)	Diseño fotovoltaico Cálculos Comparación de eficiencia de paneles	Alta

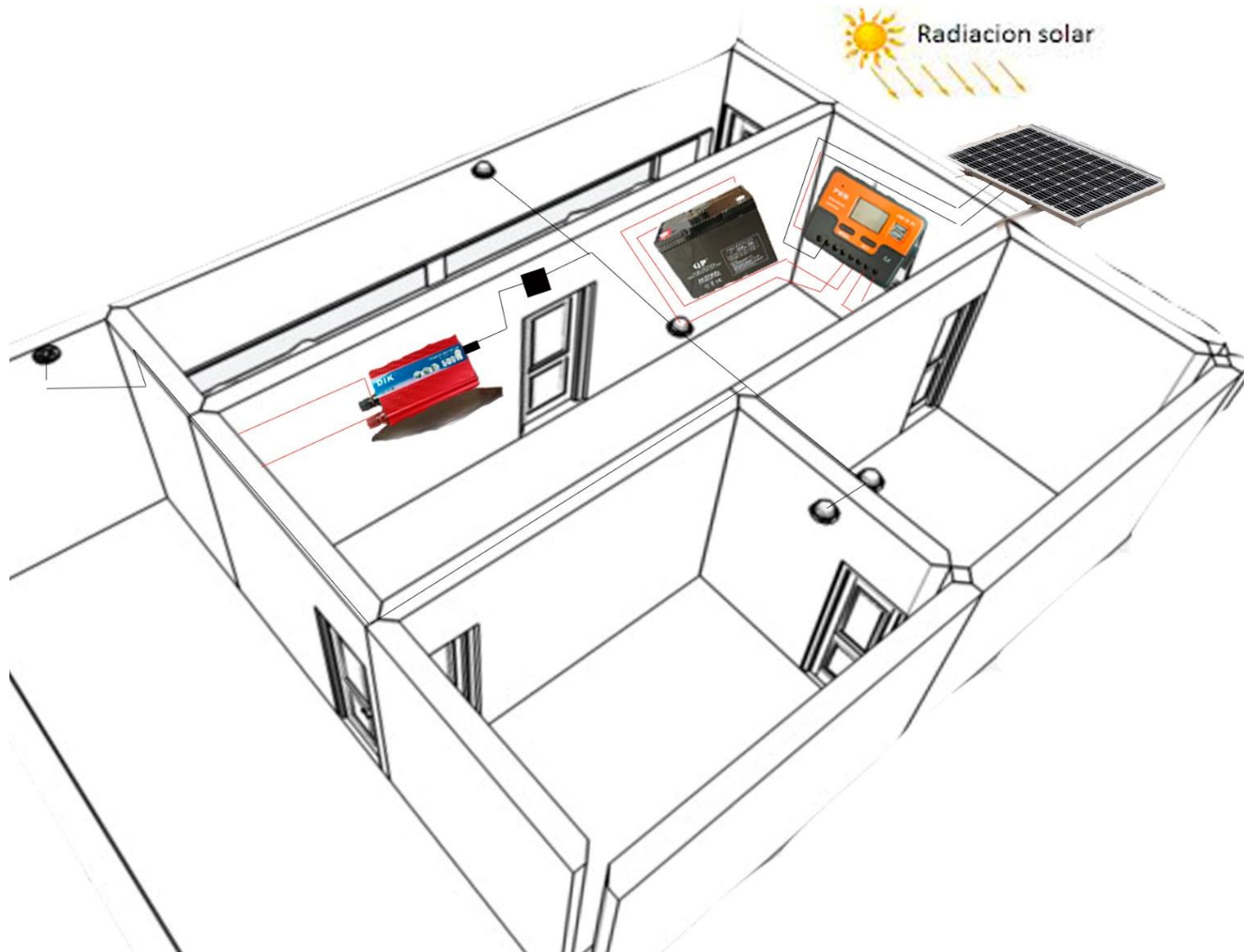


Figura 4.10. Esquema de la instalación del sistema fotovoltaico

La figura 4.10 ilustra el esquema de la vivienda en la que se implementó el sistema fotovoltaico, la misma que tiene una superficie de 60 m². En el plano se visualizan los diferentes espacios donde se ubicaron las instalaciones eléctricas (cables, focos y tomacorriente) y también los equipos del sistema fotovoltaico aislado, que consta de panel, batería, inversor y controlador.

La implementación del sistema fotovoltaico aislado en la comunidad rural Mocochoal, se dio en el siguiente orden:

- Medición de los espacios de la vivienda
- Instalación eléctrica de interiores
- Diseño de la estructura metálica de soporte
- Conexión eléctrica del sistema fotovoltaico
- Montaje del panel solar

Tabla 4.5. Proceso de la instalación del sistema fotovoltaico aislado

Medición de los espacios de la vivienda		
<p>Se procedió a medir cada una de las áreas de la vivienda, para determinar el metraje de cables y accesorios utilizados en la instalación del sistema fotovoltaico.</p> <p>Se utilizaron 50 m de cables, 6 boquillas, 6 interruptores y un tomacorriente.</p>		
Instalación eléctrica de interiores		
<p>Posteriormente, se realizó el tendido del cableado eléctrico que suministra de energía a cada una de las luminarias. Además, se colocaron cada uno de los accesorios como boquilla, interruptor, tomacorriente y focos.</p>		

Diseño de la estructura metálica de soporte		
<p>Para la fabricación de la base donde se colocó el panel solar policristalino, se tomó en cuenta diversos factores como el peso de la estructura, el peso del arreglo fotovoltaico y el ángulo de inclinación.</p> <p>Se emplearon materiales como tubo redondo de 1,5x2 in y tubo cuadrado de 1.5x1, ángulo, platina de 1mm x 0.5 m², 10 pernos de ½ in, tornillos, 2 discos de corte y 1 spray.</p> <p>La base fue diseñada con un sistema de movimiento rotatorio para así alcanzar el ángulo de inclinación con mayor exactitud.</p>		
Conexión eléctrica del sistema fotovoltaico		
<p>Como punto de inicio, se procedió a la conexión de las líneas positivo y negativo del controlador, seguido del inversor y finalmente, la batería.</p> <p>El cuidado máximo a la hora de la conexión de los equipos permitió que la instalación fuera un éxito.</p>		
Montaje del panel solar		
<p>Se realizó el montaje y anclado del panel solar, con una altura de 6m quedando por encima del techado de la vivienda.</p>		
<p>Finalmente, se calibró el equipo. Este paso permitió que la energía generada por el panel pase al inversor y este al sistema eléctrico.</p>		

Navarro et al. (2017) consideran que es primordial la revisión técnica de los espacios en los que se instalarán los diferentes equipos del sistema fotovoltaico, así como también la estructura y soporte del módulo fotovoltaico. El proceso que se llevó a cabo para la instalación del sistema fotovoltaico aislado es similar a los del Proyecto Energía, Desarrollo y Vida (2013) en el que describe que previo a la instalación del sistema es preciso realizar el tendido eléctrico de acuerdo a la distribución de la vivienda, seguido de las conexiones de cada uno de los equipos para posteriormente el montaje y anclaje del módulo fotovoltaico; y finalmente la calibración y revisión del funcionamiento del sistema instalado (Baselga, 2019).

Complementario al proceso de implementación se estableció el costo total del mismo que se evidencia en la tabla 4.6, Navarro et al. (2017) sostienen que el costo de implementación de un sistema fotovoltaico depende de la cantidad de consumo que tenga la vivienda.

Tabla 4.6. Presupuesto de adquisición de equipos

Presupuesto de adquisición de equipos			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Valor total
Panel solar 50 W powest	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Batería gel 50 Ah	1	\$ 163,52	\$ 163,52
Controlador solar 10 Ah	1	\$ 15,68	\$ 15,68
Inversor de 12 V	1	\$ 45,92	\$ 45,92
Servientrega	1	\$ 35,00	\$ 35,00
Conjunto eléctrico (cable, boquillas, focos, interruptores y tomacorriente)	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Estructura metálica	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Mano de obra	1	\$ 50,00	\$ 50,00
		Sub total	\$ 480,12

4.3. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO IMPLEMENTADO

Posterior a la implementación del sistema fotovoltaico aislado en una de las viviendas de la comunidad Mocochoal, se efectuó el monitoreo de la cantidad de voltaje y amperaje del panel solar policristalino durante 28 días del mes marzo y 4 días del mes de abril del 2023 en un lapso de 5 horas, en horarios de 7am, 9am, 12 am, 15 pm y 17 pm por 32 días.

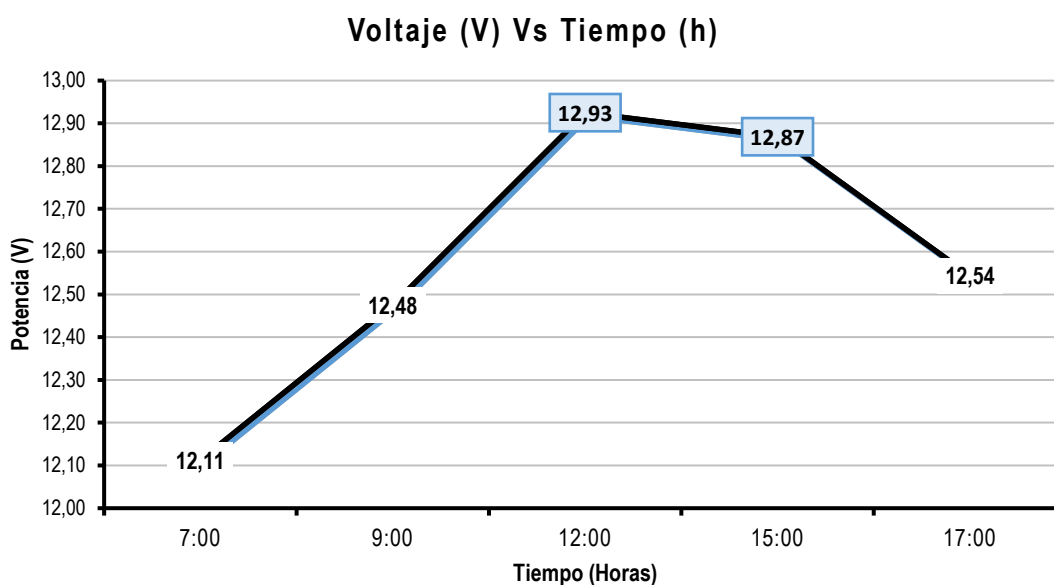


Figura 4.11. Relación Voltaje (V) Vs Tiempo (h)

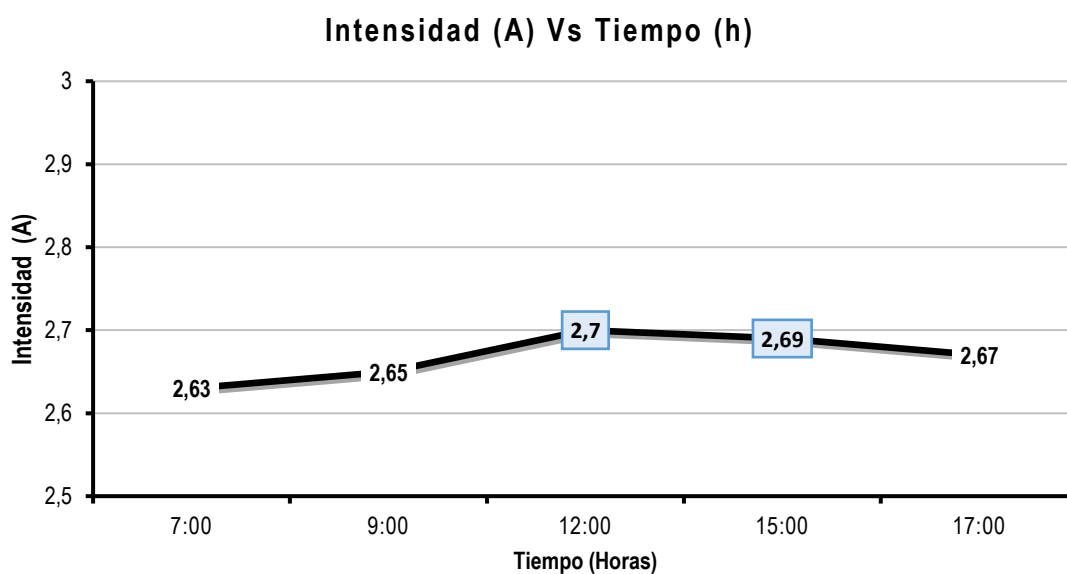


Figura 4.12. Relación Intensidad (A) Vs Tiempo (h)

Las figuras 4.11 y 4.12 muestran el comportamiento de la cantidad de voltaje (V) e intensidad (A) del sistema fotovoltaico implementado en función de las horas de sol pico, que arrojan un promedio de entre 12.11 V a 12.93 V. Los promedios más altos tanto para voltaje (V) e intensidad (A) se dan en horarios de 12:00 am (mediodía) y 15:00 pm (tarde).

Los datos recopilados en este trabajo de investigación se relacionan con los presentados por Sanabria y Cruz (2018), dónde el voltaje presenta valores de aproximadamente 12V, a diferencia del amperaje que alcanza valores de corriente cercanos a 1Ah, dado a la irradiancia de los meses evaluados (febrero y marzo). De igual manera, Guananga (2017) da a conocer que el voltaje en los días con presencias de sol asciende desde 11.63 V hasta 12.46 V en horarios de 12:00 am a 13:30 pm, evidenciando el buen funcionamiento del sistema.

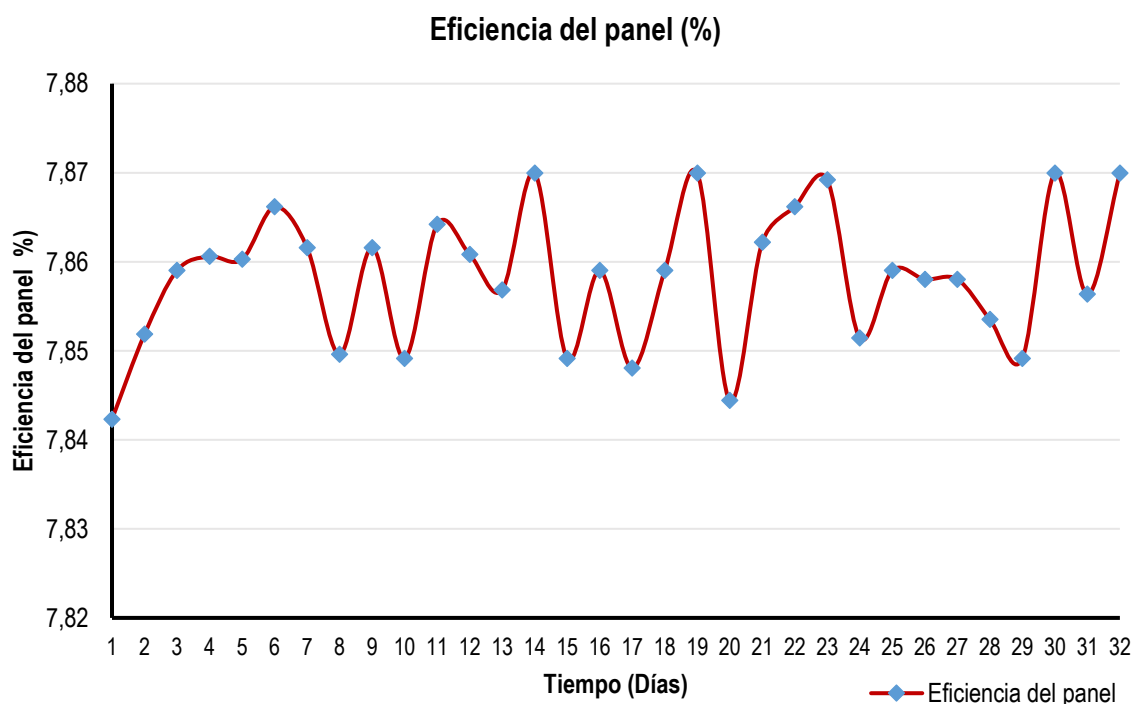


Figura 4.13. Eficiencia del sistema fotovoltaico policristalino

Se determinó la eficiencia del panel policristalino, la cual alcanzó un rango de entre 7.84 al 7.87% durante los 32 días evaluados entre el 04 de marzo al 04 de abril (gráfico 4.13), con referencia al 14.10% que es la eficiencia máxima del sistema fotovoltaico según las características del fabricante, los datos obtenidos demuestran que el sistema implementado se alcanza el 55.65% de eficiencia, encontrándose por encima del 50% de la eficiencia proyectada, aceptándose la idea a defender.

En diversas investigaciones los paneles policristalinos han alcanzado una considerable eficiencia, tal es el caso del trabajo elaborado por Kalu et al. (2016) quienes realizaron un estudio comparativo de rendimiento de tres diferentes tecnologías fotovoltaicas y los resultados arrojaron que el módulo policristalino logró una eficiencia de 7.76% en relación al monocristalino (7.62%) y a la tecnología de película delgada (4.10%). Los resultados presentados por estos autores se acercan a los obtenidos en el estudio efectuado en la comunidad de Mocochoal.

Por su parte, Karami (2018) y Huaman (2018) también presentaron eficiencias altas en paneles policristalinos, mismos que se ubican en rango de entre 13.55% a 15.67%, alcanzando una eficiencia de entre 95 y 96%. Sin embargo, Velásquez y Zambrano (2018) obtuvieron en su investigación una eficiencia de 4.69% en panel policristalino, dicho valor es inferior al alcanzado en esta investigación; cabe destacar que el proyecto se efectuó cercano a la zona de estudio de las autoras citadas. Teniendo en cuenta lo mencionado Faiz et al. (2021) afirman que la eficiencia del sistema solar fotovoltaico siempre depende de las condiciones meteorológicas del lugar donde se realice el proyecto.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La vivienda seleccionada, muy típica del sector rural, es de construcción alta con madera, caña y zinc, posee un área de 60 m², incrustada en una propiedad de 800 m², sin presencia de vegetación sobre tejado, ubicada en un sitio con una temperatura máxima de 31.62°C y mínima de 22.43°C con 115.98 horas de sol pico recibidas en el mes de marzo; una radiación solar global de 4927 Wh/m²/día, una radiación solar directa de 2943 Wh/m²/día y de radiación difusa de 2668 Wh/m²/día.
- El 17% de la población de Mocochal no cuenta con acceso a energía eléctrica, pero se evidencia que el 71% de moradores afirmaron que sí les gustaría implementar paneles solares en su hogar. Respecto a los cálculos se constató que para un consumo de energía promedio de 0.187 kWh/día se requiere de un panel solar fotovoltaico de tipo policristalino de 50W con una eficiencia de 14.10%.
- La eficiencia del panel policristalino alcanzó un rango entre 7.84 a 7.87% durante 32 días evaluados en el mes de marzo, respecto a la eficiencia del sistema fotovoltaico aislado, esta fue de 55.65% encontrándose por encima del 50% de la eficiencia proyectada, aceptándose la idea a defender.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la adquisición de equipos que permitan el monitoreo continuo de radiación solar para conseguir datos más puntuales de irradiación de un lugar determinado.
- Ejecutar el monitoreo del voltaje del banco de batería durante un periodo más prolongado de tiempo y realizar mantenimientos continuos de los equipos del sistema para evitar daños de los módulos y alcanzar datos eficientes de energía.
- Al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Bolívar se recomienda involucrarse en temas relacionados con energías alternativas, dentro de su política pública, especialmente, con proyectos de sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales aisladas, para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Abero, L., Berardi, L., Capocasale, A., García, S., y Rojas, R. (2015). Investigación Educativa. Abriendo puertas al conocimiento. Montevideo, Uruguay: Contexto S.R.L. Obtenido de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20150610045455/InvestigacionEducativa.pdf>
- Abreu, J. (2012). Hypothesis, Method y Research Design. Daena: International Journal of Good Conscience, 7(2), 187-197. Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v7-n2/7\(2\)187-197.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n2/7(2)187-197.pdf)
- Acero, J., y Puentes, H. (05 de Diciembre de 2019). Guía metodológica para la implementación y selección de paneles solares fotovoltaicos para edificios y viviendas en la ciudad de Bogotá D.C. . Obtenido de Universidad La Gran Colombia.
- Acevedo, F. (2016). Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/11352/10097742.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL). (2015). Cobertura Nacional 2014. Obtenido de ARCONEL: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/produccion-anual-2/>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad [ARCONEL]. (Viernes 22 de Febrero de 2019). Regulación No. ARCONEL-003/18. Emítase la regulación denominada generación fotovoltaica para autobastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica. Obtenido de ARCONEL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu193632.pdf>
- Álamos, N., Calvo, R., Billi, M., Urquiza, A., y Contreras, R. (2021). Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Obtenido de

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47216/4/S2100433_es.pdf

Alarcón, R., y Cevallos, A. (Diciembre de 2019). Implementación de un sistema de iluminación a nivel fotovoltaico para el área recreacional de la carrera de Ingeniería Ambiental, ESPAM-MFL. Obtenido de Repositorio de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López"- ESPAM MFL: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1205/1/TTMA72.pdf>

Alvarez, A. (2020). Clasificación de las investigaciones. Obtenido de Universidad de Lima: <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%c3%a9mica%20%20%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%c3%b3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Alvarez, O., Montaña, T., Solano, J., y Maldonado, J. (Abril de 2018). La radiación solar en la Región sur de Ecuador. Obtenido de Universidad Nacional de Loja: https://www.researchgate.net/publication/324271976_LA_RADIACION_SOLAR_EN_LA_REGION_SUR_DE_ECUADOR

Andrade, W. (Abril de 2021). Análisis de la aceptación del uso de energía solar fotovoltaica en la comunidad de la Isla San Cristóbal - Galápagos. Obtenido de Universidad San Francisco de Quito USFQ.

Arenas, A. (2014). Métodos mixtos de investigación. Bogotá, Colombia: La Imprenta Editores S.A. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AIYqEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=metodo+cuantitativo&ots=xJYTKewll0&sig=7FIgzVAgYxM8T4uUoAn1wELBTHA#v=onepage&q&f=false>

Arévalo, H. (2016). Análisis técnico y económico para la implementación de energía solar para viviendas de la urbanización Cataluña. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://201.159.223.180/bitstream/3317/5394/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-72.pdf>

- Arias, J. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (Primera Edición ed.). Perú: Enfoques Consulting EIRL.
- Arias, J., Villasís, M., y Miranda, M. (Abril de 2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 2(63), 201-206. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Ávila, D., Gonzalez, T., y Icaza, D. (2022). Análisis del Potencial Eólico y solar para la Implementación de un Sistema Híbrido de Generación Eléctrica Ubicadas en una Comunidad Rural Oriental de la Provincia de Zamora Chinchipe. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 674-685. doi:10.23857/pc.v7i1.3502
- Baca, O. (2016). El emplazamiento como estrategia proyectual. *Revista Planta 9*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 1-16. Obtenido de <http://www.usat.edu.pe/revistas-arquitectura/planta-9/volumen-01/03-el-emplazamiento-como-estrategia-proyectual/>
- Baselga, M. (2019). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España: Editex, S.A. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bKyZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=generadores+fotovoltaicos&ots=q8UY4vfseo&sig=cx68tsF1qTOpAQvzSOMNvGxLVlw#v=onepage&q=generadores%20fotovoltaicos&f=false>
- Batthyány, K., Cabrera, M., Alesina, L., Bertoni, M., Mascheroni, P., Moreira, N., y Rojo, V. (2020). *Metodología de la investigación en Ciencias Sociales*. Obtenido de Comisión Sectorial de Enseñanza: https://perio.unlp.edu.ar/catedras/mis/wp-content/uploads/sites/126/2020/04/p.2_batthianny_k._cabreram._cap_5__metodologia_de_la_investigacion....pdf
- Bayod, Á. (2009). *Energías renovables: sistemas fotovoltaicos*. Zaragoza: Prensas de Universidad de Zaragoza. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/espam/41940>
- Benavides, M. (11 de Octubre de 2019). Evaluación de los programas de vivienda de interés social en Manabí – Ecuador a través de análisis cualitativo y cuantitativo del acceso a partir del año 2016. Obtenido de Universidad San

Francisco de Quito:
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8663/1/144430.pdf>

Bernal, C. (2018). Metodología de la investigación. Pearson.

Borbor, W. (2021). Sistema fotovoltaico para casas individuales en la comunidad masa 2-Golfo de Guayaquil . Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19742/1/UPS-GT003110.pdf>

Bravo, D., González , F., y González, J. (2018). Refrigeración solar de edificaciones. Un estado del arte. Ingeniería en construcción, 115-126. Obtenido de
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732018000200115&script=sci_arttext&tlng=pt

Caballero, R. (Julio de 2014). Diseño de una instalación fotovoltaica de 300 kW sobre cubierta . Obtenido de pdf: <https://core.ac.uk/download/44310282.pdf>

Campos, G., y Martínez, N. (2012). Observation, a metody foring the estudy of reality. Universidad La Salle Pachuca, VII(13), 45-60.

Campoverde, C., y Vélez, F. (2020). Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a Luminarias: Caso de estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18646/4/UPS-GT002920.pdf>

Canchala, J., y Chasi, M. (2021). Diseño de un módulo seguidor fotovoltaico para determinar ángulos incidentes de radiación en la generación de energía eléctrica. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8128/1/PI-001801.pdf>

Cárdenas, M. (Abril de 2019). Estudio técnico económico de la energía solar fotovoltaica y mini eólica a pequeña escala. Obtenido de Universidad de Cuenca .

- Castillo, W., Rodríguez, M., Vázquez, A., y Saltos, M. (2016). Factibilidad económica de la extensión de la red eléctrica. (Comunidades rurales de Chone). *Revista RIEMAT*, 2(1), 1-6.
- Castro, V. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica a la granja avícola San Jorge para reducir los costos de combustible en el Caserío Uña de Gato Jaén. Obtenido de Universidad César Vallejo.
- Ceballos, Á. (08 de Julio de 2019). Estudio de viabilidad de un sistema de autoconsumo para un local de restauración con una vivienda. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena.
- Cedeño, E., y García, C. (2020). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema fotovoltaico activado por los vehículos que circulan, como energía alternativa para el Puente de la Unidad Nacional de la ciudad de Guayaquil, que permitirá sustentar su alumbrado. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20689/1/UPS-GT003320.pdf>
- Cevallos, J., y Ramos, J. (2018). Spatial assessment of the potential of renewable energy: The case of Ecuador renewable energy: The case of Ecuador. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1154-1165. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117311590>
- Chicaiza, J. (Enero de 2016). Sistema Fotovoltaico para proveer energía eléctrica al GAD Parroquial de Curaray en la Provincia de Pastaza. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19362/1/Tesis_t1098ec.pdf
- Chiluiza, H. (2022). Implementación de un sistema fotovoltaico para abastecer de energía a un sector rural del Golfo de Guayaquil mediante el análisis de carga y simulación por software . Obtenido de Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador.

- Chong, M., Olivares, A., y Pérez, M. (Agosto de 2012). El análisis de sitio y su entorno en el desarrollo de proyectos arquitectónicos y urbanos. RUA, 15-20. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/40119/RUA8p15.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Código Orgánico del Ambiente [COA]. (2017). Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr-2017.
- Consejo Nacional de la Electricidad [CONELEC] . (2008). Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica . Obtenido de CONELEC: www.conelec.gob.ec.
- Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador [CONGOPE]. (2019). Plan de desarrollo vial integral de la provincia de Manabí. Obtenido de CONGOPE: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/Manabi-plan-vial-integral.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial Nro.449 del 20 de octubre de 2008.
- Contreras, M., Castellanos, L., y Zuluaga, J. (2021). Diseño de una planta de energía solar para abastecer la universidad Santo Tomás SEDE Villavicencio. Universidad Santo Tomás Villavicencio, Colombia, 1-9.
- Contreras, R. (2020). Análisis de las tarifas del sector eléctrico. Obtenido de CEPAL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46512/1/S2000721_es.pdf
- Cordero, R. (2014). Análisis de la cobertura y calidad de la provisión de servicios básicos a la parroquia de Sayausí en la gestión de su gobierno autónomo descentralizado período 2010-2012. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6310/1/UPS-CT002885.pdf>
- Corporación Eléctrica del Ecuador [CELEC EP]. (Septiembre de 2019). Manabí tendrá la central de energía fotovoltaica más grande del país. Obtenido de

CELEC EP: <https://www.celec.gob.ec/enerjubones/index.php/sala-prensa/noticias/123-manabi-tendra-la-central-de-energia-fotovoltaica-mas-grande-del-pais#:~:text=El%20Aromo%20es%20un%20nuevo,la%20producci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica.>

Coyopol, H. (23 de Octubre de 2020). Los tipos de baterías para sistemas fotovoltaicos. Obtenido de KeeUI solar: <https://keeui.com/2020/10/23/los-tipos-de-baterias-para-sistemas-fotovoltaicos/>

Crespo, A. (2021). Diseño de una planta solar fotovoltaica de 300 kWp para autoconsumo con análisis de eficiencia energética en un centro comercial. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://201.159.223.180/bitstream/3317/17191/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-276.pdf>

Cuervo, R., y Méndez, J. (2011). Energía solar fotovoltaica. España: Ed. España.Fund.Confemetal.

De La Cruz, J. (2015). Guía de mantenimiento en instalaciones fotovoltaicas. Barcelona: Experiencia. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/espam/41986>

Díaz, L. (2011). La Observación. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf

El Universo. (06 de Junio de 2017). La energía solar se abre terreno en Ecuador. El Universo. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/tendencias/2017/06/10/nota/6222868/energia-solar-se-abre-terreno-ecuador/>

Eraso, F., Erazo, O., y Escobar, E. (2019). Modelo para la estimación de potencia eléctrica en módulos fotovoltaicos de tecnología basada en silicio. Ingeniare, 14-59. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000200188>

- Esparza, M. (Diciembre de 2016). Implementación de paneles solares para minimizar el consumo de energía eléctrica en viviendas de Guayaquil. Obtenido de Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15787/1/Trabajo%20de%20Titulacion%20ManuelFINAL.pdf>
- Espinoza, A., y Oré, E. (2017). Principales factores socio-económicos que influyen en la calidad de vida de los jóvenes venezolanos inmigrantes de 18-25 años de la organización no gubernamental unión venezolana en la ciudad Lima-Perú, 2017. Obtenido de Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5084/TSescaae.pdf?>
- Faiz, F., Shakoor, R., Raheem, A., Umer, F., Rasheed, N., y Farhan , M. (2021). Modeling and Analysis of 3MW Solar Photovoltaic Plant Using PVSyst at Islamia University of Bahawalpur, Pakistan. International Journal of Photenergy, 2021, 1-14. Obtenido de <https://doi.org/10.1155/2021/6673448>
- Feres, J., y Mancero, X. (2014). El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en America Latina. Obtenido de Estudios estadísticos y prospectivos: <https://digitallibrary.un.org/record/440987?ln=es>
- Fernández, L., y Cervantes , A. (Marzo de 2017). Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1927/1/TESIS%20MER.pdf>
- Fletes, N., Paredes, C., y Dibene, L. (2020). Eficiencia en la producción de energía de un panel fotovoltaico a diferente inclinación en Nuevo Vallarta, Nayarit. Ingeniería Eléctrica, 10-13. Obtenido de https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Electrica/vol4num13/Revista_de_Ingenieria_Electrica_V4_N13_2.pdf
- Flores, J., y Vélez, A. (Enero de 2022). Estrategias para la mejora energética en comunidades rurales del cantón Chone de la provincia de Manabí, Ecuador. Revista Científica Dominio de las Ciencias, 8(1), 39-55.

- Florián, H. (2021). Dimensionamiento de un sistema eléctrico fotovoltaico para la demanda eléctrica del taller de procesos de manufactura de la Universidad Politécnica Amazónica . Obtenido de Repositorio Universidad Politécnica Amazónica : <https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/92/Tesis%20de%20Humberto%20Luis%20Flori%C3%A1n%20Cercado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Franco, K. (Enero de 2017). Análisis comparativo de radiación solar vs actividad solar en Quito y sus efectos sobre la salud en el período 2007-2016. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13733/1/UPS%20-%20ST003010.pdf>
- Gallardo, E. (2017). Metodología de la Investigación . Obtenido de Universidad Continental: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
- Gómez, E., Navas, D., Aponte, G., y Betancourt, L. (2014). Literature review methodology for scientific and information management, through its structuring and systematization. Universidad Nacional de Colombia, 81(184), 158-163. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532014000200021
- Gómez, J., y Mayorga, D. (2020). Estudio para la implementación de un sistema de autogeneración a partir de energía solar fotovoltaica en las inslaciones del molino Guanentá, ubicado en el municipio de Curití, Santander. Obtenido de Universidad Autónoma de Bucaramanga: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7267/2020_Tesis_Jorge_Leonardo_Gomez_Lopez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gómez, P. (2019). Impacto de la generación distribuida y la autogeeración a pequeña escala sobre la red de baja y alta tensión. Obtenido de Repositorio.utp.edu.com:

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ab22eee8-9cbb-470f-ad81-2cf4ab8ba290/content>

- González, G., Zambrano, J., y Estrada, E. (2014). Estudio , diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragon del Golfo de Guayaquil, provincia del Guayas. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana SEDE Guayaquil: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6553/1/UPS-GT000602.pdf>
- González, J., y Puerto, G. (2014). Estimación de la cantidad de potencia suministrada por las celdas fotovoltaicas de un cubesat. *Tecnura*, 53-63. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257031319005.pdf>
- Gruezo, D., y Solis, V. (2022). Inversores solares fotovoltaicos inteligentes. *Polo del Conocimiento*, 1246-1266. doi:10.23857/pc.v7i4.3887
- Guananga, M. (2017). Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico de baja potencia en el sector río Blanco perteneciente a la comunidad Yatzaputzan. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26083/1/Tesis%20I.M.%20394%20-%20Guananga%20Pujos%20Mauricio%20Alejandro.pdf>
- Guerrero, R. (2017). Replanteo y funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas. ENAE0108 (2da ed.). Antequera, Málaga: IC Editorial. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/espam/45101>
- Guevara, G., Verdesoto, A., y Castro, N. (2020). Educational research methodologies (descriptive, experimental, participatory, and action research). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 4(3), 163-173. Obtenido de <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/860/1560?inline=1>
- Gusqui, S. (2018). Construcción de un índice de Necesidades Básicas Insatisfechas aplicando técnicas de análisis multivariante en la encuesta nacional de ingresos y gastos de los hogares ecuatorianos urbanos y rurales (abril 2011-marzo 2012) del Ecuador. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo:

<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/8351/1/226T0037.PDF>

Herrera, L. (Marzo de 2018). Diseño del sistema de generación eléctrica conectado a la red utilizando paneles fotovoltaicos para el autoconsumo del complejo deportivo PLATAFORMA DEPORTIVA ubicada en el cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6386/1/MUTC-000614.pdf>

Huamán, J. (2018). Estudio comparativo de potencia generada por paneles fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Huamanchumo, J. (2019). Propuesta para la implementación de sistemas fotovoltaicos modulares para consumo energético en el caserío Cutirrape, distrito de Olmos, provincia y Región de Lambayeque. Obtenido de Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9856/Javier%20Alexander%20Huamanchumo%20Llenque.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huerta, E., Mata, R., Estudillo, M., Sierra, J., Guryev, I., y Lizárraga, R. (2016). Estudio de las características de una celda fotovoltaica para el uso eficiente de la energía solar. Acta Universitaria, 30-34. Obtenido de https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/868/pdf_129

Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC]. (2010). Resultados del Censo de población y vivienda en Ecuador 2010. Obtenido de Fascículo Provincial de Manabí: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/manabi.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] . (2010). Hablando de mujeres y estadísticas. Obtenido de INEC:

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/camas/web-inec/Infografias/mujer-info001.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] . (2010). Mujeres y hombres del Ecuador en cifras III. Obtenido de INEC: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Libros/Socioeconomico/Mujeres_y_Hombres_del_Ecuador_en_Cifras_III.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador [INAMHI]. (2014). Anuario meteorológico . Obtenido de INAMHI: https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf

International Energy Agency (IEA). (2015). Sustainable Energy for All 2015. Progress Toward Sustainable Energy, 145-174.

Jara, C. (2018). Implementación de energía fotovoltaica para optimizar el costo por consumo de energía eléctrica en edificio multifamiliar del distrito de Baños del Inca Cajamarca. Obtenido de Universidad César Vallejo.

Jiménez, T. (2014). Energías renovables y turismo comunitario: una apuesta conjunta para el desarrollo humano sostenible de las comunidades rurales. Energética, 93-105. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1470/147040027010.pdf>

Kalu, C., Ezenugu, I., y Umoren, M. (2016). Comparative Study of Performance of Three Different Photovoltaic Technologies. Mathematical and Software Engineering, 2(1), 19-29.

Karami, E., Rafi, M., Ridah, A., Hartiti, B., y Thevenin, P. (2018). Analysis of measured and simulated performance data of different PV modules of silicon in Casablanca. Journal of fundamental of renewable energy and applications.

Katz, M., Seid, G., y Abiuso, F. (2019). La técnica de encuesta: características y aplicaciones. Obtenido de Metodología de la investigación: <http://metodologiadelainvestigacion.sociales.uba.ar/wp->

content/uploads/sites/117/2019/03/Cuaderno-N-7-La-t%C3%A9cnica-de-encuesta.pdf

La Hora. (2021). La inversión en energía fotovoltaica se cuadruplicará en Ecuador hasta 2023. La Hora. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/pais/solar-fotovoltaica-inversion-ecuador/#:~:text=Ecuador%20tiene%20una%20alta%20radiaci%C3%B3n,parte%20de%20la%20empresa%20privada.>

Lafuente, V., y Martín, S. (2014). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación Bibliográfica*, 31(71), 151-180. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ib/v31n71/2448-8321-ib-31-71-00151.pdf>

Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica [LOSPEE]. (Viernes 16 de Enero de 2015). Registro Oficial Nro. 418.

Lojano, D., y Ríos, O. (2013). Análisis técnico-económico para la generación de energía solar fotovoltaica en el Ecuador y su conexión a la red pública, basada en el artículo 63 de la regulación No. CONELEC-004/11. Obtenido de Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/369/1/Tesis.pdf>

Lopera, J., Ramírez, C., Zuluaga, M., y Ortiz, J. (2010). El método analítico como método natural. *Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 25(1), 1-28. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/181/18112179017.pdf>

Lozano, D. (2017). Evaluación de la orientación y el ángulo de inclinación óptimo de una superficie plana para maximizar la captación de irradiación solar en Cuenca-Ecuador. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14458/1/UPS-CT007120.pdf>

Manzano, L. (2021). Elaboración y evaluación de modelos energéticos sostenibles en entornos rurales aislados de la Amazonía del Ecuador. Obtenido de Universidad de Zaragoza: <https://zaguan.unizar.es/record/106274/files/TESIS-2021-193.pdf>

- Marín, E., y Quintero, D. (2017). Metodología para el desarrollo de proyectos de energía solar fotovoltaica y eficiencia energética en el sector rural del eje cafetero. Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ffc30b50-0bf4-49af-9ebe-88525bd6c901/content>
- Martínez, M., y Mora, A. (2022). Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en vivienda en zona rural donde no llega el tendido eléctrico situado en el golfo de Guayaquil-comunidad masa 2. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22810/1/UPS-GT003826.pdf>
- Martínez, V. (Julio de 2018). Desarrollo de una aplicación web utilizando geoservicios de una infraestructura de datos espaciales. caso de estudio fuentes renovables de energía de la provincia de Manabí. Obtenido de Unir: <https://reunir.unir.net/handle/123456789/7647>
- Mascarós, V. (2015). Instalaciones generadoras fotovoltaicas. España: Paraninfo, SA. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cxF6BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=generadores+fotovoltaicos&ots=nk04Th5mTz&sig=FAHPknOS_Ku6nqUbUDVHJhXrkAo#v=onepage&q=generadores%20fotovoltaicos&f=false
- Maya, E. (2014). Métodos y técnicas de investigación. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de http://www.librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos_y_tecnicas.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Mendieta, D., y Escribano, J. (2015). Electricidad, desarrollo rural y buen vivir. Obtenido de III Simposio Internacional Historia de la electrificación: <http://www.ub.edu/geocrit/iii-mexico/mendietaescribano.pdf>
- Mendoza, K., y Carrión, L. (Enero de 2021). Diseño óptimo de sistemas aislados fotovoltaicos para la iluminación de la Vía Principal de la Comuna Masa 2- Golfo de Guayaquil. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19743/1/UPS-GT003111.pdf>

- Monar, I. (2015). Diseño de una instalación fotovoltaica optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares. Obtenido de Repositorio Universidad Católica Santiago de Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3899/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-44.pdf>
- Mora, G. (Octubre de 2015). Características energéticas de una placa fotovoltaica por variación de ángulo de inclinación, frente a la radiación solar en Ecuador. Yachana Revista Científica, 4, 169-175. Obtenido de <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/149/110>
- Morales, G. (Febrero de 2021). Estudio de viabilidad de la instalación de paneles fotovoltaicos en viviendas particulares. Obtenido de pdf: https://oa.upm.es/66763/7/TFG_GONZALO_HERRERO_LOPEZ-LINARES.pdf
- Morales, R., y Muzzi, C. (2022). Metodología de dimensionamiento e implementación para sistemas fotovoltaicos aplicado a lugares aislados en el Golfo de Guayaquil. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22811/1/UPS-GT003827.pdf>
- Moreno, A. (2016). Dimensionado de una instalación fotovoltaica para una vivienda rural aislada. Obtenido de Universidad Carlos III de Madrid.
- Muñoz, J., Rojas, M., y Barreto, C. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. Revista de Ciencia y Tecnología, 60-68. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5055/505554803006/html/>
- Musuña, C., y Veintimilla, F. (2018). Diseño e implementación de un módulo didáctico para la visualización de las curvas de eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5409/1/PI-000766.pdf>

- Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Navarro, S., González, J., y López, C. (2017). Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples. Obtenido de Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/781/1/Soraya%20Navarro%20Rayas%2C%20Jos%C3%A9%20Antonio%20Gonz%C3%A1lez%2C%20C%C3%A9sar%20L%C3%B3pez%20Andrade%20MER.pdf>
- Noguera, O., Pinto, R., y Villareal, J. (2017). La eficiencia de los nuevos materiales fotosensibles usados en la fabricación de paneles solares. ITECKNE, 15(1), 7-16. doi:<http://dx.doi.org/10.15332/iteckne.v15i1.1959>
- Nolasco, E., y Gomis, O. (2021). Acceso a la electricidad y desarrollo rural. Ciencia América. Obtenido de <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/371/760>
- Ochoa, H., y Ramírez, F. (2020). Herramienta para el diseño de sistemas solares fotovoltaicos basada en redes neuronales artificiales (RNA) para determinar la configuración, selección de equipos y arreglos fotovoltaicos en Colombia. Obtenido de Repositorio de la Universidad Autónoma de Bucaramanga: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/11930/2020_Tesis_Harold_Ochoa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2022). Servicios públicos (agua; gas; electricidad). Obtenido de OIT: <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/utilities-water-gas-electricity/lang-es/index.htm>
- Otacomá, W., y Quinatoa, J. (Marzo de 2021). Estudio de un sistema solar fotovoltaico residencial conectado a la red para el sector de Saquisilí con la normativa del Arconel 003/18. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7875/1/PI-001687.pdf>

- Palacios, J., y Morales , A. (2017). Productividad de paneles solares monocristalinos. Obtenido de Memorias del XXIII Congreso Internacional Anual de la SOMIM: http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A5_148.pdf
- Paredes, C., Fletes, N., y Dibene, L. (2018). Comparison of solar panel monocristalino 0 and 20 ° vs policristalino 0 and 20 ° of inclination in Puerto Vallarta. Revista del Desarrollo Tecnológico, 2(6), 1-7. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Desarrollo_Tecnologico/vol2num6/Revista_del_Desarrollo_Tecnologico_V2_N6.pdf#page=15
- Pareja, M. (2016). Energía solar fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada (3era ed.). Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Pascual, A. (25 de Julio de 2014). Sistema fotovoltaico aislado:. Obtenido de pdf: <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11663/TFGBarrenetxeaPascualAitor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peláez, M., y Espinoza, J. (2015). Energías renovables en el Ecuador. Situación actual, tendencias y perspectivas. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Peña, G. (2018). Análisis de la aceptación del uso de energía solar para el beneficio doméstico en la comunidad del sector kilómetro 32, vereda Albania, municipio San Vicente de Chucurí, en el departamento de Santander . Obtenido de Repositorio de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas: [https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13971/AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20ACEPTACI%C3%93N%20DEL%20USO%20DE%20ENERG%C3%8DA%20SOLAR%20PARA%20BENEFICIO%20DOM%C3%89STICO%20EN%20LA%20COMUNIDAD%20DEL%20SECTOR%20KIL%C3%93METRO%2032%2C%20VEREDA%](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/13971/AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20ACEPTACI%C3%93N%20DEL%20USO%20DE%20ENERG%C3%8DA%20SOLAR%20PARA%20BENEFICIO%20DOM%C3%89STICO%20EN%20LA%20COMUNIDAD%20DEL%20SECTOR%20KIL%C3%93METRO%2032%2C%20VEREDA%20)
- Peñafiel, Y. (2018). Diagnóstico de la gestión de la problemática del servicio de agua potable del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Tulcán en el periodo 2018. Obtenido de Universidad Politécnica Estatal del Carchi:

<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/884/1/032%20Diagn%C3%B3stico%20de%20la%20gesti%C3%B3n%20de%20la%20problem%C3%A1tica%20del%20servicio%20de%20agua%20potable%20del%20Gobie.pdf>

Pérez, D., y Delgado, J. (2019). Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para el suministro eléctrico al Caserío Jaway, Distrito y Provincia Jaén- Cajamarca. Obtenido de Repositorio de la Universidad Nacional de Jaén: http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/67/1/P%c3%a9rez_CDY_Delgado_TJ.pdf

Petrel, C. (2021). Diseño de sistema solar fotovoltaico aislado e individual en el corregimiento Bocas del Atrato-Turbo. Obtenido de Universidad de Antioquia: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18523/7/PetrelCristian_2021_SistemaSolarFotovoltaico.pdf

Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador. Obtenido de Secretaría Nacional de Planificación: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador>

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Manabí [PDOT]. (2021). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Manabí 2030. Obtenido de Gobierno de Manabí.

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Manabí [PDOT]. (2021). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Manabí 2030. Obtenido de Gobierno de Manabí, Desarrollo y Equidad: https://www.manabi.gob.ec/wp-content/uploads/2022/09/PDOT_Manabi_2030_v1.1..pdf

Polanco, C. (2014). Relación de potencia de entrada y salida de un inversor como medida de la eficiencia de la energía fotovoltaica y su adaptación a la red de distribución. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional del Altiplano:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6773/Carlos_Alberto_Ccama_Polanco.pdf?sequence=1

Ponce , M., Velásquez, C., Tonato, D., y Paredes, G. (10 de Julio de 2020). Diseño de una estación meteorológica automática para registrar las variables solar y eólica. Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA, V(10), 937-951.

Portugal, I. (2018). Propuesta de sistema fotovoltaico de energía eléctrica para viviendas domiciliarias en la ciudad de Arequipa. Obtenido de Universidad Continental:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5184/4/IV_FI_N_109_TE_Portugal_Chalco_2018.pdf

Proyecto Energía, Desarrollo y Vida. (2013). Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario. Obtenido de Energypedia:

https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SFD_-_2013.pdf

Pulido, M. (2015). Ceremonial y protocolo: métodos y técnicas de investigación científica. Universidad del Zulia, 31(1), 1137-1156. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/310/31043005061.pdf>

Punina, D. (Septiembre de 2020). Implementación de un sistema fotovoltaico, para abastecer el circuito de iluminación de una vivienda en la ciudad de Puyo de la provincia de Pastaza. Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/25814/M-ESPEL-ENT-0194.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Quintana, R. (2020). Diseño de un sistema de abastecimiento de energía eléctrica con el uso de energías renovables como la solar en viviendas unifamiliares en la parroquia Atahualpa, cantón Ambato, provincia Tungurahua. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31614>

Ramos, C. (2020). The scope of an investigation. CienciAmérica, 9(3), 1-5.

- Rodríguez, A., y Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Revista EAN, 82, 179-200. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>
- Rodríguez, C., y Sarmiento, A. (2011). Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural. Ingeniería Mecánica, 13-21. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442011000100002&script=sci_arttext&tlng=en
- Rodríguez, M., y Vázquez, A. (2018). La energía fotovoltaica en la Provincia de Manabí. Portoviejo: UTM-Universidad Técnica de Manabí.
- Rodríguez, M., Vázquez, A., Saltos, W., y Ramos, J. (2017). El Potencial Solar y la Generación Distribuida en la Provincia de Manabí en el Ecuador. Revista RIEMAT, 1-5.
- Rojas, M., y Velazco, D. (2021). Diseño de sistema fotovoltaico para la alimentación de la instalación eléctrica y el sistema de bombeo de agua de una vivienda en zona rural . Obtenido de Universidad de La Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1621&context=ing_electrica
- Rojas, N., Echeverry, L., y Sierra, S. (2018). Termo-cinética de la lixiviación de plomo a partir de baterías recicladas. Ingeniería y Desarrollo, 155-171. doi:DOI: <https://doi.org/10.14482/inde.36.1.10944>
- Romero, J., y Flores, J. (24 de Octubre de 2019). Estudio e implementación de un sistema de micro generación solar fotovoltaico para autoconsumo (caso de estudio considerando la regulación Nro. ARCONEL-003/18). Obtenido de Universidad de Cuenca.
- Salamanca, S. (2017). Design proposal for a photovoltaic solar energy system. Case of application in the city of Bogotá. Revista Científica, 30(3), 263-277. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n30/2344-8350-cient-30-00263.pdf>

- Salazar, C., y Espinoza, L. (Abril de 2017). Estudio de factibilidad para la implementación de paneles fotovoltaicos en el recinto Sabanilla - Cantón Daule. Obtenido de Universidad de Guayaquil.
- Salazar, J. (2017). Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para abastecimiento eficiente de energía en el ámbito rural. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional del Centro del Perú: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3935/Salazar%20Espinoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saltos , M., Rodríguez, M., Vázquez, A., Castro, M., y Nieto, H. (2017). Sistemas de información geográfica y microrredes. Revista Cubana de Ingeniería, VIII(1), 24-29.
- Sanabria, L., y Cruz, L. (2018). *Evaluación comparativa del rendimiento energético de un sistema fotovoltaico autónomo con carga variable en DC utilizando panel solar monocristalino versus policristalino, en condiciones climáticas del Municipio de Fusagasuga*. Obtenido de Universidad de Cundinamarca: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1403/EVALUACION%20COMPARATIVA%20DEL%20RENDIMIENTO%20ENERGETICO%20DE%20UN%20SISTEMA%20FOTOVOLTAICO%20AUTONOMO%20CON%20CARGA%20VARIABLE%20EN%20DC%20UTILIZANDO%20PANEL%20SOLAR%20MONO>
- Sanabria, L., Cruz, L., García, Y., y Montufar, C. (2019). Comparative analysis of the performance of mono-crystalline and polycrystalline PV modules in weather conditions of Fusagasugá. Revista Ingeniería, 24(1), 49-63. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4988/498864120004/498864120004.pdf>
- Sánchez, J., y Rodríguez, M. (Octubre de 2021). Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales. Domino de las Ciencias, 7(6). Obtenido de <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2321>
- Sancho, J., y Toalongo, P. (2021). Análisis de la producción de energía fotovoltaica mediante el uso de espejos en configuración dinámica. Obtenido de

Universidad Politécnica Salesiana SEDE Cuenca:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20112/1/UPS-CT009040.pdf>

Santa, S. (Septiembre de 2014). Diseño de una instalación fotovoltaica autónoma para la finca mis Delirio en Pereira - Colombia. Obtenido de Universidad Pública de Navarra : <https://core.ac.uk/download/pdf/33746799.pdf>

Santos, A., Díaz, R., y Hernández, Y. (2017). Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una vivienda. Obtenido de Universidad Tecnológica de la Habana.

Segovia, H. (Junio de 2017). Diseño e implantación de una estación de carga solar para dispositivos móviles en la carrera de Medio Ambiente, ESPAM-MFL. Obtenido de Repositorio ESPAM-MFL: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/630/1/TMA148.pdf>

Senmache, M. (2018). Diseño de sistema de riego tecnificado utilizando energía solar fotovoltaica para plantación de 2,18 Ha de Paltas en el Fundo Prada, distrito de Motupe, provincia y departamento de Lambayeque. Obtenido de Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2635/BC- TES-TMP-1510.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Serrano, M. (2017). Reporte de pobreza y desigualdad. Obtenido de INEC: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2017/Diciembre/Reporte%20pobreza%20y%20desigualdad%20_dic17.pdf

Sierra, M., Vásquez, C., y Ramírez, R. (2020). Disposición final e impacto ambiental de las celdas fotovoltaicas. Publicaciones en Ciencias y Tecnología, 4(2), 74-90.

Soledispa, L. (2022). Diseño de vivienda rural utilizando bloques de cáscara de coco como material de construcción de sitio Joa cantón Jipijapa . Obtenido de Universidad Estatal del Sur Manabí:

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3629/1/SOLEDISPA%20CEDE%C3%91O%20LADY%20ESPERANZA.pdf>

Style, O. (2012). Energía solar autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo (Primera ed.). ITACA.

Toala, I. (2021). Estudio de un sistema fotovoltaico para la alimentación del laboratorio de robótica de la carrera de ingeniería en computación y redes. Obtenido de Universidad Estatal del Sur de Manabi: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3401/1/TOALA%20REYES%20INES%20JACQUELINE.pdf>

Tobajas, M. (2014). Instalaciones solares fotovoltaicas. Cano Pina: Barcelona. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/espam/43053>

Torres, S., Jurado, F., Granados, D., y Lozano, A. (2018). Efficiency in solar panels. Revista del Diseño Innovativo, 9-21. Obtenido de https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Diseno_Innovativo/vol2num2/Revista_Diseno_Innovativo_V2_N2_2.pdf

Trejos, L., y Alzate, A. (2013). Implementación de un inversor trifásico multinivel con fijación por diodos. Lasallita de Investigación. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492013000100013

Vaca, D., y Ordóñez, F. (2019). Mapa Solar del Ecuador 2019. Ecuador: SCINERGY .

Valdiviezo, P. (Junio de 2014). Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5447/VALDIVIEZO_PAULO_DISE%C3%91O_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_ENERGIA_ELECTRICA_PUCP.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vargas , J., y Navia, G. (2015). Desarrollo de un sistema de control para la captura y medición experimental de la eficiencia y curva característica i-v en tiempo real de un sistema fotovoltaico utilizando Labview® y Arduino. Investigación

- y Desarrollo, 49-64. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2518-44312015000100006&script=sci_arttext
- Velasquéz, J., y Zambrano, M. (Noviembre de 2018). Eficiencia de la Heliofanía en diferentes tipos de células fotovoltaicas de un sistema aislado en la ESPAM MFL. Obtenido de PDF: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/856/1/TTMA24.pdf>
- Veleceta, R. (2020). Efectos del bono de desarrollo humano en las necesidades básicas insatisfechas. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10246/2/02%20IEF%2038%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Vélez, A. (2018). Estudio de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del Cantón Chone, Manabí, Ecuador. Revista RIEMAT, 3(1), 23-29.
- Villao, O., y Consuegra, E. (2021). Dimensionamiento óptimo de un sistema fotovoltaico a través de herramientas computacionales en zonas aisladas. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21324/1/UPS-GT003492.pdf>
- Villegas, E., y Alcívar, L. (Octubre de 2020). Diseño un sistema fotovoltaico para la escuela de educación Simón Bolívar en la comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil. Obtenido de Repositorio Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19525/1/UPS-GT003047.pdf>
- Wiese, L. (2019). Factores socioeconómicos que influyen en la calidad de vida de inmigrantes venezolanos en una Institución Migratoria Lima, 2018. Obtenido de Universidad César Vallejo: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31392/Wiese_GLG.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zabala, J. (2013). El método de necesidades básicas insatisfechas en el Ecuador: sus ventajas y limitaciones técnicas. Una propuesta multidimensional de medición de la pobreza. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Ecuador:

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6868/7.36.001451.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Zhou, J., Zhang, Z., Liu, H., y Yi, Q. (25 de January de 2017). Temperature distribution and back sheet role of polycrystalline silicon photovoltaic modules. *Applied Thermal Engineering*, 111, 1296-1303. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431116324139>

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de encuesta dirigida a los habitantes de la comunidad rural Mocochal

Nombre del propietario: _____

Fecha: ____ / ____ / ____

DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

1. EDAD

- a. 20 a 25 años
- b. 25 a 30 años
- c. 30 a 35 años
- d. 45 a 60 años

2. ESTADO CIVIL

- a. Soltero (a)
- b. Casado (a)
- c. Unión libre
- d. Separado (a) / Divorciado (a)
- e. Viudo (a)

3. SEXO

- a. Hombre
- b. Mujer

4. ¿CUÁNTAS PERSONAS CONFORMAN SU NÚCLEO FAMILIAR?

- a. 2 a 4 personas
- b. 4 a 6 personas
- c. 6 a 8 personas
- d. Otro: _____

5. NIVEL DE ESTUDIO

- a. Primaria
- b. Secundaria
- c. Técnico / Tecnólogo
- d. Universitario
- e. Ninguna

6. OCUPACIÓN LABORAL

- a. Agricultor/a
- b. Empleado/a público
- c. Trabajo eventual
- d. Negocio propio
- e. Otro: _____

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA**7. TIPO DE VIVIENDA**

- a. Casa
- b. Departamento
- c. Choza o covacha

8. ESTADO DE LA VIVIENDA

- a. Bueno
- b. Regular
- c. Malo

9. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Materiales de construcción	Hormigón	Ladrillo	Bloque	Caña	Madera	Cerámica	Zinc	Tierra	Cartón	Cade
Techo										
Pared										
Piso										

10. VÍA DE ACCESO A LA VIVIENDA

- a. Asfalto
- b. Lastrado
- c. Adoquinado
- d. Tierra

11. ACCESO A SERVICIOS PÚBLICOS

- a. Agua potable
- b. Alcantarillado

- c. Electricidad
- d. Internet
- e. Teléfono fijo
- f. Recolección de basura

12. ¿CUÁL ES LA FUENTE DE ELECTRICIDAD QUE TIENE EN LA VIVIENDA?

- a. Red eléctrica pública
- b. Generadores a gasolina
- c. Generadores fotovoltaicos
- d. Ninguno

13. ¿TIENE USTED O ALGUIEN DE SU FAMILIA CONOCIMIENTO DE QUE EXISTEN ENERGÍAS ALTERNATIVAS O RENOVABLES?

- a. Sí
- b. No

Si su respuesta es sí, mencione una: _____

14. ¿HA ESCUCHADO HABLAR SOBRE LA ENERGÍA SOLAR Y SUS BENEFICIOS?

- a. Sí
- b. No

15. ¿LE GUSTARÍA IMPLEMENTAR ESTE MÉTODO DE ENERGÍA EN SU HOGAR?

- a. Sí
- b. No
- c. Tal vez

16. ¿CONSIDERA QUE LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS SERÍA LA SOLUCIÓN PARA DAR COBERTURA A LOS LUGARES DONDE LA ENERGÍA ELÉCTRICA NO LLEGA?

- a. Sí
- b. No

Anexo 2. Cálculos del diseño del sistema fotovoltaico aislado

Para calcular el consumo de energía diaria (kWh/día) se empleó la siguiente ecuación para cada equipo instalado en función de las horas diaria de uso (tabla 4.1):

$$\text{Energía diaria} = \frac{P * H}{1000} \left(\frac{KWh}{\text{día}} \right)$$

$$E_d = \frac{30 * 6}{1000} = 0.180$$

Posteriormente, se presentan los cálculos efectuados para el sistema fotovoltaico aislado implementado:

- **Eficiencia de la instalación**

$$n = n_r * n_a * n_i$$

$$n = 0.7 * 0.8 * 0.9 = 0.504$$

- **Potencia solar fotovoltaica**

$$P_{SFV} = \frac{C_{\text{día}}}{HSP * n * 1000}$$

$$P_{SFV} = \frac{0.187}{1.95 * 0.504 * 1000} = 48.38 \text{ kw/día}$$

- **Número de paneles**

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{SFV}}{P_p}$$

$$N_{\text{paneles}} = \frac{48.38}{50} = 0.97 \approx 1$$

- **Capacidad del regulador**

$$I_{reg} = I_{tp} * 1.25 + I_{tp}$$

$$I_{reg} = 2.68 \text{ A} * 1.25 + 2.68 \text{ A} = 6.03 \text{ A}$$

- **Número de batería**

$$C_{banco} = \frac{\left(\frac{(E_{diaria} * \text{días de autonomía})}{P_{des}} \right) * \text{factor temperatura}}{V_{batería}}$$

$$C_{banco} = \frac{\left(\frac{(268.8 * 1) / 0.7}{0.7} \right) * 1.1}{12} = 35.20 \text{ W}$$

$$\#batería = \left(\frac{35.20W}{50W} \right) = 0.7 \approx 1 \text{ Batería}$$

- **Potencia del inversor**

$$P_{inversor} = E_{diaria} * FS$$

$$P_{inversor} = 268.8 * 1.2 = 322.56 \text{ wh}$$

- **Ángulo de inclinación**


$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * (\phi)$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * (-0.88) = 3.09$$

Anexo 3. Cálculos de la eficiencia del sistema

Panel policristalino							
Días	Voltaje (V)	Corriente (Amp)	Potencia (w)	Energía cap	Irradiación (watts/m2)	Área de panel	Eficiencia %
1	12,9	2,6	33,54	188,22	2400	0,18	7,84
2	12,7	2,64	33,58	188,44	2400	0,18	7,85
3	12,8	2,63	33,61	188,62	2400	0,18	7,86
4	13,0	2,59	33,62	188,65	2400	0,18	7,86
5	12,9	2,61	33,62	188,65	2400	0,18	7,86
6	12,5	2,7	33,64	188,79	2400	0,18	7,87
7	12,6	2,66	33,62	188,68	2400	0,18	7,86
8	12,5	2,69	33,57	188,39	2400	0,18	7,85
9	12,6	2,66	33,62	188,68	2400	0,18	7,86
10	12,6	2,66	33,57	188,38	2400	0,18	7,85
11	12,3	2,73	33,63	188,74	2400	0,18	7,86
12	12,4	2,72	33,62	188,66	2400	0,18	7,86
13	12,7	2,65	33,60	188,56	2400	0,18	7,86
14	12,4	2,71	33,66	188,88	2400	0,18	7,87
15	12,6	2,66	33,57	188,38	2400	0,18	7,85
16	12,8	2,63	33,61	188,62	2400	0,18	7,86
17	12,9	2,61	33,56	188,35	2400	0,18	7,85
18	12,8	2,63	33,61	188,62	2400	0,18	7,86
19	12,4	2,71	33,66	188,88	2400	0,18	7,87
20	12,7	2,65	33,55	188,27	2400	0,18	7,84
21	12,5	2,69	33,63	188,69	2400	0,18	7,86
22	12,5	2,7	33,64	188,79	2400	0,18	7,87
23	12,7	2,65	33,66	188,86	2400	0,18	7,87
24	12,3	2,73	33,58	188,43	2400	0,18	7,85
25	12,8	2,63	33,61	188,62	2400	0,18	7,86
26	12,5	2,68	33,61	188,59	2400	0,18	7,86
27	12,5	2,68	33,61	188,59	2400	0,18	7,86
28	12,4	2,7	33,59	188,48	2400	0,18	7,85
29	12,6	2,66	33,57	188,38	2400	0,18	7,85
30	12,4	2,71	33,66	188,88	2400	0,18	7,87
31	12,0	2,8	33,60	188,55	2400	0,18	7,86
32	12,4	2,71	33,66	188,88	2400	0,18	7,87


Anexo 4. Características del panel policristalino

Panel policristalino	Datos	Especificación
	Tipo de módulo	Policristalino
	Potencia máxima	50 W
	Tolerancia salida de potencia	0 /+5
	Voltaje de circuito abierto	22,5VDC
	Corriente de cortocircuito	2,86A
	Voltaje en potencia máxima	18,7VDC
	Corriente en potencia máxima	2,68A
	Eficiencia	14,10%
	Max. serie de fusible	10A
	Máxima tensión del sistema	1000VDC
	Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C to 85°C
	Dimensiones (Altura x Ancho x Profundidad)	660mm/540mm/30mm
	Calificaciones y certificado	IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000


Anexo 5. Características de la batería

Batería GEL 50 Ah	Datos	Especificación
	Voltaje Nominal	12 V
	Capacidad De Carga	50 Ah
	Voltaje De Carga	13,5-13,8 V
	Voltaje De Flotación	14,4-14,7 V
	Temperatura De Funcionamiento	Descarga – 15 122.0 F. Carga: 0104.0f
	Largo	28 Cm
	Ancho	13,5 Cm
	Altura	20 Cm
	Peso Aproximado	26 KG
	Garantía	6-12 Meses Según La Aplicación

Anexo 6. Características del inversor de voltaje

Inversor de voltaje	Datos	Especificación	
			Voltaje de entrada
	Alarma de batería baja nominal	9,5-11,0 V	19,5-21,0 V
	Punto de apagado de batería bajo nominal	9,0-10,5 V	18,5-20,5 V
	Punto de apagado de batería alto nominal	14,5-15,5 V	28,0-30,0 V
	Descarga de batería con carga de CA	<0,3A	<0,5A
	Eficiencia de conversión	90%	90%

Anexo 7. Características del controlador de carga PWM

Regulador de carga solar PWM FT-10A	Datos	Especificación
		
	Corriente de carga	30 Ah
	Entradas solares máxima	<50
	Parada de descarga	10,7
	Carga flotante	13,7 V
	Salida USB	5V-2A
	Consumo	<10 Ma
	Temperatura de funcionamiento	(-35°C ~ + 60°C)

Anexo 8. Registro fotográfico



Anexo 8A. Aplicación de encuesta a los habitantes de la comunidad rural Mocochoal



Anexo 8B. Toma de coordenadas para la georreferenciación del área de estudio



Anexo 8C. Medición de los espacios de la vivienda



Anexo 8D. Instalación del cableado eléctrico interno



Anexo 8E. Instalación de los equipos del sistema fotovoltaico



Anexo 8F. Energía eléctrica a través de energía solar



Anexo 8G. Monitoreo del sistema