



## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

### **FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**

**Tema:**

---

Sistema Fotovoltaico para proveer energía eléctrica al GAD Parroquial de Curaray en la Provincia de Pastaza.

---

Proyecto trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Fuentes de energías alternativas.

AUTOR: John David Chicaiza Catupamba

PROFESOR REVISOR: Ing. Santiago Altamirano, Mg.

Ambato – Ecuador

Enero 2016

## **APROBACION DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del Proyecto de Investigación sobre el tema:

**“SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA PROVEER ENERGÍA ELÉCTRICA AL GAD PARROQUIAL DE CURARAY EN LA PROVINCIA DE PASTAZA”** del señor: Chicaiza Catupamba John David, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los tramites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato enero, 2016

EL TUTOR

---

Ing. Santiago Altamirano, Mg

## **AUTORIA**

El presente Proyecto de Investigación Titulado “**SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA PROVEER ENERGÍA ELÉCTRICA AL GAD PARROQUIAL DE CURARAY EN LA PROVINCIA DE PASTAZA**”. Es absolutamente original, autentico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato enero, 2016

---

John David Chicaiza Catupamba

CC. 1600383499

## **DERECHOS DEL AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato enero, 2016

---

John David Chicaiza Catupamba

CC. 1600383499

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. , e Ing. , revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Graduación Titulado **“SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA PROVEER ENERGÍA ELÉCTRICA AL GAD PARROQUIAL DE CURARAY EN LA PROVINCIA DE PASTAZA”** presentado por el señor John David Chicaiza Catupamba de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. José Vicente Morales Lozada, Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Ing. Santiago Manzano, Mg.  
DOCENTE CALIFICADOR

---

Ing. Rubén Nogales, Mg.  
DOCENTE CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios por ser la fuente de mi conocimiento y el promotor de mi fuerza de cada día para levantar y seguir.

A mis padres Julio Cesar Chicaiza y Dolores Magdalena Catupamba, por ser mis ejemplos a seguir, por enseñar a tener la capacidad y voluntad de lograr todo lo que me proponga.

A mi hermana Johanna Milena Chicaiza, por ser mi apoyo diario para lograr este acometido.

A todos mis docentes que supieron impartirme sus enseñanzas, que fueron pilar fundamental para lograr esta meta.

Y finalmente a mis amigos, por ser parte en apoyo de muchas maneras para haber culminado esta carrera.

John David Chicaiza Catupamba

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a Dios por cada día de vida y permitirme gozar de buena salud.

A todas aquellas personas que fueron parte de mi vida durante toda la carrea estudiantil, que de alguna manera supieron ser parte de apoyo en cada momento.

A mis padres por todo el apoyo incondicional brindado durante toda la carrera universitaria, a la Sra. Beatriz Moya (+) que fue más que una amiga, un apoyo incondicional para poder haber logrado este reto estudiantil.

Al Ing. Santiago Altamirano Mg, por la paciencia, el apoyo brindado y por todas sus enseñanzas para poder realizar este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por haberme sabido abrir las puertas para lograr obtener un logro más de mi vida.

John David Chicaiza Catupamba

## Índice General

APROBACION DEL TUTOR.....	ii
AUTORIA.....	iii
DERECHOS DEL AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
INTRODUCCION .....	xi
CAPÍTULO I.....	12
EL PROBLEMA .....	12
1.1 Tema de investigación.....	12
1.2 Planteamiento del problema .....	12
1.3 Delimitación.....	13
1.4 Justificación.....	14
1.5 Objetivos.....	14
1.5.1 Objetivo general .....	14
1.5.2 Objetivo específico.....	14
CAPÍTULO II .....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Antecedentes investigativos.....	15
2.2 Fundamentación teórica.....	16
2.2.1. Energía Renovable .....	16
2.2.2. Radiación solar .....	20
2.3 Propuesta de solución .....	22
CAPÍTULO III.....	23
METODOLOGÍA .....	23



3.1	Modalidad de la Investigación.....	23
3.2	Población o muestra.....	23
3.3	Recolección de Información.....	24
3.4	Procesamiento y análisis de datos.....	24
3.5	Desarrollo del proyecto.....	24
CAPÍTULO IV.....		25
DESARROLLO DEL PROYECTO .....		25
4.1	Revisión del mapa solar provincial y los datos de radiación solar de Curaray.....	25
4.1.1.	Atlas Solar del Ecuador.....	25
4.1.2.	Datos de Radiación Solar .....	28
4.2	Análisis del impacto ambiental de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos.....	30
4.2.1.	Factor ambiental climatológico.....	30
4.2.2.	Factor ambiental geológico.....	31
4.2.3.	Factor ambiental terrestre (suelo).....	31
4.2.4.	Ruido y Aguas superficiales y subterráneas.....	31
4.2.5.	Flora – Fauna y paisaje.....	32
4.3	Estudio de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados.....	32
4.4	Diseño del sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray.....	34
4.4.1.	Determinación de las cargas de corriente continua y corriente alterna.....	35
4.4.2.	Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado utilizando Software.....	39
4.4.3.	Dimensionamiento de los paneles FV.....	49
4.4.4.	Dimensionamiento del banco de baterías.....	51
4.4.5.	Dimensionamiento del inversor.....	54
4.4.6.	Dimensionamiento del regulador .....	55

4.4.7. Comparativa de resultados .....	56
4.4.8. Diagrama de ubicación y conexión del sistema .....	57
4.5 Análisis de las características de los componentes para el sistema fotovoltaico. ....	64
4.5.1. Paneles/módulos solares.....	64
4.5.2. Regulador/controlador.....	65
4.5.3. Inversores .....	65
4.5.4. Baterías.....	66
4.6 Selección de equipos y estimación del presupuesto. ....	66
4.6.1. Selección del Panel solar.....	67
4.6.2. Selección de las baterías.....	67
4.6.3. Selección del inversor .....	68
4.6.4. Selección del regulador .....	68
4.6.5. Presupuesto estimado .....	69
4.7 Construcción del prototipo. ....	70
4.7.1. Dimensionamiento del prototipo de sistema solar .....	71
4.7.2. Selección de equipos para la construcción del prototipo .....	76
4.7.3. Construcción/implementación del prototipo .....	79
4.7.4. Presupuesto.....	83
4.8 Pruebas de funcionamiento.....	85
CAPÍTULO V .....	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1 Conclusiones.....	90
5.2 Recomendaciones .....	92
Bibliografía .....	93
ANEXO I .....	96

ANEXO II.....	98
ANEXO III.....	100
ANEXO IV.....	102
ANEXO V.....	104
ANEXO VI.....	108

## Índice de figuras

Fig. 2.1 Esquema básico de una instalación solar térmica de baja temperatura. . .	18
Fig. 2.2 Esquema de un sistema fotovoltaico.....	19
Fig. 2.3 Radiación solar .....	21
Fig. 2.4 Mapa de radiación solar mundial.....	22
Fig. 4.1 Mapa Solar del Ecuador. Insolación Global Promedio.....	26
Fig. 4.2 Insolación Global Promedio Pastaza – Curaray .....	28
Fig. 4.3 Datos de radiación solar por mes.....	29
Fig. 4.4 Esquema de una instalación aislada.....	34
Fig. 4.5 Inclinación y orientación a) hemisferio norte b) hemisferio sur.....	38
Fig. 4.6 Ángulos de azimut de paneles solares .....	38
Fig. 4.7 Pantalla de inicio del programa PVsyst 6.39 .....	40
Fig. 4.8 Ventana para la opción de sistema aislado .....	41
Fig. 4.9 Ubicación y estación meteorológica .....	42
Fig. 4.10 Lugar del proyecto .....	42
Fig. 4.11 Datos de radiación del lugar .....	43
Fig. 4.12 Orientación de los paneles .....	43
Fig. 4.13 Consumo diario de energía .....	44
Fig. 4.14 Ventana de sistema para dimensionamiento.....	45
Fig. 4.15 Capacidad de baterías .....	46
Fig. 4.16 Selección del regulador.....	47
Fig. 4.17 Parámetros de simulación. ....	48
Fig. 4.18 Ventana de resultados y obtención del informe final. ....	48
Fig. 4.19 Grafica de distancia mínima entre paneles solares .....	57
Fig. 4.20 Espacio total entre las dos filas de paneles solares en serie.....	59
Fig. 4.21 Espacio total entre los cinco paneles solares en paralelo.....	59
Fig. 4.22 Ubicación de paneles solares y equipos en la terraza del GAD Parroquial de Curaray .....	60
Fig. 4.23 Diagrama de conexión de paneles solares .....	61
Fig. 4.24 Diagrama de conexión de banco de baterías.....	62

Fig. 4.25 Diagrama de conexión del regulador de carga hacia el inversor .....	63
Fig. 4.26 Panel Solar Monocristalino SIMAX 190-24 .....	67
Fig. 4.27 Batería ULTRACELL UCG 150-12 GEL .....	68
Fig. 4.28 Inversor POWERSTART 2000W/48V .....	68
Fig. 4.29 Controlador de carga Morningstar Tristar 45A .....	69
Fig. 4.30 Panel solar de 60W .....	77
Fig. 4.31 Batería a) vista frontal b) vista superior.....	77
Fig. 4.32 Vista superior del inversor .....	78
Fig. 4.33 a) vista frontal b) vista trasera.....	78
Fig. 4.34 Regulador de 20A .....	79
Fig. 4.35 Caja de terminales de conexión del panel y conexiones realizadas.....	79
Fig. 4.36 a) Entradas de conexión para panel en el regulador b) Conexión panel – regulador .....	80
Fig. 4.37 a) Entradas de conexión para la batería en el regulador b) Conexión regulador – batería.....	80
Fig. 4.38 a) terminales de conexión batería – inversor b) salida de AC c) conexión batería – inversor.....	81
Fig. 4.39 Soporte para panel y equipos del prototipo .....	82
Fig. 4.40 a) Vista lateral de la estructura b) Vista frontal de la estructura.....	82
Fig. 4.41 Medida de voltaje de entrada del panel hacia el regulador.....	85
Fig. 4.42 Medición de salida del regulador a la batería .....	86
Fig. 4.43 Medida de la tensión en la batería .....	86
Fig. 4.44 Medida de la tensión de salida del inversor en el cortapicos.....	87
Fig. 4.45 Estructura arma a) lado izquierdo b) lado derecho c) lado frontal .....	87
Fig. 4.46 Conexión de los dos focos de 20W y portátil .....	88
Fig. 4.47 a) Medición de la inclinación del panel b) Captura de pantalla en móvil .....	88
Fig. 4.48 Pruebas de funcionamiento en la portátil.....	89
Fig. 4.49 Pruebas de funcionamiento de cada uno de los focos.....	89

## Índice de Tablas

Tabla 2.1 Aplicaciones de la Energía Solar Térmica.....	19
Tabla 4.1 Coordenadas Geográficas de Curaray .....	27
Tabla 4.2 Consumo diaria para el GAD Parroquial de Curaray .....	35
Tabla 4.3 Ángulos de inclinación para sistemas fijos .....	37
Tabla 4.4 Tensión nominal de trabajo vs. Potencia demandada por las cargas ....	39
Tabla 4.5 Potencias instaladas en AC .....	54
Tabla 4.6 Comparativa de resultados .....	56
Tabla 4.7 Características de Paneles solares .....	64
Tabla 4.8 Características de reguladores/controladores.....	65
Tabla 4.9 Características de Inversores.....	65
Tabla 4.10 Características de Baterías .....	66
Tabla 4.11 Estimación del presupuesto de equipos .....	70
Tabla 4.12 Consumo de energía para el diseño del prototipo.....	71
Tabla 4.13 Datos del panel solar .....	72
Tabla 4.14 Datos de batería.....	73
Tabla 4.15 Total de potencias de AC .....	75
Tabla 4.16 Presupuesto para adquisición de equipos.....	83
Tabla 4.17 Presupuesto para estructura de soporte de equipos.....	84

## **RESUMEN**

En el presente proyecto de investigación se realiza el diseño de un sistema solar fotovoltaico estándar para el suministro de energía eléctrica en las instalaciones del GAD Parroquial de Curaray en la Provincia de Pastaza, teniendo en cuenta los equipos y condiciones de operación requeridas para cubrir la demanda de consumo de energía diario. En el proyecto se realizó la revisión tanto del mapa solar del sitio de interés como de los datos de radiación solar obtenidos en el sitio web de la NASA, procediendo con la estimación de la demanda de consumo de energía diario de las instalaciones del GAD Parroquial para posteriormente realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico empleando ecuaciones matemáticas y el uso del software PVsyst 6.39 para validar los resultados obtenidos mediante las ecuaciones. Finalmente se presentó los resultados obtenidos tanto del software como de las ecuaciones respecto al dimensionamiento del sistema, y de igual manera el presupuesto estimado para la adquisición de los equipos necesarios.

Palabras claves: fotovoltaico, radiación, panel, regulador.

## **ABSTRACT**

In the present project of investigation is done the design of a standard photovoltaic system for the supply of electricity at the offices of GAD Parroquial de Curaray in the Province of Pastaza, given equipment and operating conditions required to meet demand daily energy consumption. The draft review of both the solar Sitemap attractions include solar radiation data obtained on the website of NASA, proceeding with the estimated demand of daily energy intake facilities was conducted for GAD Parish then perform the dimensioning of the photovoltaic system using mathematical equations and using the software PVSYST 6.39 to validate the results obtained by the equations. Finally the results of both the software and equations about the sizing of the system were introduced, and the estimated budget for the purchase of necessary equipment.

Key words: photovoltaic, radiation, panel, regulator.



## INTRODUCCION

El sol es una fuente inagotable de energía, es por eso que el desarrollo de proyectos de energía solar en forma controlada para generación eléctrica, ha permitido el desarrollo de sistemas completos de transformación, almacenamiento y distribución. El interés general por la energía solar ha incrementado en los últimos años, pues se trata de la más atractiva de las fuentes energéticas alternativas del futuro, no solo por ser limpia y gratuita, sino por su abundancia y su carácter inagotable a escala humana. La energía solar puede ser aprovechada de diversos modos, pero la del interés dentro del presente proyecto, es utilizar la energía solar para generar electricidad destinada al consumo en el GAD Parroquial de Curaray donde no se cuenta con redes de tendido eléctrico por el difícil acceso terrestre, para lo cual se acude al uso y aplicación de energías renovables, por tal razón se desarrolló el presente proyecto de investigación.

En el capítulo uno del documento, se detalla el planteamiento del problema donde se da una introducción para el estudio y desarrollo del diseño del sistema fotovoltaico.

En el capítulo dos se detallan todos los aspectos en referencia a información teórica y aspectos técnicos que abarcan a las energías renovables como son: fuentes, funcionamientos, tipos, equipos etc.

En el tercer capítulo se analizaron las metodologías que se utilizaron para el desarrollo del proyecto, la recolección de datos y procesamiento de los mismos.

Dentro del capítulo cuatro se desarrolló actividades la propuesta donde se detallan los cálculos del dimensionamiento del sistema, diseño del mismo y equipos necesarios para su correcto funcionamiento.

Por último en el capítulo cinco se tiene las conclusiones y recomendaciones del proyecto con los que se finaliza la investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Tema de investigación.**

“Sistema fotovoltaico para proveer energía eléctrica al GAD Parroquial de Curaray en la provincia de Pastaza”.

### **1.2 Planteamiento del problema**

A nivel mundial el consumo de energía eléctrica, continuara incrementándose con el pasar de los años, en uno de los últimos informes del Consejo Mundial de Energía (WEC) del 2013 incluyen escenarios en los cuales se estima que la demanda mundial de energía primaria aumente entre un 27% y 61 % para el año 2050 [1]. Es por ello que a nivel mundial se empezó a utilizar energías alternativas como un medio de generación de energía y suministro de electricidad. El impacto sobre el medio ambiente que presenta los sistemas solares, es mínima, lo cual da una gran factibilidad para el desarrollo de proyectos en las zonas rurales y parroquias del interior, ya que cualquier instalación de este tipo posee mayor durabilidad y un bajo mantenimiento.

En el Ecuador existen entidades gubernamentales que se encargan de controlar y velar por el ofrecimiento del servicio eléctrico a nivel nacional, tales como son el ARCONEL (CONELEC) y el MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGIA RENOVABLE, pero a su vez no logran dar abastecimiento a todos los lugares del país, es decir, que aún hay cantones o parroquias donde el tendido eléctrico no se hace presente, por tal motivo no cuentan con el servicio de energía eléctrica, sectores donde no se ha logrado aún llegar primordialmente por el difícil acceso al lugar. Se conoce que el sector o región donde más se presenta esta problemática de ausencia de tendido eléctrico, es en la región Amazónica [2].

Tal es el caso como en la provincia de Pastaza donde el difícil acceso por medio terrestre a la parroquia de Curaray, impide el poder implementar o tender una red de servicio eléctrico para poder abastecer a la misma. El Consejo Provincial cuenta con 5 GAD's Parroquiales las cuales no cuentan con servicio de energía eléctrica, por lo que tienen la necesidad de poder abastecer del servicio y dar funcionamiento a las oficinas de las respectivas parroquias.

### **1.3 Delimitación.**

#### **- Delimitación de contenidos**

**Área académica:** Física y Electrónica.

**Línea de investigación:** Sistemas Electrónicos.

**Sublíneas de investigación:** Fuentes de energías alternativas.

#### **- Delimitación Espacial.**

El proyecto se realizará en el GAD Parroquial de Curaray de la provincia de Pastaza.

#### **- Delimitación Temporal.**

El proyecto se lo desarrollará en un tiempo de 6 meses a partir de su aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

## **1.4 Justificación**

El desarrollo del presente proyecto es de gran importancia debido a la problemática que existe dentro de las edificaciones de los GAD's Parroquiales al interior de la provincia de Pastaza, ya que en cada una de ellas no cuentan con el servicio de energía eléctrica necesaria, siendo factible la utilización de energías alternativas para poder proporcionar la energía requerida para el consumo dentro de las oficinas y del servicio de Internet satelital.

La inminente necesidad de utilizar energías limpias, que beneficien a la naturaleza y que a la vez sean una alternativa viable que satisfaga el requerimiento del servicio eléctrico, hacen que el estudio, dimensionamiento e implementación a futuro de un Sistema fotovoltaico para proveer de energía eléctrica al GAD Parroquial de Curaray sea una solución a la creciente necesidad de energía.

El presente proyecto fomenta el desarrollo y estudio de tecnologías limpias y su integración en edificaciones para generar energía eléctrica y brindar solución a la principal problemática que es la falta de energía eléctrica en lugares inaccesibles para la red eléctrica nacional.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Construir un prototipo de sistema fotovoltaico para proveer de energía eléctrica al GAD Parroquial de Curaray en la provincia de Pastaza.

### **1.5.2 Objetivo específico**

- Analizar el mapa solar de la provincia y los datos de radiación solar en Curaray.
- Determinar los componentes que se requieren para el sistema fotovoltaico.
- Diseñar el sistema fotovoltaico bajo las normas técnicas y las características requeridas para el sistema fotovoltaico.
- Implementar el prototipo para generar energía eléctrica.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes investigativos**

- El proyecto del señor Néstor Ángel Bejarano Bejarano cuyo objetivo es el de diseñar un sistema de generación eléctrica solar para iluminación, realizó un análisis del potencial de radiación solar general, la radiación solar recibida en la tierra y particularmente en Ecuador, realizó el dimensionamiento tradicional empleando ecuaciones matemáticas para el diseño del sistema fotovoltaico, además de determinar que la implementación de este proyecto ayudaría de manera importante al ahorro económico mensual y anual del consumo de electricidad convencional realizando un análisis económico – financiero. [3]
- La propuesta planteada por Vanessa Catalina Herrera Barros contempla el de diseñar un sistema eólico-fotovoltaico para el departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños; en el cual realizó el estudio de características, costos e instalación de los equipos, análisis de los requerimientos energéticos además de fomentar el uso de energías renovables limpias empleando el método tradicional matemático. [4]
- El señor Paúl Hernán Analuisa Jiménez plantea a la energía fotovoltaica como respaldo de energía eléctrica ante la gran problemática de los cortes de energía

frecuentes, para lo cual se propone el diseño energético de respaldo elaborando un estudio acerca de las celdas fotovoltaicas, periodos de funcionamiento, ventajas y configuración de los paneles, determinando el espacio necesario para a instalación de los mismo, dimensionando matemáticamente. [5]

- El trabajo realizado por la señorita Mónica Alejandra Chávez Guerrero es un proyecto enfocado a la factibilidad para el uso de paneles solares como generadores fotovoltaicos de electricidad. Se evaluó los requerimientos de consumo energético de una vivienda tipo “conjunto residencial”, se efectuó el estudio ambiental del proyecto para determinar su impacto, de igual manera recalcar que las fuentes renovables de energía son viables de utilizar en nuestro país. [6]

## **2.2 Fundamentación teórica**

### **2.2.1. Energía Renovable**

Denominamos energías renovables a las fuentes de energía que se obtienen de medios naturales, en teoría inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales [7] es decir se producen y/o renuevan de forma continua.

#### **Clasificación de energías renovables**

Las energías renovables se clasifican según la fuente natural de la que proceden en:

- **Energía Eólica:** Es la que se produce a través de la energía cinética del viento transformándola en electricidad, todo ello mediante los denominados aerogeneradores cuya agrupación conforman las centrales eólicas.
- **Energía Hidráulica:** La energía hidráulica es la que se obtiene a partir de las caídas de agua, artificiales o naturales. Típicamente se construye presas en los lugares con una combinación de gasto anual de agua y condiciones orográficas adecuadas. Estrictamente, también esta es una forma de energía derivada de la

energía solar, porque el Sol provee la fuerza impulsadora del ciclo hidrológico. Sin embargo, tradicionalmente se ha considerado como una forma de energía aparte. [8]

- **Energía geotérmica:** Aunque no se considera una energía renovable en sí, es una energía procedente del calor interior de la tierra, utilizado para su conversión en electricidad y para aprovechamientos térmicos.
- **Energía de Biomasa:** La biomasa es un combustible formado por materia orgánica renovable de origen vegetal resultante de procesos de transformación natural o artificial en residuos biodegradables o cultivos energéticos.
- **Energía Solar:** Es una de las energías renovables por excelencia y se basa en el aprovechamiento de la radiación solar que llega a la superficie terrestre y que posteriormente es transformada en electricidad o calor.

### **Procesos de conversión**

El aprovechamiento de la energía solar requiere de la utilización de dispositivos que capten la energía proveniente del sol y la transformen en otra forma de energía compatible con la demanda que se pretende satisfacer.

Existen dos alternativas posibles para realizar estas transformaciones: la transformación foto térmica y la conversión fotovoltaica. [9]

- **Energía solar térmica:** La energía solar térmica o energía termo solar consiste en el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor, que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica. Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales. [10]

## Aplicación de los sistemas solares térmicos.

Los sistemas solares térmicos se subdividen en tres tipos:

○ **Tecnologías de baja temperatura:** Los sistemas de baja temperatura son aquellos que consiguen temperaturas por debajo de los 80 °C. El calentamiento de fluidos, aire o agua, se consigue mediante el empleo de dispositivos llamados captadores solares, cuyo principio de funcionamiento es el llamado efecto invernadero; de tipo placa absorbidora, generalmente metálica y cubierta de pintura negra y deposición electrónica de características absorbentes.

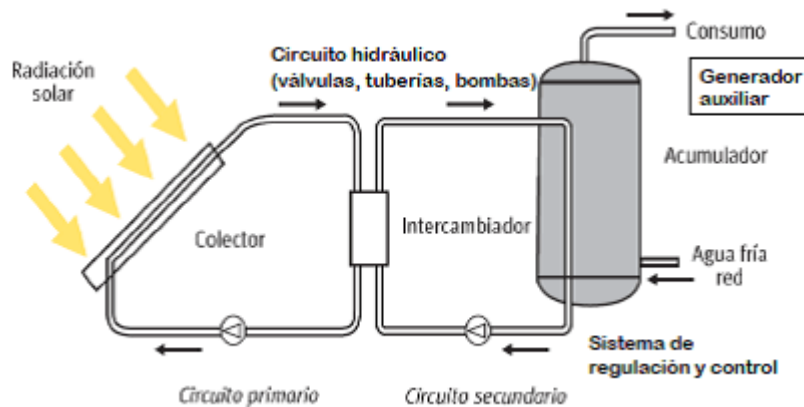


Fig. 2.1 Esquema básico de una instalación solar térmica de baja temperatura.

Fuente: Guía completa de la energía solar térmica y termoeléctrica. [8]

○ **Tecnologías de media temperatura:** Los sistemas de media temperatura son capaces de obtener temperaturas de hasta 250 °C. en estos casos es necesario emplear elementos de concentración de la radiación, que, a su vez, incorporen algún tipo de dispositivo de seguimiento solar.

○ **Tecnologías de alta temperatura:** Los sistemas térmicos de alta temperatura llegar a sobrepasar los 250 °C, estos absorben la radiación infrarroja del sol para generar energía térmica, de manera que el calor generado se puede emplear en generar vapor para producción eléctrica, o para otros usos. [11]

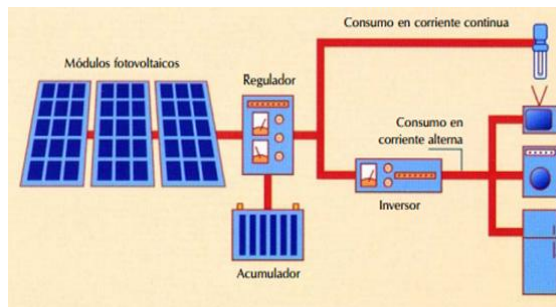


**Tabla 2.1** Aplicaciones de la Energía Solar Térmica

	<b>Baja Temperatura</b>	<b>Media Temperatura</b>	<b>Alta Temperatura</b>
<b>Industrial.</b>	Calentamiento de fluidos.	Producción de vapor. Calentamiento de fluidos. Refrigeración. Desalinización de aguas.	Producción de vapor.
<b>Domésticos y servicios.</b>	Agua caliente sanitaria. Calefacción. Climatización de piscinas.	Acondicionamiento de aire.	
<b>Agrícola.</b>	Invernaderos. Calentamiento de agua. Secaderos.		

**Fuente:** Informe Técnico-Divulgativo sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica. [12]

- **Energía solar fotovoltaica:** La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable (energía eléctrica – voltaica) obtenida directamente de los rayos del sol (foto-) gracias a la foto detección cuántica de un determinado dispositivo, normalmente una lámina metálica semiconductor llamada célula fotovoltaica, o una deposición de metales sobre un sustrato llamado capa fina. [10]



**Fig. 2.2** Esquema de un sistema fotovoltaico.

**Fuente:** Energía Solar. [13]

## **Elementos de un sistema solar fotovoltaico.**

Los sistemas fotovoltaicos constan de los siguientes equipos:

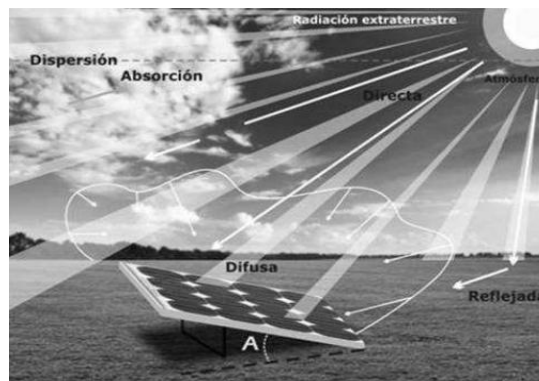
- **Celdas o células fotovoltaicas:** Son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los fotones inciden sobre ellos. Convierten la energía luminosa en energía eléctrica. Están formadas por células elaboradas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 V, utilizando como materia prima la radiación solar.
  
- **Baterías:** Almacenan la electricidad generada por las celdas fotovoltaicas para poder utilizarla, por ejemplo, en horas en que la energía consumida es superior a la generada por los módulos o bien por la noche.
  
- **Reguladores de carga:** Controla el proceso de carga y descarga de las baterías, evitando sobrecargas y descargas profundas y alargando así la vida útil de las baterías.
  
- **Inversores:** Transforman la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), que es la que se utiliza de forma habitual en nuestros hogares. Si los consumos fuesen en CC, se podría prescindir de los inversores. [14]

### **2.2.2. Radiación solar**

La radiación solar emitida por el sol, llega a la atmósfera de la Tierra considerablemente debilitada (aproximadamente 1360 vatios por metro cuadrado –  $W/m^2$ ), 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  $1000 W/m^2$ .

Se distingue 3 tipos de radiación solar en función de cómo inciden los rayos del sol sobre la Tierra.

- **Directa:** Es la recibida desde el Sol sin que se desvíe de su paso por la atmósfera.
- **Difusa:** Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debido a la reflexión y difusión en la atmósfera.
- **Reflejada o albedo:** Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas. [15]



**Fig. 2.3** Radiación solar

**Fuente:** Radiación solar y su aprovechamiento energético. [15]

### Medición de la radiación solar

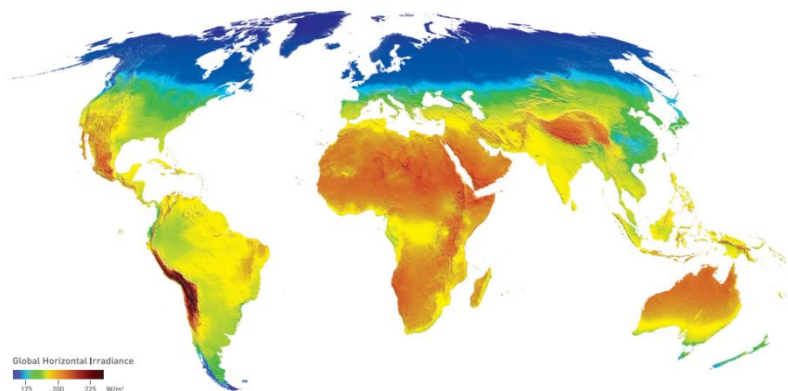
Existen instrumentos y métodos para determinar la cantidad de energía que llega a una superficie, entre ellos:

- **Piranómetro o polarímetro:** Medidor de radiación total basado en la exposición a la radiación solar de una lámina metálica con una superficie reflectante y junto a ella otra superficie absorbente. Consta de un sensor colocado bajo una cubierta semiesférica.
- **Pirheliómetro o actinómetro:** Mide solamente la radiación solar directa; en esencia es un Piranómetro que se ha situado en el fondo de un tubo que está recubierto interiormente con una pintura absorbente, proporciona medidas correctas cuando está enfocado directamente al Sol.

- **Heliógrafo:** Utilizado para medir la insolación, que es el número de horas de sol brillante que se producen a lo largo del día. El más utilizado es el de Campbell – Stockes o de bola puesto que consiste en una bola de cristal transparente interpuesta entre el Solar y una banda semicircular de papel sensible a la luz.
- **Heliofanógrafo:** Aparato que registra de manera gráfica la duración del brillo solar. Constituida por un lente esférico que realiza quemaduras en una faja de papel debido a la radiación recibida en forma directa e instalada a un metro cincuenta de altura. [16]

### Mapa solar

Suelen ser interpolaciones espaciales de valores de radiación solar obtenidos en un periodo temporal de 10 años como mínimo. Permiten analizar y planificar el potencial energético solar de un territorio, muestran la tendencia general de la cantidad de radiación solar en una zona concreta. [17]



**Fig. 2.4** Mapa de radiación solar mundial  
**Fuente:** Radiación solar mundial. [18]

### 2.3 Propuesta de solución

Diseñar el sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray en la provincia de Pastaza con el objetivo de proveer energía eléctrica a sus instalaciones y dar un correcto funcionamiento de los equipos computacionales destinado para el Internet Satelital.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Modalidad de la Investigación**

El presente proyecto refleja investigación aplicada puesto que se parte de una situación problemática que requiere ser intervenida y mejorada, para lo cual se planteó la propuesta de solución, que se desarrollara utilizando:

La investigación bibliográfica, que contribuirá con los conceptos y las teorías para cumplir con las necesidades de profundizar e incluso de actualizar los conceptos adquiridos para poder llegar a contrastar diferentes criterios, teorías de varios autores sobre el tema propuesto en la investigación.

Para la investigación de ciertas características técnicas y físicas en el área de las energías renovables se utilizará la investigación de campo, ya que es necesaria para el estudio de posicionamiento de los equipos de captación como de transformación de la energía y realizar la observación del sitio para la colocación de equipos y demás.

#### **3.2 Población o muestra**

Debido a las características y desarrollo del proyecto presentado no es necesario determinar una población o muestra.

### **3.3 Recolección de Información**

Para realizar este proyecto todos los datos y la información se recolectará de libros, páginas electrónicas, tesis, publicaciones acerca del tema de investigación e informes publicados por parte de instituciones gubernamentales tales como el CONELEC, CIE e INER que son las encargadas de velar con respecto a las energías renovables dentro de nuestro país.

### **3.4 Procesamiento y análisis de datos**

Para el desarrollo del presente se realizará el análisis de diversos proyectos ya en funcionamiento, la metodología utilizada, los niveles de radiación del sector en donde se va a desarrollar el proyecto y los equipos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

Los datos obtenidos serán analizados para el diseño del sistema y lograr obtener el objetivo que es el de brindar energía eléctrica para el GAD parroquial de Curaray en la provincia de Pastaza.

### **3.5 Desarrollo del proyecto**

1. Revisión del mapa solar provincial y los datos de radiación solar de Curaray.
2. Análisis del impacto ambiental de la instalación de un sistema fotovoltaico.
3. Estudio de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados.
4. Diseño del sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray.
5. Análisis de las características de los componentes para el sistema fotovoltaico.
6. Selección de los componentes acorde a las características necesarias para el sistema fotovoltaico y estimación del presupuesto.
7. Construcción del prototipo.
8. Pruebas de funcionamiento.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

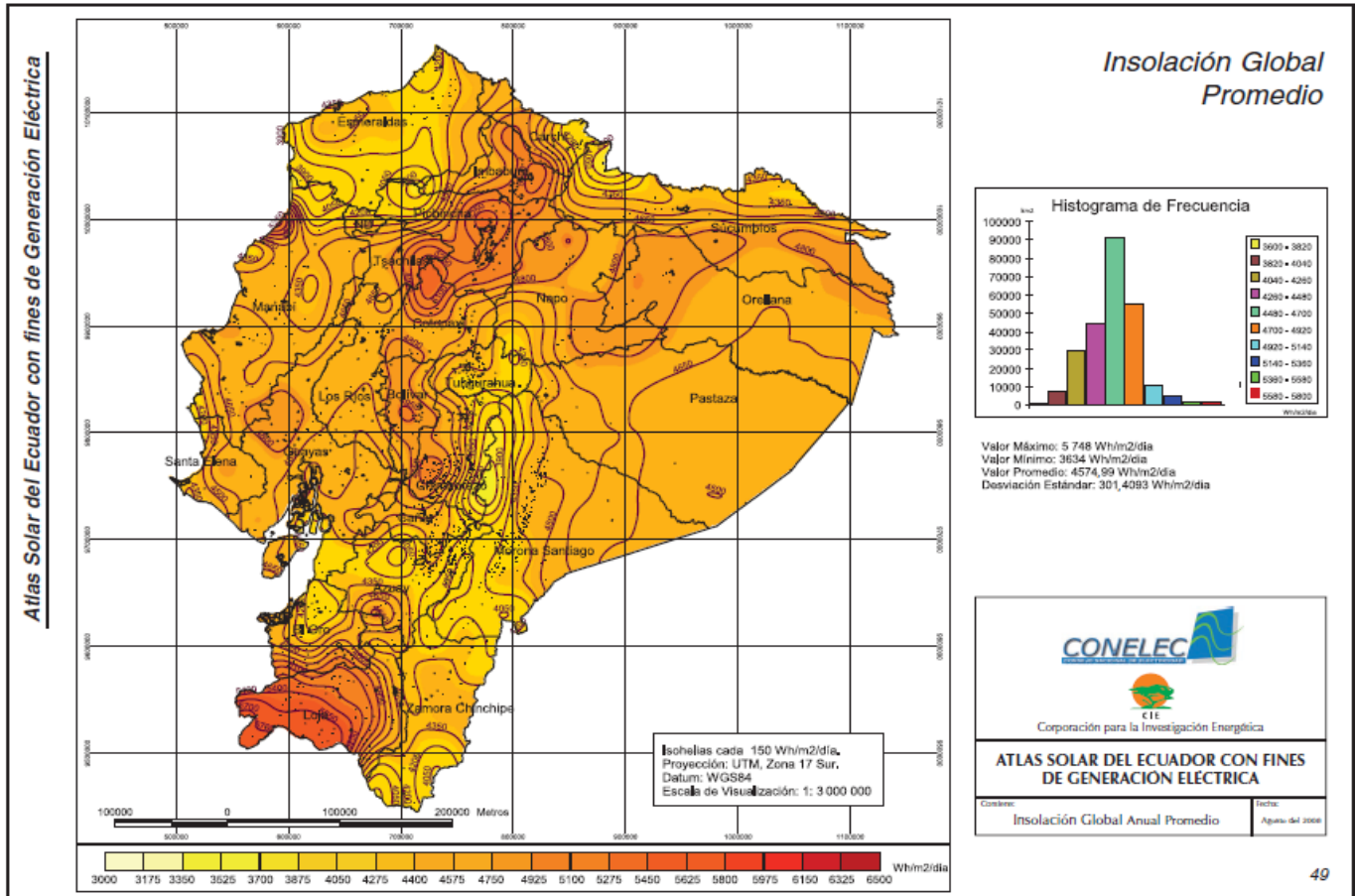
#### **4.1 Revisión del mapa solar provincial y los datos de radiación solar de Curaray.**

##### **4.1.1. Atlas Solar del Ecuador**

Se procedió a realizar un análisis de los mapas de insolación y datos de radiación solar para determinar los niveles en la parroquia Curaray. Gracias a ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad), entidad gubernamental que tiene por misión “Regular y Controlar los servicios públicos de suministro de energía eléctrica y de alumbrado público general, en beneficio de la ciudadanía Ecuatoriana, promoviendo su prestación con alta calidad, precios justos y responsabilidad socio – ambiental” [19], se realizó la revisión del mapa solar de la Provincia de Pastaza, lugar donde se encuentra localizada la parroquia de Curaray, gracias a que en la página web de dicha entidad se encuentra el archivo titulado “ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA”, documento que fue de gran aporte pues en el mismo hay el mapa solar del país, del cual se tomó el mapa de Insolación Global promedio para el presente análisis.

- **Insolación Global Promedio**

En la Figura 4.3 se representa los niveles de Insolación Global Promedio Anual medido en Wh/m<sup>2</sup>/día.



**Fig. 4.1** Mapa Solar del Ecuador. Insolación Global Promedio  
**Fuente:** Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica [20]

De la Figura anterior, gracias al histograma de frecuencias, se deduce que en el territorio ecuatoriano se recibe un promedio de 4,5kWh/m<sup>2</sup>/día de irradiación solar.

Para el presente proyecto se necesita conocer la irradiación solar presente en la parroquia Curaray, en la provincia de Pastaza



## **Insolación solar en Curaray – Pastaza**

El presente proyecto se desarrolló en la parroquia Curaray de la provincia de Pastaza, por lo que se realizó la superposición de imágenes de los mapas de la insolación en dicha provincia sobre el Mapa de Pastaza en Google Earth para tener más clara la ubicación geográfica de la Parroquia Curaray y poder determinar los niveles de insolación en dicha zona, lo cual es de interés para el desarrollo de este proyecto.

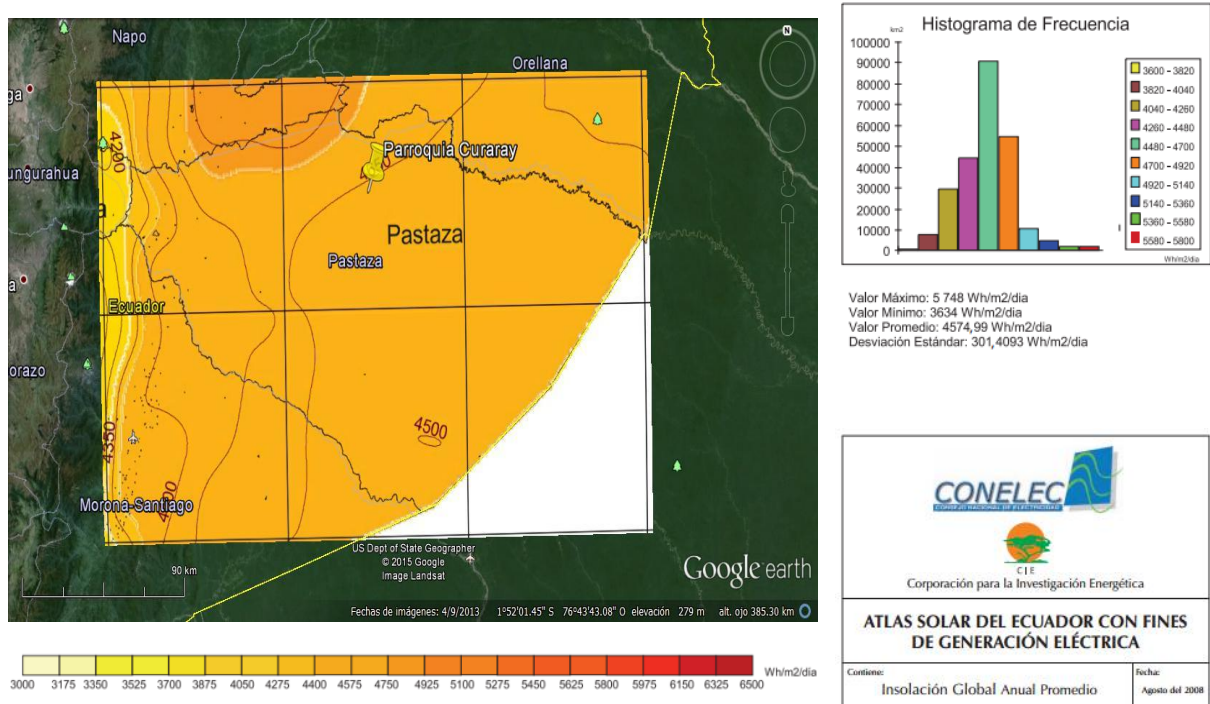
**Tabla 4.1** Coordenadas Geográficas de Curaray

<b>LUGAR</b>	Parroquia Curaray
<b>UBICACIÓN</b>	Pastaza – Ecuador
<b>COORDENADAS</b>	<b>Grados Decimales:</b> <b>Latitud:</b> - 1.3682792 <b>Longitud:</b> - 76.9440225 <b>Grados – Minutos – Segundos:</b> <b>Latitud:</b> S 1°22'5.805" <b>Longitud:</b> O 76°56'38.481"

**Fuente:** Autor

- **Insolación Global Promedio en Curaray – Pastaza.**

En la Figura 4.2 se presenta la superposición del mapa de Insolación Global Promedio Anual sobre el mapa de la provincia de Pastaza con la respectiva ubicación geográfica de la parroquia Curaray para poder determinar el nivel de irradiación sobre la misma.



**Fig. 4.2** Insolación Global Promedio Pastaza – Curaray  
**Fuente:** Autor

En base a la leyenda de colores que se encuentra bajo el mapa, se determinó los niveles aproximados de Insolación Global Promedio en el sector provincial y parroquial de nuestro interés, obteniendo como resultado una Insolación Global Promedio Anual de un rango entre 4575 y 4750 Wh/m<sup>2</sup>/día.

#### 4.1.2. Datos de Radiación Solar

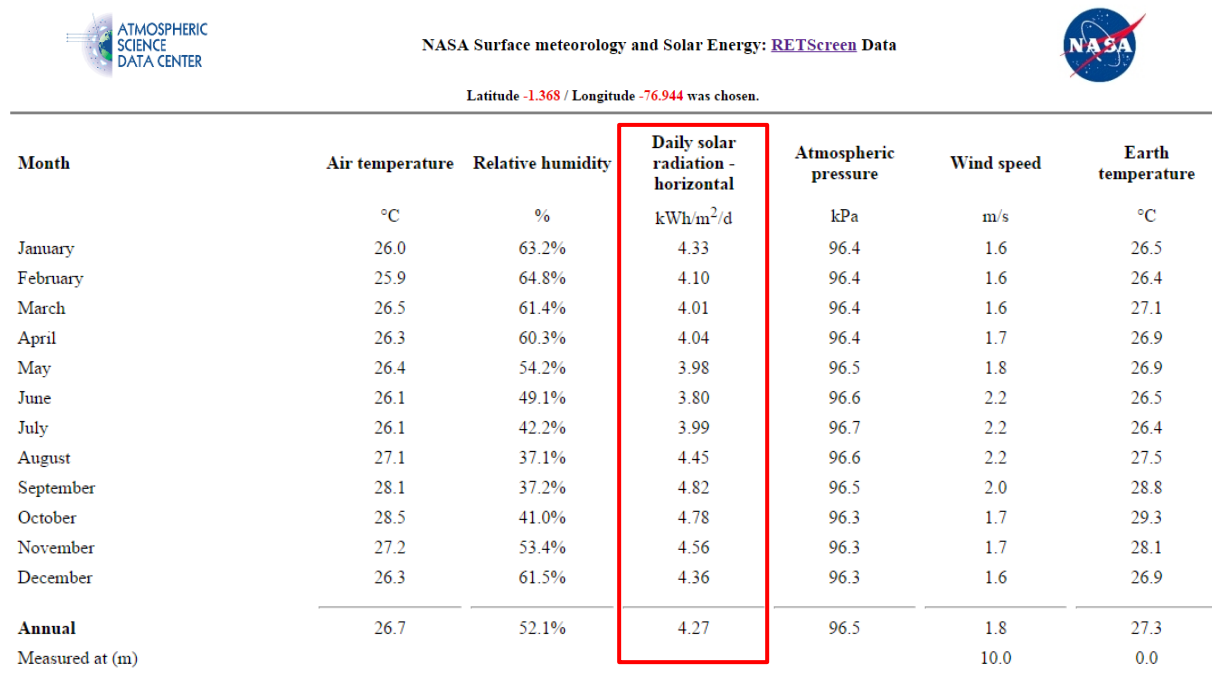
En los mapas presentados por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable en el documento “ATLA SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACION ELECTRICA – Agosto 2008” se determina los datos aproximados de insolación solar en la zona mediante los niveles de colores que se presentan. Pero no basta con tener un aproximado de los datos necesarios de la zona para determinar que es factible desarrollar un sistema fotovoltaico en la parroquia Curaray, por lo tanto se investigó la manera de obtener datos de

radiación solar en la parroquia sin tener la necesidad de trasladarnos hacia la parroquia y tener que realizar las mediciones manualmente.

Existe un sitio web de recursos de energía renovable patrocinado por el Programa de Ciencias Aplicadas de la NASA la cual tiene una aplicación On-line que permite obtener tablas de datos de radiación solar para una localización particular. (ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER [21] – CENTRO DE DATOS DE CIENCIA ATMOSFÉRICA), que además de los datos de radiación solar diario, también da datos como humedad relativa, velocidad del viento, etc.

El sitio web nos pide las coordenadas en Grados Decimales (G.D.) o Grados Minutos Segundos (G.M.S.) de la localización (Tabla 4.1).

Una vez ingresados los datos requeridos, se obtiene la siguiente gráfica:



ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER      NASA Surface meteorology and Solar Energy: [RETScreen Data](#)      NASA

Latitude **-1.368** / Longitude **-76.944** was chosen.

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C
January	26.0	63.2%	4.33	96.4	1.6	26.5
February	25.9	64.8%	4.10	96.4	1.6	26.4
March	26.5	61.4%	4.01	96.4	1.6	27.1
April	26.3	60.3%	4.04	96.4	1.7	26.9
May	26.4	54.2%	3.98	96.5	1.8	26.9
June	26.1	49.1%	3.80	96.6	2.2	26.5
July	26.1	42.2%	3.99	96.7	2.2	26.4
August	27.1	37.1%	4.45	96.6	2.2	27.5
September	28.1	37.2%	4.82	96.5	2.0	28.8
October	28.5	41.0%	4.78	96.3	1.7	29.3
November	27.2	53.4%	4.56	96.3	1.7	28.1
December	26.3	61.5%	4.36	96.3	1.6	26.9
<b>Annual</b>	26.7	52.1%	4.27	96.5	1.8	27.3
Measured at (m)					10.0	0.0

**Fig. 4.3** Datos de radiación solar por mes  
**Fuente:** Atmospheric Science Data Center [22]

En la tabla anterior se observan los datos de radiación solar durante cada mes del año, con un promedio anual de 4.27 kWh/m<sup>2</sup>/día, a la vez se puede determinar el

mes con mayor radiación solar que es Septiembre con 4.82 kWh/m<sup>2</sup>/día y el mes con menor radiación solar que es Junio con 3.8 kWh/m<sup>2</sup>/día.

Los valores tanto de la revisión del atlas solar, como los obtenidos mediante la aplicación On-line, son aproximadamente cercanos.

Los niveles de radiación e insolación  $\geq$  a 4.000 Wh/m<sup>2</sup>/día (4kWh/m<sup>2</sup>/día), son considerados tecno-económicamente aprovechables, es decir, son niveles de potencial energético idóneos para desarrollar proyectos con fines de generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, por lo tanto en conclusión, el realizar un sistema fotovoltaico en la parroquia Curaray es factible.

## **4.2 Análisis del impacto ambiental de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos.**

Luego de haber determinado que la energía solar si es potencialmente factible de desarrollar en la parroquia Curaray, se analizó el posible impacto ambiental que podría ocasionar el instalar un sistema fotovoltaico y cuales factores ambientales serían los más afectados. La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable que contribuye al autoabastecimiento energético. Esta es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, etc.)

Los efectos de la energía solar fotovoltaica sobre los principales factores ambientales son los siguientes:

### **4.2.1. Factor ambiental climatológico.**

La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, razón por la cual no produce polución térmica ni emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que favorezcan al efecto invernadero y como consecuencia al calentamiento global, por lo tanto, el desarrollar un sistema

fotovoltaico no afecta el ambiente climatológico ni favorece a que aumente el efecto invernadero en Curaray.

#### **4.2.2. Factor ambiental geológico.**

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la naturaleza y del cual no se necesita cantidades tan significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, o estructurales del terreno de Curaray puesto que no se utiliza recursos naturales del sector para la fabricación de los paneles.

#### **4.2.3. Factor ambiental terrestre (suelo).**

Al no producirse contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de la tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosión es mínima, además el suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se puede integrar en los techos de viviendas o instituciones. Este proyecto al ser de mediana dimensión ocupa aproximadamente 15 m<sup>2</sup> (10 paneles) para la colocación de los paneles, los cuales pueden ser tanto en la terraza de la institución, o de ser el caso en terreno, lo cual no representa una cantidad significativa para producir daños/erosión en el medio.

#### **4.2.4. Ruido y Aguas superficiales y subterráneas.**

Los sistemas fotovoltaicos son totalmente silenciosos, lo que representa una clara ventaja frente a los aerogeneradores. No se produce alteraciones de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación de residuos o vertidos. Lo cual es favorable a este proyecto pues el sistema fotovoltaico no afectara de manera perjudicial a los ríos que existen en los alrededores de la parroquia Curaray.

#### **4.2.5. Flora – Fauna y paisaje.**

La repercusión sobre la fauna y flora es mínima en comparación a otras energías renovables, pues se desalojaría parte del suelo que se necesita para la colocación de los paneles de un sistema de dimensión media, en el caso de no poder integrarlos en techos de viviendas o instituciones. Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además al tratarse de sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas [23]. Por lo tanto el desarrollo de este proyecto no afecta a la vegetación ni mucho menos a los animales que merodean en el medio.

Los beneficios del uso de la energía solar son principalmente, cuidar el medio ambiente, puesto que no disminuye la calidad del suelo, aire y agua. Es evidente que ni siquiera las tecnologías poco contaminantes, como la fotovoltaica, están exentas de conllevar impactos al medio ambiente y encuentran dificultades de aceptación por parte de la población. Sin embargo, la magnitud y la significación de estos sistemas son claramente inferiores a los de otras tecnologías de producción de energía tradicional, lo cual dio como resultado un visto bueno para la factibilidad de desarrollar el presente proyecto.

#### **4.3 Estudio de las instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados.**

Las instalaciones fotovoltaicas aisladas son una forma de generar electricidad para un consumo al margen de la red eléctrica. La energía generada durante las horas de Sol se almacena en baterías o acumuladores, desde donde se inyecta en la red de consumo.

##### **Características y aplicaciones**

Son instalaciones que no se encuentran conectadas a la red general de distribución eléctrica. Su principal característica viene dada por su pequeña tamaño y por la necesidad de acumular energía producida, garantizado tanto como sea posible la disponibilidad de energía para su consumo. Su tamaño, por lo general es menor

que el de las instalaciones conectadas a la red, y la potencia no suele superar unos pocos kilovatios. Existen diversas aplicaciones para esta clase:

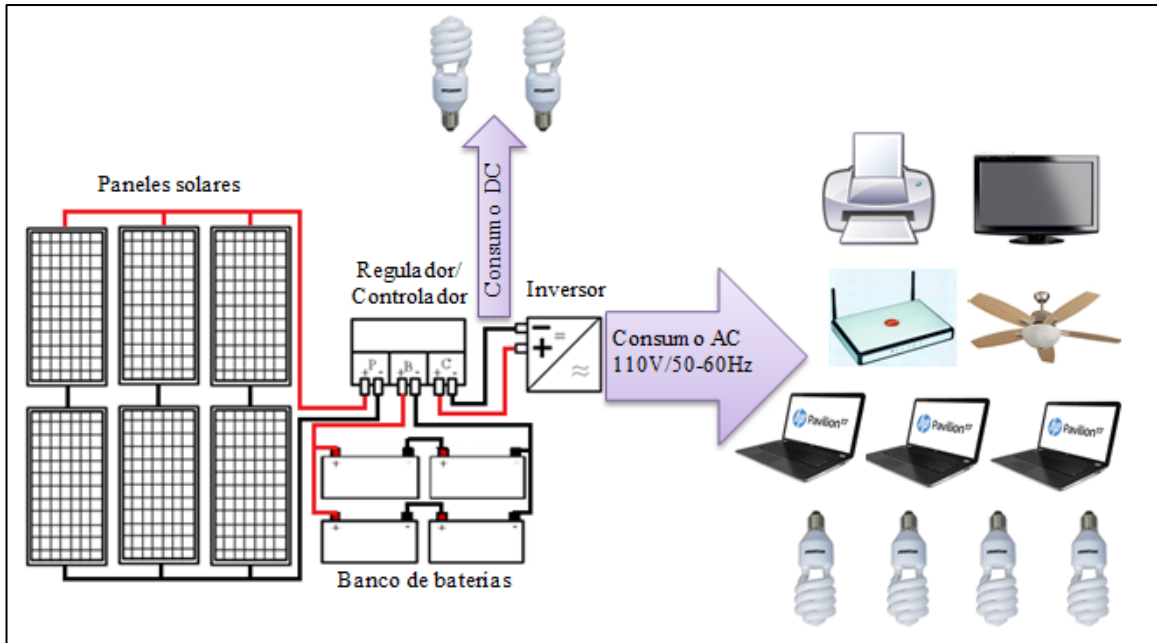
- Alumbrado público
- Consumo eléctrico de viviendas o edificios, especialmente en zonas rurales.
- Bombeo y tratamiento de aguas.
- Señalización en calles y carreteras.
- Aplicaciones de medición, cámaras de video, etc.
- Instalaciones agropecuarias alejadas de la red de distribución eléctrica.

### **Costes y beneficios**

Esta clase de instalaciones suelen desarrollarse en lugares en los que es difícil y/o costoso llevar la red de distribución al emplazamiento, además de poder tener en cuenta el ahorro de la factura eléctrica durante toda la vida útil de la instalación fotovoltaica. El sistema se suele dimensionar con una potencia instalada y una capacidad de acumulación suficientes para garantizar un suministro fiable.

### **Elementos y esquema de una instalación aislada.**

Los principales elementos de instalación son: los módulos fotovoltaicos/paneles solares, el cableado, el regulador, los acumuladores/baterías e inversor. Las baterías acumuladoras proporcionan energía eléctrica en forma de corriente continua. En ocasiones, esta se inyecta a la red de consumo directamente bajo esta forma; cuando la red precisa corriente alterna es necesaria la instalación de un dispositivo inversor.



**Fig. 4.4** Esquema de una instalación aislada  
Fuente: Autor

#### 4.4 Diseño del sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray.

El primer aspecto en considerar a la hora de realizar el diseño es el consumo racional de la energía. Para conocer cuanta energía eléctrica se requiere en el objetivo a electrificar, se deben tener en cuenta las características de los equipos a alimentar y el tiempo de empleo por parte del usuario del sistema. Es decir, se hace necesario conocer o estimar la corriente y la tensión o voltaje de trabajo de los equipos instalados y el número de horas diarias de trabajo, teniendo en cuenta las posibles ampliaciones que en el futuro se hagan en la instalación proyectada. Un sistema fotovoltaico (FV) puede abastecer a cualquier artefacto eléctrico.

Como segundo aspecto a tener en cuenta en el diseño y no de menos importancia esta la disponibilidad en el sitio de instalación de recurso solar. [20]



#### 4.4.1. Determinación de las cargas de corriente continua y corriente alterna.

Se determinó el consumo diario durante todo el año, para el GAD parroquial de Curaray.

**Tabla 4.2** Consumo diaria para el GAD Parroquial de Curaray

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad, C.</b>	<b>Potencia, P. (W)</b>	<b>Uso, U. (horas/día)</b>	<b>Energía, E. Wh/día (E=C*P*U)</b>
<b>Focos (DC)</b>	5	20 W	2 h	200 Wh/día
<b>Portátiles (AC)</b>	5	65 W	5 h	1625 Wh/día
<b>Impresora (AC)</b>	1	75 W	0.5 h	37.5 Wh/día
<b>UPS (AC)</b>	1	300 W	5 h	1500 Wh/día
<b>Switch 8 Puertos (AC)</b>	1	2.2 W	5 h	11 Wh/día
<b>Modem VSAT SkyEdge II (AC)</b>	1	13 W	5 h	65 Wh/día
<b>Televisor (AC)</b>	1	75 W	1 h	75 Wh/día
<b>Ventilador (AC)</b>	2	60	5 h	600 Wh/día
<b>Total</b>				<b>4113.5 Wh /día</b>

Fuente: Autor

A los datos de la tabla de consumos anterior, se le aplico un margen de seguridad recomendado del 20%, dado que todo sistema presenta perdidas.

Para lo cual se aplicó las siguientes expresiones:

$$E_{TDC} = 1.20 * \sum E_{DC}$$

$$E_{TAC} = 1.20 * \sum E_{AC}$$

Donde

$\sum E_{TDC}$  = Energía total de corriente directa

$\sum E_{DC}$  = Sumatoria total de Energía de Corriente Directa

$$\Sigma E_{DC} = 200 \text{ Wh/d}$$

$\Sigma E_{TAC}$  = Energía total de corriente alterna

$\Sigma E_{AC}$  = Sumatoria total de Energía de Corriente Alterna

$$\Sigma E_{AC} = 3913.5 \text{ Wh/d}$$

1.20 = Margen de Seguridad por posibles perdidas

$$E_{TDC} = 1.20 * \Sigma E_{DC}$$

$$E_{TAC} = 1.20 * \Sigma E_{AC}$$

$$E_{TDC} = 1.20 * 200 \text{ Wh/d}$$

$$E_{TAC} = 1.20 * 3913.5 \text{ Wh/d}$$

$$E_{TDC} = 240 \text{ Wh/d}$$

$$E_{TAC} = 4696.2 \text{ Wh/d}$$

Con lo cual se procedió a realizar el cálculo del consumo medio diario, considerando la siguiente expresión:

$$L_{MD} = \frac{E_{TDC} + \frac{E_{TAC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

Dónde:

$L_{MD}$  = Consumo medio diario

$n_{inv}$  = Eficiencia del inversor, 88%

$n_{bat}$  = Eficiencia de las baterías, 85%

$n_{con}$  = Eficiencia de los conductores, 100%

$$L_{MD} = \frac{240 + \frac{4696.2}{0.88}}{0.85 * 1} \text{ Wh/d}$$

$$L_{MD} = \frac{240 + 5336.59}{0.85} \text{ Wh/d}$$

$$\underline{\underline{L_{MD} = 6560.7 \text{ Wh/d}}}$$

- **Ubicación, inclinación y orientación de los paneles solares.**

Para la correcta ubicación de los paneles solares, siempre se deberá elegir un sitio despejado, es decir, que esté libre de objetos o árboles que puedan provocar sombras y lo más cerca al lugar donde se desea instalar el sistema (suministrar energía). Poder ser en parte de un terreno o lo más práctico, en las terrazas de edificios o techos de casas, si este se lo permite.

La inclinación, o **ángulo de inclinación ( $\beta$ )**, está definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal. Su valor es de  $\beta = 0^\circ$  para captadores horizontales y  $\beta = 90^\circ$  para captadores verticales.

**Tabla 4.3** Ángulos de inclinación para sistemas fijos

Latitud del lugar (en grados)	Ángulos de inclinación
0° a 15°	Entre 5° y 15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud más 5°
30° a 35°	Latitud más 10°
35° a 40°	Latitud más 15°
40° o más	Latitud más 20°

**Fuente:** Instalación de sistemas fotovoltaicos [24]

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

Donde;

$\beta_{opt}$  = Angulo de inclinación óptimo.

$(\infty) = 1.368^\circ$ , Latitud del lugar de la instalación fotovoltaica,  $1.368^\circ$

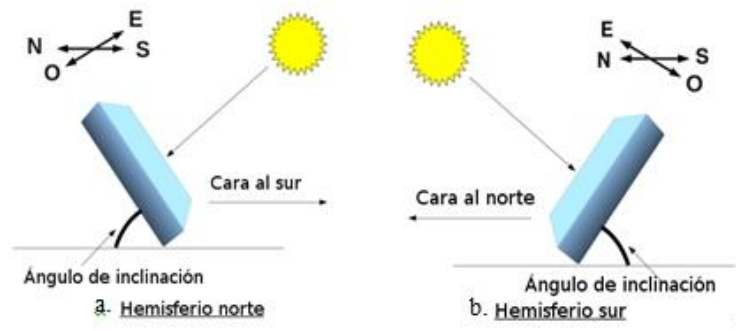
$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69(1.368^\circ)$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.95$$

$$\beta_{opt} = 4.65^\circ$$

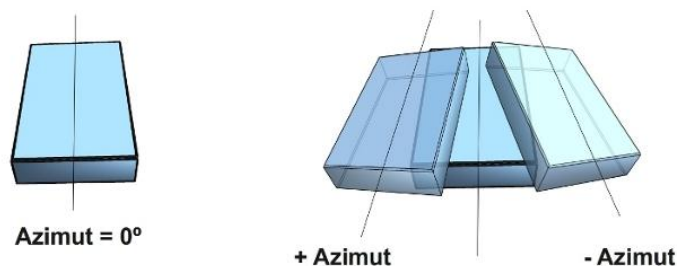
$$\beta_{opt} = 5^\circ$$

De igual manera con respecto a su orientación, se determina que si el panel está situado en el hemisferio sur, este se deberá orientar con cara hacia el norte, caso contrario, si el panel está situado en el hemisferio norte este se deberá orientar con cara hacia el sur.



**Fig. 4.5** Inclinación y orientación a) hemisferio norte b) hemisferio sur  
**Fuente:** Esquema de instalaciones de paneles solares [25]

También se tomara en cuenta el **ángulo de azimut ( $\alpha$ )**, que está definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar, es decir, el ángulo de giro en el sentido este – oeste. Sus valores más relevantes son  $\alpha = 0^\circ$  para captadores orientados al sur o norte horizontalmente,  $\alpha = -90^\circ$  para captadores orientados al Este y  $\alpha = 90^\circ$  para captadores orientados al Oeste.



**Fig. 4.6** Ángulos de azimut de paneles solares  
**Fuente:** Esquema de instalaciones de paneles solares [25]

- **Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico.**

Para poder determinar el nivel de tensión de trabajo del sistema fotovoltaico y por tanto de los paneles, se utilizó el criterio planteado en la siguiente tabla que relaciona la potencia demandada por las cargas con la tensión de trabajo.

**Tabla 4.4** Tensión nominal de trabajo vs. Potencia demandada por las cargas

<b>Tensión nominal de trabajo (V)</b>	<b>Potencia demanda por las cargas instaladas (W)</b>
12 V	Menor a 1500W
12V o 48V	De entre 1500W a 5000W
48V o 120V	Mayor a 5000W

**Fuente:** Instalaciones generadoras fotovoltaicas [26]

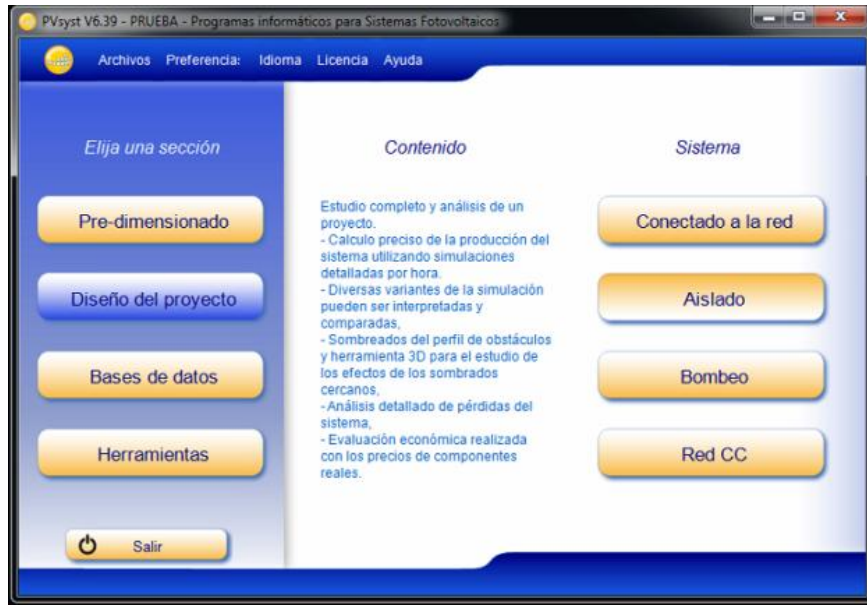
Dado que la potencia requerida es superior a los 5kW, se determinó que la tensión nominal de trabajo recomendado es de 48V.

#### **4.4.2. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado utilizando Software.**

Previo al desarrollo de los cálculos del sistema fotovoltaico aplicando ecuaciones matemáticas, se utilizó el software PVSYS para el dimensionamiento del mismo, PVSYS es una herramienta que sirve para desarrollar instalaciones fotovoltaicas que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos. Este software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibe en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica. [27]

En la Figura 4.7 se observa la pantalla de inicio del programa PVsyst 6.39, en la cual se detalla las opciones a elegir dentro de las secciones: Pre-dimensionado, Diseño del Proyecto, Bases de Datos, Herramientas.

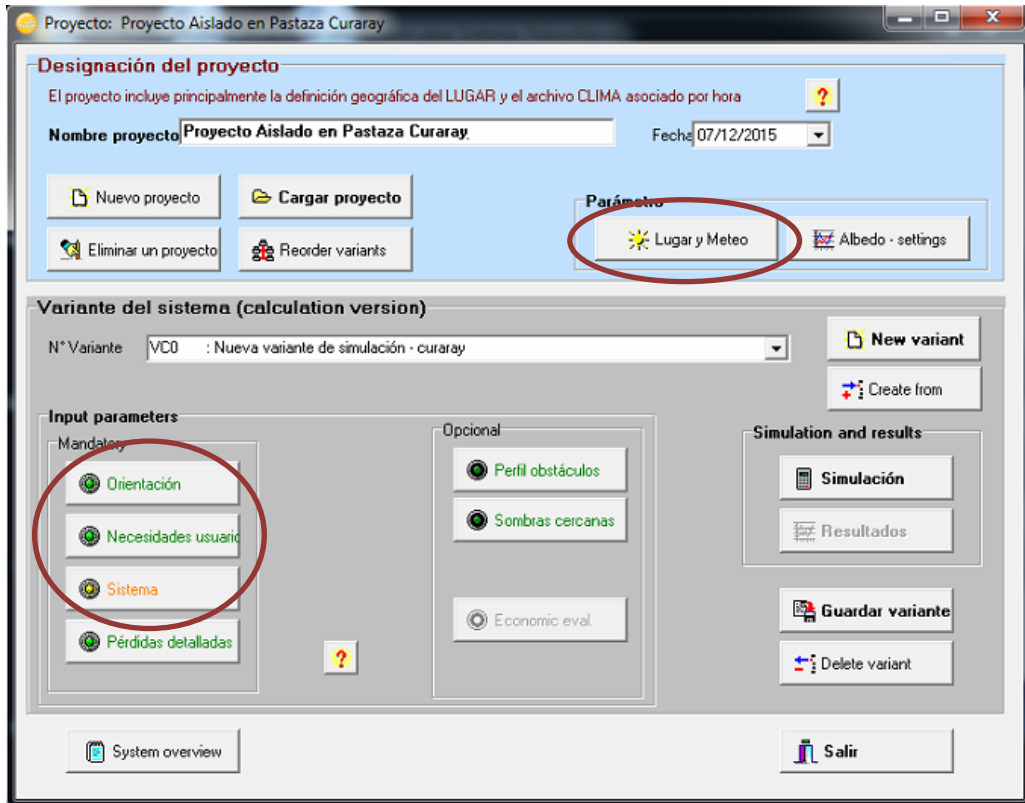
A continuación se seleccionó la sección Diseño del proyecto y dentro de este se escogió la opción Sistema Aislado, que es con el que se trabajó para el dimensionamiento del sistema.



**Fig. 4.7** Pantalla de inicio del programa PVsyst 6.39

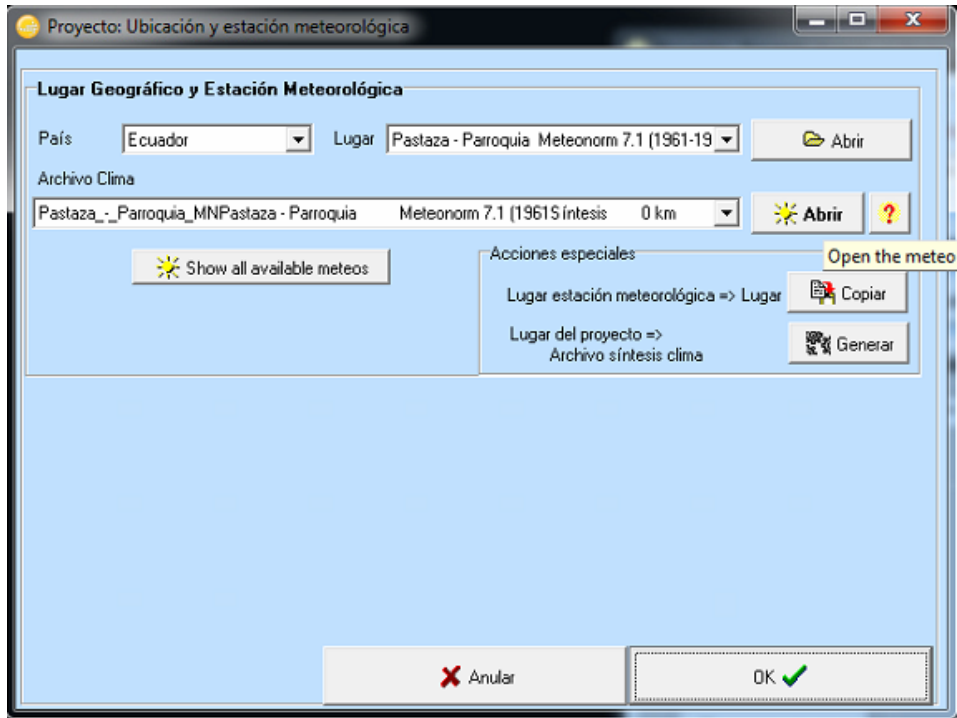
**Fuente:** Autor

Una vez seleccionado la opción de Sistema Aislado se presentara una ventana como la de la Figura 4.8, en la cual se ingresa el Nombre del proyecto para identificar, en este caso “Proyecto Aislado en Pastaza Curaray”, también se observa varios parámetros que se utilizó para realizar el dimensionamiento, tales como Lugar y Meteo, Orientación, Necesidades usuario, Sistema y Simulación.

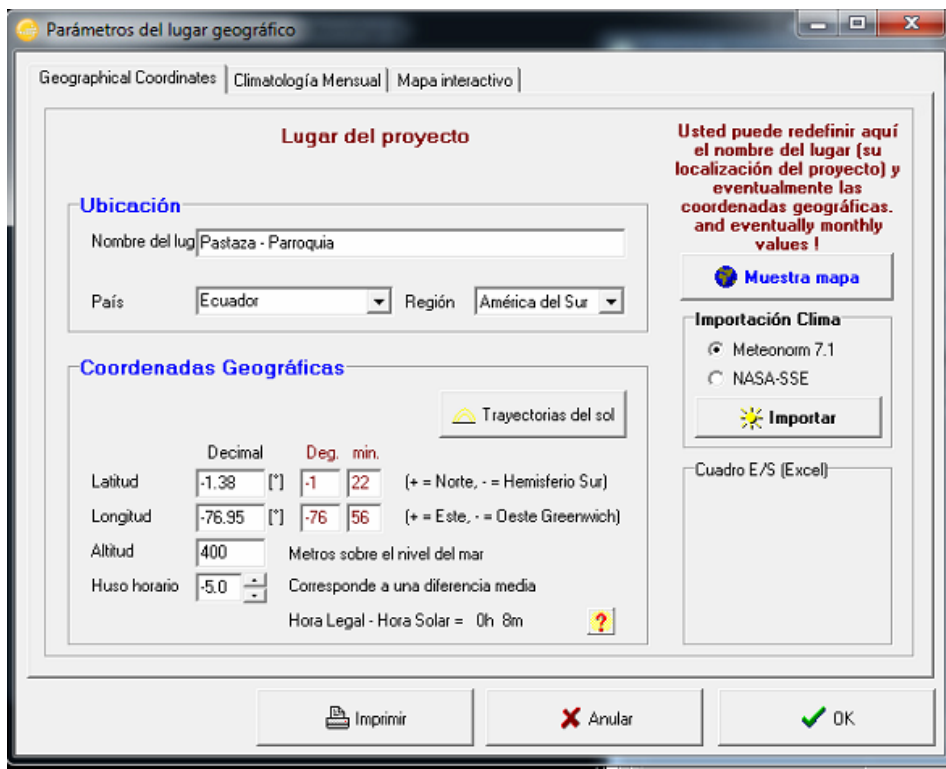


**Fig. 4.8** Ventana para la opción de sistema aislado  
**Fuente:** Autor

Posteriormente, se ingresó en el parámetro Lugar y Meteo, en él se da la opción de indicar el lugar donde se realizara el proyecto, para obtener los datos de radiación obtenidos de la base de datos meteorológicos que contiene el programa PVsyst, tal como se muestra en las Figuras 4.9, 4.10 y 4.11.

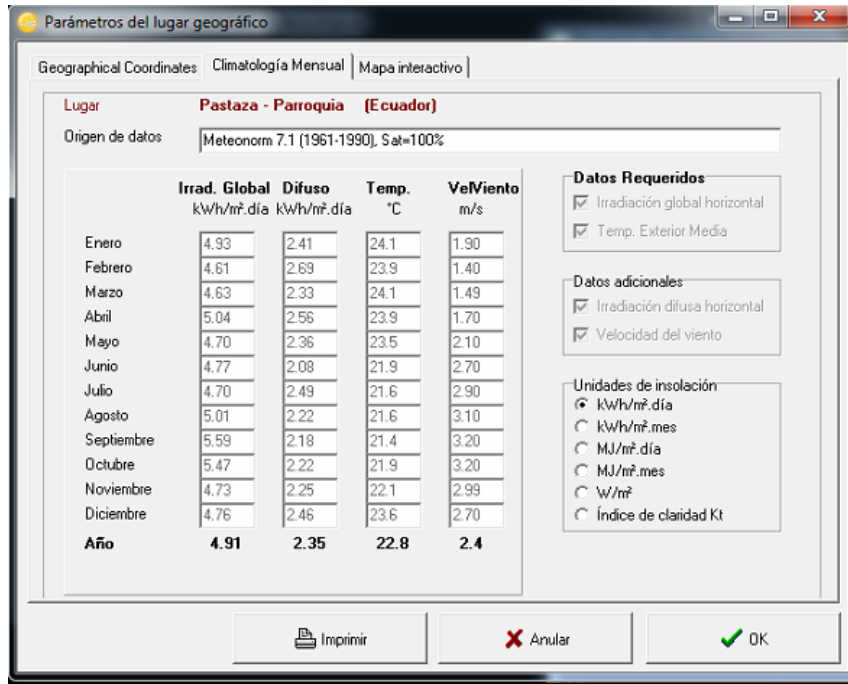


**Fig. 4.9** Ubicación y estación meteorológica  
**Fuente:** Autor



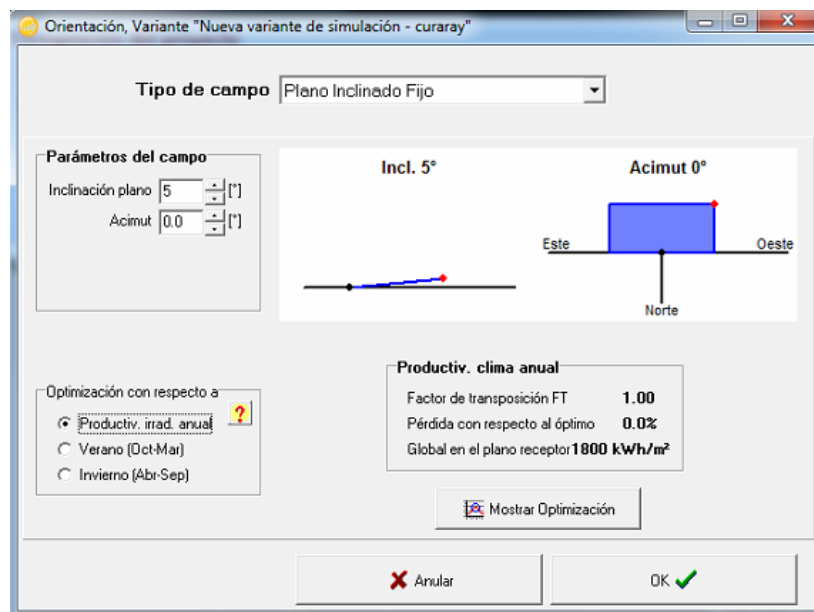
**Fig. 4.10** Lugar del proyecto  
**Fuente:** Autor





**Fig. 4.11** Datos de radiación del lugar  
**Fuente:** Autor

A continuación, se procedió a determinar el tipo de campo, la inclinación y el azimut que forman los paneles solares como se muestra en la Figura 4.12, ingresando en la opción Orientación (Figura 4.8).



**Fig. 4.12** Orientación de los paneles  
**Fuente:** Autor

En la Fig. 4.12, se indicó:

- Tipo de campo: Plano inclinado Fijo
- Parámetros del campo:
  - Inclinación del plano: 5°
  - Acimut: 0°

Dando como resultado, una pérdida con respecto al óptimo de: 0.0% como se observa en la Figura 4.12.

Posteriormente, se procedió a determinar las necesidades del usuario, es decir el consumo diario como se indica en la figura 4.13, ingresando en la opción Necesidades del Usuario (Figura 4.8).

Number	Power	Mean Daily use	Daily energy
1	0 W/lamp	0.0 h/day	0 Wh
1	0 W/app.	1.0 h/day	0 Wh
1	0 W/app.	0.0 h/day	0 Wh
1		0.00 kWh/day	0 Wh
0		0.00 kWh/day	0 Wh
	6561 W tot	1.0 h/day	6561 Wh
	0 W tot	24h/day	0 Wh

**Total daily energy** 6561 Wh/day  
**Total monthly energy** 196.8 kWh/month

Consumption definition by:  
 Year  
 Seasons  
 Months

Week-end use:  
 Use only during 7 days in a week

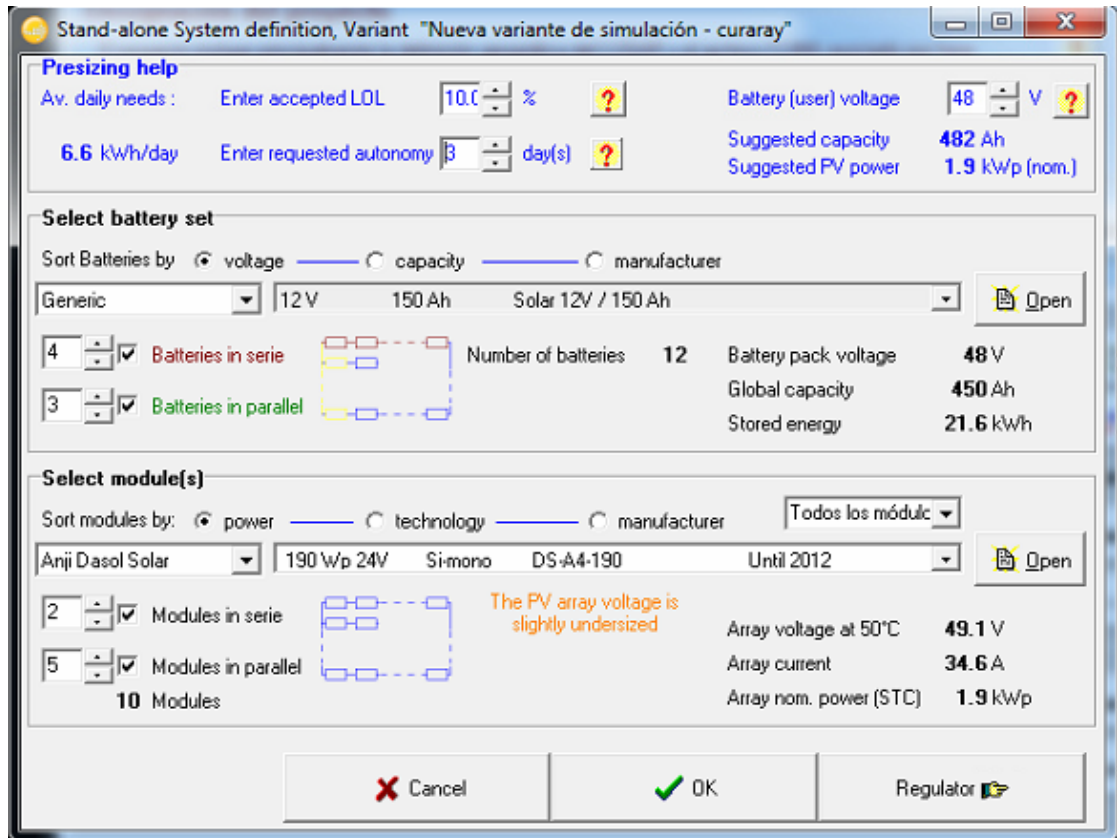
Model:  
Load  
Save

Other profile Cancel OK

Fig. 4.13 Consumo diario de energía  
Fuente: Autor

Determinando un consumo de energía total diario de 6561Wh/día. Se ingresó directamente puesto que el programa tiene una cantidad limitada de equipos a ingresar y no da la opción de ingresar más equipos acorde al presente proyecto.

Una vez indicado todos los parámetros anteriores, pasamos a la opción sistema, en la cual nos permite ingresar datos como: días de autonomía, perdidas por carga, voltaje nominal del sistema y escoger los equipos como batería, paneles y regulador para realizar el dimensionamiento, tal como se muestra en la figura 4.14.



**Fig. 4.14** Ventana de sistema para dimensionamiento  
Fuente: Autor

En la ventana actual se ingresó:

**Perdidas por carga:** 10%

**Días de autonomía:** 3

**Voltaje nominal del sistema:** 48V

**Baterías:** Solar 12V/150Ah

**Panel solar:** Anji Dasol Solar 190Wp/24V Si-Mono.

Una vez ingresados los datos, el programa automáticamente bota los resultados del dimensionamiento, dando como resultados:

## Dimensionado de paneles de acuerdo a PVsyst

**Tipo de Panel:** Solar de 190Wp /24V Si-mono.

Paneles en serie: 2

Paneles en paralelo: 5

Total de paneles solares: 10

## Dimensionado de baterías de acuerdo a PVsyst.

**Tipo de batería:** Solar de 12V/150Ah

Baterías en serie: 4

Baterías en paralelo: 3

Total de baterías: 12

Cabe recalcar que de acuerdo al programa PVsyst, la capacidad sugerida es de 482Ah, y con el número de baterías indicadas por el programa se cubre una capacidad global apenas de 450Ah, como se indica en la figura 4.15.

**Sizing help**

Av. daily needs : Enter accepted LOL 10.0 % ? Battery (user) voltage 48 V ?  
6.6 kWh/day Enter requested autonomy 3 day(s) ? Suggested capacity 482 Ah  
Suggested PV power 1.9 kWp (nom.)

**Select battery set**

Sort Batteries by  voltage  capacity  manufacturer

Generic 12 V 150 Ah Solar 12V / 150 Ah Open

4 Batteries in serie Number of batteries 12 Battery pack voltage 48 V  
3 Batteries in parallel Global capacity 450 Ah  
Stored energy 21.6 kWh

**Select module(s)**

Sort modules by:  power  technology  manufacturer Todos los módulos

Anji Dasol Solar 190 Wp 24V Si-mono DS-A4-190 Until 2012 Open

2 Modules in serie The PV array voltage is slightly undersized Array voltage at 50°C 49.1 V  
5 Modules in parallel Array current 34.6 A  
10 Modules Array nom. power (STC) 1.9 kWp

**Fig. 4.15** Capacidad de baterías  
**Fuente:** Autor

Luego se procedió con selección/indicar el tipo de regulador a ser empleado para el sistema, seleccionando la opción de Regulador en la parte inferior derecha de la ventana de la Fig. 4.14, mostrando la siguiente ventana como se muestra en la figura 4.16.

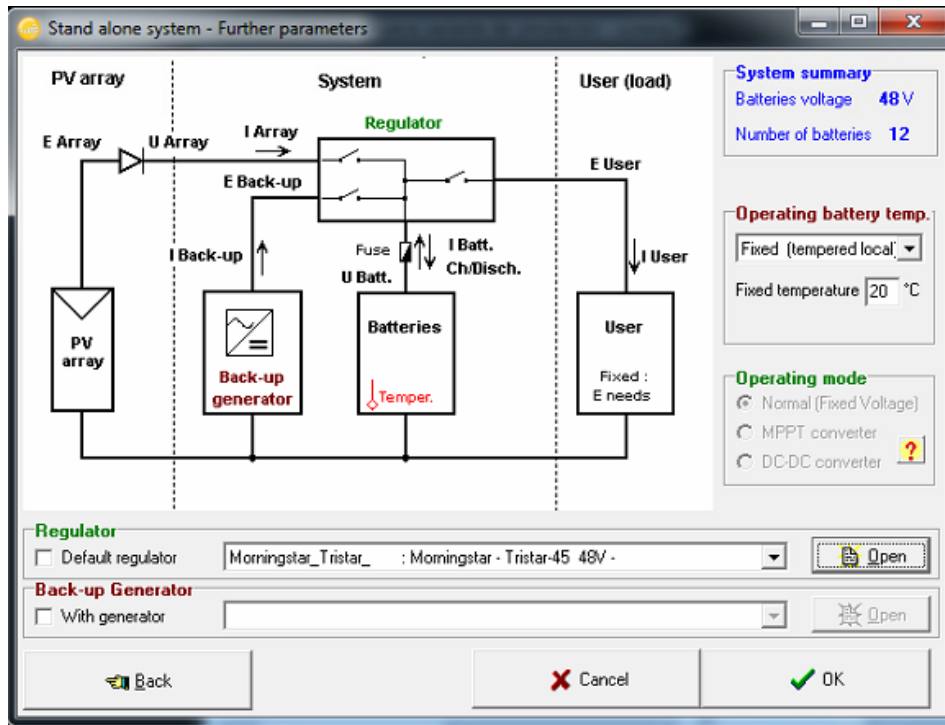


Fig. 4.16 Selección del regulador  
Fuente: Autor

Utilizando un regulador Morningstar\_Tristar-45/48V.

Terminado de haber de ingresado todos los datos requeridos por el programa para el diseño, se procedió con la simulación para obtener los resultados del diseño y el informe final, para lo cual en la figura 4.8 en la sección de *Simulation and results*, se escoge la opción de simulación, presentando una ventana como la siguiente mostrada en la figura 4.17.

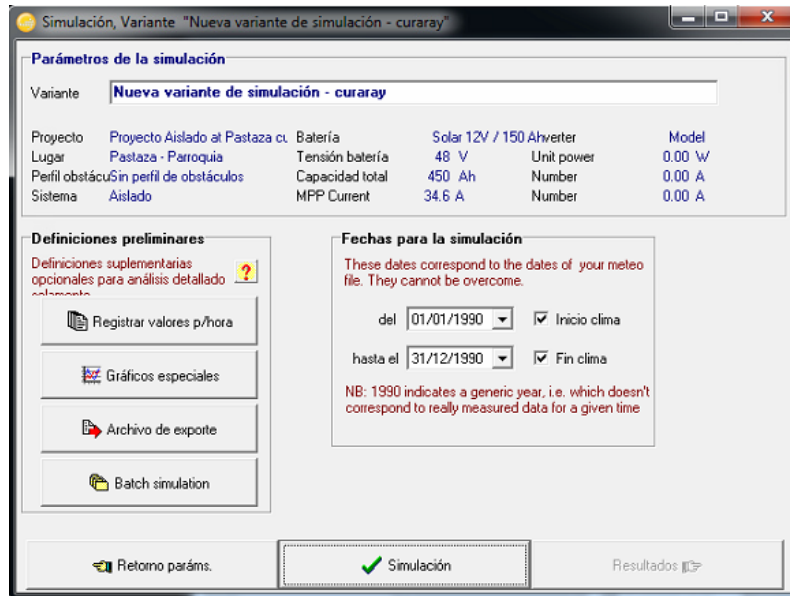


Fig. 4.17 Parámetros de simulación.  
Fuente: Autor

Siguiendo con la opción simulación y finalmente OK, donde se presenta la ventana de Resultados y la opción de sacar el informe final, como se muestra en la figura 4.18.

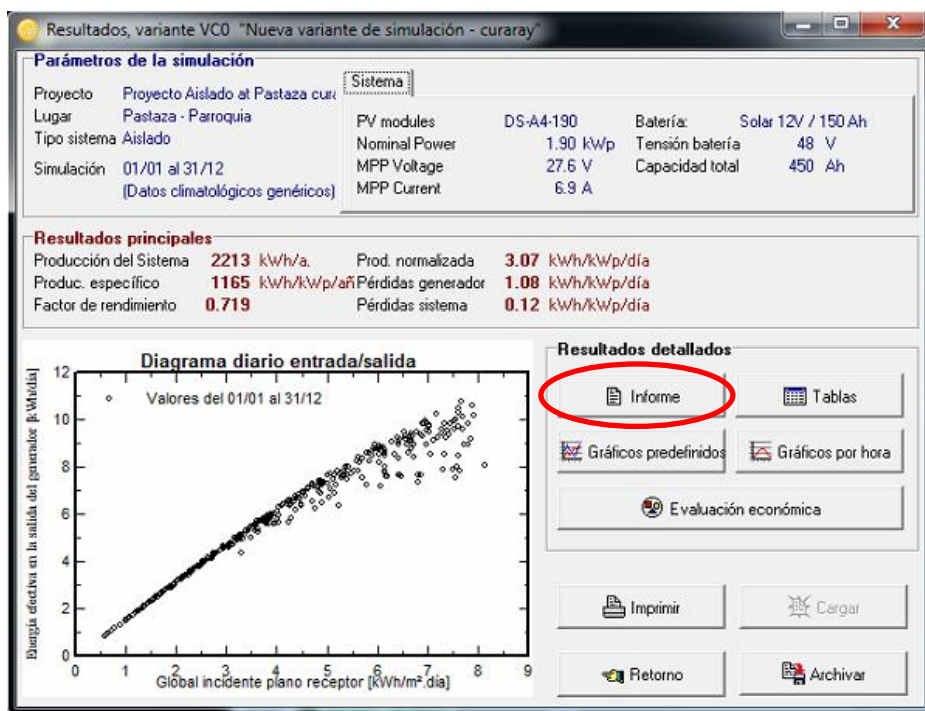


Fig. 4.18 Ventana de resultados y obtención del informe final.  
Fuente: Autor

Finalmente se generó el informe final, para tener los resultados del dimensionamiento (Anexo VI).

#### 4.4.3. Dimensionamiento de los paneles FV.

Para el dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos, fue necesario ciertos aspectos:

- **Datos de radiación del sector de acuerdo a sus coordenadas geográficas.**

Determinado en la figura 4.3, de los cuales se tomó el dato de menor radiación solar que es Junio con 3.8kWh/m<sup>2</sup>/d. para realizar el diseño en términos del peor mes.

- **Datos del panel fotovoltaico**

De la tabla 4.4 se determinó que la tensión de trabajo del sistema debe ser de 48V, utilizando paneles de silicio monocristalino con un potencia pico de  $W_p = 190$  W a 24V.

Posteriormente, se realizó el cálculo del número total de paneles necesarios, utilizando la siguiente expresión:

$$NT = \frac{L_{MD}}{P_{PPS} * HPS * PR}$$

Donde;

NT = Número total de paneles

$L_{MD}$  = Consumo medio diario

$P_{PPS}$  =Potencia pico del panel solar

$HPS$  = Horas Pico Sol

$HPS$  = Es el resultado tras dividir el valor de menor radiación solar diaria entre  $1kW/m^2/d$ , en este caso;  $HPS = \frac{3.8kWh/m^2/d}{1kW/m^2/d} = \mathbf{3.8}$

$PR$  = Factor Global de funcionamiento que varía entre 0.7 y 0.9. Tomando por defecto el mayor, 0.9.

$$NT = \frac{6560.7 Wh}{190 W * 3.8h * 0.9}$$

$$NT = \frac{6560.7 Wh}{649.8 Wh}$$

$$\underline{NT = 10.01 \approx 10}$$

**Número total de paneles: 10**

$$NPS = \frac{T_N}{V_{P,MP}} = \frac{48 V}{36.5 V} = 1.32 \approx 2$$

**Número de paneles en serie (NPs) = 2**

$$NPp = \frac{N_T}{NPS} = \frac{10}{2} = 5$$

**Número de paneles en paralelo (NPp) = 5**

Teniendo en cuenta los resultados previos, se determinó que el sistema de generación estará conformado por 10 paneles de 190W de potencia pico, a una tensión nominal de 24 V, distribuidos en 5 ramales en paralelo, cada uno con 2 paneles en serie. De igual manera se determinó el ángulo de inclinación de acuerdo a la ecuación del  $\beta_{opt}$ ,  $\beta = 5^\circ$ , para poder obtener una caída de agua en tiempos de lluvia, la misma que ayuda en parte a la limpieza de basuras sobre la superficie del panel, y un ángulo de azimut  $\alpha = 0$ , puesto que es un sistema fijo, y se aprovechara la mayor potencia de radiación solar al mediodía, hora donde el



panel se encontrara de forma perpendicular a los rayos del sol y se aprovechara mejor la energía.

#### 4.4.4. Dimensionamiento del banco de baterías.

Para el dimensionamiento de las baterías se requieren de tres parámetros:

- 1.- Profundidad de descarga máxima diaria ( $DOD_D$ ): 30%
- 2.- Profundidad de descarga máxima estacional ( $DOD_E$ ): 70%
- 3.- Días de autonomía ( $ND_A$ ): 3

Con el objetivo de alargar la vida útil de las baterías, se fija una profundidad de descarga máxima estacional de 70%, mientras que la profundidad de descarga máxima diaria viene dada por el fabricante: 30%.

La capacidad nominal del sistema de acumulación de energía en función de la profundidad de descarga máxima diaria viene dada por:

$$CN_D = \frac{L_{MD}}{DOD_D * V_n}$$

donde;

$CN_D$  = Capacidad nominal en función de la  $DOD_D$

$L_{MD}$  = Consumo medio diario

$DOD_D$  = Profundidad de descarga máxima diaria; 30%

$V_N$  = Tensión nominal (tensión de trabajo)

$$CN_D = \frac{6560.7 Wh}{0.3 * 48}$$

$$\underline{\underline{CN_D = 455.6 Ah}}$$

La capacidad nominal del sistema de acumulación de energía en función de la profundidad de descarga máxima estacional viene dada por:

$$CN_E = \frac{L_{MD} * ND_A}{DOD_E * V_n}$$

dónde:

$CN_E$  = Capacidad nominal en función de la  $DOD_E$

$L_{MD}$  = Consumo medio diario

$DOD_E$  = Profundidad de descarga máxima estacional; 70%

$V_N$  = Tensión nominal (tensión de trabajo)

$ND_A$  = Número de días de autonomía; 3

$$CN_E = \frac{6560.7 * 3}{0.7 * 48}$$

$$CN_E = \frac{19682.1}{33.6}$$

$$\underline{\underline{CN_E = 585.78 Ah}}$$

Por lo tanto, la capacidad nominal debe ser superior a la máxima de las dos obtenidas:

$$C_N = \max(CN_D, CN_E)$$

$$C_N = \max(455.6 ; 585.78)$$

$$\underline{\underline{C_N = 585.78 Ah}}$$

Ahora si bien se obtuvo los resultados de la capacidad nominal de almacenamiento a una tensión nominal de 48 V, es necesario calcular el total de baterías necesarias para cubrir esta demanda, para lo cual se utilizara la siguiente expresión:

$$NB_p = \frac{C_N}{CN_B}$$

dónde;

$NB_p$  = Número de baterías en paralelo

$C_N$  = Capacidad nominal del sistema

$CN_B$  = Capacidad nominal de las baterías, acorde al software. Baterías con una capacidad de 150Ah.

$$NB_p = \frac{585.78 Ah}{150Ah}$$

$$\underline{\underline{NB_p = 3.9 \approx 4}}$$

$$NB_s = \frac{V_N}{VN_B}$$

donde;

$NB_s$  = Número de baterías en serie

$V_N$  = Voltaje/tensión nominal del sistema

$VN_B$  = Voltaje/tensión nominal de las baterías, acorde al software. Baterías de 12V.

$$NB_s = \frac{48 V}{12 V}$$

$$\underline{\underline{NB_s = 4}}$$

### Número total de baterías (NTB)

$$NTB = NB_S * NB_P$$

$$NTB = 4 * 4$$

$$\underline{NTB = 16}$$

Teniendo en cuenta los resultados previos, la capacidad nominal del sistema de acumulación debe ser de 585.78 Ah, a una tensión nominal de 48 V. Si se utilizan baterías de 12V con una capacidad nominal de 150Ah, se tiene que el sistema de acumulación estará formado por 16 baterías de 12 voltios, distribuidos en 4 ramales paralelos, cada uno con 4 baterías en serie.

#### 4.4.5. Dimensionamiento del inversor.

Para el cálculo del inversor, únicamente se calculó la suma de las potencias de las cargas de alternas y aplicar un margen de seguridad del 25%.

Tabla 4.5 Potencias instaladas en AC

Equipos	Cantidad	Potencia unitaria	Potencia total (cantidad * potencia unitaria)
Portátiles (AC)	5	65 W	325 W
Impresora (AC)	1	75 W	75 W
UPS (AC)	1	300 W	300 W
Switch 8 Puertos (AC)	1	2.2 W	2.2 W

<b>Modem VSAT SkyEdge II (AC)</b>	1	13 W	13W
<b>Televisor (AC)</b>	1	75 W	75 W
<b>Ventilador (AC)</b>	2	60 W	120 W
<b>Total</b>			<b>910.2W</b>

Fuente: Autor

Potencia del inversor = 1.25 \* Total de potencias de alternas

Potencia del inversor = 1.25 \* 910.2W

**Potencia del inversor = 1137.75 W**

Es decir, nuestro inversor debe de cubrir, al menos, una potencia de 1137.75 W a una tensión de 48V. Es recomendable utilizar inversores de onda senoidal pura.

#### **4.4.6. Dimensionamiento del regulador**

Para el dimensionamiento del regulador, se realizó el cálculo de la máxima corriente que debe soportar el regulador, a su entrada, y también a su salida.

Para calcular la corriente de entrada al regulador lo que se hizo fue el producto de corriente de cortocircuito de un panel ( $I_{sc}$ ) y multiplicar por el número de ramas en paralelo ( $N_{pp}$ ) de paneles a utilizar, calculado anteriormente y por un margen de seguridad del 20% para evitar daños ocasionales al regulador.

Características del panel acorde al programa PVsyst: (190Wp, 24 V,  $I_{sc}=7.5$ )

$$I_e = 1.20 * I_{sc} * N_{pp}$$

$$I_e = 1.20 * 7.5A * 5$$

$$**I_e = 45 A**$$

Para el cálculo de la corriente de salida se valoró las potencias de las cargas DC y las cargas AC.

$$I_s = \frac{1.25 * \left( P_{DC} + \frac{P_{ac}}{n_{inv}} \right)}{V_{bat}}$$

$$I_s = \frac{1.25 * \left( 100W + \frac{910.2W}{0.88} \right)}{48}$$

**$I_s = 29.54 A$**

Así pues, el regulador debería soportar una corriente de 45 A a su entrada y 29.54A a su salida.

#### 4.4.7. Comparativa de resultados

Una vez terminados los dimensionamientos mediante software y cálculos matemáticos se realizó una tabla en la cual se compararon los valores obtenidos en PVsyst y los calculados matemáticamente, presentando la siguiente tabla.

**Tabla 4.6** Comparativa de resultados

<b>PARAMETROS</b>	<b>SOFTWARE PVSYST 6.39</b>	<b>MATEMATICAMENTE</b>
Numero de paneles	10	10
Numero de paneles en serie	2	2
Numero de paneles en paralelo	5	5
Capacidad general del sistema (Ah)	482	585.78
Numero de batería	12	16
Numero de baterías en serie	4	4
Numero de baterías en paralelo	<b>3</b>	<b>4</b>
Controlador	Morningstar Tristar 45-48	Morningstar Tristar 45-48

**Fuente:** Autor

Mostrando una leve diferencia en la cantidad de baterías, de 4 baterías en total, cabe recalcar que de acuerdo con la capacidad del sistema mostrado en el software

que es de 482Ah, las 3 filas en paralelo de baterías de 150Ah, tan solo cubre 450Ah, mostrado en la figura 4.15.

Finalmente con los resultados obtenidos del software y los calculados matemáticamente se demostró que el dimensionamiento matemático esta realizado correctamente, pues se obtuvo valore semejantes a los obtenidos en el software.

#### 4.4.8. Diagrama de ubicación y conexión del sistema

##### Ubicación del sistema

Para poder saber la ubicación del sistema se procedió a realizar los cálculos para determinar el espacio necesario para la colocación e instalación de los paneles solares de acuerdo a las dimensiones del Panel Solar Monocristalino de PVsyst son 1660\*992\*46mm.

De igual manera la distancia mínima entre filas de paneles, de acuerdo a la siguiente expresión:

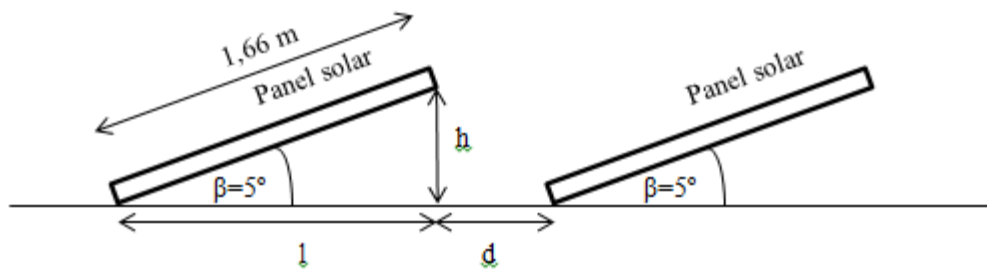


Fig. 4.19 Grafica de distancia mínima entre paneles solares  
Fuente: Autor

donde,

$l$  = proyección del panel en el suelo con respecto a los  $10^\circ$  de inclinación.

$h$  = altura del panel solar respecto al suelo.

$d$  = distancia mínima entre filas de paneles solares.

Utilizando las funciones trigonométricas, podemos calcular tanto h como l, es decir:

La altura(h) será:

$$h = 1,66 \sin(5^\circ)$$

$$\mathbf{h = 0,14mtrs.}$$

Y la proyección sobre el suelo (l) será:

$$l = 1,66 * \cos(5^\circ)$$

$$\mathbf{l = 1,65 mtrs}$$

De acuerdo al “Pliego de Condiciones Técnicas De instalaciones” presentado por la IDEA, en su documento Instalaciones De Energía Solar Fotovoltaica [28], se establece una distancia mínima entre filas de paneles solares, expresada de la siguiente forma:

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \theta)}$$

Donde  $\theta$  es la latitud del lugar, que de acuerdo a la tabla 4.2 la latitud de Curaray es  $1.36^\circ$  S, de esta manera nos quedó que:

$$d = \frac{0,14mtrs}{\tan(61^\circ - 1,36^\circ)}$$

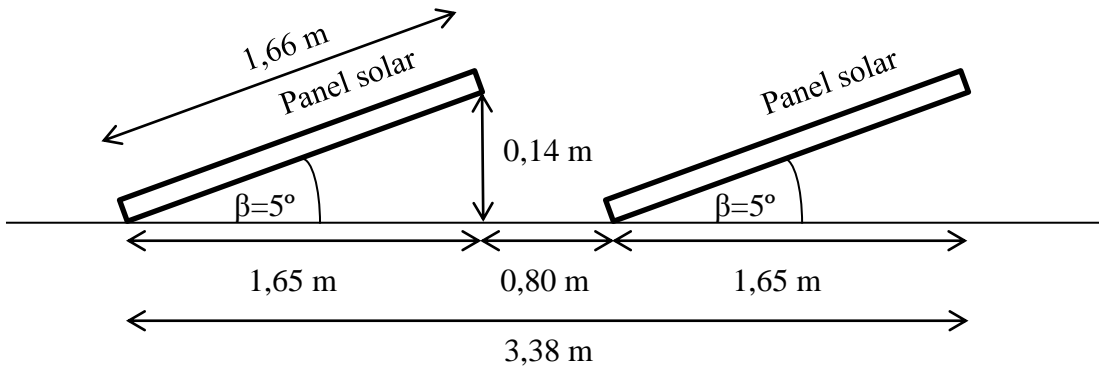
$$d = \frac{0,14mtrs}{1,71}$$

$$\mathbf{d= 0,08 mtrs.}$$

Es decir que la distancia mínima entre filas de paneles solares para evitar sobras sobre la segunda fila de paneles es de 0,08 m.

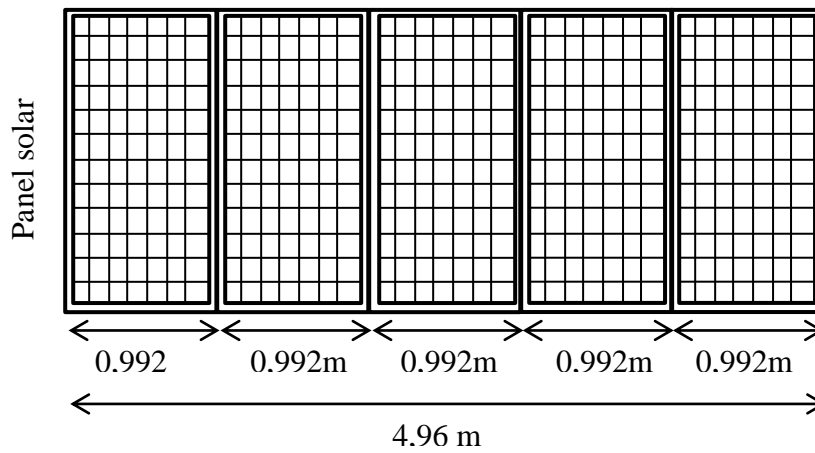


El sistema está conformado por 10 paneles solares, distribuidos en cinco ramas en paralelo, cada uno con dos paneles en serie.



**Fig. 4.20** Espacio total entre las dos filas de paneles solares en serie  
Fuente: Autor

Y el espacio ocupado entre los 5 paneles en paralelo:



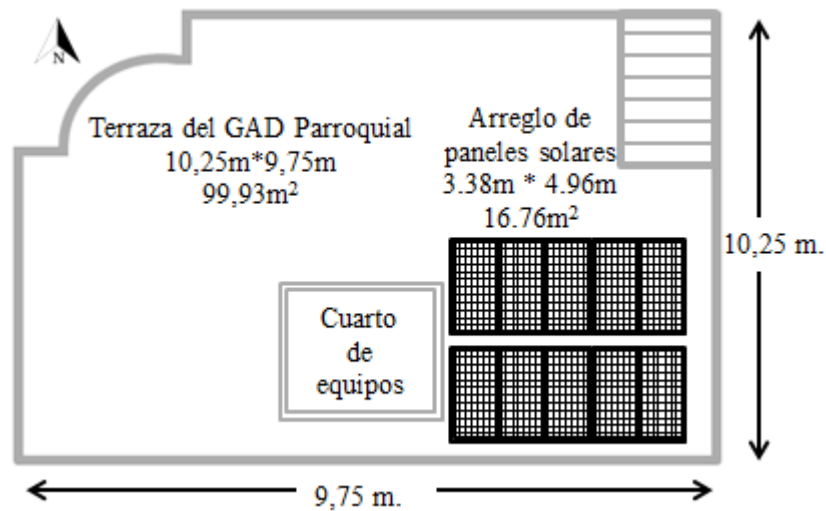
**Fig. 4.21** Espacio total entre los cinco paneles solares en paralelo  
Fuente: Autor

Es decir que el área necesaria para la ubicación de los 10 paneles solares será de:

$$A_T = 3.38\text{m} * 4.96\text{ m}$$

$$\underline{A_T = 16.76\text{ m}^2}$$

Es decir que los paneles se podría ubicar en la terraza de las instalaciones del GAD parroquial de Curaray, puesto que se dispone de una área de aproximadamente  $100\text{m}^2$ , como se muestra en la siguiente figura.



**Fig. 4.22** Ubicación de paneles solares y equipos en la terraza del GAD Parroquial de Curaray  
**Fuente:** Autor

Se dispone del espacio suficiente para poder ubicar los paneles solares y de igual manera el cuarto de equipos donde se colocaría todo lo que tiene que ver con respecto a baterías, regulador e inversor.

## Conexión de los paneles solares

En la Fig. 4.23 se muestra el diagrama de conexión de los paneles solares.

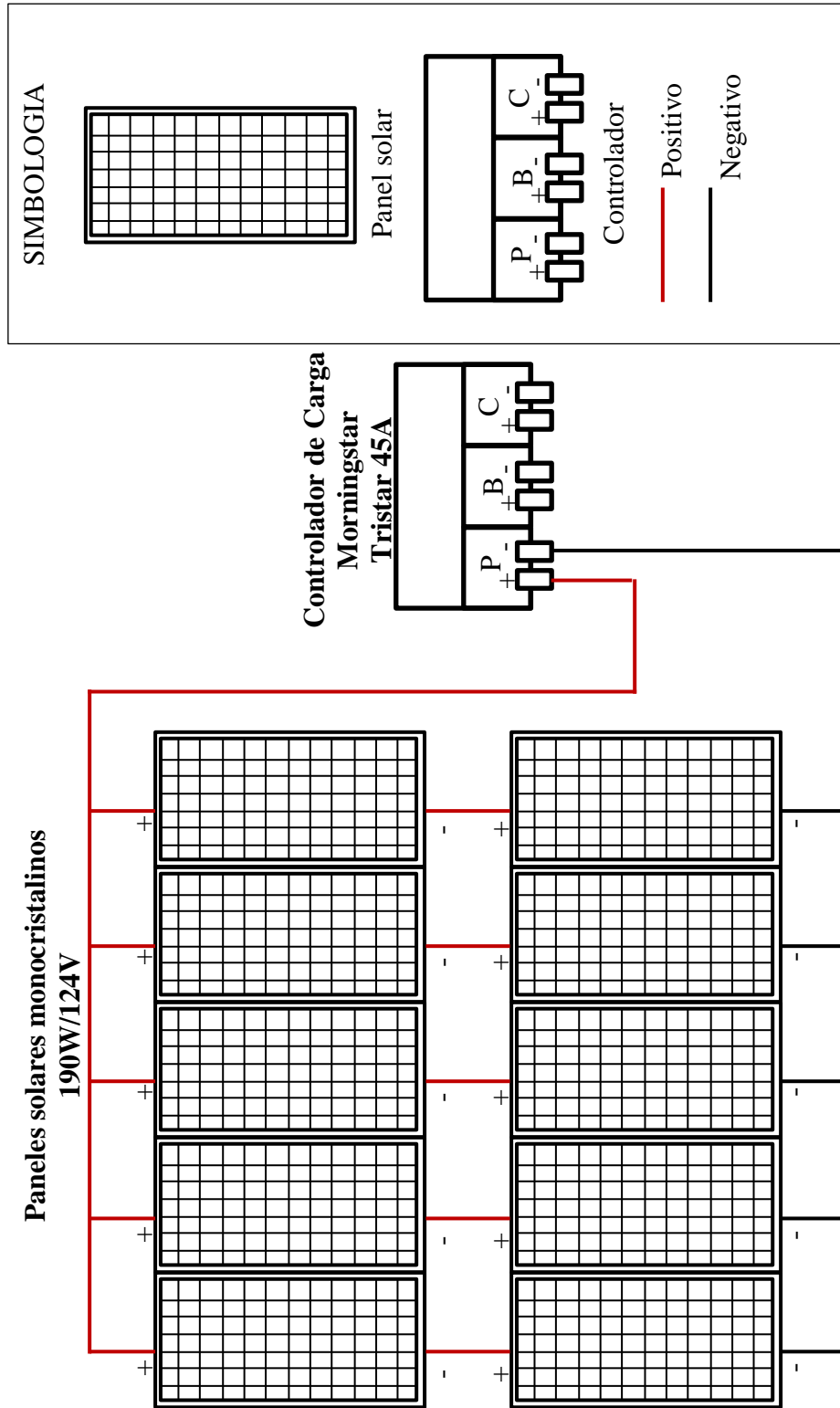


Fig. 4.23 Diagrama de conexión de paneles solares  
Fuente: Autor

## Conexión del banco de baterías

En la Fig. 4.24 se muestra el diagrama de conexiones de las baterías.

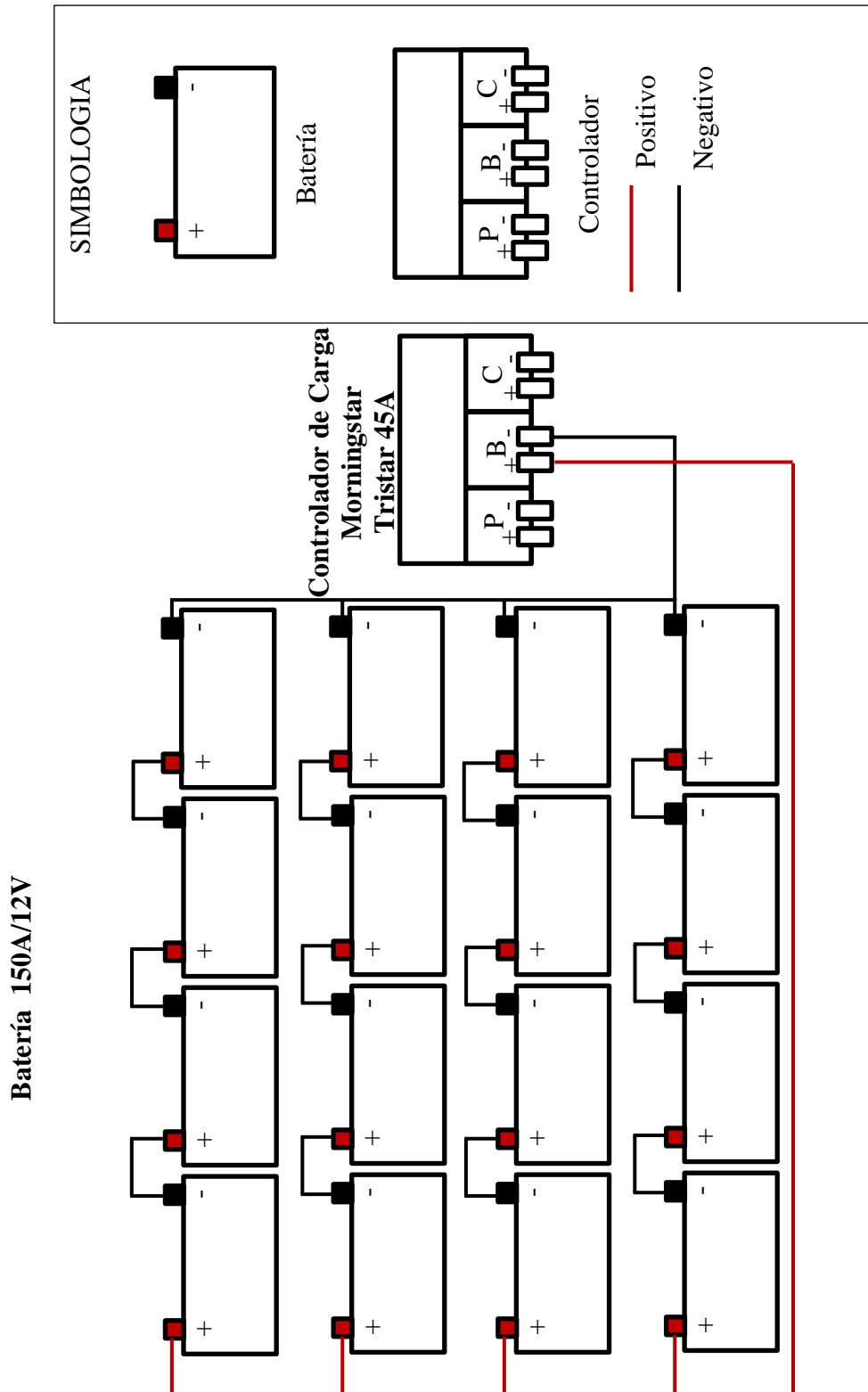
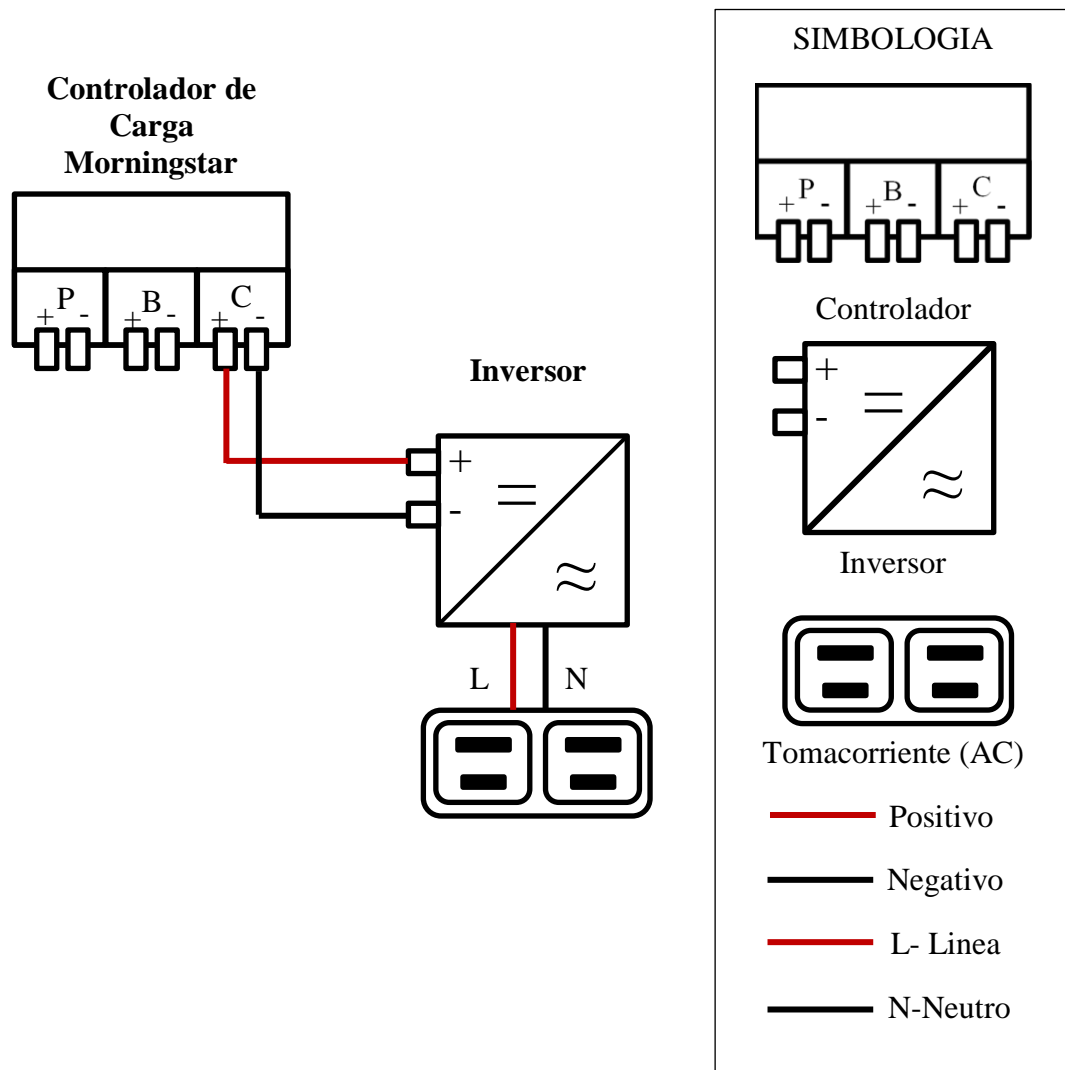


Fig. 4.24 Diagrama de conexión de banco de baterías

Fuente: Autor

## Conexión del regulador de carga hacia el inversor

En la Fig. 4.25 se muestra el diagrama de conexión del regulador de carga hacia el inversor.



**Fig. 4.25** Diagrama de conexión del regulador de carga hacia el inversor  
**Fuente:** Autor

#### 4.5 Análisis de las características de los componentes para el sistema fotovoltaico.

Para el análisis de las características de los componentes, se realizó tablas comparativas entre cada uno de ellos, para tener variedad de equipos, distribuidores y características, para posterior seleccionar el más factible a nuestro proyecto de acuerdo a la necesidad de abastecimiento de nuestro sistema. Para lo cual se tomó datos de equipos presentados empresas nacionales como extranjeras, tales como PROVIENTO (Ecuador), CODESOLAR (Ecuador), CONERMEX (México) y SOLARTEC (México).

##### 4.5.1. Paneles/módulos solares

Tabla comparativa de paneles solares en varias Potencias utilizados para Sistemas Solares Fotovoltaicos Aislados.

**Tabla 4.7** Características de Paneles solares

<b>TIPO</b>	<b>POTENCI A /VOLTAJE</b>	<b>VOLT. MAX VOC</b>	<b>VOLT. MPP VMPP</b>	<b>I. MAX ISC.</b>	<b>I. MPP IMPP</b>
<b>Policristalino (CONERMEX MX)</b>	150W/20V	22.32V	18V	8.91A	8.33A
<b>Monocristalino (SOLARTEC MX)</b>	190w/30V	45.07V	37.73V	5.4A	5.03A
<b>Policristalino SUNLINK (RENOVA EC)</b>	150W/12V	21.6V	17.2V	9.25A	8.72A
<b>Monocristalino Zytech (CODESOLAR EC)</b>	180w/30V	44.28V	35.65V	5.6A	5.05
<b>Monocristalino SIMAX (PROVIENTO EC)</b>	190Wp/24V	44.5V	36.5V	5.77A	5.34A

Fuente: Autor

#### 4.5.2. Regulador/controlador

Tabla comparativa de reguladores o controladores utilizados para Sistemas Solares Fotovoltaicos Aislados.

**Tabla 4.8** Características de reguladores/controladores

<b>SENSOR</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>
<b>Controlador Cx40 (CONERMEX MX)</b>	12/24 V	40A
<b>Regulador PHOCOS CX48/40 (RENOVA EC)</b>	24/48V	40A
<b>Controlador Morningstar TriStar (PROVIENTO EC)</b>	12/24/48 V	45A y 60A

Fuente: Autor

#### 4.5.3. Inversores

Tabla comparativa de inversores utilizados para Sistemas Solares Fotovoltaicos Aislados de onda sinusoidal pura, para sistemas solares aislados, es recomendable utilizar inversores de onda sinusoidal para que luego no se presenten problemas en el funcionamiento de los equipos a ser abastecidos.

**Tabla 4.9** Características de Inversores

<b>SENSOR</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>TIPO DE ONDA</b>	<b>SUMINISTRO</b>
<b>Inversor VICTRON Phoenix (RENOVA EC)</b>	48 VDC 1000W	Sinusoidal Pura Eficiencia: %94	110VAC / 60Hz
<b>Inversor Samlex SA 3000 (CODESOLAR EC)</b>	24VDC 3000W	Sinusoidal Pura Eficiencia: %90	110VAC / 60Hz

<b>Inversor POWERSTAR 2000 (PROVIENTO EC)</b>	48VDC 2000W	Sinusoidal pura Eficiencia: 88%	110VAC / 60Hz
---	----------------	------------------------------------	---------------

Fuente: Autor

#### 4.5.4. Baterías

Tabla comparativa de baterías para el almacenamiento de energía en sistemas solares aislados.

Tabla 4.10 Características de Baterías

Sensor	Potencia	Descripción	Rango de Temp. de funcionamiento nominal
<b>Batería RITAR RA12 (RENOVA EC)</b>	12 VDC 150Ah @ C10h	Ciclos: 2400 ciclos DOD: 50% Eficiencia: 85%	25 +/- 5° C
<b>Batería CONER 31H (CONERMEX MX)</b>	12 VDC 115Ah @ C10h	Ciclos: 2000 ciclos DOD: 20% Eficiencia: 85%	27 +/- 5° C
<b>Batería ULTRACELL UCG150 – 12 (PROVIENTO EC)</b>	12VDC 150Ah @ C10h	Ciclos: 2400 ciclos DOD: 30% Eficiencia: 85%	25 +/- 3° C

Fuente: Autor

#### 4.6 Selección de equipos y estimación del presupuesto.

Previo al dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se procedió con la selección de equipos y estimación del presupuesto para el desarrollo del mismo. Debido al poco tiempo que se tuvo para desarrollar el proyecto, se optó por elegir empresas nacionales tales como CODESOLAR, RENOVA Y PROVIENTO. De los



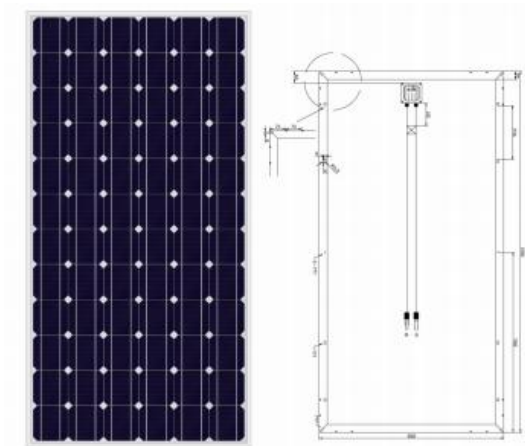
anteriores proveedores, ProViento S.A. dio pronta respuesta a la petición de proforma de equipos, dando como resultado la elección de los siguientes equipos.

#### **4.6.1. Selección del Panel solar**

Panel seleccionado de la tabla 4.6.

**Tipo de panel:** Monocristalino marca SIMAX 190 – 24V

**Datos Técnicos:** Anexo I



**Fig. 4.26** Panel Solar Monocristalino SIMAX 190-24  
**Fuente:** Anexo I

#### **4.6.2. Selección de las baterías**

Batería seleccionada de la tabla 4.9

**Tipo de batería:** ULTRACELL UCG 150 – 12 GEL

**Datos Técnicos:** Anexo II



**Fig. 4.27** Batería ULTRACELL UCG 150-12 GEL  
**Fuente:** Anexo II

#### 4.6.3. Selección del inversor

Inversor seleccionado de la tabla 4.8

**Tipo de Inversor:** Inversor Powerstar 2000W/48V onda sinusoidal pura

**Datos Técnicos:** Anexo III



**Fig. 4.28** Inversor POWERSTART 2000W/48V  
**Fuente:** Anexo III

#### 4.6.4. Selección del regulador

Regulador tomado de la tabla 4.7

**Tipo de regulador:** Controlador de carga Morningstar TriStar 45A

**Datos técnicos:** Anexo IV



**Fig. 4.29** Controlador de carga Morningstar Tristar 45A  
**Fuente:** Anexo IV

#### **4.6.5. Presupuesto estimado**

Previo al dimensionamiento del sistema con respecto a equipos electrónicos necesarios para generar electricidad y suministrarla al GAD Parroquial de Curaray, se procedió con la selección de equipos de acuerdo a los requerimientos necesarios para su correcto funcionamiento y cálculo del presupuesto estimado para la adquisición de los mismos a futuro. Para lo cual se realizó una proforma con la empresa de energías alternativas PROVIENTO S.A. de la ciudad de Quito, quienes están encargados de la venta y distribución de elementos de generación de energía alternativa. Utilizando el siguiente criterio de equipos.

- Panel solar Monocristalino 190W/24V
- Controlador de carga Morningstar TriStar 45
- Inversor PowerStar 2kW/48VDC
- Baterías Ultracell Gel UCG 150/12

Además de las estructuras de soporte tanto para los paneles como para las baterías, que también distribuyen y venden la empresa Proviento S.A.

**Tabla 4.11** Estimación del presupuesto de equipos

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
10	Panel solar Monocristalino 190W/24V	\$ 300	\$ 3.000,00
1	Controlador de carga Morningstar TriStar 45	\$ 250	\$ 250,00
1	Inversor PowerStar 2kW/48VDC	\$ 700	\$ 700,00
16	Baterías Ultracell Gel 150/12	\$ 490	\$ 7.840,00
10	Estructura de soporte para paneles solares	\$ 100	\$ 1.000,00
16	Estructura de soporte para baterías	\$ 25	\$ 400,00
1	Gabinete eléctrico	\$ 300	\$ 300,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 13.490,00</b>
<b>DESCUENTO (10%)</b>			<b>\$ 1.349,00</b>
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 12.141,00</b>
<b>IVA (12%)</b>			<b>\$ 1.456,92</b>
<b>VALOR TOTAL (USD)</b>			<b>\$ 13.597,92</b>

Fuente: Autor

#### **4.7 Construcción del prototipo.**

Para la construcción e implementación del prototipo, se tomó referencia una oficina básica que estaría funcionando en las instalaciones del GAD Parroquial de Curaray, la cual consta de una portátil y 2 focos, elementos para los cuales se hizo nuevamente el diseño y dimensionamiento de equipos y poder implementar el prototipo que nos permitió demostrar la generación de electricidad mediante el uso de la energía solar.

Aclarado el punto anterior, se procedió con la implementación/construcción del prototipo.

#### 4.7.1. Dimensionamiento del prototipo de sistema solar

Para lo cual se comenzó con elaborar la tabla de consumos de energía para el diseño del prototipo, en el mismo que se consideró el uso de dos focos de 20 W y una portátil de 65W para un uso aproximado de 1 hora por día para AC.

**Tabla 4.12** Consumo de energía para el diseño del prototipo.

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Uso (horas/día)	Energía Wh/d
Focos (AC)	2	20 W	1	40 Wh/d
Portátil (AC)	1	65 W	1	65 Wh/d
<b>Total</b>				105Wh/d

Fuente: Autor

Determinando así un consumo diaria  $E_{AC}$  de 105 Wh/d, al cual se le aplica un factor de seguridad del 20% para obtener el consumo de energía total  $E_{TAC}$ .

$$E_{TAC} = 1.2 * E_{AC}$$

$$E_{TAC} = 1.2 * 105Wh/d$$

$$E_{TAC} = 126Wh/d$$

Posterior a esto, se realizó el cálculo del consumo medio diario,  $L_{MD}$ .

$$L_{MD} = \frac{E_{TDC} + \frac{E_{TAC}}{n_{inv}}}{n_{bat} * n_{con}}$$

donde;

$E_{TDC} = 0$ , puesto que el prototipo se diseñó específicamente para uso de AC.

$n_{inv} = 0.88$ , eficiencia del inversor

$n_{bat} = 0.85$ , eficiencia de la batería

$n_{con} = 1$ , eficiencia de los conductores

$$L_{MD} = \frac{0 + \frac{126}{0.88}}{0.85 * 1}$$

$$L_{MD} = \frac{143.18}{0.85}$$

$$L_{MD} = 168.45 \text{ Wh/d}$$

Determinando así un consumo medio diario de 168.45Wh/d.

De igual manera se realizó el dimensionamiento de los paneles solares, para determinar la cantidad de paneles necesarios para cubrir dicho consumo medio diario, para lo cual se tomó de referencia un panel de 60W de potencia pico.

**Tabla 4.13** Datos del panel solar

Características	Valor
Potencia pico (WP)	60 W
Voltaje máximo panel (Vmp)	17.5 V
Voltaje circuito abierto (Voc)	21.24 V
Corriente máxima panel (Imp)	2.86 A
Corriente de corto circuito (Isc)	3.2 A

**Fuente:** Autor

Con lo cual se realizó el cálculo del número total de paneles necesarios con la siguiente expresión:

$$N_{TP} = \frac{L_{MD}}{P_{PPS} * HSP * PR}$$

donde;

$N_{TP}$  = Número total de paneles

PR = Factor global de funcionamiento (0.9)

HSP = Horas sol pico, que de acuerdo a la Fig. 4.7, se determinó que la radiación correspondiente al mes actual es de 4.56kWh/m<sup>2</sup>/d, es decir un total de HSP=4.56.

$$N_{TP} = \frac{168.45}{60 * 4.56 * 0.9}$$

$$N_{TP} = \frac{168.45}{246.24}$$

$$N_{TP} = 0.68 \approx 1$$

**N<sub>TP</sub> = 1 panel solar**

Es decir, es necesario 1 panel solar de 60Wp para abastecer el consumo medio diario de 168.45Wh/d.

Para el cálculo de la/s batería/s, se tomó de referencia la siguiente:

**Tabla 4.14** Datos de batería

Equipo	Tensión / capacidad	Descripción
Batería 55 – 12	12VDC 55Ah	DOD: 40% Eficiencia: 85%

**Fuente:** Autor

Con lo cual se determinó la capacidad nominal del prototipo, con la siguiente expresión:

$$C_{NP} = \frac{L_{MD}}{DOD * T_N}$$

donde;

C<sub>NP</sub> = Capacidad nominal del prototipo

T<sub>N</sub> = Tensión nominal; que de acuerdo a la Tabla 4.9 es igual a 12V

$$C_{NP} = \frac{168.45}{0.4 * 12}$$

$$C_{NP} = \frac{168.45}{4.8}$$

$$\underline{C_{NP} = 35.09 \text{ A}}$$

Es decir que la capacidad nominal del prototipo será de 35.09 A.

A continuación se calculó el número de baterías en paralelo necesario para cubrir esta capacidad, para lo cual se utilizó la siguiente expresión:

$$N_{BP} = \frac{C_{NP}}{C_{NB}}$$

donde;

$N_{BP}$  = Número de baterías en paralelo

$C_{NB}$  = Capacidad nominal de la batería. (Tabla 4.14)

$$N_{BP} = \frac{35.09A}{55A}$$

$$N_{BP} = 0.638 \approx 1$$

$$\underline{N_{BP} = 1 \text{ Batería en paralelo.}}$$

Por lo tanto, se necesita tan solo de una batería para cubrir la demanda de la capacidad del prototipo.

En cuanto al inversor, primero se realizó la tabla de sumatorias de potencias de AC que soporta el prototipo.



**Tabla 4.15** Total de potencias de AC

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Total Potencia</b>
Focos AC	2	20W	40W
Portátil AC	1	65W	65W
<b>Total</b>			105W

**Fuente:** Autor

Determinando así el total de potencias de AC.  $P_{AC} = 105W$ .

Luego, se determinó la potencia de trabajo del inversor utilizando la siguiente expresión:

$$P_{inv} = 1.25 * P_{AC}$$

$$P_{inv} = 1.25 * 105W$$

$$\underline{P_{inv} = 131.25 W}$$

Es decir, que nuestro inversor deberá de soportar una potencia mínima de trabajo de 131.25W

Para el dimensionamiento del regulador, se realizó el cálculo de las corrientes tanto de entrada como de salida.

Corriente de entrada:

$$I_e = 1.25 * I_{sc} * N_{pp}$$

donde;

$I_{sc} = 3.2A$ , corriente de corto circuito del panel (tabla 4.13)

$N_{pp} = 1$ , Número de paneles en paralelo

$$I_e = 1.25 * 3.2 * 1$$

$$\underline{I_e = 4A}$$

Corriente de salida:

$$I_s = \frac{1.25 * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{n_{inv}} )}{T_{bat}}$$

donde;

$P_{DC} = 0$ , Potencia de corriente directa

$P_{AC} = 105$  W, Potencia de corriente alterna

$n_{inv} = 0.88$ , eficiencia del inversor

$T_{bat} = 12$ V, tensión de la batería.

$$I_s = \frac{1.25 * (0 + \frac{105}{0.88})}{12}$$

$$I_s = \frac{1.25 * (119.31)}{12}$$

$$I_s = \frac{149.13}{12}$$

$$\underline{\underline{I_s = 12.43A}}$$

Es decir que el regulador debería de soportar una corriente de entrada de 4A y una corriente de salida de 12.43A.

#### **4.7.2. Selección de equipos para la construcción del prototipo**

Luego de realizar un pequeño dimensionamiento para implementar el prototipo que nos ayudó a demostrar la generación de energía eléctrica mediante el uso de la energía solar, se procedió con la selección de equipos acorde a los resultados obtenidos anteriormente.

### Selección del panel solar

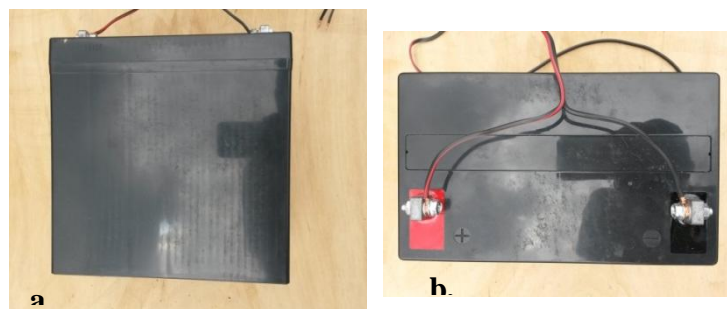
Previo al cálculo y dimensionamiento del panel solar a ser usado en el prototipo, se estableció utilizar un panel solar de 60W, como se muestra en la tabla 4.13.



**Fig. 4.30** Panel solar de 60W  
**Fuente:** Autor

### Selección de la batería

La capacidad nominal calculada para el prototipo fue de  $C_n = 35.09A$  a una tensión nominal del sistema de 12V, por lo cual se escogió una batería con tensión de 12V y una capacidad nominal acercada al valor calculado, y que se encuentre dentro del mercado nacional para realizar la adquisición del mismo, es por eso que se optó por un batería de 12V con una capacidad nominal de 55A que está dentro del rango que se necesita para nuestro prototipo como se indicó en la tabla 4.14.



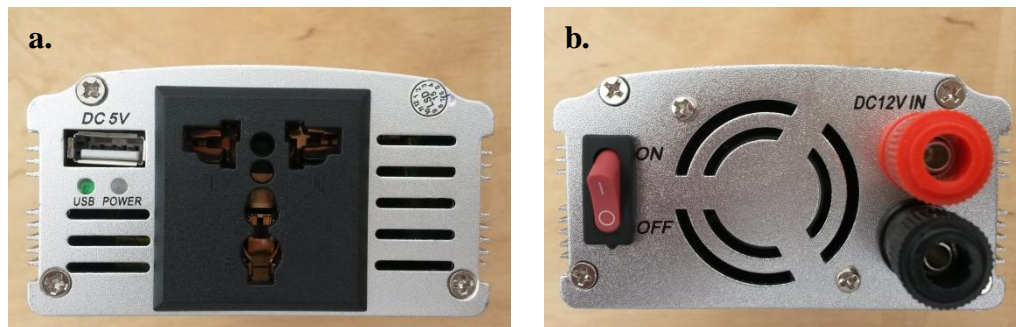
**Fig. 4.31** Batería a) vista frontal b) vista superior  
**Fuente:** Autor

## Selección del inversor

De acuerdo a los valores obtenidos anteriormente, se obtuvo que el inversor debería de trabajar a una potencia mínima de 131.25W, para lo cual se buscó igualmente dentro del mercado, inversores que bordeen ese valor de potencia y que trabajen a con una tensión de 12VDC a 110VAC, de lo cual se halló un inversor de 400W, 12V-110VAC.



**Fig. 4.32** Vista superior del inversor  
**Fuente:** Autor



**Fig. 4.33** a) vista frontal b) vista trasera  
**Fuente:** Autor

## Selección del regulador

Acorde los cálculos realizados, el regulador para el prototipo debía ser uno que soporte tano las corrientes de entrada como de salida que se calculó, es decir entre los 4A y 12.432A. Por lo cual se escogio un regulador de 20A, que es un regulador que se encuentra a la venta dentro del mercado nacional y de precio razonable, además de ser el de valor más cercano a nuestro requerimiento.



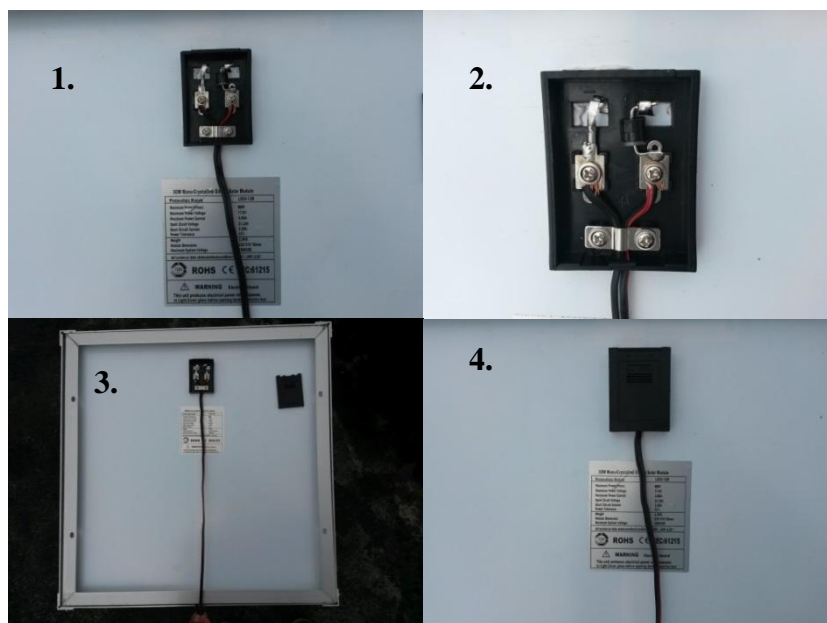
**Fig. 4.34** Regulador de 20A  
Fuente: Autor

### 4.7.3. Construcción/implementación del prototipo

Una vez determinados y seleccionados los equipos correspondientes para el prototipo, se procedió con la implementación del mismo.

#### 1.- Conexiones del panel solar

El panel solar seleccionado, tiene en su parte posterior una pequeña caja de terminales de conexión, tal como se muestra en la figura, misma que se procedió a abrir para realizar las conexiones pertinentes de los cables.



**Fig. 4.35** Caja de terminales de conexión del panel y conexiones realizadas  
Fuente: Autor

## 2.- Conexión panel solar – regulador

Una vez realizado las conexiones correctamente en la caja de terminales del panel, se procedió con la conexión panel – regulador, es decir, conectar los cables del panel a las entradas del regulador, positivo – positivo y negativo – negativo



Fig. 4.36 a) Entradas de conexión para panel en el regulador b) Conexión panel – regulador  
Fuente: Autor

## 3.- Conexión regulador – batería

Posteriormente se realizó la conexión entre el regulador y la batería, para lo cual igualmente se conectó, positivo con positivo y negativo con negativo, tanto en las conexiones del regulador como con los terminales de la batería.

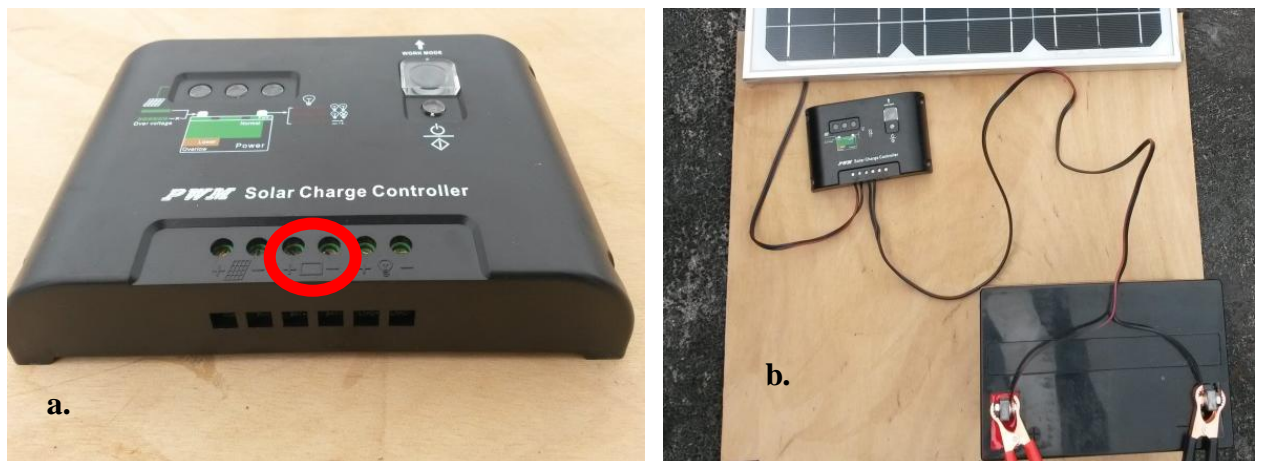
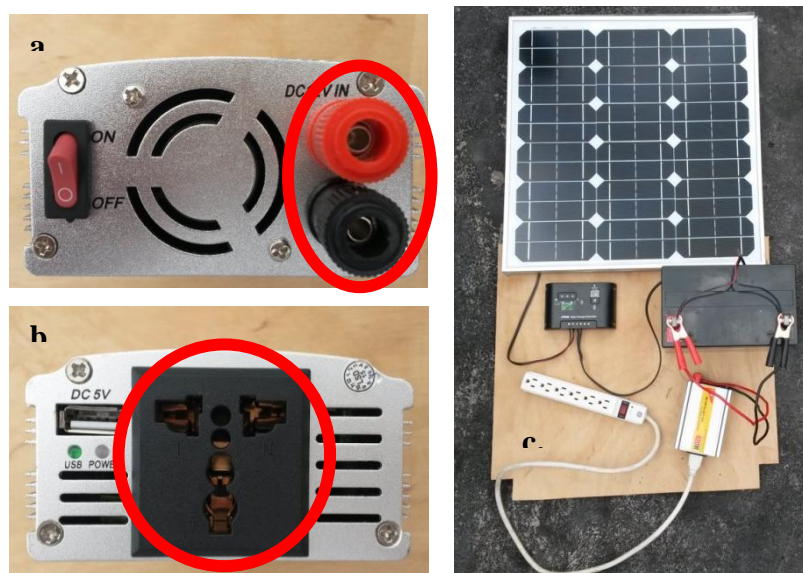


Fig. 4.37 a) Entradas de conexión para la batería en el regulador b) Conexión regulador – batería  
Fuente: Autor

#### 4.- Conexión batería – Inversor

Una vez realizadas las conexiones panel – regulador y regulador – batería se procedió con la conexión batería inversor. Para lo cual se utilizó cables con pinzas para la conexión desde el inversor hacia la batería para fácil desconexión(a), y de igual manera se conectó un cortapicos a la salida del inversor(b) para la alimentación de alterna en 110VAC tal cual se muestra en la siguiente figura(c).



**Fig. 4.38** a) terminales de conexión batería – inversor b) salida de AC c) conexión batería – inversor  
**Fuente:** Autor

#### 5.- Soporte para equipos

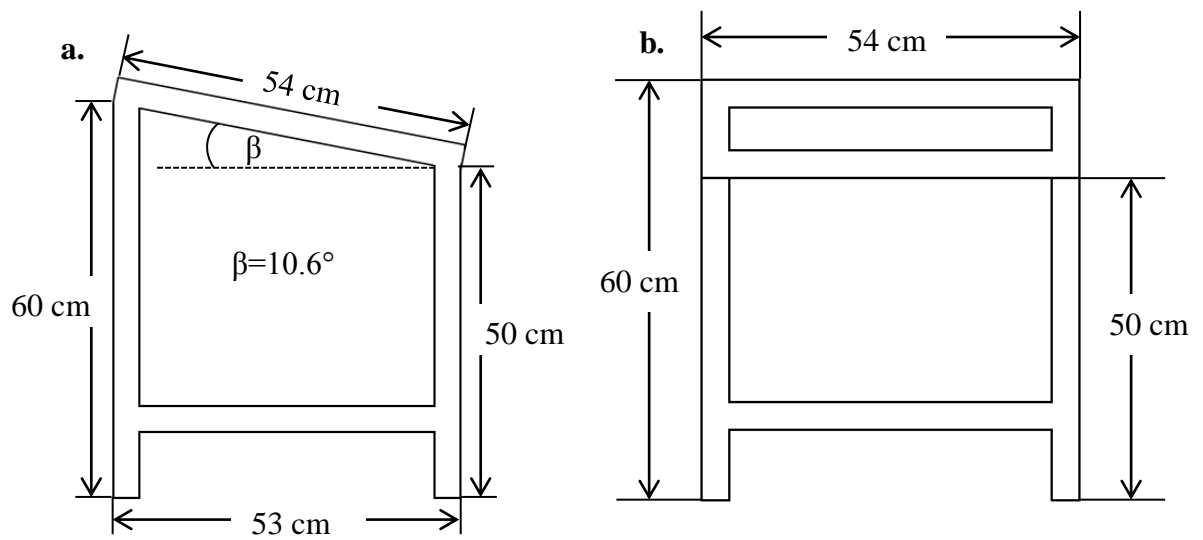
Para la colocación del panel solar, batería, regulador y controlador, se requiere de una estructura para colocar cada uno de los equipos que conforman el prototipo, para lo cual se construyó una estructura de aluminio en el cual se puede colocar tanto el panel como el resto de equipos, y a la vez tratar de formar un ángulo de inclinación para el panel solar de 10°, de igual manera una base dentro de la estructura sobre la cual se colocaron la batería, el regulador y el inversor.

Estructura tal cual se muestra en la siguiente figura.



**Fig. 4.39** Soporte para panel y equipos del prototipo  
**Fuente:** Autor

Vistas del modelo del soporte con sus respectivas medidas.



**Fig. 4.40** a) Vista lateral de la estructura b) Vista frontal de la estructura  
**Fuente:** Autor



#### 4.7.4. Presupuesto

Finalmente se realizó la tabla de presupuesto utilizado para la realización del prototipo.

Tabla de presupuesto para adquisición de equipos.

**Tabla 4.16** Presupuesto para adquisición de equipos

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Panel solar Monocristalino 60W/12V	\$ 120	\$ 120,00
1	Regulador 20 <sup>a</sup>	\$ 100	\$ 100,00
1	Inversor 400W 12V/110VAC	\$ 70	\$ 70,00
1	Batería 12V/55A	\$ 240	\$ 240,00
1	Conjunto eléctrico (cable, boquillas, interruptores)	\$ 50	\$ 50,00
SUBTOTAL			\$ 580,00
DESCUENTO (10%)			\$ 58,00
SUBTOTAL			\$ 522,00
IVA (12%)			\$62.64
<b>VALOR TOTAL EQUIPOS (USD)</b>			<b>\$ 584.64</b>

Fuente: Autor

Tabla de presupuesto utilizado para la realización de la estructura de soporte del panel y del resto de equipos, además de imprevistos

**Tabla 4.17** Presupuesto para estructura de soporte de equipos

<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Aluminio rectangular de 4x4cm (5 mtrs)	\$ 12,5	\$ 12,50
1	Aluminio tipo L, 4x4cm (3mtrs)	\$ 5	\$ 5,00
12	Agarras para aluminio de 4x4cm	\$ 0,40	\$ 4,80
1	Tabla triplex 4 líneas (53x54cm)	\$ 3	\$ 3,00
1	Mano de obra	\$ 20	\$ 20,00
2	Focos 20W	\$ 3,50	\$ 7,00
1	Aerosol color negro	\$ 7,50	\$ 7,50
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$ 59,80</b>
<b>IVA (12%)</b>			<b>\$ -</b>
<b>VALOR TOTAL MATERIALES ESTRUCTURA (USD)</b>			<b>\$ 59,80</b>

Fuente: Autor

Dando un total de inversión para el prototipo de:

Total\_1 (USD) = Valor total equipos + Valor total materiales estructura

Total\_1 (USD)= \$584,64 + \$59,80

**Total 1 (USD) = \$644.44** (seiscientos cuarenta y cuatro con cuarenta y cuatro ctv. de dólar)

A este valor total, se le aplicó un 10% de valor de imprevistos, obteniendo así un total de:

Total (USD) = 1.1 x Total\_1 (USD)

Total (USD) = 1.1 x \$644.44

**Total (USD) = \$708.88** (setecientos ocho con ochenta y ocho ctv. de dólar)

#### 4.8 Pruebas de funcionamiento.

Finalmente se procedió con las pruebas de funcionamiento del prototipo, comenzando por realizar las medidas de cada punto del sistema.

##### Medida del voltaje de entrada del panel hacia el regulador:



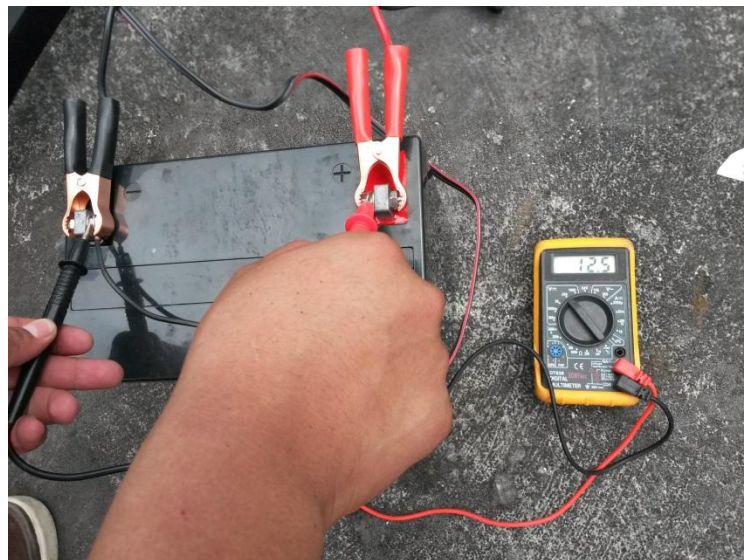
**Fig. 4.41** Medida de voltaje de entrada del panel hacia el regulador  
**Fuente:** autor

### Medida de salida del regulador a la batería:



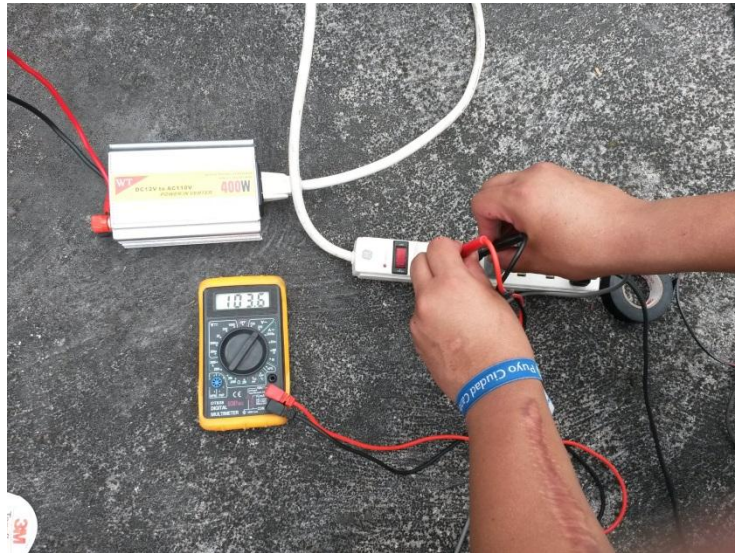
**Fig. 4.42** Medición de salida del regulador a la batería  
**Fuente:** Autor

### Medida de la tensión en la batería



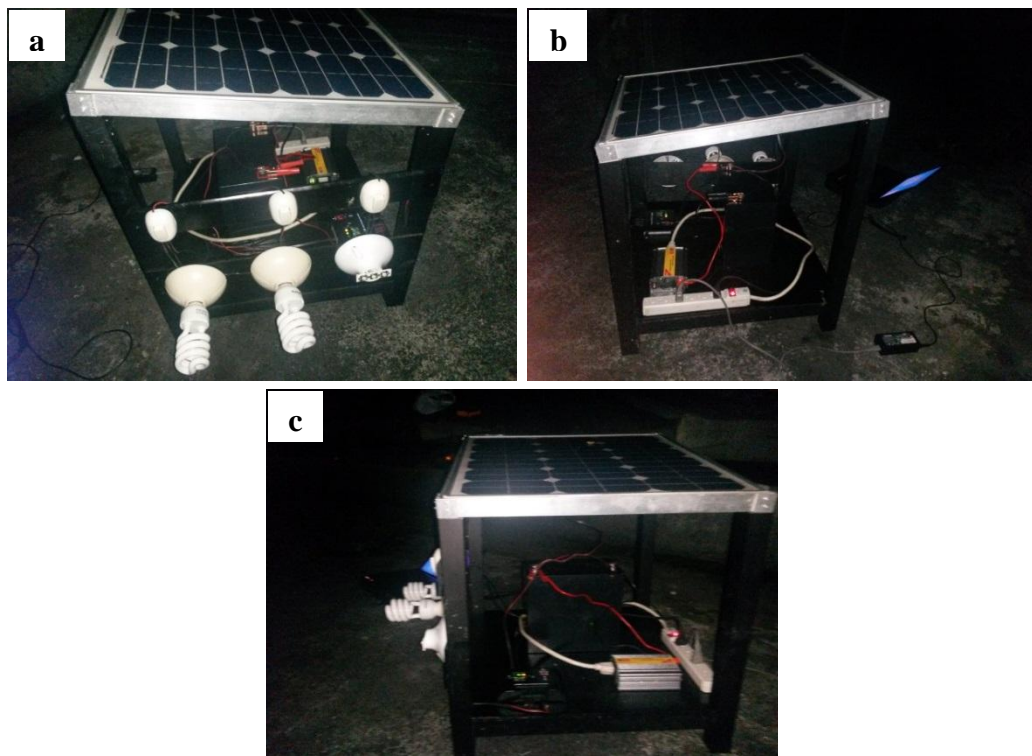
**Fig. 4.43** Medida de la tensión en la batería  
**Fuente:** Autor

## Medida de la tensión de salida en el cortapicos



**Fig. 4.44** Medida de la tensión de salida del inversor en el cortapicos  
**Fuente:** Autor

## Estructura armada para soporte del panel y equipos



**Fig. 4.45** Estructura arma a) lado izquierdo b) lado derecho c) ladro frontal  
**Fuente:** Autor

### Conexión de los dos focos de 20 W y portátil

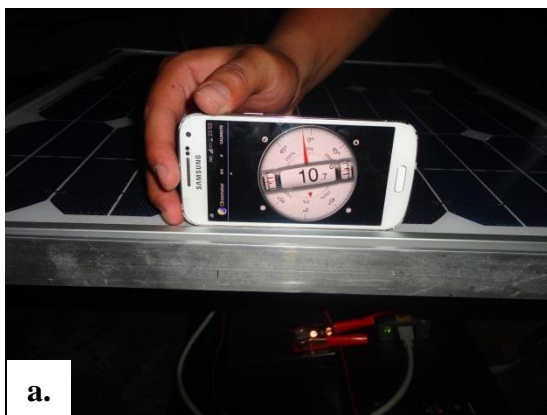
Adicional a los dos focos de 20W se conectó un foco led que trabaja con 12V y tiene una potencia de 3W.



**Fig. 4.46** Conexión de los dos focos de 20W y portátil  
**Fuente:** Autor

### Inclinación del panel solar

Se utilizó la aplicación CLINOMETER que es una herramienta para medir ángulos de pendientes(o inclinaciones) que está disponible en Play Store para celulares con Android.



**Fig. 4.47** a) Medición de la inclinación del panel b) Captura de pantalla en móvil  
**Fuente:** Autor

### Pruebas de funcionamiento con la portátil

Se realizó las pruebas de funcionamiento con la portátil.



**Fig. 4.48** Pruebas de funcionamiento en la portátil  
**Fuente:** Autor

### **Pruebas de funcionamiento de los focos**

Se realizó las pruebas de funcionamiento de encendido de los focos de 20W y el foco adicional de 3W que funciona con 12V.



**Fig. 4.49** Pruebas de funcionamiento de cada uno de los focos  
**Fuente:** Autor

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Mediante la revisión del mapa solar y de los datos de radiación solar, se concluye que, debido a la ubicación del territorio Ecuatoriano cerca de la línea ecuatorial, el país y específicamente el sector de la Parroquia Curaray goza de uno de los niveles de irradiación solar más elevados, dando apertura al uso de la energía solar como generadora de energía eléctrica.
  
- Para el proceso de dimensionamiento se consideró el mes de Junio por ser el mes más desfavorable con una radiación de 3.8kWh/m<sup>2</sup>/d en cuanto a nivel de radiación solar disponible, asegurando en el resto del año el funcionamiento total del sistema fotovoltaico aislado.
  
- El uso del software PvSyst 6.39 para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos es de gran utilidad, pues ayudó a realizar el diseño de sistemas de manera más rápida y práctica, de igual manera sirvió para corroborar los resultados obtenidos matemáticamente del dimensionamiento.
  
- La implementación del sistema fotovoltaico aislado no presentara daños en el medio ambiente, pues su fácil integración en la edificación del GAD Parroquial elimina el tener que dañar parte del ecosistema.
  
- El diseño del sistema fotovoltaico permitió la selección de equipos adecuados acorde a las características requeridas por el sector, que permitan captar la energía



solar de mejor manera para generar energía eléctrica y cubrir la necesidad que se presenta en el GAD Parroquial.

- Con el desarrollo del presente proyecto se concluyó que los sistemas fotovoltaicos en la parroquia Curaray son factibles, pues el alto potencial energético solar es provechoso para la generación de energía eléctrica.
- Se diseñó y construyó un prototipo de generación de energía eléctrica para suministrar electricidad al menos a una oficina que estaría funcionando en el GAD Parroquial, estimando el uso de una computadora portátil y dos focos de 110V.

## 5.2 Recomendaciones

- En proyectos futuros se recomienda realizar el dimensionamiento de los cables a utilizar en las conexiones del sistema.
- Para la selección de equipos se recomienda que se tenga como prioridad la relación costo – beneficio, ya que no por un menor costo de equipos se arriesgara la funcionabilidad del sistema, teniendo a futuro un diseño deficiente, esto debido a la mala calidad de los mismos, una correcta inversión inicial garantizara un correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico y una larga vida útil.
- Para el diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos en lugares de difícil acceso terrestre, se recomienda utilizar paneles medianos, ya que los paneles de gran tamaño hacen complicado el transporte en avioneta al interior de las parroquias donde se deba realizar la instalación.
- Se recomienda dar capacitación a las personas beneficiarias del sistema fotovoltaico para que realicen mantenimientos preventivos, pues el difícil acceso a la PARROQUIA y los cambios drásticos de clima en la provincia, impiden el poder ingresar en vuelo a la parroquia normalmente para realizar los mantenimientos.

## Bibliografía

- [1] Consejo Mundial de Energía, "Time to get real - The case for Sustainable Energy Investment," Consejo Mundial de Energía, Londres, Informe anual ISBN 987 0 946121 22 9, 2013.
- [2] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. [Online]. <http://www.energia.gob.ec/electrificacion-rural-con-energias-renovables/>
- [3] Nestor Angel Bejarano Bejarano, "Diseño de un sistema de generación eléctrica solar para la iluminación externa del modular de la escuela de ingeniería de Ecoturismo," ESPOCH, Riobamba, Tesis 2011.
- [4] Vanessa Catalina Herrera Barros, "Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa," UTA , Ambato, Tesis 2011.
- [5] Paúl Hernan Analuisa Jiménez, "Sistema de Energía Fotovoltaico como respaldo de energía eléctrica en el edificio del Municipio del cantón Sigchos," UTA, Ambato, Tesis 2011.
- [6] Mónica Alejandra Chavez Guerrero, "Proyecto de factibilidad para el uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional "San Antonio de Riobamba"," ESPOCH, Riobamba, Tesis 2012.
- [7] Erminia Silvas. (2012, Febrero) Actualidad Económica y Nuevas Fuentes de Energía. [Online]. <http://www.capitaldelabiodiversidad.es/2012/02/energias-renovables-definicion-y.html>
- [8] Jose Ma. Fernandez, *Guia completa de la energia solar termica y termoelectrica*. Madrid, España, 2010.

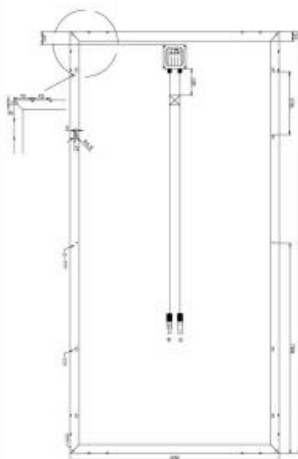
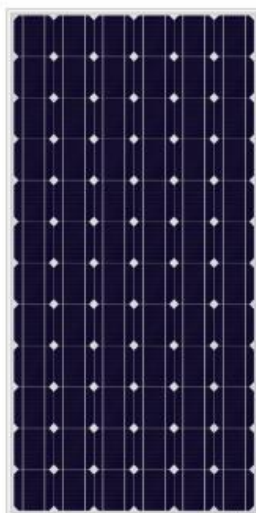
- [9] Coordinación de Energías Renovables; Dirección Nacional de Producción; Subsecretaría de Energía Eléctrica, "Energías Renovables 2008 - Energía Solar," Secretaría de Energía, Argentina, Informe 2008.
- [10] Diego Fernando González Castillo, "Energía Solar," Universidad de Chile, Chile, Informe 2012.
- [11] José Manuel López - Cozar, "Energía Solar Térmica," IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, Informe 2006.
- [12] AIMME, "Informe Técnico-Divulgativo sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica," Instituto Tecnológico Metalmeccánico, España, Informe Técnico - Divulgativo 2008.
- [13] FENERCOM. (2002) Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. [Online]. <http://www.fenercom.com/pdf/aula/recorrido-de-la-energia-energia-solar.pdf>
- [14] Instituto Tecnológico de Canarias, "Energías Renovables y Eficiencia Energética," Instituto Tecnológico y de Energías Renovables, ISBN 978-84-69093-86-3, 2008.
- [15] Miguel Pareja Aparicio, *Radiación Solar y su aprovechamiento energético*, Primera ed.: Marcombo S.A.
- [16] Diego Alejandro Parra González, "Evaluación de métodos heurísticos y matemáticos para la determinación del potencial de generación distribuida con energía fotovoltaica," Universidad de Cuenca, Cuenca, Tesis 2013.
- [17] Izzat Sabbagh Rodríguez, "Mapa y Predicción solar," Instituto Tecnológico de Canarias, Canarias,.
- [18] 3TIER. Sitio web de la Empresa 3TIER. [Online]. [http://www.3tier.com/static/tcms/us/images/support/maps/3tier\\_solar\\_irradiance.pdf](http://www.3tier.com/static/tcms/us/images/support/maps/3tier_solar_irradiance.pdf)

- [19] ARCONEL. (2015) Agencia de Regulación y Control de Electricidad. [Online]. <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1372&l=1>
- [20] ARCONEL. (2008, Agosto) Agencia de Regulación y Control de Electricidad. [Online]. [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf)
- [21] NASA. (2014, Noviembre) Atmospheric Science Data Center. [Online]. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- [22] NASA - RETScreen Data. (2015, Octubre) Atmospheric Science Data center. [Online]. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=-1.3682792&lon=-76.9440225&submit=Submit>
- [23] MEM. Ministerio de Energías y Minas, Republica del Ecuador. [Online]. <http://www.mem.gob.ni/index.php?s=1&idp=852&idt=1>
- [24] Antusol. (2010) Energía solar fotovoltaica. [Online]. <http://antusol.webcindario.com/instalacion.html>
- [25] Julio Miranda. Web de Energias renovables. [Online]. <http://www.lawebdelasenergiasrenovables.com/esquema-de-instalacion-de-paneles-solares-termicos-y-fotovoltaicos/>
- [26] Vicente Mascarós Mateo, *Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas*, Primera ed., María José López Raso, Ed. Madrid, España: Paraninfo, SA, 2015.
- [27] PVSYST. (2015, Julio) PVSYST - Photovoltaic Software. [Online]. <http://www.pvsyst.com/en/>
- [28] IDAE, "Instalaciones de Energía Solar fotovoltaicas," Institución para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red 978-84-95693-62-4, 2011.

# **ANEXO I**

**Panel Fotovoltaico SIMAX 190W/24V**

## SIMAX 125 Monocrystalline Solar Module (SM572-165W-195W)



### Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon solar cell 125x125(mm)
No. of Cells	72(6x12)
Dimensions	1580x808x45/35/50(mm)
Weight	15.5kg
Front Glass	3.2mm(0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

### Output

Cable Type	$\Phi=4\text{mm}^2$
Lengths	L=900mm
Junction Box	PV-GZX0601 MC3 or MC4

### Temperature Coefficients

Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	$45\pm 2^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Pmax	$-0.39\%/^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Voc	$-0.34\%/^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Isc	$0.052\%/^\circ\text{C}$

## Electrical Specifications

Parameters	SM572-165	SM572-170	SM572-175	SM572-180	SM572-185	SM572-190	SM572-195
Peak power Pm(W)	165±3%	170±3%	175±3%	180±3%	185±3%	190±3%	195±3%
Open circuit voltage Voc(V)	42.7	43.3	43.3	43.9	43.9	44.5	44.5
Max. power voltage Vmp(V)	35	35.5	35.5	36.0	36.0	36.5	36.5
Max. power current Imp(A)	4.71	4.79	4.93	5.00	5.14	5.21	5.34
Short circuit current Isc(A)	5.04	5.08	5.23	5.30	5.45	5.52	5.77
Dimensions(L*W*H)	1580*808*45/35/50						
Weight(kg)	15.5						
Max. over-current (A)	10						
Max. system voltage (V)	1000V DC						
Application Class	Class A						
Mono crystalline silicon solar cell	125*125*0.19mm						
No. of cells and connections	72 series						
No. of bypass diodes	3						
Bypass diode rating (A)	10						
Bypass diode max. junction temperature(°C)	200						
Bypass diode thermal resistance(°C/W)	3.0						
STC	Irradiance:1000W/m <sup>2</sup> , Cell temperature:25°C, AM:1.5						
Maximum No. of series connection	22						
Maximum No. of parallel connection	2						

# **ANEXO II**

Batería Ultracell UCG 150/12



# UCG 150-12

12V 150AH

Deep Cycle Gel

# Ultracell®

"Quality in Every Language"

## UCG150-12



## Physical Specification

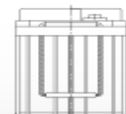
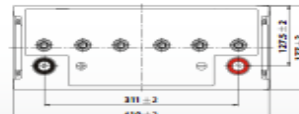
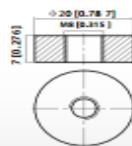
Part Number:	<b>UCG150-12</b>
Length:	<b>485 ± 2 mm (19.09 inches)</b>
Width:	<b>170 ± 2 mm (6.69 inches)</b>
Container Height:	<b>240 ± 2 mm (9.45 inches)</b>
Total Height (with terminal):	<b>240 ± 2 mm (9.45 inches)</b>
Approx Weight:	<b>Approx 44 kg</b>

## Specifications

	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (10HR)	150AH
Terminal Type	Standard Terminal	F10
	Optional Terminal	F11
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS (UL94:VO)
Rated Capacity	160.8 AH/8.04A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	150.0 AH/15.0A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	131.6 AH/26.3A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	119.3 AH/39.8A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	1500A (5s)	
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -20 ~ 55°C (-4 ~ 131°F)
		Charge: 0 ~ 40°C (32 ~ 104°F)
		Storage: -20 ~ 50°C (-4 ~ 122°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 45.0A. Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	103%
	25°C (77°F)	100%
	0°C (32°F)	86%
Design Floating Life at 20°C	15 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

## Dimensions

### F11 Terminal



# **ANEXO III**

## **Inversor PowerStar 2000**

# Power Star W7

## Product Information Guide



### General specification

**Input Wave form:**  
**Nominal voltage:**  
**Low voltage trip:**  
**Low voltage re engage:**  
**High voltage trip:**  
**High voltage re engage:**  
**Max input AC voltage:**  
**Nominal input frequency:**  
**Low freq trip:**  
**High freq trip:**  
**Output wave form:**  
**Overload protection:**  
**Short circuit protection:**  
**Transfer switch rating:**  
**Efficiency on line transfer mode:**  
**Line transfer time:**  
**Bypass without battery connected:**  
**Max bypass current:**  
**Bypass over load current:**  
**Inverter specification / output**  
**Output wave form:**  
**Output continuous power watts:**  
**Output continuous power VA:**  
**Power factor:**  
**Nominal output voltage rms:**  
**Output voltage regulation:**  
**Output frequency:**  
**Nominal efficiency:**  
**Surge ratings:**  
**Short circuit protection:**  
**Inverter specification / input**  
**Nominal input voltage:**  
**Minimum start voltage:**  
**Low battery alarm:**  
**Low battery trip:**  
**High voltage alarm:**  
**Power saver:**  
**Power saver:**

### Power star

**Sine wave (Utility or Generator)**  
**120VAC**  
 90v ± 4%      184v/154v ± 4%  
 100v ± 4%      194v/164v ± 4%  
 140v ± 4%      253v ± 4%  
 135v ± 4%      243v ± 4%  
**150VAC**      **270VAC**  
**50Hz or 60Hz (Auto detect)**  
 47 Hz for 50 Hz, 57Hz for 60Hz  
 55 Hz for 50 Hz, 85Hz for 60Hz  
**( Bypass mode) same as input**  
**Circuit breaker**  
**Circuit breaker**  
 30 amp or 40 amp  
**95%+**  
 10 ms Typical  
**Yes**  
 30 amp or 40 amp  
 35 amp or 45 amp: Alarm  
**Pure sine wave or quasi sine wave**  
 1000 2000 3000 4000 5000 6000  
 1000 2000 3000 4000 5000 6000  
 0.9-1.0  
**120/230VAC**  
 +/- 10% rms  
 50Hz ± 0.3Hz or 60Hz ± 0.3Hz.  
 >88%  
 3000 6000 9000 12000 15000 18000  
**Yes, fault after 10 secs**  

12v	24v	48v
10v	20v	40v
10.5v	21v	42v
10v	20v	40v
16v	32v	64v

**Below 25 watts when enabled**  
**Same switched on/off on remote**

### Ordering Information

Typical part number > PSW7 -8 -20 -12 -6 00

- Basic Series  
PSW7 = Combined Inverter & Charger
- Waveform  
S = Pure Sinewave Q = Quasi Sinewave
- Power Rating  
10 = 1000W 20 = 2000W 30 = 3000W  
40 = 4000W 50 = 5000W 60 = 6000W
- Battery Voltage  
12 = 12VDC 24 = 24VDC 48 = 48VDC
- SAC Voltage  
E = 230VAC NC = 120VAC
- Suffix  
00 = Standard model 01 = Customer model

### AC input current specification

Input C	SW Status
1A	SW <sub>1</sub> ON
2A	SW <sub>1</sub> +SW <sub>2</sub> ON
3A	SW <sub>1</sub> +SW <sub>2</sub> +SW <sub>3</sub> ON

### Charger mode specification

**Input voltage range:**  
**Output voltage:**  
**Charge current:**  
**Battery initial voltage for start up:**  
**Over charge protection shutdown:**  
**Charger curves (4 stage constant current ) battery types**  
**4 step digital controlled progressive charge**  

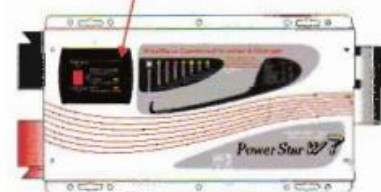
Battery type:	Fast V	Float V (*2 for 24v; *4 for 48v)
Gel U.S.A	14.0	13.7
A.G.M. 1	14.1	13.4
A.G.M. 2	14.6	13.7
Sealed lead acid	14.4	13.6
Gel euro	14.4	13.8
Open lead acid	14.8	13.3
Calcium	15.1	13.6
De-sulphation	15.5 for 4 hrs	

**Remote control / RS232 / USB**  
**Size: in mm**  
**Weight:**  

1000	2000	3000	4000	5000	6000
18kg	20kg	22kg	35kg	38kg	40kg

### Remote control installation

remove 4 screws holding this panel and disconnect the cable behind it



# **ANEXO IV**

**Regular Morningstar TriStar 45/48**



# TRISTAR™

## THREE-FUNCTION SOLAR CONTROLLER

### Electrical Specifications

- Rated solar, load or diversion current:
 

TriStar-45	45A
TriStar-60	60A
- System Voltage: 12-48V
- Accuracy:
 

12/24V:	±0.1% ±50mV
48V:	±0.1% ±100mV
- Min. voltage to operate: 9V
- Max. solar voltage (Voc): 125V
- Self-consumption:
 

Controller	<20mA
Meter	7.5mA

### Environmental Specifications

- Operating ambient temperature:
 

Controller	-40°C to +60°C
Meter	-40°C to +60°C
- Storage temperature: -55°C to +85°C
- Humidity: 100% (non-condensing)
- Tropicalization: Conformal coating on both sides of all printed circuit boards

### Electronic Protections

- Reverse polarity protection (any combination)
- Short-circuit protection
- Overcurrent protection
- Lightning and transient surge protection using 4500W transient voltage suppressors
- High temperature protection via automatic current reduction or complete shut down
- Prevents reverse current from battery at night

### Mechanical Specifications

- Dimensions:
 

Height:	26.0cm/10.3 inch
Width:	12.7cm/5.0 inch
Depth:	7.1cm/2.8 inch
- Weight: 1.6 kg/3.5 lb
- Largest Wire: 35mm<sup>2</sup>/2 AWG
- Conduit knockouts: Eccentric 2.5/3.2 cm (1.0/1.25 inch)
- Enclosure: Type 1, indoor rated

Product shown with optional meter.



45 or 60 amps  
at 12-48 volts

### TriStar Options:

- TriStar Meter** — 2 x 16 display mounts to controller and provides system and controller information, data logging, bar graphs and choice of 5 languages



- TriStar Remote Meter** — Includes 30 meters of cable for mounting meter away from the controller
- Remote Temperature Sensor** — Provides temperature compensated charging by measuring temperature at the battery (10 meter cable)

### Certifications

- CE Compliant
- UL Listed (UL 1741)
- cUL (CSA-C22.2 No.107.1-95)
- Complies with U.S. National Electric Code
- Manufactured in a certified ISO 9001 facility



**WARRANTY:** Five year warranty period. Contact Morningstar or your authorized distributor for complete terms.

**AUTHORIZED MORNINGSTAR DISTRIBUTOR:**



1098 Washington Crossing Road  
Washington Crossing, PA 18977 USA  
Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458  
E-mail: [info@morningstarcorp.com](mailto:info@morningstarcorp.com)  
Website: [www.morningstarcorp.com](http://www.morningstarcorp.com)

PRINTED IN USA 212E-R1-12/07

# **ANEXO V**




Proforma de ProViento S.A. Ecuador

<b>PROVIENTO S.A. Energías Renovables Ecuador</b>			
RUC: 1791819446001			
Proforma #:	200-1015	Fecha:	30-oct.-15

**Datos del cliente:**

Nombre/Razon Social:	John Chicaiza
Responsable:	
Dirección:	Quito

**Proforma por:**

Equipos Medición:		Equipos Generación:		X	Servicios internos:		Servicios externos:			
Cantidad:		Descripción Item:							Valor (USD)	
#	En Stock								Unidad	Total
10	Pcs	90	<b>Panel Solar Monocristalino 190Wp/24VDC</b> Panel Monocristalino 190 Wp / 24V Potencia: 190W +/- 3% Voltaje circuito abierto/optimo: 44 / 36.5V Corriente cortocircuito/optimo: 5.77 / 5.34 A Configuración: 125 x 125mm Modules: 6 x 12 Max. Voltaje String: 1000VDC Dimensiones: 1580 x 808 x 45 mm Garantía técnica 5 años Garantía de potencia: 90% a 10 años, 80% a 25 años Certificado IEC, TUV, UL					300,00	3.000,00	
										
										
1	Pcs	3	<b>Controlador de Carga Morningstar TriStar 45</b> Tecnología de carga PWM Voltaje: 12/24/48 VDC De 45 A Panel Solar, 100% Solid State, Tropicalizado Vida útil 15 años LEDs para indicación del estado de batería Protección: cortocircuito, sobrevoltaje/ temp.polaridad invertida					250,00	250,00	
										
1	Pcs	2	<b>Inversor UPS Powerstar 2KW / 48VDC</b> Potencia nom: 2000 W (continua) Potencia max: 4000 W (10seg) Voltaje Entrada: 48 VDC (baterías) Voltaje Entrada: 120 VAC (red eléctrica) Voltaje Salida: 120 VAC Eficiencia 88% autosensting 60Hz sinusoidal pura  Transferencia inmediata (10ms) sin interrupción entre red y inversor Modo standby con detección de carga 7 LEDs indicando el estado del conversorCircuito de recarga de 7 niveles a través de la red para baterías seleccionable (Gel, AGM, Sellado, Flooded, etc.)					700,00	700,00	
										
16	Pcs	30	<b>Batería ULTRACELL GEL UCG150</b> La mejor batería para sistemas fotovoltaicos por su rendimiento mucho mejor que baterías normales AGM en ciclos profundos. Baterías de GEL ofrecen casi el doble de ciclos que una batería normal AGM! Voltaje: 12 VDC Capacidad: 150 Ah@20h Tipo: GEL Ciclos: 400 a 100%, 1200 a 50%, 2400 a 30% DOD Peso: 40 Kg <b>ESTE PRODUCTO SUFRIÓ UN INCREMENTO DE 45% POR EL SOBRESALICEN IMPUESTO POR EL GOBIERNO ECUATORIANO</b>					490,00	7.840,00	
										
										
10	Pcs	0	<b>Estructura de soporte paneles solares</b> Estructuras en hierro galvanizado para instalación en piso. Material menor, pernos, tuercas, etc.					100,00	1.000,00	
										
16	Pcs	0	<b>Soporte para baterías</b> Soporte en hierro y con pintura anticorrosiva					25,00	400,00	
										
1	Pcs	0	<b>Gabinetes eléctricos 100*60*30 cm</b> Gabinete eléctrico para ubicación de inversor, controlador. Breakers de protección, varilla puesta a tierra, precableado. Dimensiones 100*60*30 cm, para interiores					300,00	300,00	
										
<b>SUBTOTAL:</b>									13.490,00	
Descuento: -10%									-1.349,00	
<b>SUBTOTAL:</b>									12.141,00	
IVA 12%									1.456,92	
<b>VALOR TOTAL (USD):</b>									13.597,92	

# **ANEXO VI**

**Informe Generado en PVSYST**

**6.39**



PVSYST V6.39		19/12/15	Página 1/4		
Sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray Sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray					
<b>Sistema Aislado: Parámetros de la simulación</b>					
<b>Proyecto :</b>	<b>Proyecto Aislado at Pastaza curaray 2</b>				
<b>Lugar geográfico</b>	Pastaza - Parroquia	<b>País</b>	Ecuador		
<b>Ubicación</b>	Latitud	1.4°S	Longitud	77.0°W	
<b>Hora definido como</b>	Hora Legal	Huso hor. UT-5	Altitud	400 m	
<b>Datos climatológicos:</b>	Pastaza curaray 2	Albedo	0.20	Síntesis - Nasa APP	
<b>Variante de simulación :</b>	<b>Nueva variante de simulación - curaray</b>				
	Fecha de simulación	19/12/15 02h16			
<b>Parámetros de la simulación</b>					
<b>Orientación Plano Receptor</b>	Inclinación	5°	Acimut	0°	
<b>Modelos empleados</b>	Transposición	Perez	Difuso	Erlbs, Meteonorm	
<b>Características generador FV</b>					
<b>Módulo FV</b> <small>Original PVsyst database</small>	SI-mono	Modelo	DS-A4-150	Fabricante	Anji Dasol Solar
<b>Superficie total</b>	Superficie módulos		16.5 m <sup>2</sup>		
<b>Factores de pérdida Generador FV</b>					
<b>Factor de pérdidas térmicas</b>	Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Uv (viento)	0.0 W/m <sup>2</sup> K / m/s	
<b>Pérdida Óhmica en el Cableado</b>	Res. global generador	24 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.5 % en STC	
<b>Pérdida Calidad Módulo</b>			Fracción de Pérdidas	2.5 %	
<b>Pérdidas Mismatch Módulos</b>			Fracción de Pérdidas	2.5 % (tensión fija)	
<b>Efecto de Incidencia, parametrización ASHRAE</b>	IAM =	1 - bo (1/cos I - 1)	Parám. bo	0.05	
<b>Parámetro del Sistema</b>					
<b>Batería</b>	Tipo de sistema	Sistema Aislado			
	Modelo	Solar 12V / 150 Ah			
	Fabricante	Generic			
<b>Características del banco de baterías</b>	Tensión	48 V	Capacidad Nominal	450 Ah	
	N° de unidades	4 en serie x 3 en paralelo			
	Temperatura	Fijo (20°C)			
<b>Regulador</b>	Modelo	TriStar-45 48V			
	Fabricante	Morningstar			
	Tecnología	uP, Series transistor	Coef. temp.	-5.0 mV/°C/elem.	
<b>Convertidor</b>	Eficiencias Máx. y EUROS	97.0/95.0 %			
<b>Umbral de Regulación Baterías</b>	Carga	56.6/50.4 V	Descarga	45.6/50.4 V	
	Comando de Generador Auxiliar	44.4/51.6 V			
<b>Necesidades de los usuarios : Cons. domésticos diarios</b>					
	media	Constante durante el año 6.6 kWh/Día			

Sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray  
 Sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray

**Sistema Aislado: Necesidades detalladas del usuario**

**Proyecto :** Proyecto Aislado at Pastaza curaray 2

**Variante de simulación :** Nueva variante de simulación - curaray

<b>Parámetros principales del sistema</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Aislado</b>		
Orientación Campos FV	Inclinación	5°	acimut	0°
Generador FV	N° de módulos	10	Pnom total	1900 Wp
Batería	Modelo	Solar 12V / 150 Ah	Tecnología	errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	12	Tensión/Capacidad	48 V / 450 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año	global	2395 kWh/año

Cons. domésticos diarios, Constante durante el año, media = 6.6 kWh/día

**Valores anuales**

	Número	Potencia	Utilización	Energía
Otras utilizations	1	6561 W total	1 h/día	6561 Wh/día
Energía total diaria				6561 Wh/día

Sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray  
 Sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray

Sistema Aislado: Resultados principales

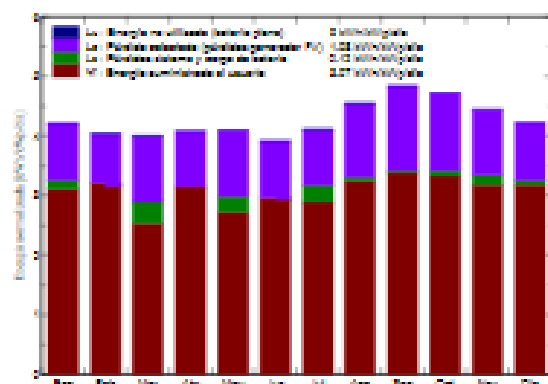
Proyecto : Proyecto Aislado at Pastaza curaray 2

Variante de simulación : Nueva variante de simulación - curaray

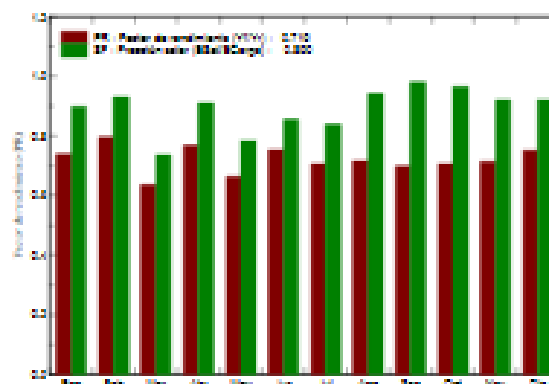
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado		
Orientación Campos FV	Inclinación	5°	acmut	0°
Generador FV	N° de módulos	10	Prom total	1500 Wp
Batería	Modelo	Solar 12V / 150 Ah	Tecnología	errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	12	Tensión/Capacidad	48 V / 450 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año	global	2395 kWh/año

Resultados principales de la simulación				
Producción del Sistema	Energía disponible	2213 kWh/año	Produc. específico	1165 kWh/kWp/año
	Energía utilizada	2130 kWh/año	Exced. (Inutilizado)	2 kWh/año
	Factor de rendimiento (PR)	71.9 %	Fracción solar SF	89.0 %
Pérdida de carga	Fracción de tiempo	11.0 %	Energía faltante	264 kWh/año

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 1500 Wp



Factor de rendimiento (PR) y Fracción solar SF



Nueva variante de simulación - curaray  
 Balances y resultados principales

	GlobHor	GlobEff	E Avail	E Unused	E Miss	E User	E Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	194.2	125.4	192.2	0.221	20.45	192.9	203.4	0.949
Febrero	114.9	106.9	107.1	0.127	13.02	170.7	192.7	0.885
Marzo	124.3	119.9	170.9	0.193	23.97	169.4	203.4	0.782
Abril	121.2	117.7	179.2	0.210	17.91	179.9	199.9	0.900
Mayo	123.4	122.1	179.2	0.094	43.79	129.9	203.4	0.782
Junio	114.0	113.9	167.9	0.247	29.24	168.9	199.9	0.845
Julio	123.7	122.9	199.2	0.279	23.94	170.4	203.4	0.839
Agosto	199.0	199.2	199.2	0.221	11.27	191.9	203.4	0.943
Septiembre	144.9	142.3	192.1	0.090	3.79	192.0	199.9	0.961
Octubre	169.2	161.7	201.2	0.014	9.99	199.9	203.4	0.987
Noviembre	199.9	199.2	192.7	0.242	12.79	191.1	199.9	0.950
Diciembre	122.2	122.7	192.2	0.127	12.99	187.4	203.4	0.921
Año	1229.3	1222.2	2213.2	2.224	264.45	2130.2	2394.9	0.890

Legenda: GlobHor Irradiación global horizontal E Miss Energía faltante  
 GlobEff Global efectivo, con. para IAM y sombras E User Energía suministrada al usuario  
 E Avail Energía Solar Disponible E Load Necesidad de energía del usuario (Carga)  
 E Unused Pérdida de energía no utilizada (base de plana) SolFrac Fracción solar (E Utilizada/E Carga)

Sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray  
Sistema fotovoltaico para el GAD Parroquial de Curaray

### Sistema Aislado: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Proyecto Aislado at Pastaza curaray 2

Variante de simulación : Nueva variante de simulación - curaray

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado		
Orientación Campos FV	Inclinación	5°	acimut	0°
Generador FV	N° de módulos	10	Pnom total	1900 Wp
Batería	Modelo	Solar 12V / 150 Ah	Tecnología	errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	12	Tensión/Capacidad	48 V / 450 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año	global	2395 kWh/año

### Diagrama de pérdida durante todo el año

