



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

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500W EN EL
PÁRAMO SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería Electromecánica

Autores:

Proaño Berrones Ronny Mauricio

Sambache Jácome Alex David

Tutor:

Ing. Ms.C. Cristian Fabián Gallardo Molina

Latacunga - Ecuador

Marzo 2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Proaño Berrones Ronny Mauricio** y **Sambache Jácome Alex David**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500W EN EL PÁRAMO SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCIA DE COTOPAXI**”, siendo el Ing. MsC. Cristian Gallardo tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Proaño Berrones Ronny Mauricio
C.I. 0503960742

Sambache Jácome Alex David
C.I. 1723153332



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500W EN EL PÁRAMO SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, de Proaño Berrones Ronny Mauricio y Sambache Jácome Alex David, de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo, 2022

Ing. Ms.C. Cristian Fabián Gallardo Molina

Tutor de la Propuesta Tecnológica



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Berrones Proaño Ronny Mauricio con C.I. 0503960742 y Sambache Jácome Alex David con C.I. 1723153332, con el título de Proyecto de titulación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500W EN EL PÁRAMO SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCIA DE COTOPAXI"**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo del 2022

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Ing. Ms.C. Mauro Albarracín
C.I. 0503113730

Lector 2
Ing. Ms.C. Edwin Moreano
C.I. 0502607500

Lector 3
Ing. Ms.C. Segundo Cevallos
C.I. 0501782437



AVAL DE IMPLEMETACIÓN

Sres. ASOCIACIÓN DE GANADEROS SAN MIGUELITO DE LANGOA

Los estudiantes Proaño Berrones Ronny Mauricio y Sambache Jácome Alex David, han culminado con éxito la implementación de la propuesta tecnológica con el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500W EN EL PÁRAMO DE SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, el mismo que está operando en excelentes condiciones.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2022

Sr. Hugo Rengifo

Representante de la Asociación de ganaderos San Miguelito de Langoa

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mis queridos padres por su sacrificio, esmero y dedicación, por estar siempre a mi lado sin importar los momentos en los que me encuentre, a mi hermana por siempre apoyarme sin importar las decisiones que elija, y un agradecimiento muy especial a mi querida universidad por abrirme las puertas de su institución e instruirme con los valores y conocimientos apropiados para ser una persona de bien.

Un agradecimiento muy especial al Ms.C. Cristian Gallardo y de igual manera para el Ms.C. Mauro Albarracín, por ayudarme a cumplir una de mis metas.

RONNY PROAÑO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios por la salud y fuerza que me ha dado para luchar por mis sueños y también le agradezco a mi querida universidad por abrirme las puertas y permitirme cumplir con el sueño de ser un profesional, a mis padres, hermanas, sobrinos por brindarme su cariño y apoyo incondicional y a todos los amigos que hice en el transcurso de estos años, por todos los momentos compartidos y vividos.

Y un agradecimiento muy especial al Ms.C. Cristian Gallardo por todo su apoyo y paciencia para la culminación exitosa de esta tesis.

SAMBACHE ALEX

DEDICATORIA

Dedico este logro muy importante en mi vida a mis queridos padres Pablo Proaño y Yolanda Berrones por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes. Me formaron dándome la oportunidad de escoger mi camino sin dejar de lado las libertades y privilegios que me brindaron; pero al final de cuentas me motivaron constantemente para alcanzar mis metas y anhelos.

Gracias mis amados padres.

RONNY PROAÑO

DEDICATORIA

Dedico este logro en especial a Dios por guiarme en cada momento de mi vida y mostrarme que con perseverancia todo es posible. A mi madre Martha Jácome por su amor incondicional y su apoyo en los momentos más difíciles en los cuales supo brindarme las palabras necesarias para no rendirme. A mi padre Héctor Sambache que con sus consejos sabios y objetivos supo guiarme para no decaer en la culminación del objetivo trazado, a mi Dayito y Mayrita mis hermanas que han estado siempre pendientes de mí, dándome apoyo y ánimo todos los días, así demostrando un cariño infinito hacia mí.

SAMBACHE ALEX

ÍNDICE GENERAL

1. Información personal.....	1
2. Introducción	3
2.1. Problema	3
2.1.1. Situación problemática	3
2.2. Objeto de estudio y campo de acción	3
2.2.1. Objeto de estudio	3
2.2.2. Campo de acción	3
2.3. Beneficiarios	4
2.4. Justificación	4
2.5. Hipótesis	5
2.6. Objetivos.....	5
2.6.1. Objetivo general	5
2.6.2. Objetivos específicos.....	5
2.7. Actividades y sistema de tareas	6
3. Fundamentación científico técnica.....	7
3.1. Trabajos previos.....	7
3.2. Energías renovables	8
3.2.1. El sol como fuente de energía.....	8
3.2.2. Aprovechamiento de la energía solar	9
3.3. Energía fotovoltaica.....	9
3.3.1. Ventajas de la energía fotovoltaica.....	9
3.4. Radiación solar	10
3.5. Los captadores y su colocación	13
3.5.1. Latitud.....	13
3.5.2. Orientación	13

3.5.3.	Inclinación	14
3.5.4.	Incidencia.....	14
3.6.	Horas solar pico	15
3.7.	Radiación solar en ecuador	15
3.8.	Medidor de energía solar	16
3.9.	Generación Fotovoltaica	17
3.9.1.	Clasificación de un sistema de generación fotovoltaica.....	17
3.10.	Efecto Fotovoltaico	19
3.10.1.	Celda solar	20
3.10.2.	Tipos de celdas fotovoltaicas.....	21
3.10.3.	Parámetros de funcionamiento de una celda solar.....	23
3.11.	Pasos en el dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos.....	24
3.12.	Componentes fotovoltaicos en sistemas aislados.....	25
3.13.	Panel Solar Fotovoltaico	26
3.13.1.	Las principales partes del Panel Fotovoltaico son:.....	26
3.13.2.	Paneles solares fotovoltaicos monocristalinos	27
3.13.3.	Paneles Policristalinos de Silicio.....	29
3.13.4.	Celda de Silicio Amorfo	29
3.13.5.	Conexión de paneles	30
3.13.6.	Tipos de montaje de paneles fotovoltaicos.....	31
3.13.7.	Mantenimiento.....	33
3.14.	Batería (acumulador de energía)	34
3.14.1.	Características.....	34
3.14.2.	Capacidad de almacenamiento	35
3.14.3.	Carga, descarga y estado de carga.....	35
3.14.4.	Ciclo, ciclo de vida y profundidad de descarga.....	36
3.14.5.	Tipos de baterías	37

3.15.	Regulador de carga.....	39
3.15.1.	PWM o Convencional	40
3.15.2.	MPPT o Maximizador	40
3.16.	Inversor o convertidor de CC/CA	41
3.16.1.	De onda cuadrada	41
3.16.2.	De onda modificada (casi sinusoidal).....	41
3.16.3.	De onda sinusoidal (Idéntica a la onda de la red).....	42
3.17.	Conductores o Cables.....	42
4.	métodos, técnicas e instrumentos	43
4.1.	Tipos de investigación	43
4.1.1.	Investigación bibliográfica y documental.....	43
4.1.2.	Investigación de campo	43
4.2.	Métodos de la investigación	43
4.2.1.	Método inductivo.....	43
4.2.2.	Método analítico	43
4.2.3.	Método deductivo	43
4.3.	Instrumentos de la investigacion.....	44
4.4.	Determinación del potencial energético	44
4.4.1.	Radiación solar CONELEC.....	44
4.4.2.	Radiación solar NASA POWER	46
4.4.3.	Estudio de campo	49
4.4.4.	Datos geográficos	52
4.4.5.	Carga instalada	53
4.4.6.	Días de autonomía	54
4.5.	dimensionamiento sistema fotovoltaico aislado	55
4.5.1.	Cálculo de perdidas por orientación e inclinación	56

4.5.2.	Cálculo de la hora solar pico	56
4.6.	Proceso General de Cálculo	57
4.6.1.	Cargas y consumos eléctricos.....	57
4.6.2.	Determinación del voltaje del sistema.....	58
4.6.3.	Cálculo de la potencia total máxima demandada por la carga del sistema.....	58
4.6.4.	Factor de rendimiento energético	58
4.6.5.	Cálculo del consumo diario en Wh	59
4.6.6.	Cálculo capacidad de la batería	60
4.6.7.	Corriente pico del sistema	62
4.6.8.	Cálculo del número de módulos fotovoltaicos	63
4.6.9.	Cálculo del inversor.....	65
4.6.10.	Cálculo del regulador o controlador de carga.....	66
5.	análisis de resultados	67
5.1.	potencial energético	67
5.2.	carga instalada.....	67
5.3.	Selección del voltaje del sistema	68
5.4.	selección de equipos	69
5.4.1.	Selección de la batería	69
5.4.2.	Selección del Número de módulos fotovoltaicos	71
5.4.3.	Corriente pico del sistema	73
5.4.4.	Selección de los conductores del sistema	73
5.4.5.	Selección del inversor.....	74
5.4.6.	Selección de controlador de carga	75
5.5.	Distribución de potencias.....	76
5.6.	Implementación del proyecto.....	80
5.6.1.	Estructura de los módulos fotovoltaicos.....	80

5.6.2. Montaje de los elementos	83
6. Presupuesto y análisis de impacto.....	85
6.1. Impacto tecnológico.....	85
6.2. Impacto ambiental.....	85
6.3. impacto económico	85
6.4. Presupuesto del proyecto	85
6.4.1. Costos directos.....	85
6.4.2. Costos indirectos	87
7. Conclusiones	88
8. Recomendaciones.....	88
9. Referencias bibliográficas.....	90
10. Anexos.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios directos e indirectos.....	4
Tabla 2.2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	6
Tabla 4.1. Datos de radiación global registrados por el CONELEC	46
Tabla 4.2. Promedio de radiación NASA POWER	48
Tabla 4.3. Parámetros obtenidos en el mes de noviembre	49
Tabla 4.4. Parámetros obtenidos en el mes de diciembre.....	50
Tabla 4.6. Promedio de los meses de estudio	52
Tabla 4.7. Carga instalada	54
Tabla 4.8 Parámetros de Irradiación mensual	57
Tabla 5.1. Comparativa del potencial energético	67
Tabla 5.2. Cargas planteadas para el funcionamiento en la vivienda.....	68
Tabla 5.3. Criterio de selección para el voltaje del sistema	68
Tabla 5.4. Voltaje del sistema seleccionado.....	68
Tabla 5.5. Selección de la profundidad de descarga con relación al número de ciclos.....	69
Tabla 5.6. Características técnicas de la batería	70
Tabla 5.7. Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico	71
Tabla 5.8. Selección del número módulos fotovoltaicos y su potencia.....	72
Tabla 5.9. Distribución de los módulos fotovoltaicos	73
Tabla 5.10. Calibre de los conductores.....	74
Tabla 5.11. Especificaciones técnicas del inversor	75

Tabla 5.12. Características del regulador de carga.....	76
Tabla 5.13. Conductores adoptados.....	80
Tabla 6.1. Costos directos de los equipos del sistema fotovoltaico	86
Tabla 6.2. Costos directos de los materiales eléctricos	86
Tabla 6.3. Costos indirectos	87
Tabla 6.4. Costo total del proyecto.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 3.1. Radiación solar (Espectro solar)	10
Fig. 3.2. Tipos de radiación que inciden en la superficie terrestre	12
Fig. 3.3. Latitud	13
Fig. 3.4. Orientación o Azimut	14
Fig. 3.5. Inclinación	14
Fig. 3.6. Incidencia	14
Fig. 3.7. Hora solar pico a lo largo de un día	15
Fig. 3.8. Irradiación solar global en el Ecuador	16
Fig. 3.9. Medidor de Energía Solar	16
Fig. 3.10. Sistema conectado a la red eléctrica	17
Fig. 3.11. Instalación aislada de la red	18
Fig. 3.12. Efecto fotovoltaico	19
Fig. 3.13. Esquema funcional de una célula solar	20
Fig. 3.14. Principio de funcionamiento de una celda solar	20
Fig. 3.15. Tipos de celdas fotovoltaicas	21
Fig. 3.16. Donde a y b: celdas de Silicio Monocristalinas. Y donde c y d: celdas de Silicio Policristalinas	22
Fig. 3.17. Celda de Silicio Amorfo	22
Fig. 3.18. Celda CIGS	23
Fig. 3.19. Celda de Telurio de Cadmio	23

Fig. 3.20. Curva I - V de una celda fotovoltaica	24
Fig. 3.21. Panel Solar	26
Fig. 3.22. Partes que conforman un panel solar	27
Fig. 3.23. Paneles solares fotovoltaicos monocristalinos	28
Fig. 3.24. Panel Solar Fotovoltaico Policristalino	29
Fig. 3.25. Panel fotovoltaico amorfo	30
Fig. 3.26. Conexiones de los paneles en serie	30
Fig. 3.27. Conexiones de los paneles en paralelo	31
Fig. 3.28. Montaje en tierra para panel fotovoltaico	32
Fig. 3.29. Montaje directo con cubierta inclinada	32
Fig. 3.30. Montaje directo con cubierta plana	33
Fig. 3.31. Modelos de baterías.....	34
Fig. 3.32. Batería tipo AGM.....	37
Fig. 3.33. Batería tipo Monoblock ácido	38
Fig. 3.34. Batería tipo Gel	38
Fig. 3.35. Controlador de carga	39
Fig. 3.36. Inversor de carga	41
Fig. 3.37. Características de la tensión del inversor	42
Fig. 4.1. Insolación global enero	45
Fig. 4.2. Insolación global noviembre	45
Fig. 4.3. Insolación global diciembre	46

Fig. 4.4. Radiación solar y su variación en el mes de noviembre	47
Fig. 4.5. Radiación solar y su variación en el mes de diciembre.....	47
Fig. 4.6. Radiación solar y su variación en el mes de enero.....	48
Tabla 4.5. Parámetros obtenidos en el mes de enero.....	51
Fig. 4.7. Lugar de la implementación del proyecto	53
Fig. 4.8. Vivienda beneficiaria del proyecto	53
Fig. 5.1. Ciclos de vida en relación a la profundidad de descarga	69
Fig. 5.2. Orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos	72
Fig. 5.3. Ubicación de la estructura	81
Fig. 5.4. Montaje de los módulos fotovoltaicos	81
Fig. 5.5. Conexión de los módulos fotovoltaicos	82
Fig. 5.6. Estructura montada en su posición final	82
Fig. 5.7. Colocación del gabinete de protección.....	83
Fig. 5.8. Conexión de los equipos	83
Fig. 5.9. conexión de los circuitos de la vivienda.....	84
Fig. 5.10. Proyecto culminado en la vivienda beneficiaria	84



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500W EN EL PÁRAMO SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCIA DE COTOPAXI”

Autores:

Proaño Berrones Ronny Mauricio

Sambache Jácome Alex David

RESUMEN

En el presente proyecto de titulación se desarrolló la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo, necesario para el funcionamiento de las cargas planteadas, que permitirá abastecer de energía eléctrica a los circuitos de iluminación, tomacorrientes y cargas instaladas de la vivienda ubicada en el páramo de San Miguelito de Langoa de la provincia de Cotopaxi, para ello se recopiló datos del potencial energético que se encuentra en la zona, y así determinar el tamaño óptimo de la instalación con la ayuda de cálculos técnicos que permita incorporar los elementos que conformarán el proyecto para el abastecimiento del flujo eléctrico. Mediante el seguimiento de normas y estándares se incorporó un módulo fotovoltaico que abastece de energía al sistema, el cual consta de dos paneles solares cada uno de 110W con un voltaje de circuito abierto de 21,88(VDC) y una corriente de 6,26(A), conectados en paralelo. Un inversor de corriente continua 12(VDC) a corriente alterna 120 (VCA) de 500W de potencia. Un regulador tipo PWM, con un voltaje de 12(VDC), y una corriente de 20(A). Una batería de Gel de 100(Ah) con un voltaje nominal de 12(VDC). Al realizar las medidas de niveles de radiación en el lugar, el proyecto cumple con el requerimiento planteado, ya que produce energía eléctrica que permite abastecer de electricidad a las cargas planteadas de la vivienda.

Palabras clave: Radiación solar, electricidad, sistema fotovoltaico, energía renovable



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “IMPLEMENTATION OF A 500W PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN THE PÁRAMO SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCE OF COTOPAXI”

Authors:

Proaño Berrones Ronny Mauricio

Sambache Jacome Alex David

ABSTRACT

In this titling project, the implementation of an autonomous photovoltaic system was developed, necessary for the operation of the proposed loads, which will allow the supply of electrical energy to the lighting circuits, outlets and installed loads of the house located in the páramo de San Miguelito de Langoa in the province of Cotopaxi, for this purpose, data was collected on the energy potential found in the area, and thus determine the optimal size of the installation with the help of technical calculations that allow incorporating the elements that will make up the project for the supply of electrical flow. By following norms and standards, a photovoltaic module was incorporated that supplies energy to the system, which consists of two solar panels each of 110W with an open circuit voltage of 21.88 (VDC) and a current of 6.26. (A), connected in parallel. An inverter from direct current 12 (VDC) to alternating current 120 (VAC) of 500W of power. A PWM type regulator, with a voltage of 12(VDC), and a current of 20(A). A 100(Ah) Gel battery with a nominal voltage of 12(VDC). By carrying out the measurements of radiation levels in the place, the project complies with the stated requirement, since it produces electrical energy that allows to supply electricity to the loads raised in the house.

Keywords: Solar radiation, electricity, photovoltaic system, renewable energy



AVAL DE TRADUCCIÓN

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

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500W EN EL PÁRAMO SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, presentado por: **Proaño Berrones Ronny Mauricio y Sambache Jácome Alex David**, estudiantes de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 22 marzo del 2022

Atentamente,

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0502666514

1. INFORMACIÓN PERSONAL

Título del proyecto:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 500W EN EL PÁRAMO SAN MIGUELITO DE LANGOA PROVINCIA DE COTOPAXI.

Fecha de inicio:

Septiembre 2021

Fecha de finalización:

Marzo 2022

Lugar de ejecución:

Cotopaxi – Latacunga – San Miguelito de Langoa

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Equipo de trabajo:

TUTOR DE TITULACIÓN

Ms.C. Cristian Fabián Gallardo Molina

Domicilio: Latacunga

Estado civil: Casado

Cédula de ciudadanía: 050284869-2

Número telefónico: 0984698851

E-mail: cristian.gallardo@utc.edu.ec

Coordinador 1

Nombres y Apellidos: Ronny Mauricio Proaño Berrones

Domicilio: Latacunga

Cédula de ciudadanía: 050396074-2

Estado civil: Soltero

Número telefónico: 0992947048

E-mail: ronny.proano2@utc.edu.ec

Coordinador 2

Nombres y Apellidos: Alex David Sambache Jácome

Domicilio: Machachi

Cédula de ciudadanía: 172315333-2

Estado civil: Soltero

Número telefónico: 0999613369

E-mail: alex.sambache2@utc.edu.ec

Área del conocimiento:

Campo amplio 07 Ingeniería, Industria y Construcción. Campo específico 071 Ingeniería y profesiones afines. Campo detallado 0713 Electricidad y energía

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental según el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Sub línea de investigación:

Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. PROBLEMA

La inexistencia de una red de distribución eléctrica la cual suministre energía a una vivienda perteneciente a la ASOCIACIÓN DE GANADEROS SAN MIGUELITO DE LANGOA.

2.1.1. Situación problemática

A nivel mundial la generación de energía eléctrica se puede obtener de diferentes maneras, pero existe una sola forma de transportar esa energía generada hacia las industrias u hogares y es mediante redes de distribución, para la mayoría de países industrializados o de primer mundo el servicio de energía eléctrica está garantizado y tiene que ser continuo y de calidad.

Pero existen lugares de difícil acceso a la red, en los cuales se ha optado por el uso de energías alternativas o renovables con mayor frecuencia la energía solar es la más utilizada. Dando paso a los sistemas de generación fotovoltaicos, ya que el recurso energético solar está presente a nivel mundial y son utilizadas para abastecer de energía eléctrica a los lugares que no cuentan con este servicio básico.

El Ecuador al ser un país en vías de desarrollo las redes de distribución de energía eléctrica no son accesibles a todos los sectores, ya sea por la falta de vías de acceso, o al estar ubicadas en zonas alejadas como son páramos, valles entre otros. En los cuales supone una gran dificultad la construcción de estas. Por tal motivo mediante el uso de energías alternativas sería un gran aporte para estas zonas, en gran medida de la energía solar, ya que el Ecuador al estar ubicado en la línea ecuatorial posee una mayor cantidad de radiación solar por lo cual se podrá dotar de energía eléctrica a estos lugares de difícil acceso mediante la implementación de sistemas de generación fotovoltaicos autónomos.

2.2. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de estudio

Sistemas de generación fotovoltaicos

2.2.2. Campo de acción

Generación de energía eléctrica

2.3. BENEFICIARIOS

Tabla 2.1. Beneficiarios directos e indirectos

DIRECTOS	Proaño Berrones Ronny Mauricio - Investigador Sambache Jácome Alex David - Investigador
INDIRECTOS	Miembros de la Asociación de ganaderos San Miguelito de Langoa

2.4. JUSTIFICACIÓN

En el presente trabajo se pretende brindar una solución al problema con el que cuenta la Asociación de Ganaderos de San Miguelito de Langoa, la cual es la falta de energía eléctrica en la zona. Este tipo de proyectos es muy importante, ya que permite mejorar la calidad de vida de los beneficiarios aportando los conocimientos obtenidos.

En el lugar a implementar no cuenta con acceso a la red eléctrica por encontrarse en una zona rural que es de difícil acceso para las empresas comercializadoras de electricidad, es por ello que no se cuenta con este servicio básico, que permita mejorar su estilo de vida, además hay antecedentes de otro tipo de energía implementada, pero con resultados no deseados, pero cuentan con potencial energético el cual permite tener otras opciones para generar dicha energía eléctrica.

Este proyecto pretende solucionar la carencia de energía eléctrica que existe en la vivienda y demostrar que se puede usar un recurso natural con el que cuenta el Páramo de San Miguelito de Langoa, como es la energía solar, mediante la obtención y recopilación de datos, se obtendrá valores de radiación solar, además tener una base de datos, para implementar un generador fotovoltaico que permita contar con flujo eléctrico constante en la vivienda de la Asociación San Miguelito de Langoa, se utilizará datos obtenidos en el lugar con elementos de medición de radiación solar, además se contará con la ayuda de la página web NASA POWER, la cual brinda valores de radiación, y el atlas solar realizado por el CONECEL.

Además, con la implementación del sistema fotovoltaico se reducirá el impacto ambiental que genera la anterior fuente usada en la generación eléctrica mediante combustibles fósiles, y así ayudar a la conservación de las especies que habitan en el lugar.

2.5. HIPÓTESIS

¿Mediante la implementación de un sistema de generación fotovoltaico autónomo, se podrá abastecer la demanda de energía eléctrica a una vivienda?

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo general

Implementar un sistema de generación fotovoltaico que permita el funcionamiento de las cargas previstas, mediante el aprovechamiento del recurso solar para el abastecimiento de energía eléctrica de una vivienda.

2.6.2. Objetivos específicos

- Investigar fuentes bibliográficas de trabajos precedentes acerca de los sistemas de generación fotovoltaicos y sus tecnologías empleadas, para tener un criterio analítico y técnico del funcionamiento de dichos sistemas.
- Obtener los parámetros de radiación solar para determinar la factibilidad de su implementación.
- Dimensionar de forma técnica y económicamente los elementos que conforman el sistema fotovoltaico para su posterior selección.
- Validar el funcionamiento de la central fotovoltaica mediante la aplicación de la carga prevista, para corroborar su trabajo a plena carga y sin carga.

2.7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES (Tareas)	RESULTADOS	TÉCNICAS MEDIOS E INSTRUMENTOS
Investigar fuentes bibliográficas de trabajos precedentes acerca de los sistemas de generación fotovoltaicos y sus tecnologías empleadas, para tener un criterio analítico y técnico del funcionamiento de dichos sistemas	Revisión de material bibliográfico, para el diseño de sistemas fotovoltaicos aislados	Conocimiento teórico de los sistemas fotovoltaicos aislados	Bibliotecas virtuales, paginas web, manuales de instalación fotovoltaicos, artículos científicos
	Análisis de las nuevas tecnologías empleadas en los sistemas de generación		
Obtener los parámetros de radiación solar para determinar la factibilidad de su implementación	Estimación del recurso solar	Factibilidad para la implementación de un sistema fotovoltaico aislado	Investigación analítica, base de datos de la NASA, Atlas Solar del CONELEC, investigación de campo
	Orientación e inclinación optima para un mejor aprovechamiento del recurso solar		
Dimensionar de forma técnica y económicamente los elementos que conforman el sistema de generación	Calculo de la potencia instalada	Selección de los equipo apropiados que conforman el sistema fotovoltaico	Fichas y características técnicas de los elementos, cotizaciones y análisis de costos
	Calculo del baterías, controlador de carga, módulos fotovoltaicos, inversor		
	Dimensionamiento del conductor para el sistema		
Validar el funcionamiento de la central fotovoltaica mediante la aplicación de la carga prevista, para corroborar su trabajo a plena carga y sin carga.	Interconexión de los equipos	Generación y distribución de energía	Trabajo práctico y de campo
	Montaje y ubicación		
	Conexión de los circuitos de iluminación y tomas de corriente correspondientes a la vivienda		

3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

En el presente documento se dará inicio con los antecedentes previos de trabajos investigativos, revisión de los conceptos principales que conforman e intervienen en los sistemas de generación fotovoltaicos, como son la radiación solar y su clasificación, la ubicación e inclinación, los equipos que conforman un sistema de generación específicamente centrándose en los sistemas fotovoltaicos aislados o autónomos.

3.1. TRABAJOS PREVIOS

El mes de diciembre del 2020 se presenta el tema implementación de un sistema fotovoltaico de 600W para alimentación del laboratorio de metrología de la universidad Politécnica Salesiana, en donde se da a conocer parámetros que son muy importantes al momento de recopilar información para posteriormente ponerlos en práctica en el presente trabajo de titulación, en el documento antes mencionado la implementación del sistema fotovoltaico es híbrido, es decir combina la generación fotovoltaica aislada con la red eléctrica convencional, usan el software PVsyst, para obtener parámetros que permita realizar el diseño y las necesidades para que su generador solar pueda cumplir su función tanto autónomo como conectado a la red de distribución eléctrica. [1]

El trabajo de titulación realizada en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión Salache en el 2019, se realiza un sistema fotovoltaico para alimentar cargas del laboratorio y del invernadero con el que cuenta la universidad y con la implementación se pretende reducir costos de planilla eléctrica y prevenir apagones inesperados que demoren en ser solucionados ya que al tener los laboratorios se podría interrumpir las actividades que se pueden desempeñar, cabe recalcar que la implementación del sistema es híbrido, ya que cuenta con la facilidad de conectar el generador solar a la red eléctrica para poder cumplir con la demanda que tienen la cual es de 2575.15 W, realizan las mediciones de la radiación solar con la ayuda del piranómetro, además del programa RETScreen y así poder comparar valores. [2]

El documento en el que diseñan un sistema de generación fotovoltaico para iluminar las áreas verdes de la Universidad Técnica de Cotopaxi del bloque B en la ciudad de La Mana, se diseña para alimentar lámparas led de bajo consumo pero que tienen gran capacidad lumínica con ayuda del sol, mediante la captación de radiación, la potencia total que tienen es de 170

W ya que se usara 4 luminarias, a pesar de ser implementado en el año 2015, se pudo recopilar información muy valiosa para poder realizar el trabajo de investigación. [3]

Un trabajo de titulación que se asimila al proyecto que se pretende realizar, se lo lleva a cabo en la ciudad de Loja, se denomina como la implementación de un sistema de generación fotovoltaica para abastecer de energía eléctrica a una vivienda de interés social, para lo cual empezaron recopilando información de la radiación en el lugar cuyo tiempo de recolección fue de un año mediante esos valores lograron dimensionar los equipos que se necesita para el diseño que decidieron implementar, cabe destacar que la potencia instalada es de 274W, con un rango previsto a incrementarse en el futuro. [4]

3.2. ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables evolucionan constantemente con el pasar del tiempo, lastimosamente la humanidad no se da cuenta del potencial con el que contamos para sustituir diversos tipos de fuentes de generación convencionales.

Se espera visualizar el crecimiento de este tipo de fuentes renovables mediante la obtención de nuevos estándares de generación, con un énfasis en la energía generada por el sol. Con casi 290 gigavatios (GW) de nueva energía renovable se pondrán en marcha este año, lo que es un 3% más alto que el crecimiento ya excepcional de 2020. La energía solar fotovoltaica por sí sola representa más de la mitad de toda la expansión de la energía renovable en 2021, seguida de la energía eólica e hidroeléctrica. [5]

En el 2016 se llevó a cabo en la ciudad de Quito la muy conocida conferencia del desarrollo urbano denominada Hábitat III, en la cual tuvo como punto más relevante, el uso de las energías renovables en ámbitos del desarrollo urbano concluyendo así que no se puede tomar verdades a medias ya que existe diversidad de recursos y no se podría tomar a ciencia cierta las demandas de energía que estas necesitarían. Se espera, entonces, que su desarrollo se potencie con la colaboración entre municipalidades y el estudio de casos exitosos. [6]

3.2.1. El sol como fuente de energía

Siempre se ha tenido claro que el sol es la principal fuente de energía de nuestro planeta y que esta energía es el motor principal de diversos procesos de nuestro ecosistema, dichos procesos son de máxima importancia para la vida en equilibrio como la conocemos en

nuestro planeta, estos procesos se han visto afectados en el último siglo debido al creciente impacto ambiental que estamos ocasionando, impacto que se ha dado gracias a las malas prácticas y usos que le damos a nuestros recursos naturales, todos nuestros ecosistemas naturales se han visto afectados y como resultado hemos sufrido las consecuencias a lo largo de los años obligándonos a actuar de manera oportuna si queremos conservar la vida en nuestro planeta.

Por ende, hay quienes actúan en pro de nuestros ecosistemas y actúan para preservarlo usando los últimos avances en tecnología que tenemos hoy en día a nuestro alcance, en la búsqueda de estos métodos que se puedan implementar en las zonas más vulnerables se encontraron soluciones eficaces a estos problemas, soluciones como los módulos fotovoltaicos o los llamados paneles solares que han sido de gran ayuda para dar solución a los problemas de ambiente que se mencionan. [7]

3.2.2. Aprovechamiento de la energía solar

El sol es el principal generador de energía para el planeta tierra. La energía producida por este genera fotones los mismos que viajan a través del espacio en forma de propagación electromagnética a distintas frecuencias. El aprovechamiento de la energía solar se puede apreciar de diferentes formas como calefacción de edificaciones, calentamiento de agua, cocción de alimentos y proyectos de generación de energía termo solar y fotovoltaico. [8]

3.3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es aquella que transforma la energía del sol en energía eléctrica, y luego es almacenada para el uso directo y de forma racional, cuando sea necesario.

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esto se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores introducidos en paneles solares. Cuando la luz del sol incide en el panel solar genera una corriente eléctrica que se suele utilizar como fuente de energía. [9]

3.3.1. Ventajas de la energía fotovoltaica

En general, vincular fácilmente la generación de energía solar con energía limpia e ilimitada puede tener un impacto positivo en el cambio gradual de las actitudes y hábitos de los

consumidores, la reducción del consumo innecesario del consumo ilimitado de energía y la mejora de la calidad de vida.

- ✓ Generar energía que no contamine, y que no represente un gasto en el usuario.
- ✓ Los dispositivos son de larga duración lo que conlleva a cortos ciclos de mantenimiento.
- ✓ Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por su sencillez, su vida rentable la cual es muy amplia (ya que aun hay sistemas fotovoltaicos en funcionamiento de los cuales su implementación fue realizada hace más de 20 años atrás. Con las nuevas tecnologías se estima una duración de 35 – 45 años.
- ✓ Se trata de una solución inmejorable en zonas aisladas que, de otra forma, no tendrían acceso a la electricidad.
- ✓ No requieren grandes inversiones centralizadas.
- ✓ Las instalaciones fotovoltaicas, tanto aisladas como de conexión a red, no contaminan ni química, ni electromagnética, ni acústicamente.

3.4. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar muestra una amplia distribución espectral, con longitudes de onda que van desde 0.2 a 2.6mm. Los valores de radiación con fines fotovoltaicos se establecen entre el 0.15 y 0.3 μm . [2]

En la Figura 3.1. Se aprecia la distribución espectral de las diferentes longitudes de onda presentes en la radiación emitida por el sol.

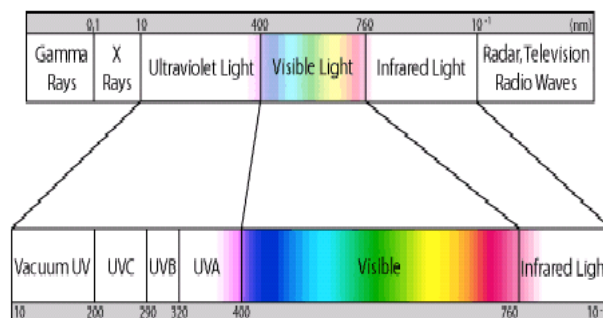


Fig. 3.1. Radiación solar (Espectro solar) [2]

La radiación solar que llega a la tierra dependerá de factores como; la posición del planeta tierra con respecto al sol, las condiciones meteorológicas, la atmosfera y la materia en suspensión.

La radiación que es emitida por el sol y que llega a la atmosfera terrestre se debilita significativamente aproximadamente 1360 W/m^2 . Debido a la distancia entre el sol y la tierra. Después dicha radiación sufre una atenuación debido a la capa atmosférica, por lo que la radiación en la superficie terrestre es de aproximadamente 1000 W/m^2 . [10]

3.4.1.1. Tipos de radiación solar

Existen 3 tipos de radiación solar presentes en el planeta tierra, cada una de estas afectando de diferente manera sobre las superficies horizontales, dependiendo de cómo estas incidan sobre las mismas, los principales tipos de radiación son las siguientes.

3.4.1.2. Radiación solar directa

Es aquella que incide directamente sobre superficie terrestre sin cambiar de dirección ya que no se ve afectada por fenómenos como la reflexión o dispersión.

3.4.1.3. Radiación solar difusa

Proviene de la bóveda celeste visible desde la superficie terrestre, ya que se ha difundido en la atmósfera debido a choques con partículas de agua, polvo en suspensión, entre otros. Se considera uniforme para toda la superficie celeste.

3.4.1.4. Radiación solar reflejada

Resulta de la radiación directa que se refleja en la superficie terrestre como montañas, lagos, ríos, casas, entre otros. El valor que adquiere depende del coeficiente de reflexión existente sobre una superficie.

3.4.1.5. Radiación solar global

Resulta de la suma de las radiaciones directa y difusa sobre una superficie horizontal. Una vez que la radiación solar penetra la atmosfera terrestre sufre algunos cambios como la extinción, se refleja en las nubes y vuelve al espacio, se propaga y cambia de dirección, es absorbido por los vapores de agua y aerosoles y solo los fotones con alta energía logran llegar directamente a la superficie terrestre. La radiación global total constituye el parámetro más importante ya que permite conocer el recurso solar existente en una determinada región. La altura sobre el

nivel del mar, las condiciones atmosféricas y la posición sobre la línea equinoccial influyen en este valor. [11]

En la Figura 3.2. Se aprecia que de la radiación procedente del sol una parte de ella se recibe directamente (DNI), y la otra proviene de las múltiples reflexiones en su paso por la atmosfera (DHI), por lo tanto, a la suma de estas dos se le llama radiación global (GHI).

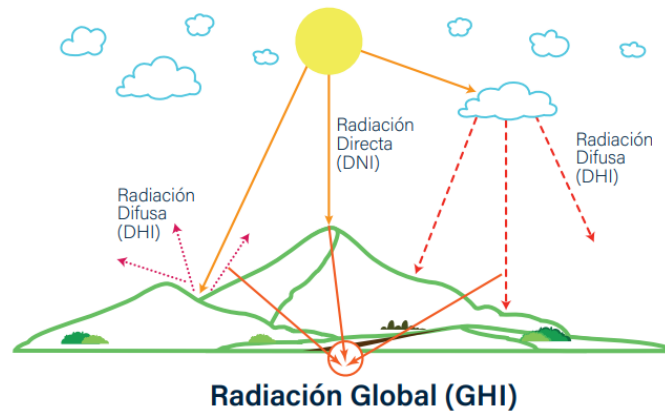


Fig. 3.2. Tipos de radiación que inciden en la superficie terrestre [12]

La suma de estas componentes se la conoce como irradiación global horizontal (GHI), y es la más utilizada para el diseño de sistemas fotovoltaicos.

3.4.1.6. Unidades de radiación solar

Para los cálculos de dimensionado se debe obtener un valor radiación solar, y sus unidades son los kW/m^2 , aunque en algunas documentaciones se utilizan la otra unidad de potencia, los julios. [10]

3.4.1.7. Irradiancia

Se define como el flujo de la radiación solar que incide sobre una unidad de superficie en un tiempo dado. Se expresa normalmente en W/m^2 , aunque también se expresa en kW/m^2 .

3.4.1.8. Irradiación

La irradiación se le denomina como la energía por unidad de área durante un periodo de tiempo. Se expresa en J/m^2 aunque también se expresa en Wh/m^2 , mediante el intercambio de unidades.

3.5. LOS CAPTADORES Y SU COLOCACIÓN

Son los dispositivos que permiten recoger la energía proveniente del sol y transformarla en energía eléctrica, la colocación es importante, puesto que la incidencia del sol se ve modificada en función de la estación y de la zona geográfica. Para ello se debe tener en cuenta los conceptos de latitud, orientación, inclinación e incidencia.

3.5.1. Latitud

Se define como la distancia que hay desde un punto de la superficie terrestre hasta el Ecuador. Se puede obtener este valor haciendo uso de la base de datos On-line PVGIS o de cualquier sistema de posicionamiento global existente para determinar la ubicación.

En la Figura 3.3. Se puede divisar la distancia angular que se mide desde la línea ecuatorial que es de 0° y el punto que se desea determinar en la tierra.

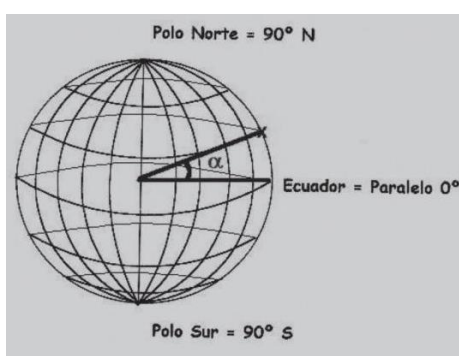


Fig. 3.3. Latitud [10]

3.5.2. Orientación

Se define como el ángulo de desviación respecto al sur geográfico de una superficie. El sur geográfico no es lo mismo que el sur magnético. Como norma general los captadores situados en el hemisferio norte se orientarán hacia el sur, y los captadores situados en el hemisferio sur se orientarán hacia el norte. Denominado azimut.

En la Fig.3.4 Se puede divisar el ángulo azimut en un panel solar con orientación al este, por donde sale el sol, pero mediante los estudios se recomienda que la mejor ubicación para estos depende del hemisferio en el que se encuentre, por ejemplo, si se encuentran en el hemisferio sur su orientación será al norte y de la misma manera para el otro hemisferio.

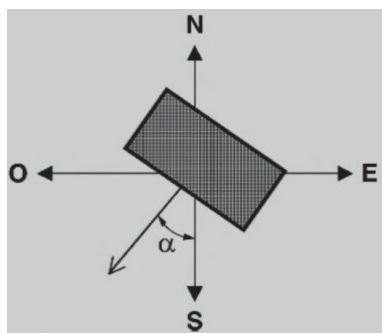


Fig. 3.4. Orientación o Azimut [10]

3.5.3. Inclinación

Se define como el ángulo que forma el plano de la superficie captadora y la horizontal. Se corresponde con el ángulo β . Como se ilustra en la Fig.3.5 El ángulo de inclinación el cual depende de la orientación que se le dé a los módulos solares y su ubicación

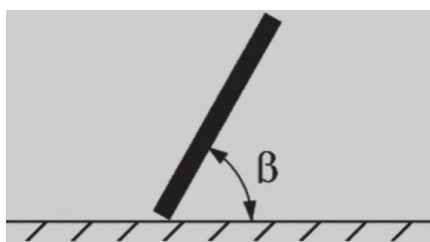


Fig. 3.5. Inclinación [10]

3.5.4. Incidencia

Se define como el ángulo que forma la radiación directa sobre la superficie captadora y la perpendicular del captador. Este dato conviene que sea lo menor posible porque la energía captada será mayor. Se corresponde con el ángulo φ .

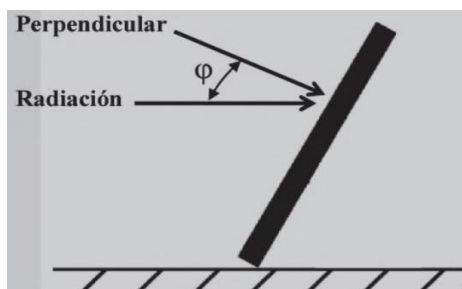


Fig. 3.6. Incidencia [10]

En la Fig.3.6 Se observa el ángulo de incidencia φ el cual depende de la posición del sol referente a una superficie horizontal, los módulos solares se pueden ubicar en cualquier posición por los que el ángulo de incidencia puede variar notablemente.

3.6. HORAS SOLAR PICO

Se la define como la unidad responsable de medir la radiación solar, y es el tiempo en horas para una radiación solar constante determinada de $1.000 W/m^2$.

Cada elemento del sistema fotovoltaico cuenta con medidas normalizadas de acuerdo a su fabricación, esto se lo especifica más detalladamente en las hojas técnicas de los elementos, todos estos parámetros se los realiza bajo la condición de la irradiancia que es de $1000 W/m^2$, lo que corresponde a la denominada hora solar pico en la cual se basan muchos de los cálculos para realizar el dimensionamiento de los módulos solares. [13]

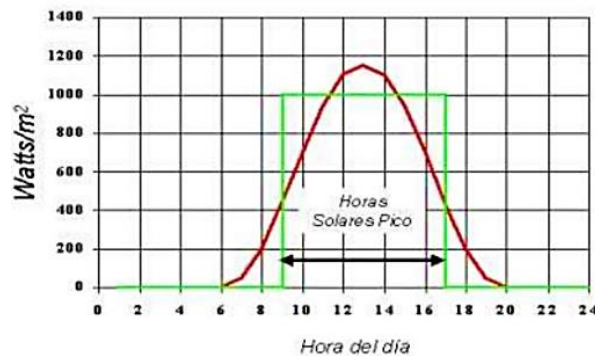


Fig. 3.7. Hora solar pico a lo largo de un día [14]

En la siguiente Fig.3.7. Se puede observar una gráfica de la curva de radiación durante 24 horas. Adelante, la HSP (la parte inferior del rectángulo verde) es el tiempo necesario para generar energía igual a la energía total recibida, pero con una radiación invariable de $1 kW/m^2$. [14]

3.7. RADIACIÓN SOLAR EN ECUADOR

Un valor medio aproximado de la radiación solar global en Ecuador es de $4200 kWh/año$ muy superior al de España que es de $1400 kWh/año$ por m^2 ; en la parte peninsular; sin embargo, se presentan variaciones de más de un 30% de unos lugares a otros en el Ecuador continental, y de más del 40% si se comparan con las islas Galápagos. La gran variedad de condiciones atmosféricas y topográficas del Ecuador y el amplio rango de latitudes, desde las

Galápagos hasta la Amazonia, genera una enorme diversidad de situaciones de radiación que obviamente condicionan los cálculos del tamaño de una instalación para que cubra una determinada demanda. [15]

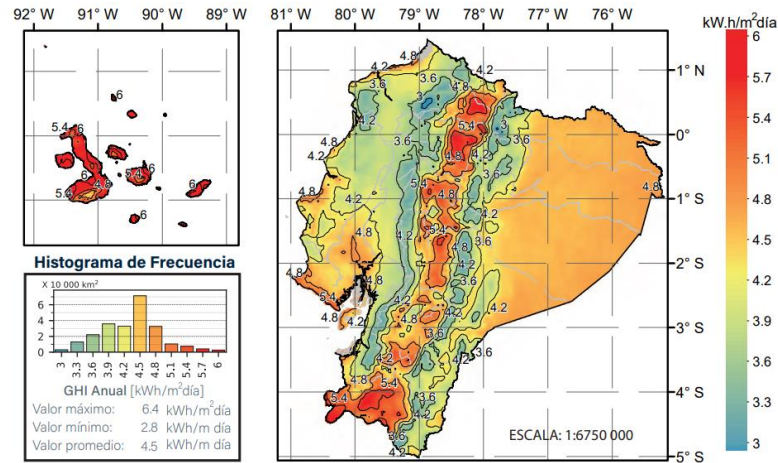


Fig. 3.8. Irradiación solar global en el Ecuador [12]

3.8. MEDIDOR DE ENERGÍA SOLAR

Los medidores solares se encargan de medir la energía proveniente del sol y las medidas que este nos entrega son en Wh/m^2 , sirve de gran manera para proyectos de generación de energía fotovoltaica en lugares alejados de las grandes ciudades.

Los medidores solares acumulan la producción de rendimiento fotovoltaico y el consumo de energía local para monitorear y analizar el rendimiento de la planta fotovoltaica. A menudo viene con una función de monitoreo para alertar a los propietarios de plantas de problemas de rendimiento de plantas fotovoltaicas, lo que les permite resolver rápidamente los problemas y maximizar el retorno de la inversión. [16]



Fig. 3.9. Medidor de Energía Solar

3.9. GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Transforma la energía proveniente del sol mediante, la radiación en energía eléctrica la cual se la puede usar de muchas maneras, este proceso de conversión se lo realiza mediante las células solares de los paneles en los cuales se produce los efectos fotovoltaicos, estos son de gran utilidad en variados campos donde se necesita obtener electricidad para satisfacer la necesidad de los grupos que no pueden acceder al servicio Publico o a los que prefieren ahorrar en lo gastos de energía eléctrica convencional. [17]

3.9.1. Clasificación de un sistema de generación fotovoltaica

Existen tres formas de conexión de los sistemas de generación fotovoltaicos, utilizados de acuerdo a la zona en la cual se va a trabajar las cuales son las siguientes:

3.9.1.1. Sistema con conexión a la red eléctrica (*On-Grid*)

“Es un sistema fotovoltaico que está conectado directamente a la red y esto hace que no se necesite un sistema de almacenamiento (baterías)”. [18]

Son los más simples y menos costosos de instalar, este tipo de sistema puede tener o no tener una batería de respaldo. En los sistemas (*On-Grid*) sin batería de respaldo, la energía generada es consumida por la carga o depositada en la red, pero en los momentos donde no se cuenta con intensidad lumínica (noche) y la red es interrumpida, la carga quedara sin energía. [19]



Fig. 3.10. Sistema conectado a la red eléctrica [19]

En la Figura 3.10. Se presenta los elementos que componen el sistema fotovoltaico conectado a la red (*On-Grid*), este tipo de sistemas hace referencia al tipo de instalación ya que se

encuentra conectado a la red de distribución permitiendo a los usuarios generar y consumir energía por lo tanto se pretende reducir costos de planillas eléctricas.

3.9.1.2. Sistema autónomo (*Off-Grid*)

“Es un sistema fotovoltaico que está aislado de la red eléctrica, este sistema generalmente tiene un sistema de almacenamiento y se ubican en sectores rurales”. [18]

Muchos proyectos que comúnmente se realizan se los implementa fuera de las zonas urbanas ya que estos no cuentan con redes de distribución eléctrica, pero cuentan con la abundancia de energía renovable lo cual permite que este tipo de sistemas tenga una gran acogida, al poseer un gran potencial energético facilita los cálculos para cumplir con la demanda que se estima cubrir con cada proyecto. Otro aspecto a tener en cuenta es la regularidad del consumo. [20]

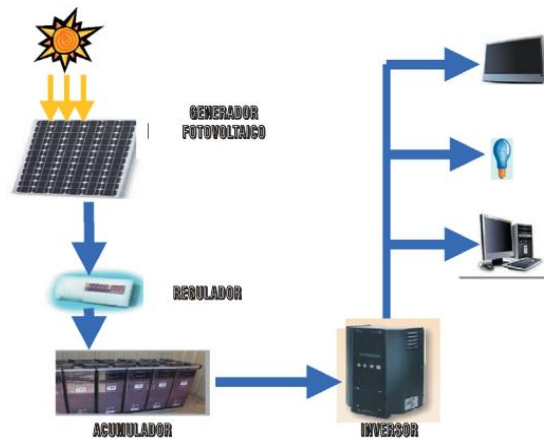


Fig. 3.11. Instalación aislada de la red [20]

En la Figura 3.11. Se presenta un sistema fotovoltaico aislado o autónomo (*Off-Grid*) los cuales no requieren estar conectados a la red ya que tiene un conjunto de acumuladores o baterías capaz de almacenar la energía generada durante el día, y de esta forma poder utilizarla de cualquier manera, este tipo de sistemas son utilizados comúnmente en sectores aislados o en donde no existe una red de distribución.

3.9.1.3. Sistema híbrido

Es un sistema que utiliza almacenamiento (baterías) a pesar que esté conectado a la red eléctrica. Se los utiliza en grandes dimensiones en proyectos que pretenden cubrir una elevada demanda de consumo, además que represente confiabilidad al usuario, es decir si la energía eléctrica de la red de distribución se desconecta en el sector entraría en funcionamiento el

banco de baterías o acumuladores con el que este tipo de sistemas cuenta, cabe recalcar que este tipo de proyectos se los utiliza en gran magnitud en las industrias que requieren un flujo de energía constante. La fiabilidad es mayor ya que el sistema no depende de una única fuente energética, por lo que la probabilidad de pérdida de carga (LLP) es aproximadamente cero. Como inconvenientes cabe señalar la mayor complejidad en el sistema de control de los generadores y, en el caso de los generadores basados en combustibles fósiles, el elevado coste de mantenimiento y transporte del combustible. [21]

3.10. EFECTO FOTOVOLTAICO

La incidencia de la luz en la luz tipo P-N traslada la energía de los fotones hacia los electrones que se sitúan en el semiconductor, como se muestra en la Figura 3.12. Muchos de estos electrones rebasan la denominada barrera del potencial eléctrico, lo cual acarrea a que estos sean alejados del semiconductor mediante la intervención de un circuito externo lo que termina produciendo la corriente eléctrica. Tras su recorrido por fuera, los electrones regresan al semiconductor por su camino de retorno. [22]

La unión P-N hace posible la presencia de un campo eléctrico en la célula, con la dirección del lado N al lado P, que separa los pares electrón-hueco: los huecos, cargas positivas, los dirige hacia el contacto del lado P, lo que provoca la extracción de un electrón desde el metal que constituye el contacto; los electrones, cargas negativas, los dirige hacia el contacto del lado N, inyectándolos en el metal. La corriente eléctrica por el circuito exterior es permanente y, en definitiva, el funcionamiento de la célula como generador fotovoltaico. [22]

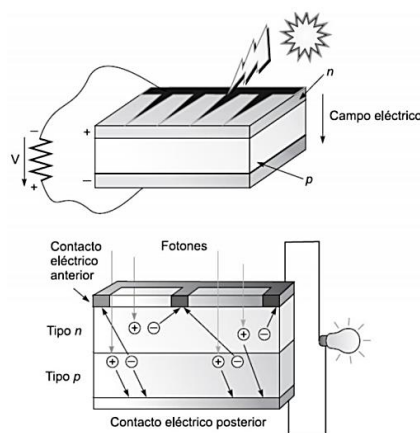


Fig. 3.12. Efecto fotovoltaico [22]

En la Figura 3.12. Se nos presenta el efecto fotovoltaico mediante el cual los semiconductores denominados Tipo N y Tipo P no almacenan energía eléctrica, sino que lo único que hacen es generarla mediante el movimiento de los electrones y por lo tanto transformar la energía radiante únicamente cuando ésta incide sobre él.

3.10.1. Celda solar

Debido al efecto de la energía solar revelado en 1839 por Becquerel, una célula fotovoltaica es prácticamente un aparato que absorbe los fotones asistentes en la radiación solar y los cambia en energía eléctrica. Un panel solar está formado por dos tipos de electrodos los cuales son electrodo positivo, electrodo negativo, la capa de barrer del semiconductor que está compuesto por semiconductores tipo P-N. [23]

En el momento que la luz solar cae en el material, los fotones producen pares de electrón-hueco en semiconductores de tipo p y tipo n. Entonces, los electrones libertados de sus enlaces ahora aparecen como electrones libres.

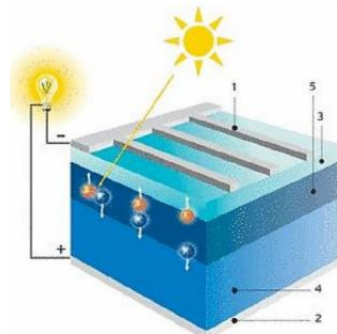


Fig. 3.13. Esquema funcional de una célula solar [23]

En la Figura 3.13. Se observa una célula fotovoltaica y su funcionamiento, los módulos solares cuentan con varia de estas celdas al estar expuestas a la radiación solar se produce el denominado efecto fotovoltaico el cual transforma el flujo de electrones en energía eléctrica.

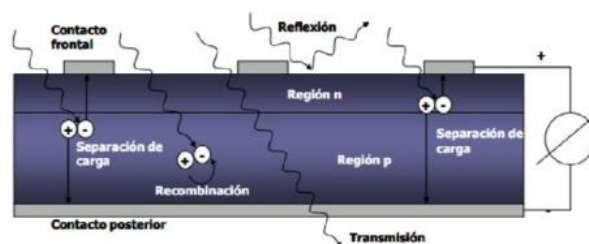


Fig. 3.14. Principio de funcionamiento de una celda solar [23]

“En el momento que la luz solar cae en el material, los fotones producen pares de electrón-hueco en semiconductores de tipo p y tipo n. Entonces, los electrones libertados de sus enlaces ahora aparecen como electrones libres”, como se visualiza en la Figura 3.14.

Una celda solar típica consta de dos capas de conductores semiconductores. Al darles una pequeña cantidad de elementos químicos, a cada capa se le otorgan diferentes propiedades eléctricas. Las celdas solares son los elementos fundamentales de los módulos fotovoltaicos y los cuales son una parte importante de los sistemas solares fotovoltaicos (SFV).

3.10.2. Tipos de celdas fotovoltaicas

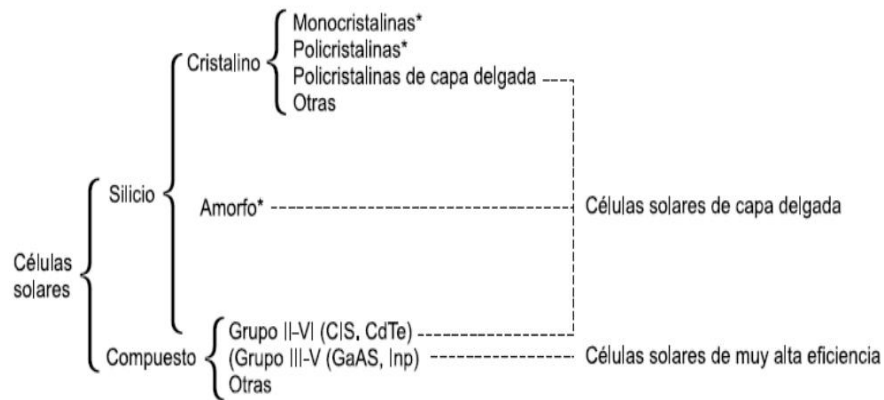


Fig. 3.15. Tipos de celdas fotovoltaicas [22]

3.10.2.1. Silicio Cristalino (200µm)

- Band gap es de 1,1 eV
- Silicio Monocristalino: El silicio se purifica, se funde y se cristaliza en lingotes, los lingotes son cortados en finas obleas.
- Silicio Policristalino: Fabricación igual a las monocristalinas, se utiliza un silicio de bajo coste, la superficie tiene un patrón aleatorio de cristalización en lugar del color homogéneo de las celdas monocristalinas.
- Silicio *Ribbon*: Se fabrican al estirar el silicio fundido, su recubrimiento anti reflectivo tiene una apariencia prismática multicolor.

En la Figura 3.16. Se muestra los patrones de las celdas para los principales paneles solares denominados monocristalinos y policristalinos.

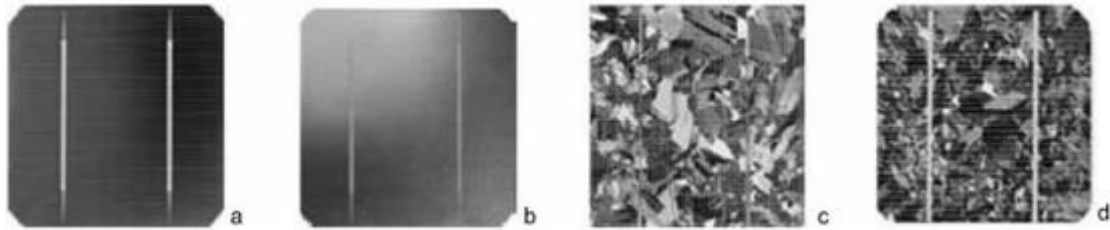


Fig. 3.16. Donde a y b: celdas de Silicio Monocristalinas. Y donde c y d: celdas de Silicio Policristalinas [22]

3.10.2.2. Thin Film (5 μ m)

“Generalmente consta de una unión [P-I-N] o [N-I-P] con una capa intrínseca entre los semiconductores tipo N y tipo P, una capa transparente de Oxido conductor Transparente (TCO) en la parte frontal y una capa metálica como contacto y reflector atrás”. [22]

- Silicio Amorfo: su band gap es de 1,1 a 1,75eV. Tiene un coeficiente de absorptividad mayor que el Si cristalino en el espectro visible, el espesor es de 1 μ m.
- Se fabrican entre 200 a 500°C, permitiéndose uso de sustratos de bajo costo. Se degrada al inicio de operación debido a la luz.

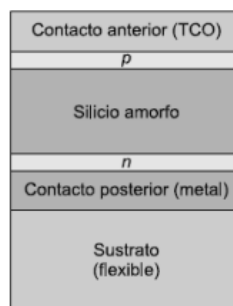


Fig. 3.17. Celda de Silicio Amorfo [22]

3.10.2.3. Cobre indio galio y di Seleniuro (CIGS)

- Tienen un band gap variable 1,02 a 1,68 eV, In y Ga sirven para maximizar la absorción del espectro solar.
- Tienen el mayor coeficiente de absorción entre las celdas de película.
- Tiene una capa de contacto de CdS o ZnS y una bicapa de aluminio y óxido de zinc como TCO.

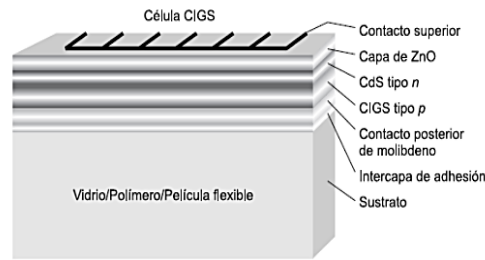


Fig. 3.18. Celda CIGS [22]

3.10.2.4. Teluro de Cadmio

Está formada por una capa de telurio de cadmio (Tipo P) unida a una capa de CdS (Tipo N) y finalmente formada por una capa de TCO (SnO₂), la cual está conectada con el contacto eléctrico. [22]

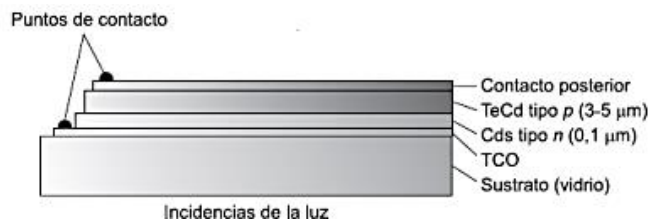


Fig. 3.19. Celda de Telurio de Cadmio [22]

3.10.3. Parámetros de funcionamiento de una celda solar

3.10.3.1. Corriente de cortocircuito (I_{sc})

Es la corriente que se obtiene de la celda cuando la tensión en sus bornes es de cero voltios; es la máxima corriente que se puede obtener de la célula.

3.10.3.2. Tensión de circuito abierto (V_{oc})

Es la tensión que se obtiene cuando la corriente que se extrae de la célula es nula; constituye la máxima tensión que se puede extraer de una celda solar. En las celdas de Si de tipo medio es del orden de 0,6 V mientras que en las de Ga As es de 1 V.

3.10.3.3. Potencia máxima (P_{max})

La potencia, P, es el producto de la corriente por la tensión; tanto en cortocircuito como en circuito abierto la potencia es 0, por lo que habrá un valor entre 0 y V_{oc} para el que la potencia será máxima y vale

3.10.3.4. Factor de forma (FF)

Relaciona la potencia máxima, la tensión en circuito abierto y la corriente de corto circuito por la P_{max} . El máximo valor que puede tomar es $F_F = 1$; así, cuanto más próximo sea este número a la unidad, mejor será la célula.

3.10.3.5. Eficiencia (η)

Expresado en %, define el funcionamiento de la celda solar. Representa la relación entre la potencia que obtenemos de la célula y la potencia de la luz que incide sobre ella.

3.10.3.6. Potencia solar (P_{solar})

Potencia luminosa por unidad de área que recibe del sol (condiciones estándar 100 mW/cm^2). En la Figura 3.20. Se puede visualizar la curva característica de corriente voltaje de una celda fotovoltaica, donde presenta la curva de intensidad para obtener la potencia máxima.

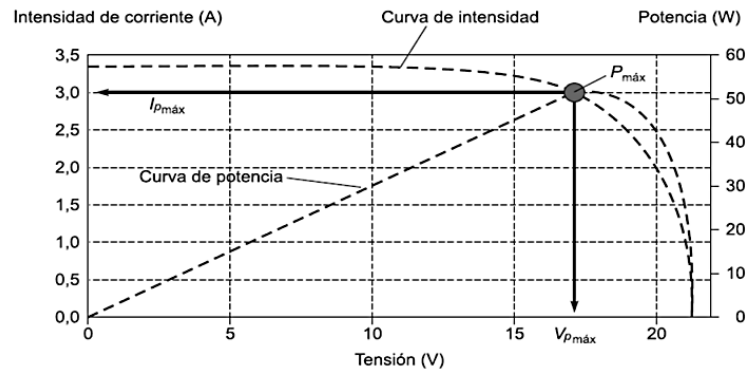


Fig. 3.20. Curva I - V de una celda fotovoltaica [22]

3.11. PASOS EN EL DIMENSIONADO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS

Como se ha comentado anteriormente, existen una gran cantidad de métodos para dimensionar un sistema fotovoltaico autónomo. Analizando muchos de ellos se han extraído diferentes conclusiones y, se ha observado que, prácticamente todos ellos siguen un esquema muy similar, que presentamos a continuación. Muchas veces la única diferencia entre unos y otros son el empleo de diferentes expresiones a la hora de calcular principalmente el tamaño del generador y del sistema de acumulación, además de lo que podría denominarse la filosofía de dimensionado. Se presenta a continuación los pasos que se han de seguir en el dimensionado de un sistema fotovoltaico autónomo. [21]

- Paso 1. Estimación del consumo
- Paso 2. Dimensionado del generador fotovoltaico
- Paso 3. Dimensionado del sistema de acumulación
- Paso 4. Dimensionado del regulador
- Paso 5. Dimensionado del inversor
- Paso 6. Dimensionado del cableado

3.12. COMPONENTES FOTOVOLTAICOS EN SISTEMAS AISLADOS

Los componentes básicos e indispensables que todo sistema de generación fotovoltaico aislado o autónomo posee son:

- ✓ Generador fotovoltaico
- ✓ Sistema de baterías o acumuladores
- ✓ Regulador de carga
- ✓ Inversor

Se debe cumplir con parámetros de diseño para eso se encuentra la norma del reglamento electrotécnico de baja tensión en la cual detalla con mayor proporción las características de los elementos que interviene en la realización del diseño de sistemas fotovoltaicos y sus respectivas protecciones.

Ya que en sistemas fotovoltaicos es habitual trabajar con relativamente elevadas corrientes es importante dimensionar adecuadamente los conductores, utilizando secciones adecuadas y minimizando las longitudes de cableado con objeto de minimizar también las caídas de tensión en los circuitos entre los módulos fotovoltaicos, el regulador de carga, las baterías y el inversor. [24]

3.13. PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

“Los paneles fotovoltaicos, también llamados módulos fotovoltaicos, son conjuntos de celdas conectadas convenientemente para ser compatibles con los sistemas de generación y baterías existentes en el mercado”. [25]

Como se muestra en la Figura 3.21. Un panel solar compuesto por celdas fotovoltaicas las cuales interactúan y generan energía eléctrica, para su posterior control de la energía generada y almacenamiento de la misma en acumuladores o baterías.



Fig. 3.21. Panel Solar [25]

Estos módulos se encuentran en potencias y tensiones estandarizadas, y se fabrican con varias capas de distintos materiales para darle rigidez mecánica a las celdas y otorgarles protección contra la intemperie, impactos y corrosión.

3.13.1. Las principales partes del Panel Fotovoltaico son:

3.13.1.1. Marco

Fabricado generalmente en aluminio, asegura rigidez y estanquidad al conjunto. Permite el montaje del panel sobre la estructura que lo soporta.

3.13.1.2. Vidrio frontal

Está cubierta de vidrio templado le brinda al panel resistencia contra condiciones climáticas adversas y maximiza la transmisión de luz.

3.13.1.3. Encapsulante frontal y trasero

Este material asegura la unión entre las celdas y la unión de las celdas con el vidrio frontal y el recubrimiento posterior. Debe ser ópticamente transparente y presentar baja degradación producto del efecto de los rayos del sol.

3.13.1.4. Recubrimiento trasero

Este material debe tener baja resistencia térmica para disipar el calor producido en el panel, y reflejar la luz que paso entre las células, para hacerlas incidir nuevamente sobre éstas. En la actualidad, los materiales más usados para este fin son acrílicos, siliconas, TEDLAR (Fluoruro de polivinilo) o EVA (Etilvinilacetato).

3.13.1.5. Caja de conexiones

Aquí se encuentran los bornes para la conexión del módulo y diodos de protección que impiden daños por sombras parciales sobre el panel. En la Figura 3.22. se observa las principales partes que conforman un módulo fotovoltaico.

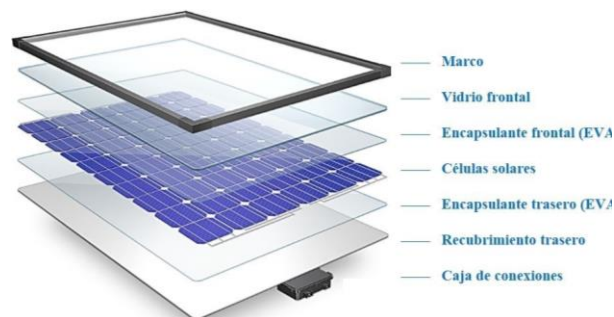


Fig. 3.22. Partes que conforman un panel solar [25]

3.13.2. Paneles solares fotovoltaicos monocristalinos

Este tipo de paneles fotovoltaicos es una subdivisión de este grupo, se trata de un tipo de módulo con celdas solares monocristalinas es decir que tienen alto grado de pureza de su semiconductor que generalmente es silicio, se forman a partir de un sólido de silicio generalmente en forma cilíndrica que se recorta en 4 partes para dar forma a la celda, cabe recalcar que el grado de pureza del silicio utilizado es alrededor del 90% o incluso más, de esta manera al momento de la confección del panel la celda solar monocristalina se la puede reconocer por sus acotaciones o por ser redondeada a los lados, también por una coloración profunda característica que le da el silicio de gran pureza. [26]

Otro factor a recalcar de estos paneles o módulos es que hoy en día también se tiene la opción de adquirirlos en su forma flexible teniendo en cuenta que esto aumentaría su costo, pero haría más fácil su posterior instalación, dependiendo la instalación, a continuación, en la Figura 3.23 se muestra la vista real de un panel solar Monocristalino.



Fig. 3.23. Paneles solares fotovoltaicos monocristalinos [27]

3.13.2.1. Ventajas presentes en paneles solares monocristalinos:

- ✓ Son más eficientes ya que están contruidos de un material que es un buen conductor de electricidad como lo es el silicio. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunas marcas supera el 21%. [27]
- ✓ La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.
- ✓ Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.
- ✓ Aunque el rendimiento en todos los paneles se reduce con temperaturas altas, esto ocurre en menor medida en los policristalinos que en los monocristalinos.

3.13.2.2. Desventajas de los paneles monocristalinos:

- ✓ Son más caros. Valorando el aspecto económico, para uso doméstico resulta más ventajoso usar paneles policristalinos o incluso de capa fina.
- ✓ Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse. Si decide poner paneles monocristalinos, pero cree que pueden quedar sombreados en algún momento, lo mejor es usar micro inversores solares en vez de inversores en cadena o centrales. Los micro inversores aseguran que no toda la instalación solar se vea afectada por sólo un panel afectado.
- ✓ El proceso *Czochralski* es el usado para la fabricación de silicio monocristalino. Como resultado, se obtienen bloques cilíndricos. Posteriormente, se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio. Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso.

3.13.3. Paneles Policristalinos de Silicio

Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981. A diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método *Czochralski*. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.



Fig. 3.24. Panel Solar Fotovoltaico Policristalino [28]

3.13.3.1. Ventajas de los paneles policristalinos:

- ✓ El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que redundará en menor precio. Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.

3.13.3.2. Inconvenientes de los paneles policristalinos:

- ✓ Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. Esto significa que en altas temperaturas un panel policristalino funcionará peor que un monocristalino. El calor además puede afectar a su vida útil, acortándola.
- ✓ La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%, debido a que no tienen un silicio tan puro como los monocristalinos.
- ✓ Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalinos.

3.13.4. Celda de Silicio Amorfo

La producción de este tipo de celdas implica depositar capas muy delgadas de silicio amorfo sobre vidrio y otros tipos de superficies.

Las celadas pueden ser construidas por otro tipo de materiales, por ejemplo, uno de los más empleados es el Seleniuro de Cobre e indio, Arseniuro de Galio, entre otros este tipo de paneles se los implementa en pequeños proyectos en los que interviene el diseño de dispositivos electrónicos como: relojes inteligentes, o calculadoras, se ha realizado pruebas de rendimiento de este tipo de paneles en laboratorios donde se alcanza un 13% en su rendimiento máximo y un 8% en su eficiencia. Debido a su fabricación es el más barato. [29]



Fig. 3.25. Panel fotovoltaico amorfo [29]

3.13.5. Conexión de paneles

Para realizar la conexión entre paneles solares existen dos maneras en las que se interconectan las cuales son las siguientes:

3.13.5.1. Conexiones en serie

En esta modalidad de conexión de los paneles se toma un polo positivo y se conecta al polo negativo del siguiente panel así hasta conectar todos los paneles; al final tendremos un polo positivo y uno negativo en cada extremo de la conexión. Cuando trabajamos en serie el voltaje aumenta y la corriente se mantiene. [30]

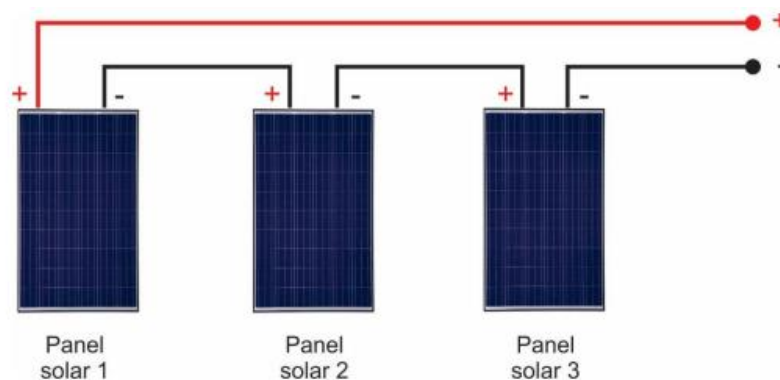


Fig. 3.26. Conexiones de los paneles en serie [30]

Para realizar el cálculo se tomará en cuenta las siguientes fórmulas:

- ✓ Voltaje de salida (V_s): $V_s = V * Nro\ de\ paneles$
- ✓ Intensidad de salida (I_s): $I_s = I_{del\ panel}$
- ✓ Potencia de salida: (P_s): $P_s = V_s * I_s$

3.13.5.2. Conexiones en paralelo

En esta modalidad de conexión de los paneles se toma los polos negativos y polos positivos por separado, quedando al final un polo positivo y uno negativo. En esta conexión se aumenta la corriente y se mantiene el voltaje. [30]

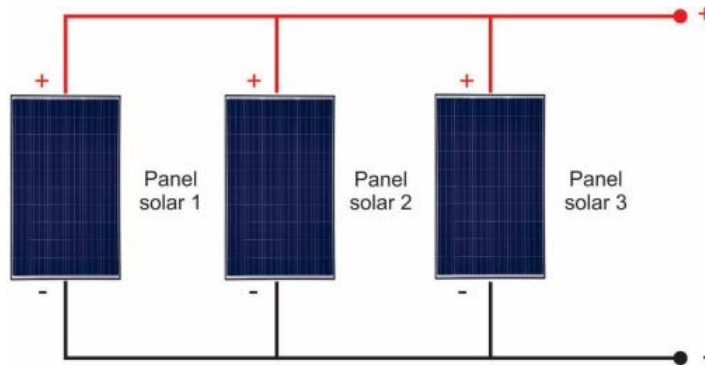


Fig. 3.27. Conexiones de los paneles en paralelo [30]

Para realizar el cálculo se tomará en cuenta las siguientes fórmulas:

- ✓ Voltaje de salida (V_s): $V_s = V_{panel}$
- ✓ Intensidad de salida (I_s): $I_s = I_{panel} * N^{\circ}\ paneles$
- ✓ Potencia de salida: (P_s): $P_s = V_s * I_s$

3.13.6. Tipos de montaje de paneles fotovoltaicos

De acuerdo a la demanda del sistema que se va emplear y el sitio en donde se va instalar, se puede determinar el tipo de montaje que mejor se adecue. Existe una variedad de tipos de montaje, pero entre los más usados se puede encontrar.

3.13.6.1. Montaje en tierra

Este es un clásico sistema de fijación de módulos para instalaciones fotovoltaicas sobre suelo, lo cual permite colocar los módulos en dos alturas en posición vertical. Su sistema de fijación es mediante zapatas de hormigón o tornillos de cimentación, además a su marco se le atornillan soportes transversales para incrementar el apoyo estructural lateral y prevenir daños por el viento. Con este tipo de montaje se ahorra un tiempo considerable en la instalación de los paneles o módulos. [29]



Fig. 3.28. Montaje en tierra para panel fotovoltaico [29]

3.13.6.2. Montaje directo

En este tipo de montaje los módulos fotovoltaicos están montados directamente sobre techos o tejados que las diferentes variedades que hay, de esta manera eliminan la necesidad de una estructura de soporte y rieles de montaje. Cabe decir que la instalación de este tipo de montaje no afecta o perfora la cubierta del techo o tejado. Además, el tipo de montaje directo cambiara de acuerdo a la de cubierta ya sea plano o inclinado, esto se aplica para el óptimo rendimiento del panel fotovoltaico.



Fig. 3.29. Montaje directo con cubierta inclinada [29]

En la Figura 3.29. y 3.30. Se observa el montaje de los paneles solares en una superficie inclinada como es el caso de los techos o tejados de las viviendas y el montaje directo en una superficie plana como es el caso de los patios respectivamente.



Fig. 3.30. Montaje directo con cubierta plana [29]

3.13.7. Mantenimiento

El mantenimiento del sistema fotovoltaico es muy bajo comparado con otros sistemas energéticos. Si el sistema está en un entorno cuyo clima es polvoriento y con poca lluvia, se debe limpiar periódicamente, pero comúnmente la lluvia se encarga de realizar la limpieza de los paneles fotovoltaicos, en esta circunstancia solo se limpiaría el panel solar una o dos veces al año. El modo adecuado de limpiarlos sería con agua y jabón no agresivo, con la ayuda de una esponja suave. [29]

Además, no se recomienda que se utilice los productos que se enumeran a continuación en el lavado de los paneles para no dañarlos:

- ✓ Agua calcárea: La cal deja marcas blancas que hacen disminuir el rendimiento.
- ✓ Agua demasiado fría: No rociar sobre un panel caliente, puede producirse un shock térmico y estropear su panel de forma irreversible.
- ✓ No usar agua que se encuentre a altas presiones ya que muchos paneles tienen a poseer celas frágiles lo cual deterioraría las juntas de los mismos.
- ✓ Disolventes y detergentes: Pueden dañar la superficie del panel.

Además, se tiene que tener en cuenta diversos puntos como, por ejemplo:

- ✓ Inspección visual de residuos alrededor del sistema fotovoltaico.
- ✓ Inspección del cableado de los paneles, no debe haber contacto falso entre ellos.
- ✓ Inspección en el montaje del panel solar.

- ✓ No debe haber ningún obstáculo que haga sombra sobre los paneles fotovoltaicos. Estos pasos de mantenimiento se deben realizar al menos cuatro veces al año.

3.14. BATERÍA (ACUMULADOR DE ENERGÍA)

Debido a la naturaleza variable de la radiación solar en ciclos diarios (día/noche, presencia de nubes) y anuales (diferente nivel de insolación dependiente de la estación del año) muchas aplicaciones precisan incorporar un sistema de acumulación de la energía eléctrica generada por los paneles solares. De esta manera es posible utilizar la energía en el momento en que se precisa, por lo tanto, no tiene por qué coincidir necesariamente con el momento en que se produce. [31]

3.14.1. Características

- ✓ Acumula la electricidad proveniente de los paneles para su posterior uso. En condiciones de poca generación de energía por parte de los mismos
- ✓ Para sistemas autónomos de bajo consumo se suelen utilizar baterías de 12V.
- ✓ Baterías de ciclo superficial (10-15%) y ciclo profundo (20 -25%)
- ✓ Se usa baterías “de ciclo profundo”, que pueden cargar y descargarse lentamente y suministrar pequeñas cantidades de energía por largos periodos
- ✓ Las baterías automotrices no son adaptables: son diseñadas para infrecuentes picos de corriente (de arranque).



Fig. 3.31. Modelos de baterías [31]

En la Figura 3.31. Se puede visualizar dos modelos de baterías o acumuladores existentes una de tipo para carro y la otra utilizada en sistemas de generación fotovoltaicas

3.14.2. Capacidad de almacenamiento

Se denomina capacidad a la cantidad de energía que una batería puede almacenar. Por ejemplo, un tanque de agua con una capacidad de 8000 litros puede almacenar como máximo 8 000 litros. Del mismo modo, una batería sólo puede almacenar una cantidad fija de energía eléctrica que por lo general figura en la parte exterior de la batería.

La capacidad de una batería se mide en amperios-hora (Ah). Esto indica la cantidad de energía que puede generar una batería antes de descargarse completamente (observe que la unidad amperios-hora no es realmente una medida de energía; para convertir amperios hora a energía en watts-hora, multiplíquelos por el voltaje de la batería).

Teóricamente, una batería de 100Ah deberá generar una corriente de 2A para 50 horas (es decir, 2 amperios por 50 horas es igual a 100 amperios-hora). No obstante, se puede tener un parámetro general de medida de la capacidad de almacenamiento ya que este varía por: el tipo de batería, su tamaño, la utilización para la se empleará, el tiempo de funcionamiento y su tiempo de descarga. Si la corriente se extrae rápidamente de la batería, su capacidad se reduce. [31]

3.14.3. Carga, descarga y estado de carga

La corriente de carga es la corriente eléctrica de la que está provista una batería y que está almacenada en ella. Así como toma más o menos tiempo llenar un tanque de agua, dependiendo de la velocidad con que ingrese el agua, así el tiempo requerido para cargar completamente una batería depende de la magnitud de la corriente con la cual se carga.

Se puede determinar aproximadamente la cantidad de energía recibida por una batería (Q , en amperios horas), multiplicando la corriente de carga (I , amperios) por el tiempo de carga (T , en horas):

Si se multiplica esta fórmula (Q) por el voltaje de batería, se obtendrá la cantidad de energía suministrada a la batería, expresada en watts-hora. No se debe cargar baterías a una corriente mayor de un décimo de su capacidad estimada. Por lo tanto, una batería de 100 Ah no deberá ser cargada a una corriente de más de 10 amperios. [31]

Descarga es el estado de la batería cuando su energía está usada por una carga (por ejemplo, luces, radio, TV o bombas de agua). La corriente de descarga representa la velocidad a la que

se sustrae corriente de la batería. Si desea, puede calcular la cantidad de energía extraída de una batería durante un periodo de tiempo (como en el caso del cargado de energía), multiplicando la corriente de descarga por el tiempo de uso de la carga. [31]

El ritmo de descarga afecta directamente la capacidad de la batería. Si la batería se descarga rápidamente, hay menos capacidad disponible.

- ✓ Si la batería se descarga en 20 horas, entonces tiene un ritmo de descarga de $C/20$ o una capacidad de 20 horas de descarga.
- ✓ Si la batería se descarga en 5 horas, la razón o ritmo de descarga es $C/5$.
- ✓ Note que el ritmo de descarga $C/5$ es cuatro veces más rápido que el ritmo $C/20$; la mayoría de baterías se valoran en la razón de descarga $C/20$.

El estado de carga representa la cantidad de energía restante en la batería. Éste indica si una batería está completamente cargada, cargada a medias o completamente descargada. En el caso de una batería de plomo-ácido, es posible medir su estado de carga utilizando un higrómetro o un voltímetro. [31]

3.14.4. Ciclo, ciclo de vida y profundidad de descarga

En un sistema fotovoltaico, una batería se carga diariamente mediante un módulo fotovoltaico y luego se descarga debido al uso durante la noche y la madrugada. Un periodo de carga junto con su correspondiente periodo de descarga, conforman lo que llamamos un ciclo. Por ejemplo, en un ciclo, una batería de 100 Ah podría cargarse hasta un 95% de su capacidad durante el día y luego descargarse a un 75% de su estado de carga durante la noche, debido al uso de las luces y de la TV. [31]

3.14.4.1. El ciclo de vida de una batería

Es el número estimado de ciclos de duración de una batería. La mayoría de baterías tienen un ciclo de vida de varios miles de ciclos; las baterías de níquel-cadmio tienen un ciclo de vida más largo que el de las baterías de plomo-ácido. El ciclo de vida promedio de una batería (el cual debe ser especificado por el fabricante o el distribuidor) es el número estimado de ciclos de duración de una batería antes de que su capacidad disminuya a un 80% de su capacidad nominal. El ciclo de vida real se acorta debido a descargas profundas, alta temperatura, falta

de mantenimiento, y demasiadas descargas a alta velocidad. Esto es típico durante largos periodos nublados, o cuando la carga es mucho mayor que la entrada de sol. [31]

3.14.4.2. Autodescarga

Si permanecen constantemente descargadas, las baterías perderán su carga lentamente mediante un proceso llamado autodescarga. La autodescarga es el resultado de una reacción química ocurrida dentro de las celdas de la batería. El porcentaje de descarga de una batería depende de la temperatura del ambiente y del tipo de batería (es decir, aquellas baterías con gran acumulación de ácido en la superficie tienden a tener un porcentaje de autodescarga más alto).

El clima cálido aumenta el porcentaje de autodescarga. Por lo general, las baterías nuevas no se descargan más de un 5% al mes. Sin embargo, en climas cálidos, las baterías de plomo ácido usadas pueden perder hasta un 40% de su capacidad al mes, sin no se les carga regularmente. Por lo tanto, para evitar altos porcentajes de descarga, se recomienda:

- ✓ Guardar la batería en una caja de madera o en una bandeja no metálica.
- ✓ Mantener limpia la parte superior de la batería.
- ✓ Mantener los terminales limpios y engrasados.

3.14.5. Tipos de baterías

Las baterías están disponibles en diversas formas, modelos y tamaños y de diferentes tensiones (12V, 24V). Los tipos más comunes de baterías solares son: tipo monoblock ácido, tipo AGM (*Absorbent Glass Mat* - vidrio absorbente) de ciclo profundo y tipo Gel. [31]



Fig. 3.32. Batería tipo AGM [33]

Las baterías AGM poseen una película de fibra de vidrio lo que provoca una mayor absorción del ácido, lo que las diferencia de las de plomo ácido, por lo tanto, se obtiene una mayor vida

útil libre de mantenimientos ideales para sistemas fotovoltaicos de bajo consumo, como se observa en la Figura 3.32.



Fig. 3.33. Batería tipo Monoblock ácido [31]

En la Figura 3.33. Se observa una batería de plomo – ácido comúnmente utilizadas en vehículos convencionales, pueden proporcionar intensidades de corriente relativamente grandes por lo que son ideales para arranque de motores.

Son susceptibles a los fallos debido a las condiciones y mantenimiento que se les dé, su principal deterioro es en los bornes de conexión debido a la corrosión, afectando su vida útil.

Las baterías solares han sido especialmente diseñadas para usos en sistemas fotovoltaicos, con el fin de superar los problemas del uso de baterías convencionales. En la figura 3.34. Se visualiza el modelo típico de una batería de gel.



Fig. 3.34. Batería tipo Gel [34]

Entre sus características podemos mencionar:

- ✓ Un buen ciclo de vida, es decir, entre 1,000 y 2,000 ciclos (entre 3 y 6 años), en caso de que las baterías no pasen por ciclos profundos muy a menudo.
- ✓ Un porcentaje de autodescarga bajo, entre 2% y 4% al mes.

- ✓ Un gran depósito de electrolito para evitar daños por causa de exceso de gasificación y para disminuir la necesidad de agregar agua destilada.
- ✓ Mucha mayor tolerancia a los ciclos profundos que las baterías para autos. Sometida a una descarga diaria de 40% - 50%, la batería solar durará mucho tiempo. Incluso, una descarga diaria del 10% le otorga un periodo más largo de vida.

Las baterías selladas cuentan con un electrolito no líquido, que termina con los problemas de pérdida de agua a través de gasificación. Las baterías son selladas en la fábrica, por lo que no gotean ni derraman líquido, y a su vez, son de fácil transporte y requieren menor mantenimiento. Además, soportan ciclos profundos y tienen larga vida. Sin embargo, su rendimiento es muy deficiente a altas temperaturas, por lo que no deben ser utilizadas en lugares calientes. Este tipo de baterías es una de las más caras. [32]

3.15. REGULADOR DE CARGA.

Es un dispositivo electrónico, que controla el flujo de la corriente de carga que proviene de los módulos hacia la batería. Es un dispositivo cuyo trabajo consiste en controlar el estado de carga de la batería y regular la corriente de carga, y así conseguir un mejor rendimiento de la batería por lo tanto alargar la vida útil de estas.



Fig. 3.35. Controlador de carga [35]

Se emplea en instalaciones autónomas o aisladas en las que haya que cargar directamente unas baterías. Este equipo controla la entrada de corriente que proviene del panel solar para evitar que haya sobrecargas y también que las baterías se descarguen más de la cuenta. Habitualmente se emplean 2 clases de reguladores de carga, el PWM, y el MPPT o maximizador.

3.15.1. PWM o Convencional

El controlador de ancho de pulso o PWM, está compuesto internamente por un diodo permitiendo de esta manera que los dispositivos trabajen con un voltaje con el cual se pueda cargar la batería. Esto provoca que la energía que hay en la entrada y en la salida del controlador es la misma (voltaje y amperaje). [35]

Esto también hace que los paneles no trabajen en su punto de máxima potencia, y que la potencia la imponga la batería según el estado de carga en el que se encuentra. En general esto provoca una pérdida de potencia que gira en torno al 25-30%.

“Un controlador de carga PWM carga por completo la batería de forma gradual, a pulsos de tensión. De esta forma la corriente se va introduciendo poco a poco hasta que la batería se llena de manera óptima y estable. Tienen como desventaja que ocurran pérdidas de energía durante la carga, mientras que sus ventajas son su precio y el peso porque es ligero.”

3.15.2. MPPT o Maximizador

Un regulador MPPT (*Maximum Power Point Tracking*, o seguidor del punto de máxima potencia) a diferencia del regulador PWM que dispone del diodo de protección, está compuesto a su vez de un convertidor de tensión CC-CC y de un seguidor del punto de máxima potencia. Con esto se consigue que se pueda trabajar a diferentes potencias (voltaje y amperaje) en el campo fotovoltaico y en las baterías (convertidor de tensión CC-CC). A su vez el seguidor MPPT adapta la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico a la que proporcione la máxima potencia. [35]

Este regulador convierte la corriente continua de alta tensión en una de tensión inferior para cargar la batería, y así se obtiene en cada momento la máxima potencia y se limitan las fases de flotación o absorción evitando que la batería se sobrecarga o descarga.

“De esta forma, a diferencia de los PWM, podemos usar paneles de diferentes tensiones (de 36, 60, 72 celdas, etc.) permitiendo un uso más amplio respecto a la potencia de paneles disponibles en el mercado (como por ejemplo los paneles usados comúnmente en instalaciones *on-grid*), aumentando a su vez un 30% sobre la energía generada por un PWM”.

3.16. INVERSOR O CONVERTIDOR DE CC/CA

Este dispositivo cuenta con transistores y tiristores que trocean la corriente continua y la transforman en corriente alterna. En la actualidad en el mercado existen una gran variedad de inversores los cuales se deben seleccionar considerando su eficiencia y los requerimientos de forma de onda de la carga. [36]

Además, se debe considerar para que tipo de sistema va a trabajar, ya que puede ser conectado a la red o aislado. Un factor crítico es la confiabilidad, debido a que gran porcentaje de las fallas se registran en este equipo.

El inversor debe cumplir con las funciones de conversión DC/AC, regular el valor eficaz de voltaje de salida y modular la onda alterna de salida. Dependiendo del sistema eléctrico los inversores pueden ser trifásicos o monofásicos y funcionar a una frecuencia de 50 o 60 Hz, con un amplio rango de voltajes nominales en su entrada y salida.



Fig. 3.36. Inversor de carga [36]

3.16.1. De onda cuadrada

Los inversores más económicos son los de onda cuadrada ya que solo utilizan un procedimiento de chapeado de la potencia DC, donde se realiza muy poca modulación o filtrado. Lo malo de este procedimiento es que la onda resultante contiene gran cantidad de armónicos, que generan pérdidas para el sistema. [37]

3.16.2. De onda modificada (casi sinusoidal)

Los inversores de onda semi - sinusoidal presentan un rendimiento del 90%, debido a que las distorsiones armónicas en estos son de apenas el 20%, en tanto que con los inversores de onda cuadrada se tienen distorsiones armónicas del 40%, debido a que su rendimiento es del 80%.

Por el coste que representan, estos equipos se suelen utilizar en electrificaciones rurales donde la potencia es usada para energizar electrodomésticos. [37]

3.16.3. De onda sinusoidal (Idéntica a la onda de la red)

Debido al coste que representan los inversores de onda sinusoidal cuentan con un filtrado más riguroso que los dos anteriormente descritos. Estos equipos son la mejor opción para alimentar cargas en AC, con sistemas fotovoltaicos. No presentan problemas de distorsión de armónicos o estabilidad del voltaje. El inversor debe soportar los picos de demanda que producen las cargas, por lo que se deben diseñar para soportar dichas corrientes. [37]

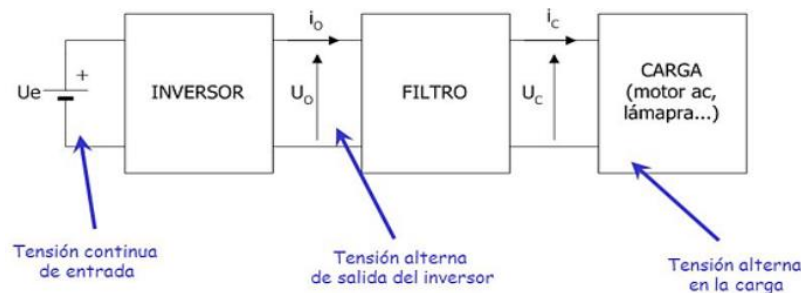


Fig. 3.37. Características de la tensión del inversor [37]

Los inversores trocean la onda de corriente continua y la transforman en una onda de corriente alterna, dependiendo del tipo de inversor cuentan con filtros a la salida que mejoran la calidad de la onda. Como se puede apreciar en la gráfica anterior, se muestra un diagrama de un inversor con filtro a la salida que mejora la onda para suministrar a la carga una onda de tensión que le permita trabajar sin problemas. Cargas inductivas requieren de una onda sinusoidal pura para trabajar normalmente.

3.17. CONDUCTORES O CABLES

Para la determinación de los conductores se aplicará la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 2008 que establece las características de los conductores para instalaciones de generación fotovoltaicas respetando requerimientos eléctricos de capacidad de conducción de corriente, caída de voltaje y seguridad. [38]

4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

4.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. Investigación bibliográfica y documental

Esta investigación se respaldó en la información recopilada de fuentes bibliográficas, trabajos precedentes, páginas web, revistas y manuales acerca de sistemas de generación fotovoltaicos, energía solar, mediante las cuales se obtuvo un conocimiento de las características y funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos.

4.1.2. Investigación de campo

La presente investigación se desarrolló en el páramo San Miguelito de Langoa ubicación de la vivienda, donde se constató las condiciones y características con las que cuenta el lugar de la implementación, a través de la técnica de observación y la recolección de datos, necesarios para la determinación del potencial energético, para esto se planteó tres meses de estudio los cuales fueron noviembre, diciembre 2021 y enero 2022.

4.2. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.2.1. Método inductivo

Este método fue empleado para obtener y determinar el potencial energético, mediante los niveles de radiación de los meses de estudio en el páramo San Miguelito de Langoa.

4.2.2. Método analítico

Este método nos permite analizar e interpretar los resultados obtenidos de la investigación bibliografía y el método inductivo, mediante una comparación para poder determinar un promedio de la radiación solar existente en el lugar de la implementación.

4.2.3. Método deductivo

Mediante este método se podrá determinar los elementos principales que conforman el sistema de generación fotovoltaico aislado, determinar la carga instalada y seleccionar los días de autonomía de las baterías o acumuladores.

4.3. INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACION

Los instrumentos necesarios para el funcionamiento de un sistema de generación fotovoltaico aislado se obtuvieron mediante el método deductivo como resultado se obtuvieron los elementos principales que conforman el sistema los cuales son: módulos fotovoltaicos, baterías o acumuladores, inversor, controlador de carga, así como los calibres de los conductores utilizados para la interconexión de los equipos y la distribución de la energía hacia la vivienda.

4.4. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO

Para la determinación del potencial energético o radiación solar, existen diversos métodos para conseguir la información correspondiente a recursos energéticos entre los más principales están los Atlas Solares, estudios de campo y sitios web. Para el presente proyecto se utilizaron las siguientes fuentes.

- ✓ CONELEC Atlas Solar del Ecuador
- ✓ Página Web “NASA POWER” predicción de recursos energéticos mundiales
- ✓ Investigación de campo

Para la determinación del potencial energético se tomó como referencia los meses de noviembre, diciembre 2021 y enero 2022, puesto que esto son lo mese en los que se realizó una investigación de campo en el lugar de la implementación y por lo tanto poder realizar una comparativa de la información obtenida de la página web NASA POWER y los datos obtenidos en el lugar de la implementación.

4.4.1. Radiación solar CONELEC

Los datos que el CONELEC proporciona pertenecen al periodo 1 enero de 1985 al 31 de diciembre de 1991 y fue publicado en el año 2006, todos estos parámetros conforman un libro denominado ATLAS SOLAR el cual es utilizado con fines de generación eléctrica.

Este cuantifica el potencial solar disponible y con posibilidades de generación eléctrica en base a mapas mensuales en los cuales se detalla información de estimaciones satelitales de la insolación directa, global y difusa, en todo el Ecuador definido por celdas o cuadrantes de

1KM. Los datos de radiación solar obtenidos mediante el ATLAS SOLAR DEL ECUADOR, son los siguientes, mostrados a continuación en la figura 4.1.

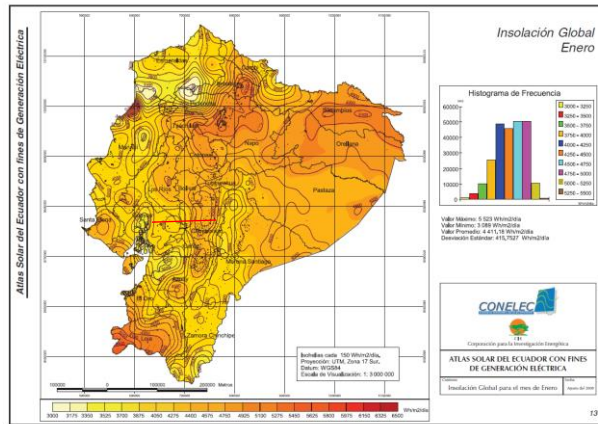


Fig. 4.1. Insolación global enero [12]

En la Figura 4.1. Se puede apreciar en color rojo el cuadrante o grilla del cual se obtuvo los parámetros de insolación para el mes de enero obteniendo un promedio de radiación de $5.1 \text{ Wh/m}^2 / \text{ día}$.

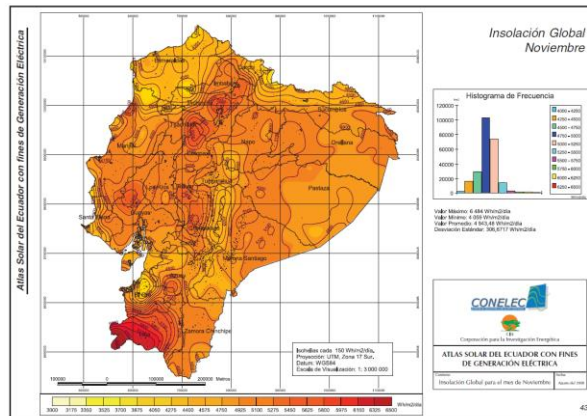


Fig. 4.2. Insolación global noviembre [12]

A continuación, en la Figura 4.2. Se detalla el mapa de insolación global para el mes de noviembre, tomando como referencia la misma rejilla que el mes de enero, con un promedio de radiación de $4.65 \text{ Wh/m}^2 / \text{ día}$.

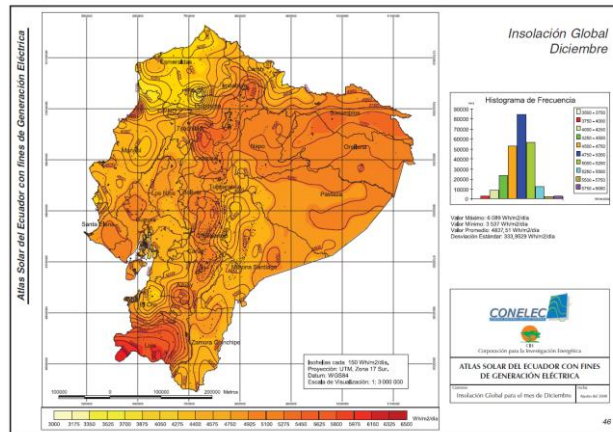


Fig. 4.3. Insolación global diciembre [12]

Al igual que para los meses anteriores y tomando como referencia la misma rejilla de ubicación, para diciembre la insolación global es de $4.5 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$. Según los valores obtenidos del ATLAS SOLAR DEL ECUADOR como se muestra en la Figura 4.3.

En la Tabla 4.1. se muestra un resumen de los parámetros de insolación global obtenidos mediante los mapas solares. Obteniendo un promedio de los 3 meses de $4.75 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$.

Tabla 4.1. Datos de radiación global registrados por el CONELEC

CONELEC	
Mes	Radiación global $\text{kWh/m}^2/\text{día}$
Noviembre	4,65
Diciembre	4,5
Enero	5,1
PROMEDIO	4,75

4.4.2. Radiación solar NASA POWER

NASA POWER es un sitio web especializado para la predicción de recursos energéticos a nivel mundial, posee una de las bases de datos más actualizados estos vienen organizados o derivados en cuatro niveles los cuales son: por hora, diario, mensual y anual. El denominado proyecto POWER está dirigido a tres comunidades específicas: Energías renovables, Edificios sostenibles y Agroclimatología.

A diferencia de los ATLAS SOLARES donde se divide en rejilla para la ubicación aproximada, NASA POWER mediante un sistema de posicionamiento global en el cual como parámetros principales son la latitud y longitud, por lo tanto, tiene una mayor exactitud al momento de la ubicación del lugar.

Una vez localizada la ubicación, se procede a seleccionar la categoría de comunidades para este caso en concreto es energías renovables mediante la cual se puede seleccionar el periodo de tiempo del cual se necesita obtener la información correspondiente, se ha seleccionado una opción por mes.



Fig. 4.4. Radiación solar y su variación en el mes de noviembre

En la Figura 4.4. Se muestra la radiación que se obtuvo en el mes de noviembre, tomando como inicio el 1 de noviembre y finalizando el 30 de noviembre del año 2021, en donde se visualiza los niveles de radiación y su variación en el transcurso del mes planteado.

Al igual que para el mes de noviembre se realizó de la misma manera para el mes de diciembre como se muestra a continuación en la Figura 4.5. en la cual se obtuvieron los picos mínimos de $336 W/m^2$, un pico medio o promedio de $360 W/m^2$, y un máximo de $368 W/m^2$.



Fig. 4.5. Radiación solar y su variación en el mes de diciembre

En la Figura 4.4. se puede observar cómo varia la radiación en el mes de noviembre, teniendo como valor más bajo 1 de noviembre con un valor promedio diario de $330 W/m^2$, mientras que mantiene un valor constante entre el 7 y 21 de noviembre con un promedio de $350 W/m^2$ y obteniendo un pico en el 18 de diciembre con un promedio de $370 W/m^2$.



Fig. 4.6. Radiación solar y su variación en el mes de enero

Para finalizar los datos obtenidos del mes de enero 2022 y su variación a lo largo del mismo mes se muestran a continuación en la Figura 4.6. En la que se obtuvieron los siguientes resultados, como valor mínimo $335W/m^2$, como valor medio de radiación solar de $350 W/m^2$ y un máximo de $370W/m^2$. Este es el mes en el que la radiación solar tiene un mayor cambio en la variación teniendo varios picos mínimos y máximos en el transcurso del mes de enero 2022. Como resultado final se obtuvo un promedio de los 3 meses planteados de $3 Wh/m^2 / día$. cómo se puede apreciar en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Promedio de radiación NASA POWER

NASA POWER	
Mes	Radiación directa kWh/m ² /día
Noviembre	3,16
Diciembre	2,86
Enero	2,98
PROMEDIO	3,00

4.4.3. Estudio de campo

Para poder tener una idea del potencial energético en el lugar de la implementación se realizó un estudio previo en los meses de noviembre, diciembre 2021 – enero 2022, utilizando como instrumento de medición un medidor de energía solar, se pudo obtener los siguientes parámetros como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 4.3. Parámetros obtenidos en el mes de noviembre

Promedio diario de Radiación y velocidad del viento del mes de Noviembre				
Fecha	RADIACIÓN		VELOCIDAD DEL VIENTO	TEMPERATURA
	W/m ²		Km/h	°C
	C.OESTE	C.ESTE		
1/11/2021	721,2	812,7	8,2	20,8
2/11/2021	821,7	721,6	5,8	19,9
3/11/2021	910,1	858,2	7,2	18,6
4/11/2021	802,7	837,9	8,3	20,7
5/11/2021	926,1	910,8	5,9	21,8
6/11/2021	1120	989,2	9,7	20,8
7/11/2021	912,2	859,1	8,6	21,9
8/11/2021	896,1	758,4	9,2	22,1
9/11/2021	987,2	1200,3	8,6	19,6
10/11/2021	1008,8	982,5	9,7	21,8
11/11/2021	1009,5	997,2	10,5	18,3
12/11/2021	1227,9	1020,3	12,8	19,4
13/11/2021	1164,3	1114,4	9,5	17,6
14/11/2021	1140,8	1058,3	7,9	19,3
15/11/2021	958,2	986,7	8,6	18,4
16/11/2021	1080,3	1010,8	9,5	20,7
17/11/2021	1150	1501,3	8,3	21,9
18/11/2021	1080,2	1069,3	8,1	23,4
19/11/2021	1038,4	1027,3	6,7	21,5
20/11/2021	1245,2	1123,8	10,8	20,2
21/11/2021	1241,3	1233,5	8,9	19,6
22/11/2021	1301,2	1295,3	8,5	18,3
23/11/2021	1324,5	1321,8	6,3	21,8
24/11/2021	1285,7	1278,9	7,9	20,9
25/11/2021	1298,6	1308,3	8,6	15,8
26/11/2021	1371,3	1385,3	9,7	16,9
27/11/2021	1365,2	1357,2	8,6	18,9
28/11/2021	1369,3	1320,1	8,2	19,6
29/11/2021	1392,4	1387,9	8,1	19,1
30/11/2021	1372,8	1384,2	6,7	20,1
PROMEDIO	1117,44	1103,75	8,51	19,99

Estos datos son el resultado del promedio diario de cada uno de los días del mes propuestos de estudio, tomados en intervalos de 30 min, obtenidos desde las 6:00 hasta las 18:00. Por

motivos de estudio también se obtuvieron los parámetros de temperatura y velocidad del viento mediante un anemómetro. A continuación, como se muestra en la Tabla 4.3. En la cual se detalla los valores de radiación obtenidos en el mes de noviembre.

Para el mes de diciembre se realizó las mismas mediciones en los mismos intervalos de tiempo para obtener un promedio diario de cada uno de los días del mes de diciembre como se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Parámetros obtenidos en el mes de diciembre

Promedio diario de Radiación y velocidad del viento del mes de Diciembre				
	RADIACIÓN		VELOCIDAD DEL VIENTO	TEMPERATURA
	W/m ²		Km/h	°C
Fecha	C.OESTE	C.ESTE		
1/12/2021	812,8	746,3	7,1	18,3
2/12/2021	856,9	765,9	4,5	17,5
3/12/2021	922,1	867,7	5,9	18,9
4/12/2021	829,8	864,8	6,1	19,2
5/12/2021	977	871,9	4,5	17,4
6/12/2021	1001,2	967,3	7,1	17,9
7/12/2021	856,7	874,7	6,5	15,3
8/12/2021	912,9	973,9	6,9	16,2
9/12/2021	965,4	1002,6	5,7	16,7
10/12/2021	990,1	756,9	9,2	14,9
11/12/2021	1009,7	958,3	8,3	17,2
12/12/2021	1128,6	1000,2	6,7	19,2
13/12/2021	1170	1150,3	6,8	18,2
14/12/2021	1120,6	1109,4	5,6	16,9
15/12/2021	1050,1	1032,7	7,4	19,2
16/12/2021	1020,5	1012,9	5,8	18,4
17/12/2021	1119,2	1070,6	7,9	17,2
18/12/2021	1060,6	1042,1	7,2	18,9
19/12/2021	1029,4	1018,2	5,7	19,2
20/12/2021	1153,8	1132,7	7,9	20,1
21/12/2021	1235,4	1219,6	8,3	21,4
22/12/2021	1299	1270,5	6,4	22,6
23/12/2021	1318,9	1297,4	5,9	21,3
24/12/2021	1350,5	1329,9	7,3	20,1
25/12/2021	1390,3	1349,6	5,5	16,2
26/12/2021	1386,4	1355,1	7,2	15,3
27/12/2021	1373,8	1332,6	8,9	16,8
28/12/2021	1367,2	1325,7	6,9	17,2
29/12/2021	1382,1	1343,9	7,9	18,2
30/12/2021	1394,3	1362,6	8,3	19,7
31/12/2021	1412,7	1370,3	5,8	20,5
PROMEDIO	1125,74	1089,57	6,81	18,26

Al igual que los dos anteriores meses, para el mes de enero se realizaron las mismas mediciones tomando en cuenta los parámetros anteriormente mencionados, obteniendo los siguientes resultados como se muestra en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Parámetros obtenidos en el mes de enero

Promedio diario de Radiación y velocidad del viento del mes de Enero				
	RADIACIÓN		VELOCIDAD DEL VIENTO	TEMPERATURA
	W/m²		Km/h	°C
Fecha	C.OESTE	C.ESTE		
1/1/2022	934,2	798,2	5,1	19,5
2/1/2022	912,8	852,3	6,5	18,9
3/1/2022	1002,8	963,2	7,4	17,9
4/1/2022	938,9	978,4	6,3	21,8
5/1/2022	1012,8	1000,2	9,2	19,6
6/1/2022	1095,8	1052,3	8,7	16,7
7/1/2022	986,4	965,7	10,9	19,8
8/1/2022	992,9	963,2	9,5	19,7
9/1/2022	1000,3	1085,6	8,9	21,9
10/1/2022	1120,6	1410,2	7,3	19,8
11/1/2022	1074,8	1087,3	10,1	21,8
12/1/2022	1356,2	936,5	11,9	20,7
13/1/2022	1480,2	1250,2	9,3	22,9
14/1/2022	1230,1	1296,3	6,5	18,3
15/1/2022	1154,2	1003,2	7,1	17,9
16/1/2022	1241,7	1724,9	8,8	21,2
17/1/2022	1826,7	1685,6	10,3	19,4
18/1/2022	1425,3	1325,7	7,2	16,8
19/1/2022	1352,7	1257,3	8,5	21,8
20/1/2022	1432,1	1385,4	4,9	22,4
21/1/2022	1635,2	1825,4	9,6	20,6
22/1/2022	1421,3	1521,3	8,7	23,5
23/1/2022	1721,8	1620,8	5,6	19,6
24/1/2022	1796,5	1720,8	9,1	17,6
25/1/2022	1685,2	1610,5	12,9	15,8
26/1/2022	1539,8	1720,8	13,8	19,6
27/1/2022	1685,2	1524,3	9,5	18,7
28/1/2022	1482,3	1628,9	7,3	19,3
29/1/2022	1524,7	1402,8	6,7	21,8
30/1/2022	1528,9	1620,8	11,7	20,9
31/1/2022	1823,4	1820,7	10,4	19,5
PROMEDIO	1335,99	1323,83	8,7	19,86

Como resultado final se realizó un promedio de radiación, velocidad del viento y temperatura de los meses analizados en el lugar de implementación del presente proyecto, obteniendo los siguientes datos como se muestran a continuación en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Promedio de los meses de estudio

Mes	Radiación [W/m^2]		Velocidad del viento [Km/h]	Temperatura [$^{\circ}C$]
	Orientación Oeste	Orientación Este		
Noviembre	1117,44	1103,75	8,51	19,99
Diciembre	1125,74	1089,57	6,81	18,26
Enero	1335,99	1323,83	8,7	19,86
PROMEDIO	1193,06	1172,38	8,01	19,37

Como resultado obtuvo un promedio de los 3 meses con una radiación de $1193.06 W/m^2$ en la orientación Oeste y $1172.38 W/m^2$ para la orientación Este, siendo esta muy favorable para la implementación del sistema fotovoltaico, de la misma manera se registró un promedio de la velocidad del viento y temperatura con los siguientes resultados, $8.01 Km/h$ velocidad del viento y $19.73^{\circ}C$ de temperatura.

4.4.4. Datos geográficos

Los datos más importantes para determinar la orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos, referente al lugar de su ubicación son la longitud y la latitud, estos parámetros fueron obtenidos mediante un sistema de posicionamiento global (GPS).

Mediante el GPS se obtuvieron los siguientes parámetros de latitud, longitud y altura referentes al lugar de implementación.

Latitud: -0.918582

Longitud: -78.380039

Altitud: 3521 msnm

Con los datos obtenidos y con la ayuda del servicio de aplicaciones de mapas en la web Google Maps se obtuvo una vista satelital del lugar de ejecución del proyecto como se muestra en la Figura 4.7, en la misma en la que se detalla el área de construcción de la vivienda.

La vivienda se encuentra ubicada en una zona en la cual se encuentra despejada de cualquier elemento como árboles, maleza u otra vivienda que afecte de manera directa la recepción de la radiación solar para el funcionamiento de los módulos fotovoltaicos.

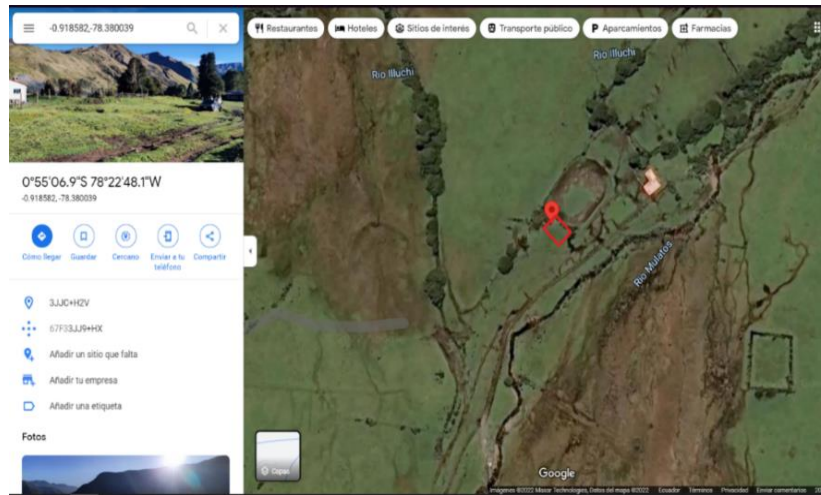


Fig. 4.7. Lugar de la implementación del proyecto

La vivienda beneficiaria del presente proyecto cuenta con una construcción total de $54m^2$, la cual consta de una sola planta como se muestra en la Figura 4.8.



Fig. 4.8. Vivienda beneficiaria del proyecto

4.4.5. Carga instalada

Para el dimensionamiento y/o selección de equipos de un sistema fotovoltaico un factor a tomar en cuenta es la carga instalada de la vivienda o demanda de potencia que se necesita suministra para el funcionamiento de las cargas.

Para facilitar la organización de estos datos se propone un modelo de tabla en la cual se detallan los parámetros más importantes a la hora de determinar la carga instalada. En esta se detallan las características de las cargas, el tiempo de uso de cada carga, su potencia individual, la cantidad de cargas, el consumo diario de las cargas, los valores de potencia individual se tomaron de las especificaciones de cada carga a utilizar en la vivienda, para posteriormente determinar el tiempo de funcionamiento de cada carga en relación a las necesidades de consumo de los beneficiarios. En la tabla 4.8. Se detalla la carga instalada para la vivienda en cuestión.

Tabla 4.7. Carga instalada

Descripción	Electrodoméstico	CANT	Potencia Promedio (W)	Potencia Máxima (W)	Horas uso Día (h)	Consumo Diario (Wh-d)
Sala	Luminaria Led	1	9	9	6	54
Cocina	Luminaria Led	1	9	9	4	36
Dormitorio	Luminaria Led	1	9	9	4	36
Baño	Luminaria Led	1	9	9	4	36
Portón	Luminaria Led	1	9	9	6	54
Radio	AM/FM	1	36	36	2	72
Cargador	Celular	2	27	54	2	108
Notebook	Dell	1	65	65	1,5	97,5
TOTAL				200		493,5

De estos datos los más importantes a tener en cuenta son la potencia máxima total, la cual es de 200 W y el consumo diario total de las cargas 493.5 Wh/d, los cuales son necesario para el dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico aislado.

4.4.6. Días de autonomía

Para el presente proyecto se plantea que el sistema de generación fotovoltaico cuente con un máximo de **1 día de autonomía**, este criterio se adoptó debido al estudio previo ya que un mayor número de días de autonomía conllevan un mayor gasto, por lo tanto, para nuestro sistema el cual es de bajo consumo y las cargas instaladas no conllevan un gran consumo de energía sería un gasto innecesario, ya que los beneficiarios por motivos de trabajo y el cumplimiento de otras actividades, la vivienda solo es ocupada los fines de semana.

4.5. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO

El método propuesto para el dimensionamiento estima la demanda fijada por las cargas y el tiempo de reserva o días de autonomía, para calcular y dimensionar los valores adecuados de cada componente y así poder seleccionarlos de mejor manera, para que el sistema tenga un menor costo y un mayor grado de confiabilidad y sea duradero, para lograr un rendimiento y eficiencia entre la energía generada y la energía consumida por las cargas, incluyendo las pérdidas del sistema. Esta eficiencia debe alcanzarse incluso en las condiciones más desfavorables de trabajo.

A continuación, se detallan las etapas o pasos para la selección o dimensionamiento de los equipos de un sistema de generación fotovoltaico aislado o autónomo.

- Ubicación geográfica
- Orientación e inclinación

Para obtener una posición opima de orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos hay que tener en cuenta que está determinada por dos ángulos los cuales son el de inclinación y el de orientación. Analizando la orientación del sol sabemos que su trayectoria inicia en el este y termina en el oeste esto sucede en cualquier punto del planeta, dicho esto los módulos fotovoltaicos deben ser orientados con dirección al ecuador.

Con respecto al ángulo de inclinación (β) por tratarse de Ecuador y al estar situado en la línea ecuatorial es igual a 0, pero se puede calcular un ángulo de inclinación óptima entre la superficie del módulo fotovoltaico y el plano horizontal y puede ser calculado mediante la ecuación (4.1) independientemente del hemisferio en el que se encuentre la ubicación de diseño.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \cdot |\phi| \quad 4.1$$

Donde:

β_{opt} : Ángulo de inclinación óptimo

ϕ : Latitud de la ubicación geográfica del lugar de diseño

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \cdot |-0.918582|$$

$$\beta_{opt} = 4.33^\circ$$

4.5.1. Cálculo de pérdidas por orientación e inclinación

Para calcular las pérdidas por orientación e inclinación aplicamos la ecuación (4.2)

$$P_{OR} = 1.2 \times 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 \quad 4.2$$

Donde:

P_{OR} : Pérdidas por orientación e inclinación

β : Inclinación con referencial a la ubicación

$$P_{OR} = 1.2 \times 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2$$

$$P_{OR} = 1.2 \times 10^{-4} \cdot (0 - 12)^2$$

$$P_{OR} = 0.01728 \cong 1.73\%$$

4.5.2. Cálculo de la hora solar pico

Para determinar la hora solar pico se necesita conocer la irradiación solar en el lugar de ejecución estos valores se pueden obtener de los mapas de radiación solar, o de diferentes páginas web de recursos energéticos, esta determina el número de horas en las cuales existe energía solar y se la calcula mediante la siguiente ecuación (4.3).

$$H(Wh/m^2) = I(W/m^2) \cdot HSP(h) \quad 4.3$$

Donde:

H : Irradiación promedio

I : Constante de irradiancia

HSP : Hora solar pico

Para la obtención de la hora solar pico (HSP) se despeja la ecuación (4.3). y se obtiene la ecuación (4.4).

$$HSP = \frac{H(Wh/m^2)}{I(W/m^2)} \quad 4.4$$

Mediante el sitio web de la NASA utilizado para la predicción de recurso energéticos a nivel mundial denominado NASA POWER, se obtuvo los siguientes datos como se muestra en la siguiente tabla 4.8.

Tabla 4.8 Parámetros de Irradiación mensual

Irradiación mensual de los meses de estudio	
Mes	Irradiación kWh/m²
Noviembre	4,14
Diciembre	4,3
Enero	3,98
Promedio	4,14

Mediante la irradiancia mostrada en la tabla anterior, para realizar el cálculo de la hora solar pico (HSP) se debe tomar el mes en el que exista un mayor valor de irradiancia.

$$HSP = \frac{4140(Wh/m^2)}{1000(W/m^2)}$$

$$HSP = 4.14 H$$

4.6. PROCESO GENERAL DE CÁLCULO

4.6.1. Cargas y consumos eléctricos

La principal condición que determina el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo es la cantidad de energía o potencia que necesita suministrar el sistema hacia las instalaciones de la vivienda para el funcionamiento de las cargas, para ello lo primero es conocer la energía consumida, a dicho termino se le conoce como consumo diario, se simboliza por E_D y viene expresado en Whd (Vatio hora día), para calcularlo se requiere conocer:

- ✓ La potencia de cada equipo conectado al circuito eléctrico de la vivienda.
- ✓ La cantidad de equipos.
- ✓ Las horas que se prevé que estén en funcionamiento durante un día.

4.6.2. Determinación del voltaje del sistema

El voltaje del sistema se determina a partir del consumo diario, estableciendo el siguiente criterio de selección.

- De 1 a 2000Wh de consumo diario, se utiliza un sistema de 12V.
- De 20001 a 4000Wh de consumo diario, se utiliza un sistema de 24V.
- De 4001Wh en adelante se utiliza un sistema de 48V.

4.6.3. Cálculo de la potencia total máxima demandada por la carga del sistema

La potencia máxima se lo calcula con la ecuación (4.5).

$$P_{max} = P_{equipo} \cdot N^{\circ}_{equipos} \quad 4.5$$

Donde:

P_{max} : Potencia máxima

P_{equipo} : Potencia del equipo

$$P_{max} = (9W \cdot 5) + (27W \cdot 2) + (65W \cdot 1) + (35W \cdot 1)$$

$$P_{max} = 200[W]$$

4.6.4. Factor de rendimiento energético

El rendimiento energético se refiere a la eficiencia de la instalación en condiciones reales de operación, y se calcula mediante la ecuación (4.6).

$$f_r = (1 - k_v - k_b) * \left(1 - \frac{n \cdot k_a}{P_d}\right) \quad 4.6$$

Donde:

k_v : Perdidas por temperatura, cableado, transmisión y suciedad. Este coeficiente debe ser menor a 0.05.

k_b : Este representa a la eficiencia energética del acumulador, este será menor a 0.005.

k_a : Es la eficiencia energética que tienen las baterías, este coeficiente de auto descarga de las baterías debe ser menor a 0.005.

n : Son los días de autonomía del sistema

P_d : Es la profundidad de descarga de las baterías que no debe ser mayor del 80%

k_a	k_b	k_v	P_d	n
0,005	0,05	0,05	0,6	1

$$f_r = (1 - 0.05 - 0.05) * \left(1 - \frac{1 * 0.005}{0.6}\right)$$

$$f_r = 0.8925$$

4.6.5. Cálculo del consumo diario en Wh

El consumo diario es la carga instalada del sistema que se va a utilizar en un determinado tiempo hora en un día, se utiliza la ecuación (4.7).

$$E_D = P_{equipo} \cdot N^{\circ} horas \cdot N^{\circ} equipos \quad 4.7$$

Donde:

E_D : Consumo diario

P_{equipo} : Potencia del equipo

$$E_D = [(9 \cdot 6 \cdot 1) \cdot 2] + [(9 \cdot 4 \cdot 1) \cdot 3] + [36 \cdot 2 \cdot 1] + [27 \cdot 2 \cdot 2] + [65 \cdot 1.5 \cdot 1]$$

$$E_D = 493.5[Wh]$$

A este valor del consumo diario se lo multiplica por un factor de seguridad, como margen para una futura ampliación o crecimiento de la instalación obteniendo el consumo máximo diaria y se utiliza la ecuación (4.8) para su cálculo, para el factor de seguridad se considera un 20% por consiguiente se tiene un f_c de 1.20.

$$E_T = E_D \cdot f_c \quad 4.8$$

Donde:

E_T : Consumo máximo diario

f_c : Factor de crecimiento

$$E_T = 493.5Wh \cdot 1.20$$

$$E_T = 592.2[Wh]$$

4.6.6. Cálculo capacidad de la batería

La capacidad de la batería o banco de baterías es fundamental en el diseño de sistemas fotovoltaicos y se lo calcula mediante la ecuación (4.9), ya que de esta dependerá el suministro de energía al sistema en los días donde no exista radiación solar, por tal motivo se necesita conocer cuantos días de autonomía que requiere el sistema para un funcionamiento adecuado.

$$C_B = \frac{E_R \cdot n}{V_{sist} \cdot P_D} \quad 4.9$$

Donde:

C_B : Corriente de la batería

n : Días de autonomía

V_{sist} : Voltaje del sistema

P_D : Profundidad de descarga de la batería

De la ecuación (5.6), se debe dar un factor de seguridad o margen para que la capacidad de las baterías no esté dando el límite de corriente necesario para el sistema, este margen de seguridad por lo general es del 15%, obteniendo la ecuación (4.10).

$$C_B = \frac{E_T \cdot n}{V_{sist} \cdot P_D} \cdot 1.15 \quad 4.10$$

E_T [Wh]	V_{sist} [V]	P_D	n [día]
592,2	12	0,6	1

$$C_B = \frac{592.2[Wh] \cdot 1}{12V \cdot 0.6} \cdot 1.15$$

$$C_B = 94.58 [Ah]$$

4.6.6.1. Baterías en paralelo

Para obtener el número baterías que van conectadas en paralelo, se plantea la ecuación (4.12).

$$N_{BP} = \frac{C_B}{A_H} \quad 4.11$$

Donde:

N_{BP} : Numero de baterías en paralelo

A_H : Corriente nominal de la batería

$$N_{BP} = \frac{94.58Ah}{100Ah}$$

$$N_{BP} = 0.95$$

4.6.6.2. Baterías en serie

Para obtener el número baterías que van conectadas en serie, se plantea la ecuación (4.12).

$$N_{BS} = \frac{V_{sist}}{V_{Bat}} \quad 4.12$$

Donde:

N_{BS} : Numero de baterías en serie

V_{sist} : Voltaje del sistema

V_{Bat} : Voltaje de la batería

$$N_{BS} = \frac{12V}{12V}$$

$$N_{BS} = 1$$

Conociendo número de baterías tanto en serie como en paralelo, se puede obtener el total de baterías que van a conformar el respaldo del sistema de generación fotovoltaico autónomo mediante la ecuación (4.13).

$$T_{Bat} = N_{BP} \cdot N_{BS} \quad 4.13$$

Donde:

T_{Bat} : Total de baterías del sistema

$$T_{Bat} = 1.05 \cdot 1$$

$$T_{Bat} = 1.05$$

4.6.7. Corriente pico del sistema

La corriente pico o máxima es uno de los cálculos más importantes para el dimensionamiento de las protecciones y el tamaño del conductor a utilizar, esta corriente es la relación entre la corriente nominal de la batería (AH) y la hora solar pico en el peor mes del año. Y se determina mediante la ecuación (4.14).

$$I_P = \frac{C_B}{HPS_{min}} \quad 4.14$$

Donde:

I_P : Corriente Pico

HPS_{min} : Hora solar pico mínima

HPS_{min}	C_B [Ah]
3,98	94,58

$$I_p = \frac{94.58Ah}{3.98}$$

$$I_p = 23.76[A]$$

4.6.8. Cálculo del número de módulos fotovoltaicos

Para conocer el número de módulos fotovoltaicos, es necesario conocer la energía o potencia fotovoltaica relacionando la energía diaria total obtenida de la ecuación (4.7). y la hora solar pico mínima utilizando los datos de la tabla (4.2) y la ecuación (4.3), pero utilizando el valor mínimo de irradiancia solar, mediante la ecuación (4.15).

$$E_{FV} = \frac{E_R}{HSP} \quad 4.15$$

Donde:

E_{FV} : Potencia fotovoltaica

E_R [WH]	HSP[h]
592,2	4,14

$$E_{FV} = \frac{592.2}{4.14}$$

$$E_{FV} = 143.04[W]$$

Una vez conocida la potencia fotovoltaica es necesario, seleccionar la potencia del módulo fotovoltaico a emplear, con la ecuación (4.16). para seleccionar de mejor manera el módulo se empleará las hojas de datos características de cada uno teniendo en cuenta la potencia máxima del mismo.

$$N^{\circ}_{FV} = \frac{E_{FV}}{wp} \quad 4.16$$

Donde:

N°_{FV} : Numero de módulos fotovoltaicos

w_p : Potencia pico del modulo

E_{FV} [W]	W_p [W]
143,04	110

$$N^{\circ}_{FV} = \frac{143.04}{110}$$

$$N^{\circ}_{FV} = 1.30 \cong 2$$

Distribución de los módulos fotovoltaicos

Para conectar los paneles que serán conectados en seri o en paralelo, se debe tomar en cuenta los valores nominales de los módulos.

4.6.8.1. Módulos en serie

Para determinar la cantidad de módulos fotovoltaicos que van conectados en serie se utiliza la ecuación (5.17).

$$N_{FV_serie} = \frac{V_{sist}}{V_{FV}} \quad 4.17$$

Donde:

N_{FV_serie} : Numero de módulos en serie

V_{sist} : Voltaje del sistema

V_{FV} : Voltaje del módulo fotovoltaico

$$N_{FV_serie} = \frac{12V}{12V}$$

$$N_{FV_serie} = 1$$

4.6.8.2. Módulos en paralelo

Para determinar el número de módulos fotovoltaicos que van conectados en paralelo se utiliza la ecuación (5.18).

$$N_{FV_paralelo} = \frac{N^{\circ}_{FV}}{N_{FV_serie}} \quad 4.18$$

Donde:

$N_{FV_paralelo}$: Numero de módulos en paralelo

$$N_{FV_paralelo} = \frac{2}{1}$$

$$N_{FV_paralelo} = 2$$

4.6.9. Cálculo del inversor

Para dimensionar o seleccionar el inversor que más se adecue al sistema se utiliza la ecuación (5.19), para ello es necesario sumar la potencia nominal de los equipos instalados y multiplicarlo por un factor de seguridad entre el 20 y 25%, además de conocer el coeficiente de utilización que normalmente es del 75%, este coeficiente determina que no todas las cargas van a estar en funcionamiento al mismo tiempo si no que tenemos un margen de coincidencia de funcionamiento.

$$P_{inv} = \frac{P_{Max}}{F_{uso}} \quad 4.19$$

Donde:

P_{inv} : Potencia del inversor

P_{Max} : Potencia máxima

F_{uso} : Factor de uso

P_{Max} [W]	F_{uso} [%]
250	75

$$P_{INV} = \frac{250[W]}{0.75}$$

$$P_{INV} = 357.14[W]$$

4.6.10. Cálculo del regulador o controlador de carga

Es un dispositivo esencial en los sistemas de generación fotovoltaicos ya que es el encargado de controlar el voltaje y la corriente de los acumuladores o baterías, así como regular la energía de los paneles en las horas de máxima radiación se utiliza la ecuación (5.20) para su cálculo.

$$I_{regulador} = I_{sc} \cdot N^{\circ}_{FV} \cdot F_{seguridad} \quad 4.20$$

Donde:

$I_{regulador}$: Corriente del regulador

I_{sc} : Corriente en corto circuito del módulo fotovoltaico

N°_{FV} : Numero de módulos

$F_{seguridad}$: Factor de seguridad

I_{sc} [A]	N°_{FV}	$F_{seguridad}$ [%]
6,26	2	25

$$I_{regulador} = 6.26[A] \cdot 2 \cdot 1.2$$

$$I_{regulador} = 15.65[A]$$

Una vez culminado el proceso de dimensionamiento de los elementos que conforman un sistema de generación fotovoltaico, se procede a seleccionarlos esto va a depender de la disponibilidad y costos de estos en el mercado, así como de su rango o capacidad.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. POTENCIAL ENERGÉTICO

En la determinación del potencial energético que se planteó anteriormente se obtuvieron los siguientes parámetros de los tres meses planteados para el estudio, a continuación, en la Tabla se detalla una comparativa de los valores promedio de la radiación solar existente en el lugar de ejecución del presente proyecto.

Tabla 5.1. Comparativa del potencial energético

Mes	CONELEC 2006 kWh/m ² /día	NASA POWER 2021 kWh/m ² /día	AUTORES kWh/m ² /día
Noviembre	4,65	3,16	1,35
Diciembre	4,5	2,86	1,15
Enero	5,1	2,98	1,11
Promedio	4,75	3,00	1,20

De estos valores obtenidos se puede argumentar que entre los resultados del ARCONEL y los de NASA POWER no existe una diferencia tan grande entre estas, pese a que la una tiene los datos basados en el 2006 y la otra es uno de los sitios web con la información más actualizada.

Mientras que, con los valores medidos en la investigación de campo, si existe una gran diferencia con las dos fuentes con las que se realiza la comparativa, de lo cual se ha optado por trabajar los valores conseguidos en la NASA POWER, para el dimensionamiento de los equipos, mientras que para el análisis del rendimiento del sistema se optará por trabajar con los valores obtenidos en la investigación de campo.

5.2. CARGA INSTALADA

Una vez determinada la carga o cargas que requiere la vivienda en cuestión, detallada en la tabla 6.2. Donde es necesario tener en cuenta la potencia total y el consumo diario para la posterior selección del voltaje del sistema al cual se debe seleccionar los equipos los cuales van a ser los encargados de generar la energía para el funcionamiento de las cargas planteadas para la vivienda.

Tabla 5.2. Cargas planteadas para el funcionamiento en la vivienda

Descripción	Electrodoméstico	Cant.	Potencia Promedio (W)	Potencia Máxima (W)	Horas uso Día (h)	Consumo Diario (Wh-d)
Sala	Luminaria Led	1	9	9	6	54
Cocina	Luminaria Led	1	9	9	4	36
Dormitorio	Luminaria Led	1	9	9	4	36
Baño	Luminaria Led	1	9	9	4	36
Portón	Luminaria Led	1	9	9	6	54
Radio	AM/FM	1	36	36	2	72
Cardador	Celular	2	27	54	2	108
Netbook	Dell	1	65	65	1,5	97,5
Total				200		493,5

5.3. SELECCIÓN DEL VOLTAJE DEL SISTEMA

Para determinar la selección del voltaje del sistema se utilizó el siguiente criterio de selección, en el cual se utilizar el consumo diario, dependiendo de este consumo se asigna un nivel de voltaje para el sistema como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.3. Criterio de selección para el voltaje del sistema

Consumo diario	Voltaje del sistema
1-2000 Wh	12V
2001-4000 Wh	24V
4000 Wh en adelante	48V

Por lo tanto, basados en el consumo diario obtenido de vivienda el cual es de 493.5Wh, y basados en el criterio de selección para el voltaje del sistema se optó por seleccionar un voltaje de trabajo del sistema de 12V.

Tabla 5.4. Voltaje del sistema seleccionado

Voltaje del Sistema
12[V]

5.4. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para la selección de equipos se tomó como referencia las características y capacidades técnicas de cada uno de los elementos o componentes del sistema fotovoltaico, así como un criterio económico de los equipos existentes en el mercado, para tener una mayor facilidad al momento de la selección.

5.4.1. Selección de la batería

De la ecuación 4.11. Donde se plantea que la capacidad de la batería en [Ah], así como la selección de la profundidad de descarga mediante el número de ciclos como se indica en la Figura 6.1.

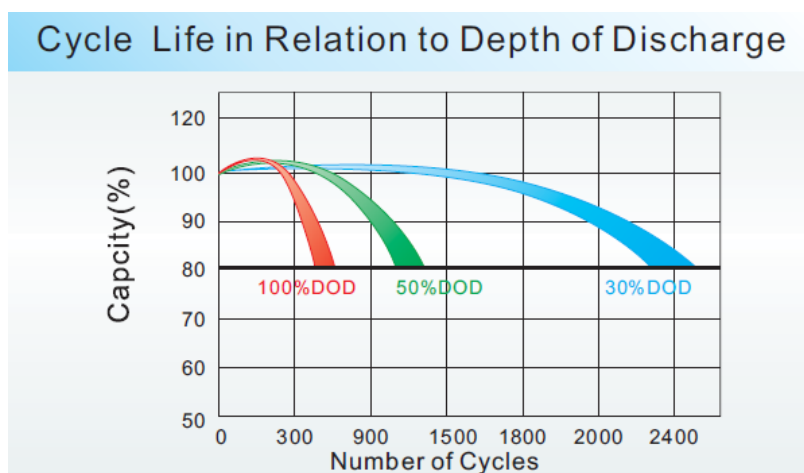


Fig. 5.1. Ciclos de vida en relación a la profundidad de descarga

De la siguiente figura se determinó que para una profundidad de descarga de 60% se tiene un número de ciclos de 1000, teniendo en cuenta que un ciclo conlleva la carga y descarga de la batería en un día, se puede estimar un tiempo de vida de la batería en aproximadamente 3 años.

Tabla 5.5. Selección de la profundidad de descarga con relación al número de ciclos

Capacidad de la batería [%]	Número de ciclos
60	1000

Para que la batería no esté trabajando al límite de su capacidad es necesario tener por un factor de seguridad o sobredimensionamiento del 15%. Por lo tanto, tenemos las siguientes características mostradas a continuación.

ER	Vsist	Pd	n
592,2	12	0,6	1

$$C_B = \frac{E_R \cdot n}{V_{sist} \cdot P_D} \cdot 1.15$$

$$C_B = 94.58 [Ah]$$

Mediante el dimensionamiento para la capacidad de la batería se obtuvo un valor de 94.85[Ah]. Por motivos de que las baterías no existen de esta capacidad se optó por seleccionar una batería de 100[Ah], con las siguientes características como se detallan en la Tabla 6.6.

Tabla 5.6. Características técnicas de la batería

Características de la batería	
Mantenimiento	Sin Mantenimiento
Ciclos de vida	2400
Voltaje nominal (V)	12
Número de celdas	6
Corriente Maxima (A)	25
Marca	SBB
Modelo	6-GFM(G)-100Ah Gel Battery
Capacidad (Ah) C100	100
Largo (mm)	330
Alto (mm)	217
Ancho (mm)	173
Peso (Kg)	30,8

5.4.2. Selección del Número de módulos fotovoltaicos

En el mercado existen una gran variedad de fabricantes de módulos fotovoltaicos cada uno de ellos con diferentes características, para determinar el número de módulos necesarios para el sistema es necesario seleccionar de acuerdo al criterio de potencia deseada características, para ello se seleccionó un módulo fotovoltaico de 110W, y que posee las siguientes especificaciones técnicas como se muestra en la tabla 6.7.

Tabla 5.7. Especificaciones técnicas del módulo fotovoltaico

Módulos fotovoltaicos		
MARCA: RESUN		
MODELO: RSM110P		
TIPO: POLICRISTALINO		
Potencia	(Wp)	110
Voltaje de circuito abierto Voc	(V)	21,88
Corriente de cortocircuito Isc	(A)	6,26
Voltaje maximo	(V)	17,9
Corriente maxima	(A)	5,88
Número de celdas		36 (4*9)
Temperatura	(°C)	25
Largo	(mm)	1020
Ancho	(mm)	670
Espesor	(mm)	30
Peso	(kg)	7

Una vez seleccionada la potencia de los módulos fotovoltaicos se procede al cálculo del número de ellos para un correcto funcionamiento del sistema mediante la ecuación 4.16.

$$N^{\circ}_{FV} = \frac{E_{FV}}{wp}$$

EFV [W]	WP [W]
156,12	110

$$N^{\circ}_{FV} = 1.30 \cong 2$$

Como resultado obtenemos que para nuestro sistema de generación fotovoltaico se necesitan 2 módulos para la potencia de módulos seleccionada previamente. A continuación, en la tabla 6.8. Donde se detalla un resumen de los módulos fotovoltaicos.

Tabla 5.8. Selección del número módulos fotovoltaicos y su potencia

Módulos fotovoltaicos
2
Potencia pico [W]
110

5.4.2.1. Orientación e inclinación

Para la implementación de este proyecto se utilizarán dos módulos fotovoltaicos, asumiendo que la trayectoria del sol es la siguiente, el sol sale por el Este y se oculta por el Oeste se ha optado por colocar un módulo con orientación al Este y el otro con orientación Oeste como se muestra en la Figura 6.2, para así poder aprovechar de mejor manera la energía generada por los módulos solares.



Fig. 5.2. Orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos

Mediante la ecuación 5.1. Se determinó la inclinación de los módulos fotovoltaicos.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \cdot |\phi|$$

$$\beta_{opt} = 4.33^\circ$$

Esta sería la inclinación óptima de los módulos solares, pero se ha optado por una inclinación de 15 grados, esta inclinación se escogió por motivos de autolimpieza de los módulos fotovoltaicos ya que se van a ubicar en una estructura la cual se encuentra a una altura de 3 metros a continuación en la tabla 54. se muestra un resumen de la distribución de los módulos fotovoltaicos.

Tabla 5.9. Distribución de los módulos fotovoltaicos

Distribución de los módulos fotovoltaicos		
	Orientación	Inclinación
Módulo 1	Este	15°
Módulo 2	Oeste	15°

5.4.3. Corriente pico del sistema

Esta es la corriente máxima para la cual se deben dimensionar los conductores para su interconexión interna en el gabinete de protección. Para ello se utiliza la ecuación 5.20.

Para lo cual es necesario la hora solar pico mínima (HSP), y la capacidad de la batería, puesto que a una menor HSP la corriente va a ser mayor por lo tanto en los meses que exista una hora solar pico mayor la corriente va ser menor.

$$I_P = \frac{C_B}{HPS_{min}}$$

HSP[h]	CB[Ah]
3,98	100

$$I_P = 25.12[A]$$

5.4.4. Selección de los conductores del sistema

Una vez determinada la corriente pico del sistema, esta sirve para la selección del número de calibre del conductor a utilizar para la interconexión de los equipos que conforman el sistema de generación fotovoltaico propuesto, mediante la Tabla 6.10. Donde se detalla el calibre del conductor y su amperaje soportado.

Tabla 5.10. Calibre de los conductores

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Nivel de temperatura	60° C	75° C	90° C
Calibre del cable	Amperaje soportado		
14 AWG	12A	15A	15A
12 AWG	20A	20A	20A
10 AWG	30A	30A	30A
8 AWG	40A	50A	55A
6 AWG	55A	65A	75A
4 AWG	70A	85A	95A
3 AWG	85A	100A	115A
2 AWG	95A	115A	130A
1 AWG	110A	130A	145A
1/0 AWG	124A	150A	170A
2/0 AWG	145A	175A	195A
3/0 AWG	165A	200A	225A
4/0AWG	195A	230A	260A

El sistema posee una corriente pico de 25.12A, por tal motivo se optó por seleccionar el conductor #10 tipo THW el cual soporta hasta una corriente de 30A con temperaturas de 75°C, por lo tanto, estaría en el rango de la corriente calculada y los niveles de temperatura promedio obtenidos en los datos analizados anteriormente.

5.4.5. Selección del inversor

Para la selección del inversor se lo dimensiono mediante la ecuación 5.20. para esto se debe tener presente el factor de funcionamiento del 75%, el cual determina que no todas las cargas funcionan a la vez.

$$P_{inv} = \frac{P_{Max}}{F_{uso}}$$

Pmax [W]	F_uso [%]
250	75

$$P_{INV} = 333.33[W]$$

$$P_{INV} \approx 1.20 \cdot 333.33 = 400[W]$$

Con la potencia del inversor calculada, se optó por seleccionar un inversor con una potencia de 500W, para dejar un margen para futuras ampliaciones de las cargas en la vivienda. Las características del inversor seleccionado se muestran a continuación en la tabla 6.11.

Tabla 5.11. Especificaciones técnicas del inversor

Características Técnicas del Inversor		
MARCA: ZONHAN		
MODELO: TW500		
TIPO: Onda Sinusoidal Pura		
Potencia	(W)	500
Voltaje de Entrada VDC	(V)	12
Voltaje de Salida VAC	(V)	120
recuencia	(HZ)	50-60
Eficiencia	(%)	90
Temperatura	(°C)	-10 a +70
Largo	(mm)	315
Ancho	(mm)	195
Espesor	(mm)	135
Peso	(kg)	2,5

5.4.6. Selección de controlador de carga

Se determino mediante la ecuación 5.21. para el cual se determinó un factor de seguridad del 25%, para tener en cuenta los posibles aumentos de irradiancia que se podrían producir.

$$I_{regulador} = I_{sc} \cdot N^{\circ} FV \cdot F_{seguridad}$$

Isc [A]	N° Módulos FV	F_seguridad [%]
6,26	2	25

$$I_{regulador} = 15.02[A]$$

Una vez determinada la corriente del regulador de carga, se optó por seleccionar uno de 20A con las siguientes características como se muestran a continuación en la tabla 6.12.

Tabla 5.12. Características del regulador de carga

Regulador de carga		
MARCA: MORNINGSTART		
MODELO: EC-20		
TIPO: PWM		
Voltaje de la batería nominal	(V)	Detección automática 12-24
Rango de voltaje batería	(V)	10 - 35
Precisión de voltaje	(V)	$\leq 0,1\% \pm 5mV$
Voltaje maximo Voc	(V)	60
Corriente de carga nominal	(A)	10-20-30
Autoconsumo	(mA)	< 15 mA
Temperatura	(°C)	-40 a +45
Largo	(cm)	5,5
Ancho	(cm)	15,3
Profundidad	(cm)	5,5
Peso	(kg)	0,4

Para el presente proyecto se optó por seleccionar este modelo en particularidad por su rango de carga nominal la cual soporta hasta 30A y su detección automática de voltaje mismo que varía entre 12 - 24 voltios, además de ser un equipo de una buena resistencia debido a su cubierta metálica.

5.5. DISTRIBUCIÓN DE POTENCIAS

La potencia máxima prevista para la vivienda de acuerdo a sus necesidades es de 200W, de los cuales se asignó 125W para el circuito de iluminación y 75W para el circuito de tomas de corriente.

➤ Circuito de alumbrado

Circuito de iluminación	
Potencia	P= 125W
Longitud	L= 10m al punto mas alejado
Conductividad del cobre	$\gamma = 56m/\Omega mm^2$
Tensión	V= 120V
Caída de tensión	e= 1,5% de la tensión = 1,8V
Sección	S= Sección del conductor

➤ **Cálculo de la sección por caída de tensión**

$$S = \frac{(2 \cdot P \cdot L)}{\gamma \cdot e \cdot V} \quad 5.1$$

$$S = \frac{2 \cdot 125W \cdot 10m}{56m/\Omega mm^2 \cdot 1.8V \cdot 120V}$$

$$S = 0.206[mm^2]$$

Respetando la norma NEC-SB-IE, en circuitos de iluminación la sección mínima a instalar es de $2.5mm^2$ lo que corresponde al conductor 14 AWG tipo THHN.

➤ **Comprobación de la sección por densidad de corriente**

Para ello calculamos la intensidad máxima prevista

$$P = V \cdot I \cdot \cos \quad 5.2$$

$$I = \frac{P}{V} \cos \varphi$$

$$I = \frac{125W}{120V} \cdot 1$$

$$I = 1.04A$$

Respetando las normas obtenemos que la intensidad máxima que puede soportar la sección de $2.5mm^2$ sea de hasta 15A.

➤ **Cálculo de la caída de tensión con la sección adoptada de $2.5mm^2$**

Comprobaremos que la máxima caída de tensión para la sección adoptada del circuito de iluminación es menor que la permitida, esto es 1.5% del voltaje en el punto más alejado.

$$e = \frac{1.5 \cdot V}{100} \quad 5.3$$

$$e = \frac{1.5 \cdot 120}{100}$$

$$e = 1.8V$$

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{56m/\Omega mm^2 \cdot S \cdot V}$$

$$e = \frac{2 \cdot 125W \cdot 10m}{56m/\Omega mm^2 \cdot 2.5mm^2 \cdot 120V}$$

$$e = 0.148V$$

De donde obtenemos que $0.148V \rightarrow 0.12\%$, siendo por lo tanto valida la sección adoptada del conductor.

➤ **Circuito de tomas de corriente**

Circuito tomas de corriente	
Potencia	P= 75W
Longitud	L= 12m al punto mas alejado
Conductividad del cobre	$\gamma = 56m/\Omega mm^2$
Tensión	V= 120V
Caída de tensión	e= 1,5% de la tensión = 1,8V
Sección	S= Sección del conductor

➤ Cálculo de la sección por **caída** de tensión

$$S = \frac{(2 \cdot P \cdot L)}{\gamma \cdot e \cdot V}$$

5.4

$$S = \frac{2 \cdot 75W \cdot 12m}{56m/\Omega mm^2 \cdot 1.8V \cdot 120V}$$

$$S = 0.148[mm^2]$$

Respetando la norma NEC-SB-IE, en circuitos de tomas de corriente la sección mínima a instalar es de $4 mm^2$ lo que corresponde al conductor 12 AWG tipo THHN.

➤ **Comprobación de la sección por densidad de corriente**

Calculamos la intensidad máxima prevista

$$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi$$

5.5

$$I = \frac{P}{V} \cos\varphi$$

$$I = \frac{75W}{120V} \cdot 1$$

$$I = 0.625 A$$

Respetando las normas obtenemos que la intensidad máxima que puede soportar la sección de 4 mm^2 sea de hasta 20A.

➤ **Cálculo de la caída de tensión con la sección adoptada de 4 mm^2**

Comprobaremos que la máxima caída de tensión para la sección adoptada del circuito de tomas de corriente es menor que la permitida, esto es 1.5% del voltaje en el punto más alejado.

$$e = \frac{1.5 \cdot V}{100}$$

$$e = \frac{1.5 \cdot 120}{100}$$

$$e = 1.8V$$

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{56m/\Omega mm^2 \cdot S \cdot V}$$

$$e = \frac{2 \cdot 75W \cdot 12m}{56m/\Omega mm^2 \cdot 4 \text{ mm}^2 \cdot 120V}$$

$$e = 0.066V$$

De donde obtenemos que $0.066V \rightarrow 0.1\%$, siendo por lo tanto válida la sección adoptada del conductor.

Por consiguiente, la sección adoptada tanto para el circuito de iluminación como el de tomas de corriente son válidas para las cargas instaladas en la vivienda. A continuación, se presenta en la siguiente tabla, los calibres, secciones y amperaje de los conductores seleccionados.

Tabla 5.13. Conductores adoptados

Datos del conductor	Circuito de iluminación	Circuito de tomas de corriente
Sección del conductor	2,5 mm ²	4 mm ²
Número de conductor	12 AWG	14 AWG
Amperaje soportado	15A	20A

Los conductores THHN pueden ser usados para el cableado de instalaciones industriales, residenciales, así como en aquellas instalaciones que especifica el NEC, con una temperatura de operación de 90°C y una tensión de servicio de 600V,

5.6. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.6.1. Estructura de los módulos fotovoltaicos

La estructura en la cual van montados los módulos fotovoltaicos consta de:

- ✓ Tubo redondo de 3" x 1/8" de espesor por 4m de largo
- ✓ Angulo de 3/4 x 1/4"
- ✓ Varilla de 1/2"

Esta estructura está implantada en la parte trasera izquierda de la vivienda, la cual está enterrada a 1 metro de profundidad como se muestra en la Figura 5.3. Para brindarle una mejor estabilidad ya que donde se encuentra ubicada es una zona de tierra, para que esta no pueda desprenderse de su lugar de ubicación se utilizó piedras y cemento.



Fig. 5.3. Ubicación de la estructura

Antes de esta ser colocada en su ubicación final se realizaron las conexiones y montaje de los módulos fotovoltaicos utilizando conectores MC4, ya que una vez en su posición es complicado el manejo de los materiales utilizados. En la Figura 5.4. Se muestra el montaje de los módulos fotovoltaicos en la estructura la cual está a 15° de inclinación cada uno de los receptáculos de los paneles solares.



Fig. 5.4. Montaje de los módulos fotovoltaicos

Para realizar la conexión entre paneles solares se utilizó una derivación en paralelo, los positivos en una rama y los negativos en otra utilizando conductor concéntrico #10, como se muestra en la Figura 5.5.



Fig. 5.5. Conexión de los módulos fotovoltaicos

Finalmente, la estructura conjuntamente con los paneles solares y las conexiones realizadas en ellas quedan como se muestra en la Figura 5.6.



Fig. 5.6. Estructura montada en su posición final

Una vez culminada la ubicación y montaje de la estructura se procedió a realizar la ubicación del gabinete de protecciones, en el cual van a estar ubicados los elementos que conforman el sistema como son: inversor y controlador de carga además de la protección principal para los circuitos de iluminación y de tomas de corriente.

Está situado a una altura de 1.70m con respecto al piso de la vivienda, ubicado junto a la puerta principal y anclado con tirafondos de 1/2" para una mejor sujeción.



Fig. 5.7. Colocación del gabinete de protección

5.6.2. Montaje de los elementos

Para realizar el montaje del inversor y controlador de carga, se realizó la interconexión de los mismos mediante el conductor concéntrico #10, se escogió esta ubicación para evitar pérdidas en el sistema debido a la distancia entre ellos.



Fig. 5.8. Conexión de los equipos

En la Figura 5.8. se puede visualizar la conexión del inversor y el controlador de carga, así con sus respectivas derivaciones de los módulos fotovoltaicos y la batería, las cuales se encuentra ubicadas en la parte trasera izquierda de la casa y en la parte inferior del gabinete de protecciones respectivamente.

Los conductores están protegidos por tubería de plástico corrugada de ½", así como los cables de los circuitos de la vivienda, como se visualiza en la siguiente figura.



Fig. 5.9. conexión de los circuitos de la vivienda

La distribución de la vivienda y sus medidas se las puede visualizar en el Anexo B. para los circuitos de iluminación y de tomas de corriente en el Anexo C y D respectivamente.

Una vez finalizadas las conexiones tanto d los circuitos y de los elementos del sistema, se da por culminado a la implementación de un sistema fotovoltaico en el páramo San Miguelito de Langoa.



Fig. 5.10. Proyecto culminado en la vivienda beneficiaria

Como se puede observar en la figura anterior una vez culminada la implementación del sistema, se puede obtener como resultado la generación de energía eléctrica para abastecer las cargas previstas para su funcionamiento, por lo tanto, se tendrá la iluminación de la vivienda.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

En esta parte de la investigación se determina la factibilidad mediante la estructuración de presupuesto para un sistema de generación fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica a una vivienda de la asociación de ganaderos San Miguelito de Langoa y su impacto en la sociedad.

6.1. IMPACTO TECNOLÓGICO

Este tipo de sistemas de generación fotovoltaicos autónomos, los cuales utilizan las nuevas fuentes de generación limpia, sostenible y renovable mediante los nuevos avances tecnológicos para su aprovechamiento, se busca incentivar para que en un futuro las zonas que no cuentan con una red eléctrica utilicen este tipo de sistemas.

6.2. IMPACTO AMBIENTAL

Con la implementación de este tipo de sistemas fotovoltaicos, los cuales funcionan aprovechando el recurso solar como principal fuente de energía se pretende reducir la contaminación producida por los combustibles fósiles y por ende aportar al cuidado del medio ambiente.

6.3. IMPACTO ECONÓMICO

Implementar este tipo de proyectos de generación fotovoltaica provoca una inversión económica alta dependiendo de la carga que se requiera abastecer, pero a largo plazo esta inversión es muy beneficiosa especialmente en los lugares que carecen de una red eléctrica.

6.4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

6.4.1. Costos directos

Son aquellos que se pueden identificar directamente o que intervienen de forma directa en el sistema de generación fotovoltaico, así como en los circuitos de iluminación y tomas de corriente, como se detalla en la tabla 7.1. y 7.2. respectivamente los costos de equipos y materiales utilizados en el presente proyecto.

6.4.1.1. Equipos y estructura del sistema fotovoltaico

Tabla 6.1. Costos directos de los equipos del sistema fotovoltaico

EQUIPOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Uds.	VALOR [\$]	TOTAL [\$]
1	Modulo solar RESUM RSM100P	2	80	160
2	Regulador de carga MORNIGSTAR EC-20A	1	100	100
3	Inversor ZOHAN TW-500	1	125	125
4	Batería SBB 12V-100Ah-Gel	1	290	290
7	Estructura para módulos solares	1	80	80
SUBTOTAL				\$ 755,00
IVA 12%				\$ 90,60
TOTAL				\$ 845,60

6.4.1.2. Material eléctrico

Tabla 6.2. Costos directos de los materiales eléctricos

MATERIAL ELÉCTRICO				
ITEM	DESCRIPCIÓN	Uds.	VALOR [\$]	TOTAL [\$]
1	Breaker 2 polos 16A	1	22	22
2	Conectores MC4	2	8	16
3	Conductor de cobre THHN, N°12	1	25	25
4	Conductor de cobre THHN, N°14	1	30	28,5
5	Conductor concéntrico 2x10 AWG	1	25	25
6	Focos led 9W	5	2,75	13,75
7	Boquillas tipo colgante	5	1,2	6
8	Tomacorrientes tipo americano	5	2,99	14,95
9	Tubería corrugada 1/2"	1	24,83	24,83
10	Interruptores simples	5	2,05	10,25
11	Gabinete de protecciones	1	175	175
12	Varios	1	50	25
SUBTOTAL				\$ 386,28
IVA 12%				\$ 46,35
TOTAL				\$ 432,63

6.4.2. Costos indirectos

Este tipo de costos son los que no interviene de forma directa para la implementación del sistema de generación fotovoltaico autónomo, y a su vez indirectamente son necesarios para la culminación del proyecto, como se detalla en la tabla 7.3.

Tabla 6.3. Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR [\$]
1	Transporte	120
2	Alimentación	80
3	Internet	10
4	Impresiones y anillados	25
5	Imprevistos	120
Total		\$ 355,00

6.4.2.1. Costo total del proyecto

A continuación, se presenta un resumen del presupuesto estimado para el proyecto, Implementación de un sistema fotovoltaico de 500W en el páramo San Miguelito de Langoa, en la misma que están incluidos los costos directos e indirectos como se detalla en la tabla 7.4.

Tabla 6.4. Costo total del proyecto

COSTO TOTAL DEL PROYECTO		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR [\$]
1	Costos directos	\$ 1.278,73
2	Costos indirectos	\$ 355,00
TOTAL		\$ 1.633,73

7. CONCLUSIONES

- Mediante el estudio de fuentes bibliográficas y trabajos precedentes se determinó que para dar comienzo con los sistemas de generación fotovoltaicos es necesario determinar la radiación solar para la generación de energía eléctrica.
- Para obtener los parámetros necesarios de radiación solar se realizó un estudio de campo para los meses de noviembre, diciembre 2021 y enero 2022, con lo cual se obtuvo un promedio de radiación solar de $1.20kWh/m^2$. Y por lo tanto existe su factibilidad.
- Tras culminar del dimensionamiento de los elementos y equipos que conforman el sistema fotovoltaico, se determinó que es necesario para su funcionamiento dos módulos fotovoltaicos de $100W_p$, un regulador de carga de 20A, una batería de 100Ah, y un inversor de 500W.
- Para la validación de la central fotovoltaica se determinó que cuando el sistema trabaja sin carga el voltaje de la batería es de 12.85V, mientras que cuando el sistema está a plena carga su voltaje disminuye dependiendo de las horas de funcionamiento del sistema, llegando a su descarga total en 11.5V.

8. RECOMENDACIONES

- Para poder llegar a la potencia deseada de 500W se recomienda un aumento de los módulos fotovoltaicos, ya que los implantados actualmente suplen la demanda de la carga instalada de 200W.
- Si se requiere tener más días de autonomía se recomienda conectar en paralelo una o más baterías de las mismas características a la que se dispone actualmente en el sistema fotovoltaico.
- Para que el sistema funcione de una mejor manera es recomendable seguir las instrucciones de uso e instalación de los fabricantes en los elementos que constituyen el sistema de generación fotovoltaico.

- Antes de la implementación de un sistema fotovoltaico se debe considerar los datos más actuales de sitios oficiales utilizados para la predicción de recursos energéticos o estaciones meteorológicas.
- Realizar mantenimiento periódico de los paneles solares ya que, al encontrarse a la intemperie, se puede acumular de polvo y eso disminuirá la captación de energía solar.
- No realizar conexiones derivadas del sistema hacia otra vivienda.
- Se puede implementar este tipo de proyectos en cualquier estudio de sistemas fotovoltaicos residenciales para zonas rurales donde carecen de líneas de distribución eléctrica, se debe tomar en cuenta las condiciones climáticas del lugar y el sistema eléctrico al que se abastecerá, ya que con estos parámetros se puede dimensionar los equipos que comprenden los sistemas fotovoltaicos autónomos y el costo de su inversión.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. . I. Armijos Siguenza y J. G. Cabrera Vidal, «Implementación de un sistema fotovoltaico de 600W para alimentación del laboratorio de metrología,» Ingeniería Eléctrica, Guayaquil, 2020.
- [2] O. Ante y L. Mata, «Sistema de generación fotovoltaico para el laboratorio e invernadero de granos andinos en el campus salache,» Latacunga, 2019.
- [3] C. A. Vélez Moreira, «Diseño e Implementación de paneles solares para la iluminación automática de los espacios verdes y áreas de circulación del bolque B, para reducir el consumo de energía en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, año 2015.,» La Maná, 2015.
- [4] J. V. Quinche Bravo y F. A. Soto Ludeña, «Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de generación eléctrica para vivienda sostenible de interés social del AEIRNNR,» Loja, 2012.
- [5] IEA , «Renovables,» Paris , 2021.
- [6] E. Barragán , E. Zalamea, J. Terrados y P. Vanegas, «Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad,» Cuenca , 2019.
- [7] L. Corredor, «La importancia del Uso de Modulos Fotovoltaicos o Paneles Solares como Fuente de Energia Eléctrica,» Revista Avenir, Bogota , 2019.
- [8] E. Villegas y L. Alcivar, «Diseño de un sistema fotovoltaico para la escuela de educación básica Simón Bolívar en la comunidad Masa 2, Golfo de Guayaquil,» Guayaquil, 2020.
- [9] Asociacion Catalana de Ingenieria Sense Fronteres., «Energia Renovable Fotovoltaicas,» Ambato, 2017.
- [10] M. Pareja, Radiación solar y su aprovechamiento energético, Barcelona: MARCOMBO S.A, 2010.

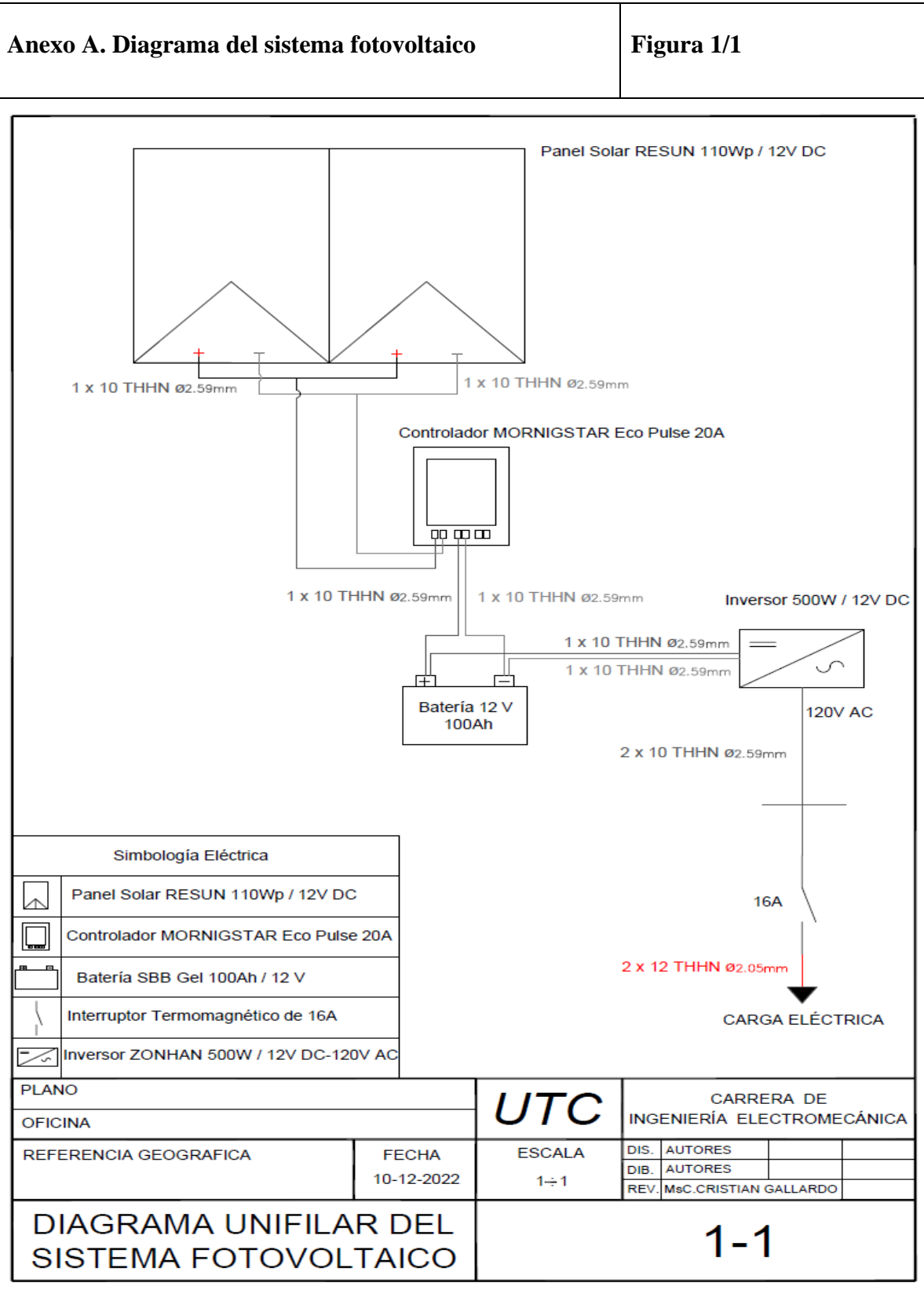
- [11] L. Macancela, «Diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto yantsa ii etsari,» Cuenca, 2012.
- [12] D. Vaca y F. Ordóñez, «Mapa solar del Ecuador 2019,» Quito, 2019.
- [13] ENERGEMA SA., «Hora Solar Pico,» 2014.
- [14] J. Zegarra, «Implementación de un sistema fotovoltaico para reducir el consumo de energía convencional en un sistema de riego tecnificado por aspersión en el estadio municipal César Flores Marigorda de Lambayeque,» Lambayeque, 2021.
- [15] G. Velasco y E. Cabrera , «Generación solar fotovoltaica dentro del esquema de generación distribuida para la provincia de Imbabura,» Quito.
- [16] JUST SOLAR, 12 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://www.justsolar.com/blog/solar-power-meters>.
- [17] A. Rueda, «Repotenciación y automatización del sistema de generación fotovoltaico para el laboratorio e invernadero de granos andinos en el campus Salache,» Latacunga, 2020.
- [18] A. Lema, «Diseño de una central fotovoltaica para abastecer la demanda de energía eléctrica a la granja avícola “Villa” Ubicada en Latacunga parroquia Juan Montalvo barrio San José.,» Latacunga, 2021.
- [19] D. Camacho, «Implementación de un sistema fotovoltaico autónomo Móvil de 1000W,» Cartagena de Indias, 2012.
- [20] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, «Energía Solar Fotovoltaica,» Madrid, 2002.
- [21] J. Aguilera , L. Hontoria y F. Muñoz, «Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos,» Jaén, 2011.
- [22] J. A. Flores, «Método para la mejora del suministro sostenible de energía eléctrica renovable con celdas fotovoltaicas en las zonas rurales de la región de Arequipa, 2018,»

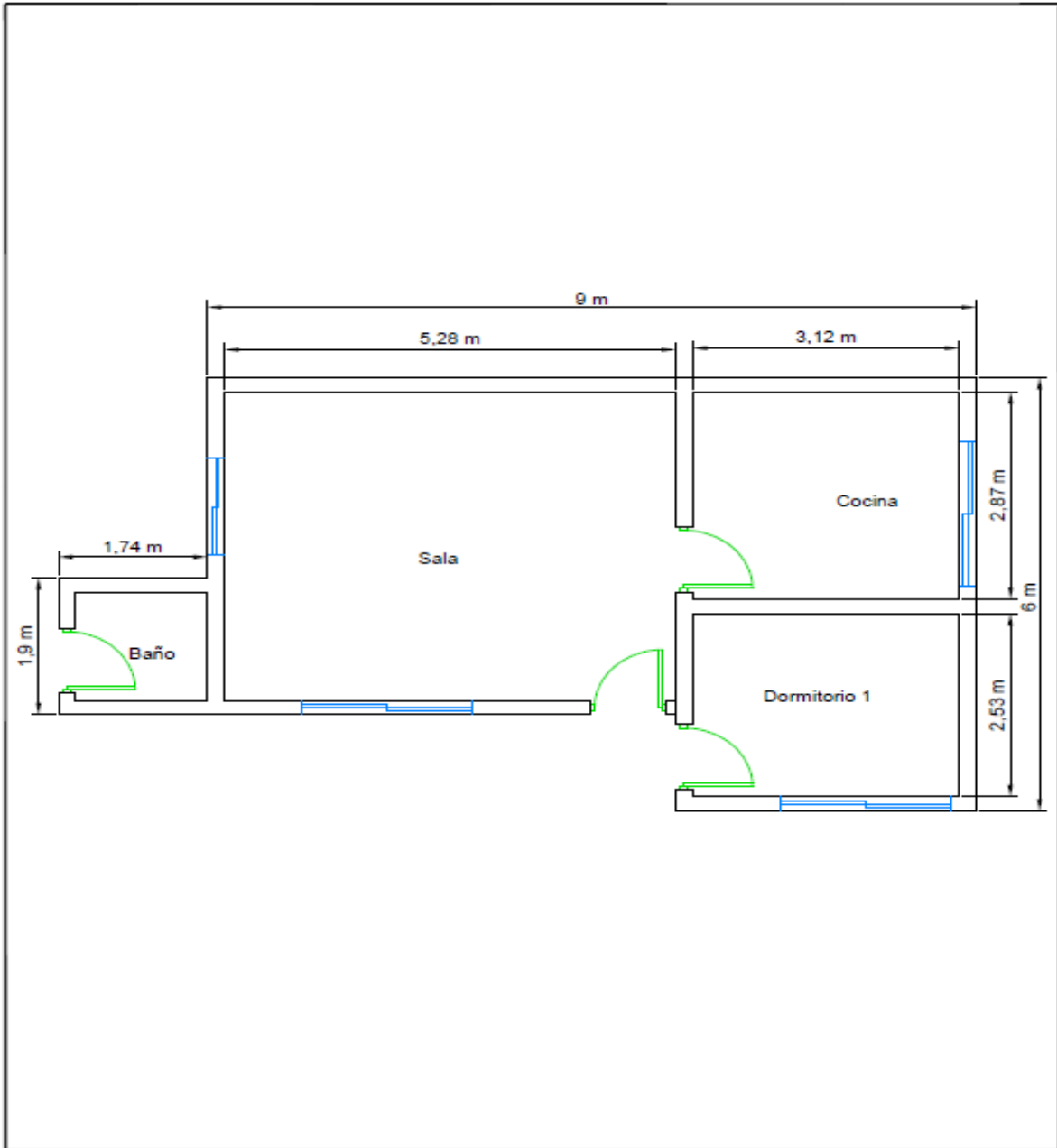
Arequipa, 2018.

- [23] Aducarte, «Arquitectura Solar Activa».
- [24] M. Abella, «Sistemas Fotovoltaicos,» Madrid.
- [25] A. Argentieri y J. P. Magi , «Diseño de planta solar fotovoltaica,» La Plata, 2019.
- [26] C. Barragán, «Diseño y construcción de un sistema de alimentación eléctrico al instrumental y luces de un vehículo potenciado por el uso de paneles solares en un vehículo convencional,» Quito, 2016.
- [27] Energias Renovables, «Tipos de paneles fotovoltaicos,» 25 Noviembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>.
- [28] Smartbitt, «Panel Policristalino,» Energia solar, [En línea]. Available: http://energiasolar.smartbitt.com/downloads/panel_policristalino.pdf#:~:text=Panel%20Policristalino%20Un%20panel%20solar%20policristalino%20est%C3%A1%20hecho,S e%20caracterizan%20por%20un%20color%20azul%20m%C3%A1s%20intenso..
- [29] J. Jeri y G. Sacha, «Proyecto de factibilidad en el uso de paneles solares como generacion fotovoltaica para suministro de electricidad en ambientes ENAMM,» Callao, 2017.
- [30] L. E. Bellota, «Proceso de generación de energía eléctrica a partir de energía solar para uso industrial caso: planta de secado de mineral no metálico,» Arequipa, 2018.
- [31] D. Yucra, «Implementación de suministro de electricidad con recursos energéticos renovables en áreas no conectadas a red en el departamento de Amazonas, uso de TIC'S,» Arequipa, 2019.
- [32] . C. Orbegozo y . R. Arivilca, «Energía Solar Fotovoltaica,» [En línea].
- [33] efi market.com, «Batería monoblock plomo-ácido abierta U-Power 12V 165Ah,» [En línea]. Available: <https://www.efimarket.com/bateria-monoblock-plomo-acido-abierta-12v-250ah-15536>.

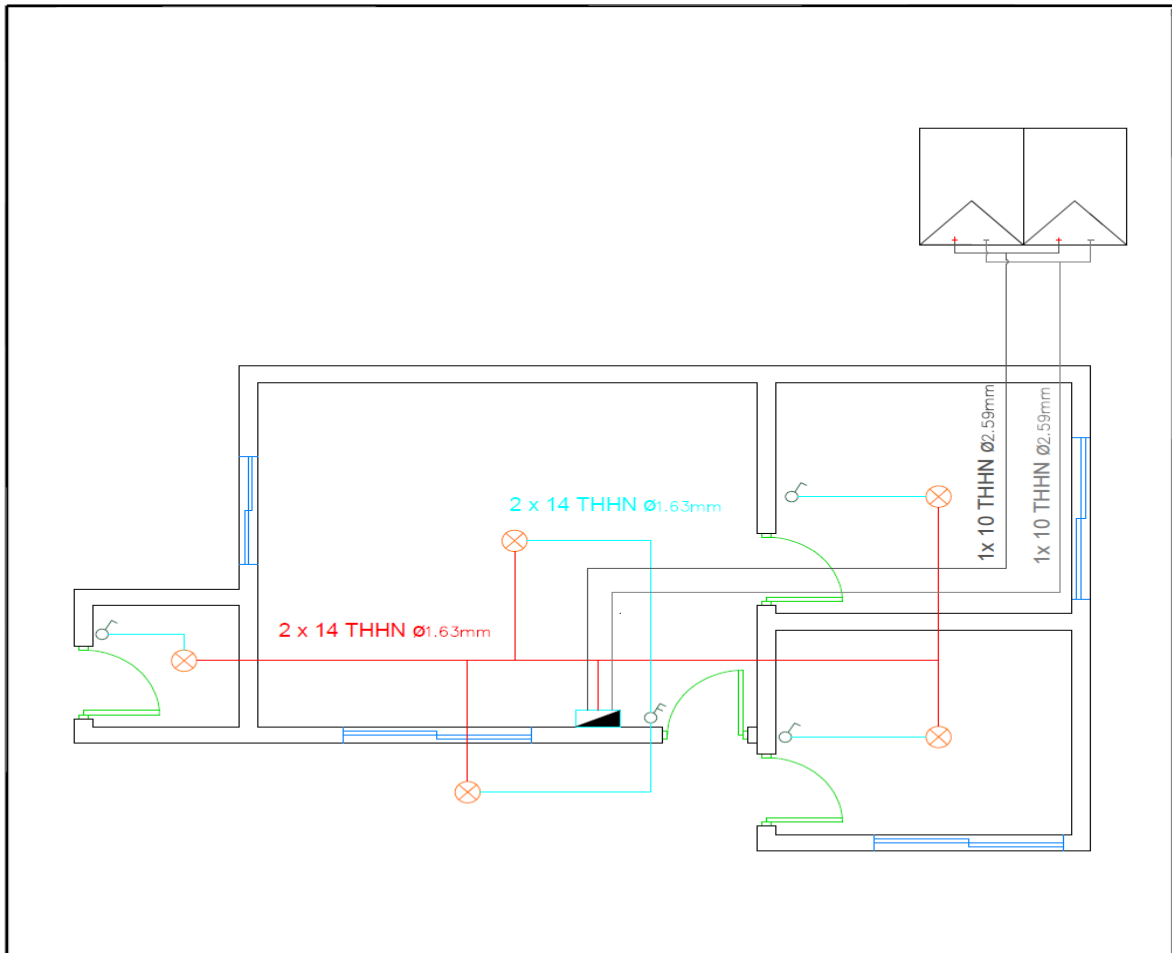
- [34] Damia Solar, «Batería monoblock plomo-ácido abierta U-Power 12V 165Ah,» 20 Septiembre 2015. [En línea]. Available: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/ventajas-baterias-de-gel_1.
- [35] Solger Energy, «REGULADOR DE CARGA. QUÉ ES, CÓMO ELEGIRLO Y TIPOS,» [En línea]. Available: <https://www.solgerenergy.es/blog/regulador-de-carga-que-es-tipos/>.
- [36] Area tecnología, «Inversor de corriente,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/imagenes/inversor-fotovoltaico.jpg>.
- [37] O. Ortega, «Procedimiento técnico para la implementación de microcentrales eléctricas,» Quito, 2013.
- [38] F. Cando y J. Yugsi, «Determinación del potencial fotovoltaico en la ciudad de Latacunga sector San Martín barrio San José para el diseño de un sistema de generación fotovoltaico,» Latacunga, 2018.

10. ANEXOS





PLANO		UTC	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		
OFICINA			DIS. AUTORES		
REFERENCIA GEOGRAFICA	FECHA 10-12-2022	ESCALA 1÷1	DIB. AUTORES		
DIMENSIONES DE LA VIVIENDA		1-1			

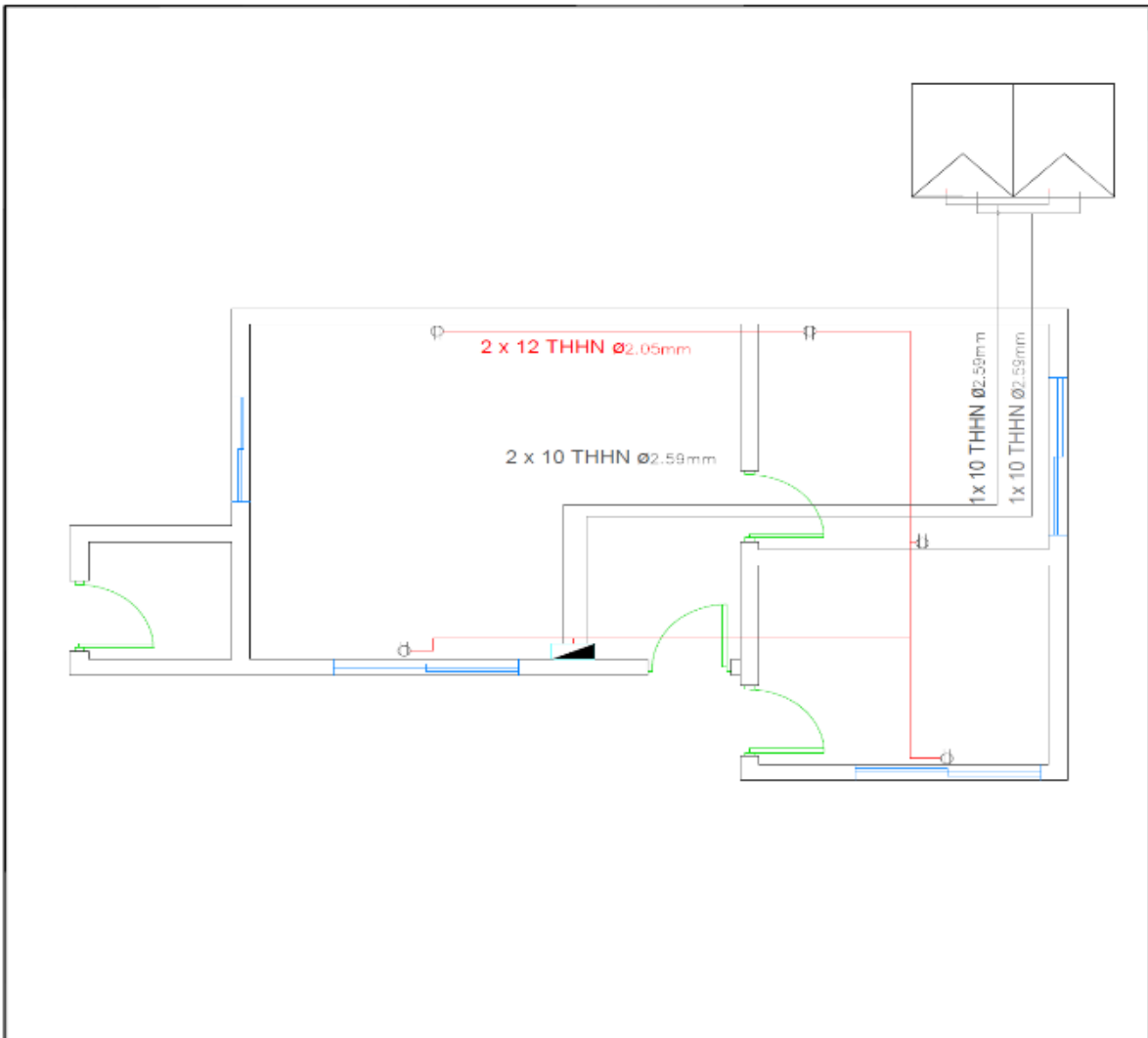


Simbología Eléctrica	
	Panel Solar Policristalino
	Punto de Luz en el techo
	Interruptor Simple de 10A - 120V
	Interruptor Doble de 10A - 120V
	Gabinete con los elementos del sistema fotovoltaico

PLANO		UTC	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
OFICINA			DIS. AUTORES	
REFERENCIA GEOGRAFICA	FECHA	ESCALA	DIB. AUTORES	
	10-12-2022	1 ÷ 1	REV. MSc.CRISTIAN GALLARDO	
CIRCUITO DE ILUMINACIÓN		1-1		

Anexo D. Plano del circuito de tomas de corriente

Figura 1/1



Simbología Eléctrica	
	Panel Solar Policristalino
	Toma de corriente de usos varios F+N+T de 16A - 120V
	Gabinete con los elementos del sistema fotovoltaico

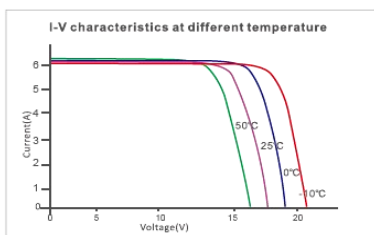
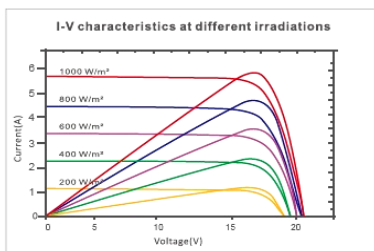
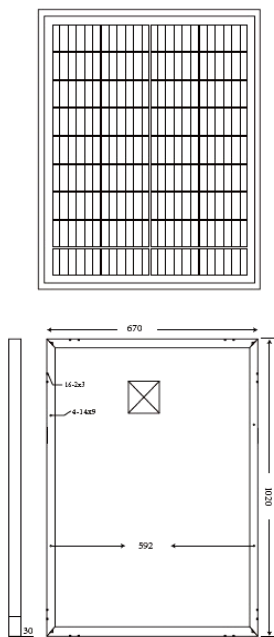
PLANO		UTC	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
OFICINA			DIS. AUTORES		
REFERENCIA GEOGRAFICA	FECHA 10-12-2022	ESCALA 1÷1	DIB. AUTORES		
CIRCUITO DE TOMACORRIENTES		1-1			

RSM110P



GLOBAL PROFESSIONAL PV PRODUCTS INTEGRATED SOLUTIONS SUPPLIER

Dimension of PV Modules Unit: mm



A: No. 15 Fuzhuang Avenue, Wuzhong District, Suzhou, Jiangsu Chian, 21500
 F: +86512-66292101 T: +86 512-66293858
 W: www.resunsolar.com E: info@resunsolar.com

ELECTRICAL DATA(STC)

Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	110W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	21.88V
Short Circuit Current-Isc(A)	6.26A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	17.90V
Maximum Power Current-Imp(A)	5.88A
Module Efficiency (%)	16.0%

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

ELECTRICAL DATA(NOCT)

Maximum Power-Pmax (Wp)	73.9W
Open Circuit Voltage-Voc (V)	20.6V
Short Circuit Current-Isc (A)	4.99A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	16.98V
Maximum Power Current-Imp(A)	4.60A

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Poly-crystalline 156.75x91mm	5 Bus bars
Cell configuration	36 cells(4x9)	
Module dimensions	1020x670x30 mm	
Weight	7KGS	
Front Cover	3.2mm Tempered Glass	
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy	
J-BOX	IP65 or IP67, 6 Diodes	
Cable	4mm2(IEC)/12AWG(UL),900mm	
Connectors	MC4 or MC4 Comparable	
Standard Packaging	4pcs/suite box	

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V(IEC)/600V(UL)
Max Series Fuse Rating	10A
Limiting Reverse Current	10A

PACKAGING CONFIGURATION

	40HQ	20GP
Number of modules per container	2184pcs	1120pcs
Package	4pcs/suite box	4pcs/suite box
Package Weight	30kg/suite box	30kg/suite box
Package Number	546suite boxes	280suite boxes
Package Dimension	1040*690*170mm/suite box	1220*560*170mm/suite box



Sunbright Power Co.,LTD.

6-GFM(G)-100Ah Gel Battery Specification

We are an ISO9001 certified organization. And the products are approved by CE & UL. The nominal voltage of this series is 12V. And the capacity ranges from 33Ah to 250Ah. Their typical applications include: emergency lighting systems, electricity power supply systems, communication systems, UPS systems, starting systems, solar systems etc.

Battery Construction

Component	Material
Positive plate	Lead dioxide
Negative plate	Lead
Container	ABS
Cover	ABS
Safety valve	Rubber
Terminal	Copper
Electrolyte	Gelled acid

General Features

- Maintenance free
- Convenient for installation
- Safety and no leakage
- Excellent recharge and discharge performance
- Low self-discharge rate, charge each standby 6 months, temperature 25°C
- Adapt to high or low temperature
- Good deep discharge performance
- Longer cycle life
- UL approval

Performance Characteristics

1.Dimension and weight

Length	330mm
Width	173mm
Height	217mm
Total Height	222mm
Reference Weight	30.8kg

5.Charge Method: constant-voltage charging at 25°C (77° F)

Cyclic use	14.4~14.9V
Maximum charging current	25A
Temperature Compensation	-30mV/°C
Float Use	13.6~13.8V
Temperature Compensation	-20mV/°C

2.Functional Parameter

Rated Voltage	12V
Numbers of cells	6 Cells
Designed Life	10~12 Years

6.Environment Temperature Requirements

Discharge Temperature	-20~60°C
Charge Temperature	0~50°C
Storage Temperature	-20~60°C

3.Rated Capacity at 25°C (77° F)

10 hr rate (0.1C, 10.8V)	100Ah
3 hr rate (0.25C, 10.8V)	74.6Ah
1 hr rate (0.55C, 10.5V)	56.8Ah

7.Inner Resistance&Max. Discharge Current

A fully charged battery at 25°C (77° F)	5mΩ
Max. Discharge Current	1500A (5s)
Short Circuit Current	5000A

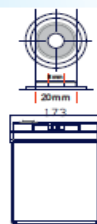
4.Capacity affected by Temperature (10hour rate)

40°C (104° F)	103%
25°C (77° F)	100%
0°C (32° F)	85%
-15°C (5° F)	65%

8.Self-discharge

3% Of the capacity per month at 25°C (77° F)	
Capacity after 3 month storage	91%
Capacity after 6 month storage	82%
Capacity after 12 month storage	64%

Dimensions (mm)



3D Model Review



Constant-current discharge parameter Unit: A (25°C)

F.V/Time	20min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	6h	8h	10h	20h
1.80V/cell	109.49	83.84	63.16	52.88	32.88	24.86	17.40	14.58	11.64	10.00	5.42
1.75V/cell	123.05	92.20	68.25	56.61	34.92	26.21	18.08	15.03	11.98	10.17	5.54
1.70V/cell	132.54	98.76	72.43	59.89	36.95	27.34	18.64	15.59	12.32	10.43	5.60
1.65V/cell	137.97	102.60	75.03	62.15	37.97	28.14	18.98	15.82	12.54	10.55	5.66
1.60V/cell	149.49	109.83	80.56	65.99	39.44	29.27	19.66	16.27	12.77	10.77	5.74

Constant-current discharge parameter Unit: W (25°C)

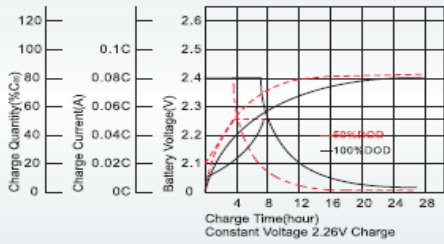
F.V/Time	20min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	6h	8h	10h	20h
1.80V/cell	206.78	160.00	121.47	102.49	63.95	48.47	34.24	28.70	23.05	19.89	10.81
1.75V/cell	229.83	174.46	130.40	109.04	67.57	51.07	35.48	29.72	23.73	20.23	11.02
1.70V/cell	244.97	185.20	137.51	114.80	71.30	52.99	36.50	30.62	24.41	20.68	11.14
1.65V/cell	252.09	190.40	141.36	118.42	72.77	54.46	37.06	31.07	24.75	20.90	11.24
1.60V/cell	270.17	201.92	150.73	125.08	75.37	56.38	38.19	31.75	25.08	21.36	11.41



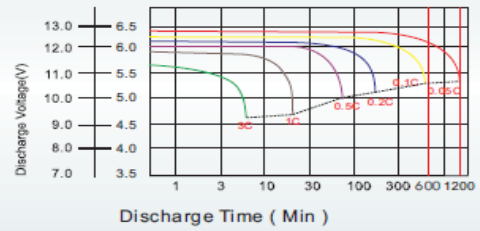
Sunbright Power Co.,LTD.

6-GFM(G)-100Ah Gel Battery Specification

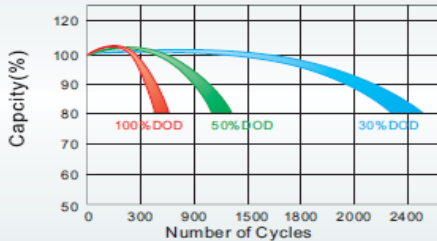
Charge Characteristics for Float Use @ 25°C/77°F



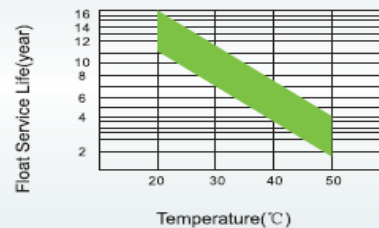
Discharge Characteristics at Various Rates @ 25°C/77°F



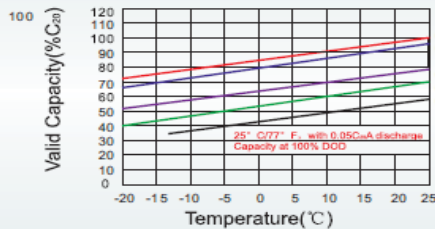
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



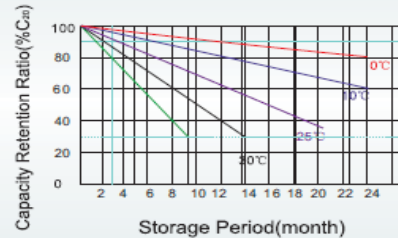
Float Service Life



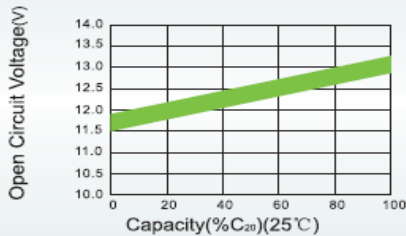
Temperature and Valid Capacity



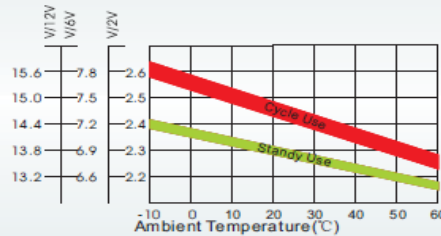
Self Discharge Characteristics



Capacity and Open Circuit Voltage



Relationship between Charging Voltage and Temperature



SUNBRIGHT POWER CO.,LTD.

ADD: No.18, Keji Road, Science & Technology Industry Zone, Ninghai, Zhejiang, China, 315600

Tel: +86-574-88111982 Fax: +86-574-56655050

E-mail: sale@sbb-battery.com

Http://www.sbb-battery.com



MH25469

CN0203328

ZONHAN TW500 PURE SINEWAVE INVERTER



INPUT/OUTPUT INTRODUCTION

Signal indicator

Green light: normal operation
Red light: failure indication

USB output

Direct current output mode 1A/5V

Power switch

I: ON turn on (start working)
O: OFF turn off (stop working)

Alternating current output

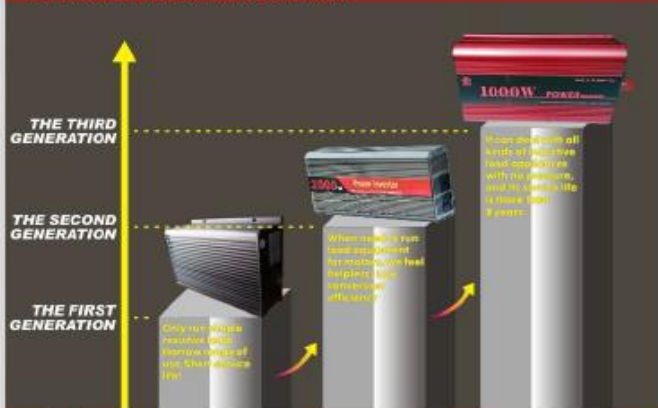
The socket model is chose by users: 12V/24V/48V switch into 110V/220V ($\pm 10\%$)



SIX PROTECTION FUNCTIONS



OLD AND NEW PERFORMANCE CONTRAST



Características técnicas del inversor

Figura 2/2

Model : TW-500		TW-500-12V	TW-500-24V	TW-500-48V
AC Output	Continuous power:	500W		
	Surge power:	1000W		
		120%<load<load<load		
	150%<load<load<load			
	Output Waveform	Pure Sine Wave (THD < 3%)		
	Output Frequency	50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Optional)		
AC Output Voltage	100~120VAC / 200~240VAC (Optional)			
DC Input	DC Input Voltage	12V DC	24V DC	48V DC
	Voltage Range	10.8V-15.5V	21.6V-31V	43.2V-62V
	Low Voltage Alarm	10.8V± 0.2V	21.6V±0.4V	43.2V±0.8V
	Low Voltage Shut down	10.2V±0.2V	20.4V±0.4V	40.8V±0.8V
	Over Voltage Shut down	15.5V±0.2V	31V±0.4V	62V±0.8V
Converting Max. Efficiency		90% (Full Loading) / 95% (1/3 Loading)		
Protection	No Load Consumption	<0.4A	<0.2A	<0.1A
	Over Thermal:	Shut Off Output Automatically, Temperature >75°C		
	Short circuit protection:	Reverse Polarity (External Fuse)		
	Cooling Fan automatically run	Temperature ≥45°C		
Environment	Working temperature	-10°C~+50°C		
	Working humidity	20%~90% RH Non-Condensing		
	Storage Temperature Range	-30°C~+70°C		
LED Indicator Light		Inverter, Fault		
Packing	Inner Box Dimensions (mm)	315*195*135mm		6 pcs /Carton
	Inner Box Weight (kg)	2.5kg		
	Carton Dimensions (mm)	420*340*460 mm		
	Carton Weight (kg)	15 kg		



Controlador de carga solar EcoPulse™

El EcoPulse es un regulador de carga solar con modulación de la magnitud del impulso (PWM) perteneciente a la gama de productos Morningstar Essentials™, que ofrece funciones esenciales de regulación autónoma de la batería. Este controlador es fácil de usar y se ha diseñado para aplicaciones de consumo domésticas y recreativas.* Las versiones con y sin medidor de este producto se venden con corrientes máximas de carga de 10, 20 o 30 amperios para sistemas de batería de 12 o 24 voltios.



versión con medidor



versión sin medidor



Uso residencial



Electrificación rural



Embarcaciones



Autocaravanas

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS PRINCIPALES

- **Total confianza:** placa de circuito con revestimiento conformado y terminales resistentes a la corrosión.
- **Diseño térmico robusto:** el disipador de calor de aluminio extruido reduce rápidamente la temperatura sin utilizar ventiladores de refrigeración.
- **Carcasa duradera:** fabricada con policarbonato de alta resistencia.
- **Indicadores de errores LED:** avisan cuando se produce un cortocircuito, una sobrecorriente, un sobrevoltaje u otra condición de error.
- **Control de iluminación solar automático:** ajuste de anochecer hasta amanecer ajustable en terreno.
- **Ajustes de carga personalizables:** es posible elegir entre siete configuraciones predeterminadas y una personalizable a través de los interruptores DIP o los botones de la pantalla del medidor.
- **Control de carga personalizable:** es posible ajustar el control de carga en la pantalla del medidor.
- **Medidor opcional:** interfaz multilingüe con botones de deslizamiento para el ajuste de la configuración y la muestra de mediciones.



*El EcoPulse no se ha certificado según los códigos eléctricos de EE, UU, y Canadá.



Seis versiones: **EC-10:** 10 A sin medidor **EC-20:** 20 A sin medidor **EC-30:** 30 A sin medidor
EC-10M: 10 A con medidor **EC-20M:** 20 A con medidor **EC-30M:** 30 A con medidor

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Eléctricas

- Voltaje de la batería nominal: detección automática de 12 V o 24 V.
- Rango del voltaje de la batería: 10 V-35 V.
- Precisión del voltaje: <= 0,1% +/- 50 mV.
- Corriente máxima de la batería: 10 A, 20 A o 30 A.
- Voltaje máximo del circuito abierto solar FV: 60V.
- Corriente de carga nominal: 10 A o 30 A.
- Autoconsumo: < 15 mA; < 20mA (medidor).
- Indicadores LED: (1) estado, (3) nivel de carga de la batería.
- Protector de sobretensión transitoria: 1500 W (solar, batería, carga).

Ambientales

- Temperatura de funcionamiento: -40 °C a +45 °C.
- Temperatura de almacenaje: -40 °C a +80 °C.
- Humedad: 100% sin condensación.
- Tropicalización: revestimiento de conformación, terminales con clasificación marina.

Mecánicas

- Dimensiones (anch. x alt. x prof.):
15,3 x 10,5 x 5,5 cm; 6,0 x 4,1 x 2,2 pulgadas.
- Peso: 0,4 kg/1 lb.
- Rango de tamaño de cable:
Terminales de potencia: 2,5 mm²-16 mm²/14-6 AWG.
Detección de batería/temp.: 0,25 mm²-1,0 mm²/24-16 AWG.
- Carcasa: IP20, tipo 1.

Protecciones electrónicas

- Entrada solar: sobrecarga, cortocircuito, sobrevoltaje, polaridad inversa, sobretemperatura, corriente inversa por la noche.
- Gasto de carga: sobrecarga, cortocircuito, sobretemperatura, polaridad inversa.
- Batería: polaridad inversa (sin extraer la batería).

Carga de batería

- Carga en 4 etapas: en masa, absorción, flotación, equalización.
- Coeficiente de compensación de temperatura: -30mV/°C/12 voltios.
- Puntos de ajuste: absorción, flotación, equalización, HVD.

Control de carga e iluminación

- Ajustes de desconexión y reconexión a bajo voltaje: 11,4 V/12,6 V o personalizado (x2 para sistemas de 24 V).
- Ajustes de iluminación: anochecer hasta amanecer.

Accesorios

- Sensor de temperatura remoto (STR).

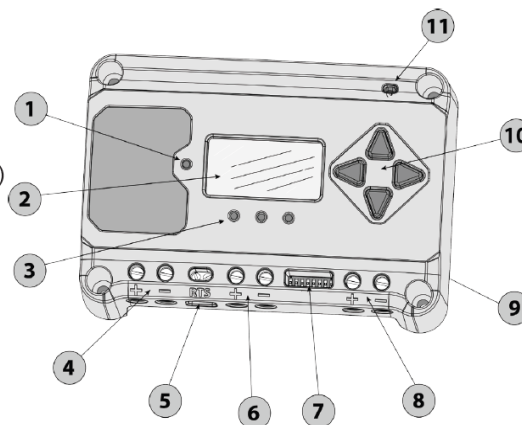
Medidor

- Resolución: 128 x 64 píxeles.
- Área de visualización: 5,0 cm x 2,5 cm.
- Interactivo: sí.

Certificaciones

- Certificaciones CE y TÜV: IEC 62109.

- 1 - LED de estado de carga/error
- 2 - Pantalla del medidor (opcional)
- 3 - Indicadores LED de nivel de la batería/error
- 4 - Terminales positivo y negativo solares
- 5 - Terminales del sensor de temperatura remoto (STR)
- 6 - Terminales positivo y negativo de la batería
- 7 - Interruptores DIP
- 8 - Terminales positivo y negativo de carga
- 9 - Disipador de calor
- 10 - Botones direccionales del medidor
- 11 - Sensor de temperatura local



GARANTÍA: período de dos años de garantía. Póngase en contacto con Morningstar o su distribuidor autorizado para conocer las condiciones completas.

Revisión: 04/2017.ES
 N.º de control MS-002068
 Copyright 2017
 www.morningstarcorp.com