



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**TEMA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN EN UN SECTOR RURAL DEL  
GOLFO DE GUAYAQUIL MEDIANTE SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de ingeniero eléctrico**

**AUTORES:** WILLIAM STALIN REINOSO ORDÓÑEZ  
DELVER JOEL SANCHEZ JUMBO

**TUTOR:** Ing. PEREZ MALDONADO CARLOS, MSc.

**GUAYAQUIL - ECUADOR  
2022**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Delver Joel Sanchez Jumbo**, con documento de identificación N° **0952947919** y **William Stalin Reinoso Ordoñez**, con documento de identificación N° **1103921787**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 23 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Nombre: Delver Sanchez  
0952947919



---

Nombre: William Reinoso  
1103921787

## CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, **Delver Joel Sanchez Jumbo** con documento de identificación No. **0952947919** y **William Stalin Reinoso Ordoñez** con documento de identificación No. **1103921787**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE ELECTRIFICACIÓN EN UN SECTOR RURAL DEL GOLFO DE GUAYAQUIL MEDIANTE SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniería en Electricidad**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 23 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Nombre: Delver Sanchez  
0952947919



---

Nombre: William Reinoso  
1103921787

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **CARLOS LUIS PÉREZ MALDONADO** con documento de identificación N° **0913456851**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN EN UN SECTOR RURAL DEL GOLFO DE GUAYAQUIL MEDIANTE SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO”** realizado por, DELVER JOEL SANCHEZ JUMBO, con documento de identificación N° 0952947919 y WILLIAM STALIN REINOSO ORDOÑEZ, con documento de identificación N° 1103921787, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción del trabajo de titulación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 23 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Ing. Carlos Luis Pérez Maldonado, MSc.  
0913456851

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Jehová mi Dios por fortalecerme en este camino de preparación para obtener mi título. A mi madre María Jumbo Eras que desde pequeño me guio por el camino del bien y me enseñó a luchar por mis metas, a mi padre Efraín Sanchez Villafuerte que brindo apoyo emocional y económico, ambos han sido para mí un ejemplo a seguir, los consejos y valores que me inculcaron formo parte fundamental tanto como ser humano y profesional.

**Delver Sanchez**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por estar conmigo en todo momento por bendecir cada paso que he dado en mi carrera estudiantil, a mi madre y a mi padre por haberme enseñado valores desde pequeño y sobre todo me han enseñado que las metas están hechas para cumplirse con esfuerzo y dedicación.

Doy gracias a la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de pertenecer a su institución y poder aprender de todos los docentes que fueron parte esencial, ya que impartieron todos sus conocimientos con entusiasmo y dedicación.

**Delver Sanchez**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mi madre Yeni Ordoñez León por su incondicional apoyo en todo este proyecto de titulación.

**William Reinoso**

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por brindarme esta importante oportunidad académica, a mi familia por su apoyo, a todos los docentes que con su sabiduría me motivaron a seguir adelante, a mis amigos que han brindado su ayuda en esta importante etapa.

**William Reinoso**

## RESUMEN

Un sistema fotovoltaico que está constituido por paneles solares tiene la finalidad de capturar fotones por medio de la radiación solar, y convertirla en energía eléctrica sin emisiones de gases contaminantes.

Considerando lo antes mencionado, el presente proyecto consiste en implementar un sistema fotovoltaico aislado en una vivienda de la comuna Masa 2 del Golfo de Guayaquil. Con la finalidad de abastecer de energía eléctrica, ya que dicha comuna carece de este servicio básico. Se implementó mediante el análisis de datos de irradiación obtenidos con software de simulación PVsyst, dicho programa se utilizó también para el dimensionamiento de los equipos que conforman el sistema, como son, paneles fotovoltaicos, baterías, regulador de carga, inversor y protecciones eléctricas.

**Palabras claves:** sistema fotovoltaico, irradiancia, radiación solar, celda solar, panel solar.

## ABSTRAC

A photovoltaic system consisting of solar panels has the purpose of capturing photons through solar radiation and converting it into electrical energy without polluting gas emissions.

Considering the above mentioned, the present project consists of implementing an isolated photovoltaic system in a house of the commune Masa 2 of the Gulf of Guayaquil. With the purpose of supplying electric energy, since this commune lacks this basic service. It was implemented through the analysis of irradiation data obtained with PVsyst simulation software, this program was also used for the sizing of the equipment that make up the system, such as photovoltaic panels, batteries, charge controller, inverter and electrical protections.

**Keywords:** photovoltaic system, irradiance, solar radiation, solar cell, solar panel.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO, DE CESIÓN DE DERECHOS, DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
RESUMEN.....	vii
ABSTRAC .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
1. PROBLEMA.....	2
2. ANTECEDENTES .....	2
2.1 IMPORTANCIA Y ALCANCE.....	3
2.2 BENEFICIARIOS .....	3
3. DELIMITACIÓN .....	3
4. OBJETIVOS, GENERALES Y ESPECÍFICOS .....	4
4.1 Objetivo general .....	4
4.2 Objetivos específicos.....	4
5. REVISION DE LA LITERATURA .....	5
• ENERGÍA SOLAR .....	5
• EFECTO FOTOVOLTAICO .....	5
• RADIACIÓN SOLAR.....	6
• INSTRUMENTOS Y MEDIDA DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	7
INSTRUMENTOS MAS USADOS PARA LA MEDICION DE RADIACION SOLAR....	7
a) PIRANÓMETRO .....	7
b) HELIÓGRAFO.....	8
• IRRADIACION .....	8
• HORA SOLAR PICO .....	8
• CONVERSION FOTOVOLTAICA.....	8
• CELDAS FOTOVOLTAICAS .....	9
• PANEL SOLAR.....	9
• TIPOS DE PANELES SOLARES.....	9
• PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO .....	11
• TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	12

a)	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS A LA RED .....	12
b)	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED .....	12
•	BATERÍAS .....	12
•	INVERSOR .....	13
•	REGULADOR CONTROLADOR .....	13
6.	MARCO METODOLÓGICO .....	15
6.1	SOFTWARE .....	15
•	SOFTWARE PV <sub>system</sub> .....	15
•	AUTOCAD .....	15
7.	RESULTADOS .....	16
7.1	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	16
•	CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA POR DÍA. ....	16
•	DIMENSIONAMIENTO DE LA CANTIDAD DE PANELES FOTOVOLTAICOS. 19	
•	DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE ACUMULADORES .....	20
•	DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR .....	22
•	DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR .....	23
•	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL PANEL .....	24
7.2	DISEÑO DE PLANO ELÉCTRICO CON SOFTWARE AUTOCAD .....	25
•	En los circuitos de luminaria .....	25
•	En circuitos de tomacorrientes .....	25
•	LEYENDA DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS .....	26
7.2.1	PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA VIVENDA .....	27
7.2.2	PLANO ELÉCTRICO DE ALUMBRADO .....	28
7.2.3	PLANO ELÉCTRICO DE TOMACORRIENTE .....	29
7.2.4	CONEXIÓN PANEL FOTOVOLTAICO .....	30
7.3	SIMULACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE PV <sub>system</sub> . ....	31
7.3.1	REPORTE DE LA SIMULACIÓN .....	35
7.4	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO E INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA VIVIENDA .....	39
8.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	45
9.	PRESUPUESTO .....	46
10.	CONCLUSIONES .....	47

11.	RECOMENDACIONES .....	47
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
13.	ANEXOS.....	50

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.	Vivienda, Comunidad Masa 2. ....	2
Imagen 2.	Ubicación de la comunidad Masa2. ....	4
Imagen 3.	Captación de la energía solar [9] .....	5
Imagen 4.	Efecto fotovoltaico. [10].....	5
Imagen 5.	Componentes de radiación.[14] .....	6
Imagen 6.	Células de ciclo amorfo (capa fina). [19].....	10
Imagen 7.	Célula Policristalina.[19] .....	10
Imagen 8.	Célula Monocristalina.[19] .....	11
Imagen 9.	Batería Solar. [25] .....	13
Imagen 10.	Regulador Controlador. [27].....	14
Imagen 11.	Leyenda de planos eléctricos. ....	26
Imagen 12.	Plano Arquitectónico de la vivienda. ....	27
Imagen 13.	Plano eléctrico de alumbrado.....	28
Imagen 14.	Plano eléctrico de tomacorriente.....	29
Imagen 15.	Conexión Panel fotovoltaico.....	30
Imagen 16.	Orientación del panel.....	31
Imagen 17.	Parámetros del sitio geográfico.....	32
Imagen 18.	Consumos domésticos diarios de energía. ....	33
Imagen 19.	Horas de mayor demanda de energía en el día.....	34
Imagen 20.	Reporte de los parámetros y características en general. ....	35
Imagen 21.	Detalles de las necesidades del usuario.....	36
Imagen 22.	Principales resultados del sistema.....	37
Imagen 23.	Diagrama de perdidas. ....	38
Imagen 24.	Fabricación de la base del panel solar.....	39
Imagen 25.	Construcción de la base e instalación del panel solar.....	39
Imagen 26.	Colocación de la varilla puesta a tierra. ....	40
Imagen 27.	Conexión del panel fotovoltaico .....	40

Imagen 28. Colocación de las cajas Hexagonales.....	41
Imagen 29. Colocación del panel de distribución.....	41
Imagen 30. Conexiones respectivas al panel de distribución.....	42
Imagen 31. Colocación y conexión de los puntos de iluminación.....	42
Imagen 32. Colocación de los puntos de tomacorriente.....	43
Imagen 33. Conexión de baterías, controlador e inversor.....	43
Imagen 34. Proyecto final con las conexiones.....	44

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación hora solar pico.....	8
Ecuación 2. Ecuación de la demanda diaria.....	16
Ecuación 3. Ecuación del cálculo de rendimiento del sistema.....	17
Ecuación 4. Demanda máxima de la instalación.....	18
Ecuación 5. Potencia del generador fotovoltaico.....	19
Ecuación 6. Ecuación de número de paneles.....	20
Ecuación 7. Ecuación de la carga total de baterías.....	20
Ecuación 8. Ecuación número de baterías.....	21
Ecuación 9. Ecuación de corriente máxima del generador fotovoltaico.....	22
Ecuación 10. Ecuación de la potencia del inversor.....	23
Ecuación 11. Ecuación del ángulo de inclinación del panel solar.....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo de la demanda total de las cargas.....	17
Tabla 2. Especificaciones técnicas del panel. [29].....	19
Tabla 3. Especificaciones técnicas de la batería. [30].....	21
Tabla 4. Características del controlador. [31].....	23
Tabla 5. Potencia total instalada.....	23

Tabla 6. Características del inversor. [32] .....	24
Tabla 7: Tamaño de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.[33] .....	26

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones de la batería. [30].....	50
Anexo 2. Características del controlador SmartSolar. [31].....	50
Anexo 3. Características del inversor. [32].....	51

## INTRODUCCIÓN

La generación, transmisión y distribución de energía eléctrica se enfrentan a retos técnicos, económicos y ambientales, sobre todo a la crisis energética global, los precios elevados de producción de energía eléctrica y regulaciones más rigurosas. [1] Las energías renovables brindan la probabilidad de producir energía eléctrica y calor en general sin emisiones, de forma sustentable y con bajos costos operativos. Esto da a los países un interés legítimo en el uso de recursos renovables locales. [2]

La energía renovable ofrece diversos beneficios en comparación a la generación eléctrica tradicional. Una de las características más exigentes es la incontrolable volatilidad de la fuente. Las condiciones ambientales y, por tanto, el suministro no se puede garantizar por adelantado. Este problema puede superarse almacenando energía durante la producción excesiva de energía y utilizándola cuando la producción de energía es moderada. [2]

Las poblaciones rurales son importantes para el desarrollo de la mayoría de los países, sin embargo, Ecuador posee diversas zonas rurales que carecen de acceso a la energía eléctrica, por ello es imprescindible optar por medios de energía accesibles, que sean eficientes y sostenibles. [3]

## 1. PROBLEMA



Imagen 1. Vivienda, Comunidad Masa 2.

Fuente: Autores

Décadas atrás el Ecuador enfrentó costosas crisis en el sector eléctrico, debido a la escasa existencia de centrales eléctricas para abastecer a todas las poblaciones del país. [4] Existen diversas formas de generar energía eléctrica ya sea por medio de energía eólica, energía solar o energía térmica, entre otras, por ello la alternativa más viable en zonas de difícil acceso es la energía fotovoltaica.

El principal problema en la comunidad Masa 2, es que carecen de energía eléctrica permanente durante el día, suelen usar generador eléctrico pocas horas durante la noche, sus habitantes transportan en lancha y almacenan combustibles fósiles para el funcionamiento de su generador, esto representa altos costos económicos, contaminación ambiental, auditiva y peligro debido al almacenamiento de combustible.

## 2. ANTECEDENTES

La electricidad es fundamental en la vida cotidiana ya que se ha convertido en una necesidad básica en el desenvolvimiento diario de sus actividades. La sociedad se ha visto beneficiada por la electricidad a través de la tecnología, los artefactos eléctricos facilitan las labores tanto industriales como del hogar, reduciendo en gran medida el tiempo de trabajo.[5]

Una parte de la visión de la Universidad Politécnica Salesiana es servir y ayudar a la comunidad en general, la universidad en colaboración con docentes y alumnos proyectaron ayudar a los

habitantes de la comunidad Masa 2 con el estudio diseño e implementación de un sistema fotovoltaico aislado.[6]

La comunidad de Masa 2 está ubicada a aproximadamente a 50 minutos en lancha de la ciudad de Guayaquil, cuenta con un estimado de 80 habitantes incluidos niños y aproximadamente 23 familias.

## **2.1 IMPORTANCIA Y ALCANCE**

Teniendo en cuenta la ausencia de energía eléctrica en lugares rurales del Ecuador, como es el caso de la comuna Masa 2, se realizó el estudio para implementar sistemas de energía renovable, el cual es necesario para el desarrollo social de los habitantes de dicha comuna. El servicio de energía eléctrica instalado con el que cuentan los residentes les resulta poco efectivo, tanto para su economía como para su salud. [7]

La implementación de la energía solar fotovoltaica permitirá que los habitantes de la comuna Masa 2 tengan acceso a la energía eléctrica permanente, de la cual prescindían y así impulsar su desarrollo.

## **2.2 BENEFICIARIOS**

Los principales beneficiarios de este proyecto son las familias que habitan la comunidad Masa 2, obteniendo suministro de energía constante a lo largo del día, con una menor contaminación y costos de generación.

## **3. DELIMITACIÓN**

Debido a la situación geográfica, y al estado de desarrollo de nuestro País, existen comunidades rurales que no cuentan con este servicio de red eléctrica. En este caso en la comunidad Masa 2 se implementará un sistema fotovoltaico la cual va a generar energía eléctrica a una vivienda de la comunidad Masa 2 ubicada en el Golfo de Guayaquil, según los análisis de estudio la carga está establecida para iluminación, televisor, tomacorrientes, entre otros.

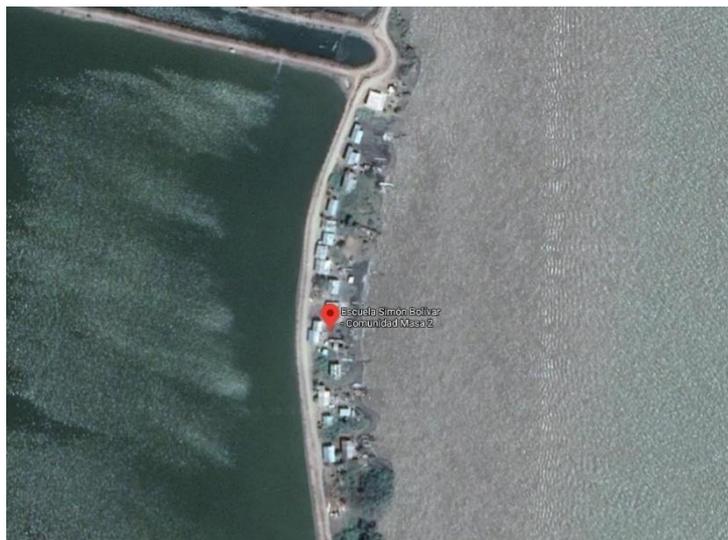


Imagen 2. Ubicación de la comunidad Masa2.

Fuente: GPS

## 4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

### 4.1 Objetivo general

- ❖ Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico para electrificar una vivienda de la comunidad rural del Golfo de Guayaquil.

### 4.2 Objetivos específicos

- ❖ Calcular la demanda de carga básica requerida para una vivienda, mediante las visitas al sector, medición de las potencias requeridas para el dimensionamiento del sistema aislado fotovoltaico.
- ❖ Diseñar el plano eléctrico de los circuitos de alumbrado, tomacorrientes y demás instalaciones de la residencia asignada.
- ❖ Estudio de la radiación solar y las cargas aproximadas de la vivienda elegida en la comunidad Masa 2 mediante el software de simulación PVsyst.
- ❖ Instalar el sistema fotovoltaico en la vivienda perteneciente a la comunidad Masa 2.

## 5. REVISION DE LA LITERATURA

### • ENERGÍA SOLAR

El Sol nos provee de energía renovable que se puede utilizar para generar electricidad, se la obtiene al absorber el calor y la luz que emite. Los fotones que llegan a nuestro planeta pueden ser aprovechados por el calor que producen, absorbiendo la radiación. [8]



Imagen 3. Captación de la energía solar [9]

### • EFECTO FOTOVOLTAICO

Es la propiedad que poseen ciertos materiales para producir corriente eléctrica. El efecto fotovoltaico se caracteriza por transformar la radiación que emana del Sol, a energía eléctrica, por medio de células solares.[8]

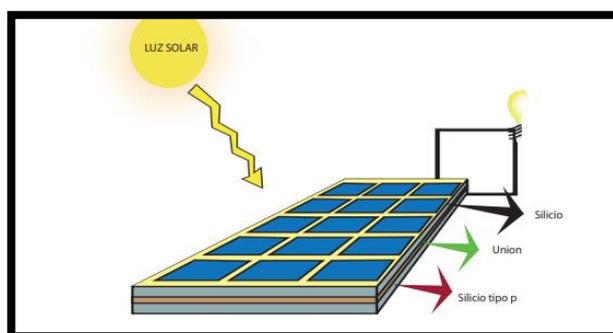


Imagen 4. Efecto fotovoltaico. [10]

## • RADIACIÓN SOLAR

Se basa en expulsar gran cantidad de energía en forma de ondas electromagnéticas en todas las direcciones, su unidad de medida está dada en  $W/m^2$ . [11]

El 47% de los rayos emanados por el Sol son visibles para el ojo humano (lo que llamamos luz), el resto de los rayos no es visible para el ojo humano los cuales se componen de rayos infrarrojos o caloríficos con un 46% del total. Los rayos ultravioletas también se encuentran fuera del rango de visibilidad del ojo humano y representan un 7% de la radiación total. [11]

La radiación solar consta de tres componentes:

- La **radiación directa** es la energía que llega directamente a la superficie terrestre sin dispersiones, esta dirección influye 3 factores importantes como es la latitud, día y hora. [12]
- La **radiación difusa** es la energía que tiene cambios de dirección, es decir tienen dispersiones en su trayectoria por la atmosfera. [13]
- La **radiación reflejada** es la energía radiante la cual pasa por las nubes o cuerpos con reflexión hasta alcanzar el panel solar. [14]

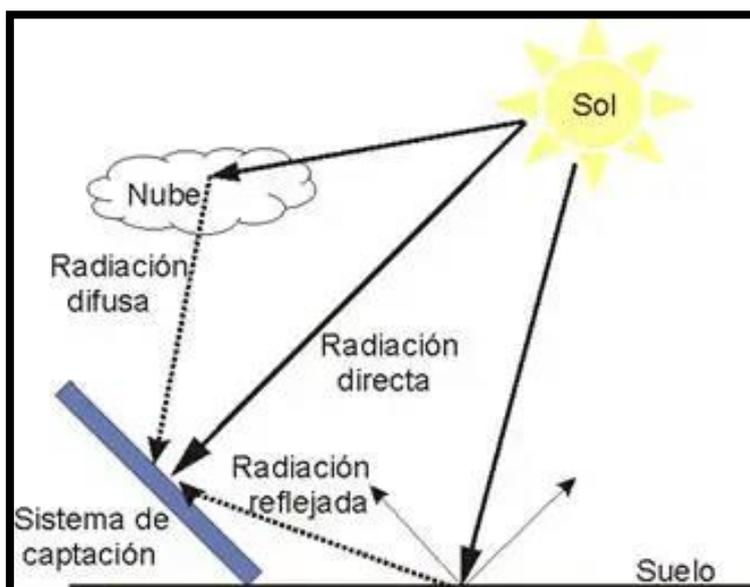


Imagen 5. Componentes de radiación. [14]

## • INSTRUMENTOS Y MEDIDA DE LA RADIACIÓN SOLAR

Las mediciones de irradiación son útiles para analizar el funcionamiento de un equipo fotovoltaico en un tiempo definido, las mediciones siempre se las debe realizar en un periodo de tiempo prolongado ya sea por día, mes o año. Estas mediciones por intervalos de tiempo nos permiten monitorear a detalle el comportamiento de un sistema o equipo fotovoltaico. Esta es la única forma de analizar algún problema o disturbio en el comportamiento del sistema.

Cuando se requiere la medición de insolación total por hora o día se utiliza más frecuentemente los data loggers. Este dispositivo mide y registra datos de la radiación solar en relación con la ubicación por medio de sensores. El factor en contra de este equipo es el precio ya que tiene un elevado costo y son mayormente usados para proyectos de medianos a grandes.

Importancia de realizar las medidas de radiación solar:

- a) Estudia las transformaciones de la energía solar, a nivel tierra – atmosfera.
- b) En torno a la atmósfera analiza sus propiedades, distribución y elementos que la constituyen.
- c) Estudia las variaciones y distribuciones de la radiación incidente, reflectada y total.
- d) Tiene aplicaciones en la mayoría de las actividades humanas, como son: biología, medicina, agricultura, arquitectura, etc.

## **INSTRUMENTOS MAS USADOS PARA LA MEDICION DE RADIACION SOLAR**

### **a) PIRANÓMETRO**

También llamados solarímetros, los piranómetros son equipos cuya función principal consiste en la medición de la radiación absorbida, de onda corta en un sensor sólido en forma de hemisferio con su orientación en dirección al Sol. Su funcionamiento consiste en que la intensidad es proporcional a la diferencia de temperatura de la radiación, entre las dos áreas del sensor.

## b) HELIÓGRAFO

La función del heliógrafo consiste en medir los períodos del día, mediante una esfera de cristal mide la intensidad de la radiación solar. Cuando se suma los períodos, nos da como resultado la insolación diaria. El resultado es obtenido mediante el intervalo comprendido desde la salida y puesta de sol, el cual define la mayor cantidad de insolación en un día y lugar específico.

### • IRRADIACION

Esta nos permite medir la incidencia de la radiación en la superficie de un área mediante la fórmula  $W/m^2$ . La irradiación nos permite tener referencias de la magnitud de la potencia que incide por unidad de superficie de radiación electromagnética.[13]

### • HORA SOLAR PICO

Nos permite evaluar un aproximado que un panel fotovoltaico puede producir en un día. Este concepto nos permite definir el tiempo diario que el panel recibe radiación en un día (con relación a su inclinación), con una relación de  $1000 W/m^2$ . [15]

$$HSP_{\beta} = \frac{R_{\beta}}{I_{\beta}}$$

Ecuación 1. Ecuación hora solar pico.

Donde:

$HSP_{\beta}$ : Hora solar pico para una inclinación  $\beta$ .

$R_{\beta}$ : Radiación media Diaria  $Kwh/m^2$  para una inclinación  $\beta$ .

$I_{\beta}$ : Constante igual a  $1 Kwh/m^2$ .

### • CONVERSION FOTOVOLTAICA

Convierte la radiación solar directamente en energía eléctrica, y la conversión que se efectúa por medio de generadores fotovoltaicos. El generador fotovoltaico, es el que se encarga de convertir la energía solar en electricidad, consiste en múltiples módulos fotovoltaicos que se conectan ya sea en serie, y/o paralelo, cada uno de los cuales consta de una unidad básica conocida como celda fotovoltaica o celda solar.[16]

La conversión fotovoltaica se origina en los elementos llamados celdas solares que utilizan algunas propiedades de los materiales semiconductores. Los semiconductores son sólidos que pueden transportar corriente en determinadas condiciones. De esta forma los semiconductores pueden funcionar como un conductor o aislante. Un ejemplo es una radiación incidente luminosa, se produce cuando un fotón incide en una celda solar que puede ser transmitido o absorbido, entregando así su energía a un electrón. Este electrón con abundante energía puede circular por el material hasta alcanzar un contacto.[16]

- **CELDA FOTOVOLTAICA**

Una celda solar es un dispositivo de metal fotosensible que emite electrones cuando se expone a la luz para generar energía eléctrica. Consisten en celdas de silicio puro con la adición de varios elementos químicos. [9]

- **PANEL SOLAR**

Consta de un conjunto de celdas conectadas eléctricamente, y encapsuladas, estos paneles solares deben ser montadas en una estructura de soporte o marco. Suministra voltaje de CC en la salida del enlace y está diseñado para valores de voltaje específicos “6V, 12V, 24V...”, la cual establecerán el voltaje al que opera el sistema fotovoltaico. [17]

- **TIPOS DE PANELES SOLARES.**

1. **Células de ciclo amorfo:**

Su principal ventaja es el bajo costo y pueden funcionar con una menor irradiación frente a sus rivales. También tiene una textura de menor espesor y peso que los paneles con células monocristalinas. Entre sus inconvenientes presenta una grave baja de eficiencia de conversión (Aproximadamente 7%) en comparación a los demás paneles, también presente alto índice de degradación lo cual disminuye su vida útil.[18]



Imagen 6. Células de ciclo amorfo (capa fina). [19]

## 2. Células Policristalinas:

Estas células nos presentan un rendimiento que oscila entre el 14 y 16 % de eficiencia. Su costo es levemente menor que los paneles con célula monocristalina, así mismo su eficiencia es algo inferior. El corte de esta célula permite hacerlo en forma recta en sus puntas, esto es una ventaja frente a los paneles monocristalinos que tiene que ser con bordes redondeados, lo cual puede presentar inconvenientes a la hora de su instalación. Su funcionamiento mejora con temperaturas altas, lo contrario del monocristalino.[18]

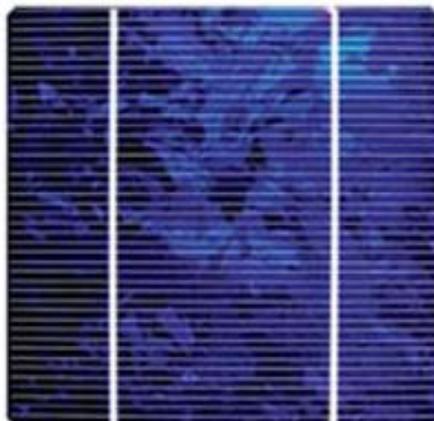


Imagen 7. Célula Policristalina.[19]

## 3. Células Monocristalinas

Este tipo de célula nos presenta un rendimiento más elevado comprendido entre el 16 y 17%. Los precios del panel monocristalina es el más alto y su rendimiento se ve afectado en altas

temperaturas. También necesitan frecuente mantenimiento, lo cual es un grave inconveniente en zonas de difícil acceso.[18]

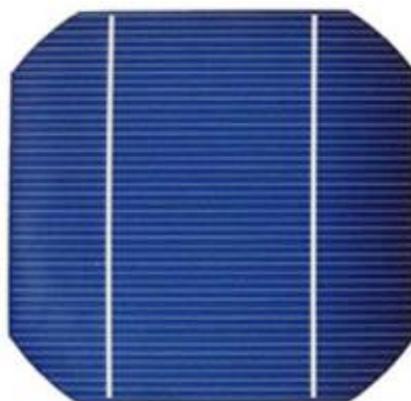


Imagen 8. Célula Monocristalina.[19]

- **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO**

La luz que recibimos proveniente del sol consta de partículas llamadas fotones, los cuales encuentran un semiconductor, una gran parte de estos son absorbidos, en lugar de reflejarse o atravesar la superficie. El fotón al momento de ser absorbido genera energía causando el desplazamiento de un electrón, creando un agujero en el átomo. Este agujero generado tiende a atraer un electrón de algún átomo cercano, creando un agujero en otro átomo que se llenara usando un electrón de un nuevo átomo y así sucesivamente. Al repetirse este ciclo por millones de veces, se genera una corriente eléctrica.[20]

El proceso anteriormente visto consta en transformar la energía proveniente del Sol en electricidad continua (DC). Esta corriente es definida como la acción de mover cargas direccionadas a un lugar en un sentido mediante un circuito. Este sistema requiere de un equipo que convierte la energía continua en alterna llamado conversor (AC), la cual es distribuida hasta el usuario final.[20]

- **TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Los sistemas fotovoltaicos constan de dos tipos:

- a) SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS A LA RED**

Un sistema fotovoltaico aislado es aquel que nos permite abastecer una determinada demanda eléctrica mediante su propia generación, estas instalaciones son la alternativa más viable en lugares donde la acometida de la red pública no abastece. Para garantizar el abastecimiento continuo de electricidad, estos sistemas requieren de baterías u otro tipo de apoyo. [21]

Este sistema aislado a la red tiene aplicaciones en viviendas y edificios, alumbrado público, sistemas agropecuarios, sistemas de bombeo y tratamiento de agua, sistemas de señalización en carreteras y obras etc.[21]

- b) SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED**

Esta configuración funciona conectado a la red eléctrica existente, su funcionamiento consiste en suministrar energía a la fase, si estos valores no son suficientes, la red eléctrica inyecta energía para satisfacer la demanda y viceversa. [22] Estos sistemas en mediana o baja tensión se enfocan en su mayoría en modelos residenciales o industriales que requieran generar su propia energía eléctrica, ya sea para sus hogares o edificaciones industriales. [22]

Las ventajas a destacar en este sistema son:

- Los costos de mantenimiento, la cual son menores en comparación a los sistemas aislados.
- Este sistema presenta un menor riesgo de falla.
- Contribuyen a la conservación del medio ambiente y su inversión se la puede recuperar en un corto periodo de tiempo.[22]

- **BATERÍAS**

Los equipos de almacenamiento de energía que se usan para los sistemas fotovoltaicos (en su mayoría sistema aislados), son importantes debido al desfase en el tiempo que en la mayoría de casos existe en las horas que más energía genera el sistema fotovoltaico (transcurso de día), y las horas de consumo (transcurso de la noche).[23] Las baterías solares tienen la finalidad de

acumular energía eléctrica, la cual es generada por placas solares, este es capaz de abastecer la demanda necesaria para poder utilizarse durante la noche o en días con poca radiación solar.[24]

Permitiendo el abastecimiento de energía cuando el generador fotovoltaico (los paneles) no puedan generar la potencia suficiente, ya sea por poca irradiación solar o alta demanda energética.[23]

Las baterías **Plomo-ácido** son las más comunes en el mercado, estas se adaptan bien al sistema fotovoltaico, por su menor costo y fácil mantenimiento, las baterías **Níquel-cadmio** son más resistentes tanto en temperaturas como en factores de carga y descarga, por lo que son más usadas en sistemas más industrializados.[23]



Imagen 9. Batería Solar. [25]

- **INVERSOR**

Este equipo cumple la función de transformar la corriente continua (CC) a corriente alterna (CA), con voltaje y frecuencia requeridos en el equipo suministrado. Usualmente transforma valores de tensión de 12V, 24V o 48V a tensión de 120V/240V, este dispositivo consta de tres bloques: el oscilador, la protección y el convertidor CC/CA. [12]

- **REGULADOR CONTROLADOR**

Este equipo es el que regula y controla el flujo de intensidad eléctrica desde los paneles fotovoltaicos hacia los acumuladores. Este equipo evita sobrecargas, limitando el voltaje a los

acumuladores a sus niveles estándares para su buen funcionamiento. El regulador / controlador tiene incorporado protecciones contra inversión de polaridad, cortocircuito, sobreintensidad y sobrevoltajes, los cuales evitan que la corriente acumulada regrese al panel evitando un mal funcionamiento del sistema.[26]



Imagen 10. Regulador Controlador. [27]

## **6. MARCO METODOLÓGICO**

Debido a las dificultades para acceder al servicio de energía eléctrica que presentan los habitantes de la comunidad Masa 2 se realizó un estudio del área, medición estimada de la energía que ocupa cada vivienda cuyo resultado nos permite obtener la demanda a instalar, cálculo de radiación, diseño de planos mediante el software AutoCAD y posteriormente se procedió con la propuesta para la implementación de paneles fotovoltaicos.

### **6.1 SOFTWARE**

Un software es una aplicación concebida para facilitar cualquier tipo de tarea en un ordenador o cualquier dispositivo que la soporte. Para la selección de nuestro software nos basamos en la disponibilidad de equipos ingresados en el sistema del software y disponibles en nuestra región, mediante. Aunque todos los softwares de simulación para sistemas fotovoltaicos son muy parecidos, llegamos a la conclusión de que PVsyst nos ofrece una amplia gama de equipos para la simulación. [24]

- **SOFTWARE PVsyst**

Este software está enfocado en el estudio, simulación y análisis completo de sistemas fotovoltaicos, también nos facilita el dimensionamiento tanto en tamaño como en número de paneles, observando la irradiación focalizada a partir de las coordenadas del equipo a instalar, debido los datos meteorológicos y a su sistema de diseño en 3D que proyecta las sombras y su movimiento a lo largo del día.[26]

- **AUTOCAD**

Es un software que sirve para diseñar dibujos en 2Dy 3D, su principal objetivo es crear diseños más reales, además es muy reconocido internacionalmente. En la actualidad es muy utilizados por profesionales como ingenieros, arquitectos, etc.[28]

## 7. RESULTADOS

Como resultado se obtuvo la demanda para el dimensionamiento del proyecto siendo este favorable para su implementación, el cual permitirá un correcto abastecimiento de energía a la vivienda.

A continuación, se describe los pasos que se realizó para la ejecución de este proyecto.

### 7.1 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se tomará en cuenta una estructura con el panel ubicada a 13 metros aproximadamente de la casa que va a ser instalado el sistema.

En la realización del dimensionamiento se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Demanda máxima diaria.
- Dimensionamiento de la cantidad de paneles fotovoltaicos.
- Dimensionamiento de la capacidad del banco de acumuladores.
- Dimensionamiento del controlador.
- Dimensionamiento del inversor.
- Optimización de la orientación del panel

#### • CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA POR DÍA.

En el dimensionamiento se realizó el cálculo del consumo de las luminarias y electrodomésticos de la casa, los cuales entiendo que tienen una tensión de 120V y frecuencia de operación 60Hz. Se calculó el consumo por día mostrado en la ecuación 2. En la tabla 1 se muestra el consumo proyectado de la demanda.

$$D_{diaria} = P_{carga} * H_{uso} * N_{equipos}$$

Ecuación 2. Ecuación de la demanda diaria.

Donde:

$P_{carga}$ : Potencia de la carga.

$H_{uso}$ : Horas de consumo de la carga.

$N_{equipos}$ : Número de equipos.

<b>CARGA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA DE LA CARGA(W)</b>	<b>CANTIDAD DE HORAS/USO</b>	<b>DEMANDA TOTAL</b>
Focos led	5	9	4	180
Televisor	1	75	5	375
DirecTv	1	15	5	75
Celulares	2	15	3	90
Total de carga				720

Tabla 1. Cálculo de la demanda total de las cargas.

Se tiene en cuenta que el rendimiento de todo el sistema se verá afectado por la generación, esto quiere decir que en los cálculos se tiene que incluir las pérdidas de energía, para su correcto funcionamiento

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado se considera 2 principales métodos.

- El primer método consiste en establecer un rango seguro de 20% de la demanda a instalar.
- El siguiente método consiste en realizar el cálculo total del sistema.

En el presente proyecto se eligió el segundo método, la cual consiste en realizar los cálculos del aprovechamiento y rendimiento de la instalación mediante la ecuación 3.

$$Rt = (1 - Rb - Rc - Rd) * \left[ 1 - \left( \frac{Ra * Da}{Pd} \right) \right]$$

Ecuación 3. Ecuación del cálculo de rendimiento del sistema.

A continuación, los factores de la ecuación:

$Ra$ : Pérdida diaria de baterías debido. Para el presente trabajo se tomará un factor de: 0.005

- 0.005 en acumuladores estacionarios de plomo y ácido.
- 0.012 en acumuladores con alto índice de auto descarga (encendido de automotor).
- 0.002 en acumuladores de bajo índice de auto descarga.

*Rb*: Pérdidas producidas por el rendimiento de los equipos acumuladores. Para baterías nuevas: 0.05

- 0.05 en instalaciones con poca demanda de descargas.
- 0.1 en instalaciones con descargas altas.

*Rc*: Pérdidas del sistema proporcionadas por el rendimiento del inversor. En el presente trabajo se utilizará un factor de: 0.05

- 0.05 en convertidores con ondas senoidales, funcionando de forma nominal.
- 0.1 en equipos fuera de su función nominal.

*Rd*: Pérdidas debido al aprovechamiento del regulador. Para nuestro caso se tomará un factor: 0.05.

*Da*: Tiempo de autonomía. Para el presente proyecto de tomará  $Da = 4$ .

*Pd*: Profundidad de descarga del acumulador,  $Pd = 0.5$

$$Rt = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.05) * \left[ 1 - \left( \frac{0.005 * 4}{0.5} \right) \right]$$

$$Kt = 0.816$$

La energía diaria que el panel debe generar se calcula mediante la ecuación 4, en esta ecuación está incluido pérdidas del sistema, la cual deberá ser suplida por el panel solar.

$$D_{max} = \frac{D_{cargas}}{Kt}$$

Ecuación 4. Demanda máxima de la instalación.

$$D_{max} = \frac{720Wh}{0.816}$$

$$D_{max} = 882.35 Wh$$

A continuación, se calcula la máxima potencia de carga generada por los paneles en la hora solar pico para satisfacer la demanda requerida. Los cálculos mencionados se realizan en la ecuación 5, se tiene como referencia que en esta zona el pico de radiación solar corresponde a 3h.

$$P_{GFV} = \frac{D_{max}}{HSP}$$

Ecuación 5. Potencia del generador fotovoltaico.

Donde:

$D_{max}$  = Demanda máxima de la instalación

$HSP$  = Hora solar pico

$$P_{GFV} = \frac{882.35 \text{ Wh}}{3}$$

$$P_{GFV} = 294.11 \text{ W}$$

## • DIMENSIONAMIENTO DE LA CANTIDAD DE PANELES FOTOVOLTAICOS

En primera instancia se selecciona un panel fotovoltaico comercialmente disponible en nuestra región y que disponga de las características y especificaciones técnicas, a continuación, calcula el número de paneles y su configuración. En el presente trabajo se estableció un panel fotovoltaico de marca Jinko Solar JKM405M-72-V, de 405Wp monocristalino. Las características de construcción se pueden observar en la tabla 2.

ESPECIFICACIONES		
Tipo de modulo	JKM405-72H-V	
	STC	NOCT
Potencia Máxima	405Wp	306Wp
Potencia máxima de voltaje	42.0V	39.8V
Potencia máxima de corriente	9.65A	7.72A
Tensión de circuito abierto	50.1V	48.7V
Corriente de cortocircuito	10.48A	8.22A
Eficiencia del modulo STC (%)	20.13%	

Tabla 2. Especificaciones técnicas del panel. [29]

En concordancia con el panel elegido se estableció el número de paneles óptimos para la configuración del proyecto a partir de la ecuación 6.

$$N^{\circ}_{paneles} \geq \frac{P_{GFV}}{P_{real-panel}}$$

Ecuación 6. Ecuación de número de paneles.

Donde:

$P_{GFV}$ : Potencia del generador fotovoltaico

$P_{real-panel}$ : Potencia máxima generada por el panel seleccionado

$$N^{\circ}_{paneles} \geq \frac{294.11 W}{405}$$

$$N^{\circ}_{paneles} \geq 0.7$$

La cantidad resultante debe ser un número entero, porque lo que se deberá establecer 1 panel monocristalino de 405 W a instalar.

## • DIMENSIONAMIENTO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE ACUMULADORES

En el cálculo de baterías necesarias para el sistema fotovoltaico, el primero paso es calcular el requerimiento total mediante la máxima demanda requerida, la cantidad de días máxima de autonomía y el rango de descarga de la batería. Los cálculos se realizaron mediante la ecuación 7.

$$C_{acumulador} = \frac{D_{max} * D_a}{P_d * V_{sistema}}$$

Ecuación 7. Ecuación de la carga total de baterías

$$C_{acumulador} = \frac{882.35 Wh * 2}{0.5 * 24 v}$$

$$Cacumulador = 147.05 \text{ Amp/h}$$

A continuación, se elige el tipo y modelo de la batería para luego poder establecer el número de baterías óptimo para el sistema fotovoltaico. En el presente proyecto se eligió baterías de 100Ah/12V RITAR Selladas de Gel, la cual se puede apreciar sus especificaciones en la tabla 3 y sus dimensiones en el anexo 1.

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
Células/Unidad	6 Células/unidad
Tensión/Unidad	12 V/U
Capacidad/batería	100Amp/h @20hr-rate to 1.75V /célula @25 °C
Peso/batería	Aproximadamente 30.0 Kg (tolerancia $\pm$ 2%)
Resistencia interna	Aprox. 5 m $\Omega$
Terminal	F12(M8)/F5(M8)
Corriente máxima de descarga	1000A (5seg)
Diseño de vida	12 años (carga flotante)
Corriente de carga máxima	30.0A
Capacidad de referencia	C3 74.4AH
	C5 83.5AH
	C10 95.0AH
	C20 100.0AH

Tabla 3. Especificaciones técnicas de la batería. [30]

La cantidad de baterías o acumulador conectadas en serie se estableció mediante la ecuación 8.

$$N^{\circ} \text{ acumulador} - \text{serie} \geq \frac{V_{sist}}{V_{bat}}$$

Ecuación 8. Ecuación número de baterías.

Donde:

$V_{sist}$ : tensión del sistema

$V_{bat}$ : tensión de batería seleccionada

$$N^{\circ} \text{ acumulador} - \text{serie} \geq \frac{24 \text{ V}}{12 \text{ V}}$$

$$N^{\circ} \text{ acumulador} - \text{serie} \geq 2 \text{ acumuladores}$$

Para satisfacer las necesidades establecidas en los cálculos realizados, se estableció una conexión en serie. Construidos con dos baterías de 12 V/ 100 Ah conectadas en serie.

- **DIMENSIONAMIENTO DEL CONTROLADOR**

El regulador es uno de los equipos más importantes del sistema fotovoltaico, para su dimensionamiento obtenemos primero el voltaje del sistema y la corriente tope de cortocircuito de los equipos, obtenida en la ecuación 9.

$$I_{max} = I_{SC} * N^{\circ}_{paneles}$$

Ecuación 9. Ecuación de corriente máxima del generador fotovoltaico.

Donde:

$I_{SC}$ : Capacidad de cortocircuito del panel fotovoltaico

$$I_{max} = 10.48 * 1$$

$$I_{max} = 10.48 A$$

Al regulador regularmente se configura un margen de seguridad del 25% de su capacidad total.

$$I_{reg} = 10.48 * 1.25A$$

$$I_{reg} = 13.1A$$

En el presente trabajo se estableció un controlador marca Victron Energy SmartSolar, Modelo: MPPT 75/15 con una tensión nominal de 24v. En la tabla 4 y anexo 2 se puede observar las especificaciones del equipo.[24]

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Tensión	12V/24V
Corriente nominal	15Amp
Potencia nominal 12Volts 1a, b	220Watts
Potencia nominal 24Volts 1a, b	440Watts
Potencia nominal 48Volts 1a, b	N.A.
Maxima corriente de corto circuito	15A

Tabla 4. Características del controlador. [31]

### • DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR

Para el dimensionamiento del inversor se calcula la tensión de la instalación debido a que el inversor deberá soportar de forma nominal la tensión y potencia total de los equipos que consumen energía. En la siguiente tabla 5 se indica la potencia total de cada una de las cargas en la instalación.

<b>CARGA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA DE LA CARGA(W)</b>	<b>POTENCIA TOTAL DE CARGA(W)</b>
Focos Led	5	9	45
Televisor	1	75	75
DirecTv	1	15	15
Celulares	2	15	30
Potencia maxima			165

Tabla 5. Potencia total instalada

En la ecuación 10 podemos obtener la potencia del inversor, la cual va a ser igual a la potencia total de la carga instalada, multiplicada por el factor de seguridad.

$$P_{inv} = P_{total} * F_s$$

Ecuación 10. Ecuación de la potencia del inversor.

Donde:

$P_{total}$ : Potencia total de la carga instalada

$F_S$ : Factor seguridad  $F_S = 0.2$

$$P_{inv} = 165 * 1.2$$

$$P_{inv} = 198W$$

Con estos cálculos realizados, se estableció un inversor de la marca Victron Energy, modelo Phoenix 24/250, 24VDC de entrada y 120VAC de salida trabajando con una frecuencia de 60 Hz. En la tabla 6 y anexo 3 se detallan las características técnicas.

<b>CARACTERISTICAS</b>	
Inversor Phoenix	24/250
Potencia cont a 25°C	250VA
Potencia cont. A 25°C/40°C	200/175W

Tabla 6. Características del inversor. [32]

## • ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL PANEL

La inclinación de los paneles solares debe procurar el óptimo aprovechamiento de la energía producida por el sol. Esta energía depende del posicionamiento del sol y la hora en que más irradiación emite en el día, debido a esto la inclinación de los paneles depende de la ubicación en latitud y longitud donde se localiza la instalación del sistema fotovoltaica. [24]

A continuación, se presenta la ecuación 11 para adquirir el ángulo de inclinación para el panel solar.

$$\theta_{opt} = 3.7 + 0.69|\beta|$$

Ecuación 11. Ecuación del ángulo de inclinación del panel solar

Para:

$\beta$ : Latitud donde está situado el sistema.

**Lat: -2.384993°, Long: -79.860412**

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69|2.384993|$$

$$\beta_{opt} = 5.35^{\circ}$$

Tenemos un ángulo óptimo de 5.35°, la cual se debe tomar en cuenta para la instalación. Cabe mencionar que, por asuntos de mantenimiento y el difícil acceso al panel se optó por configurar 15 grados y así evitar la acumulación de partículas del medio ambiente.[24]

## 7.2 DISEÑO DE PLANO ELÉCTRICO CON SOFTWARE AUTOCAD

Según las normas NEC “Normativa Ecuatoriana de la Construcción”[33]:

- **En los circuitos de luminaria**

Se toma en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) La numeración del cable conductor del neutro tiene que ser la misma numeración las fases.[33]
- b) Para los circuitos de luminaria es recomendable utilizar cable aislado de cobre tipo THHN con un mínimo de sección de 2,5 mm<sup>2</sup> (14 AWG) en fase, neutro y conductor de tierra.[33]

- **En circuitos de tomacorrientes**

Se toma en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) La numeración del cable neutro deberá ser el mismo que el conductor de las fases.[33]
- b) Para tomacorrientes, es recomendable la instalación de cable aislado de cobre THHN con una sección mínima de 4 mm<sup>2</sup> (12 AWG) en fase y el neutro.[33]
- c) Para el conductor de tierra se recomienda lo establecido en la Tabla N°. 7.[33]

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	(A)	Conductor de cobre
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)

Tabla 7: Tamaño de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.[33]

Las dimensiones de la vivienda son 59.9m\*4.75m, la cual está conformada por:

- un circuito de alumbrado: tiene 5 puntos de iluminación
- un circuito de tomacorriente: tiene 3 puntos de tomacorriente.

### • LEYENDA DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS.

Descripcion	Simbolo
Panel de distribucion	
Tomacorriente monofasico	
Punto de iluminacion	
Interruptor simple	
Interruptor doble	
Conductor	
Tuberia PVC 1/2"	

Imagen 11. Leyenda de planos eléctricos.

## 7.2.1 PLANO ARQUITECTÓNICO DE LA VIVENDA

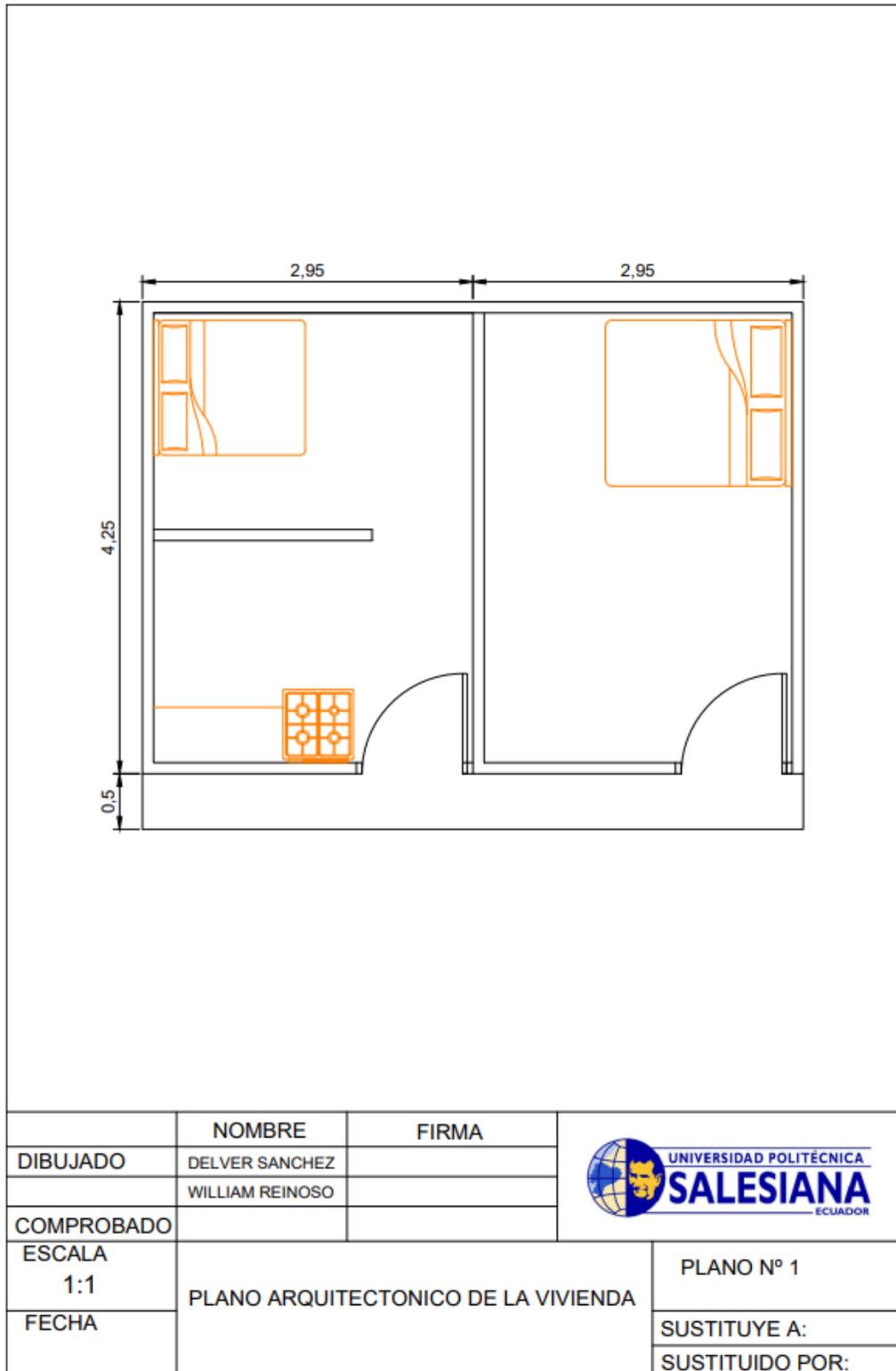


Imagen 12. Plano Arquitectónico de la vivienda.

Fuente: Autores

### 7.2.2 PLANO ELÉCTRICO DE ALUMBRADO

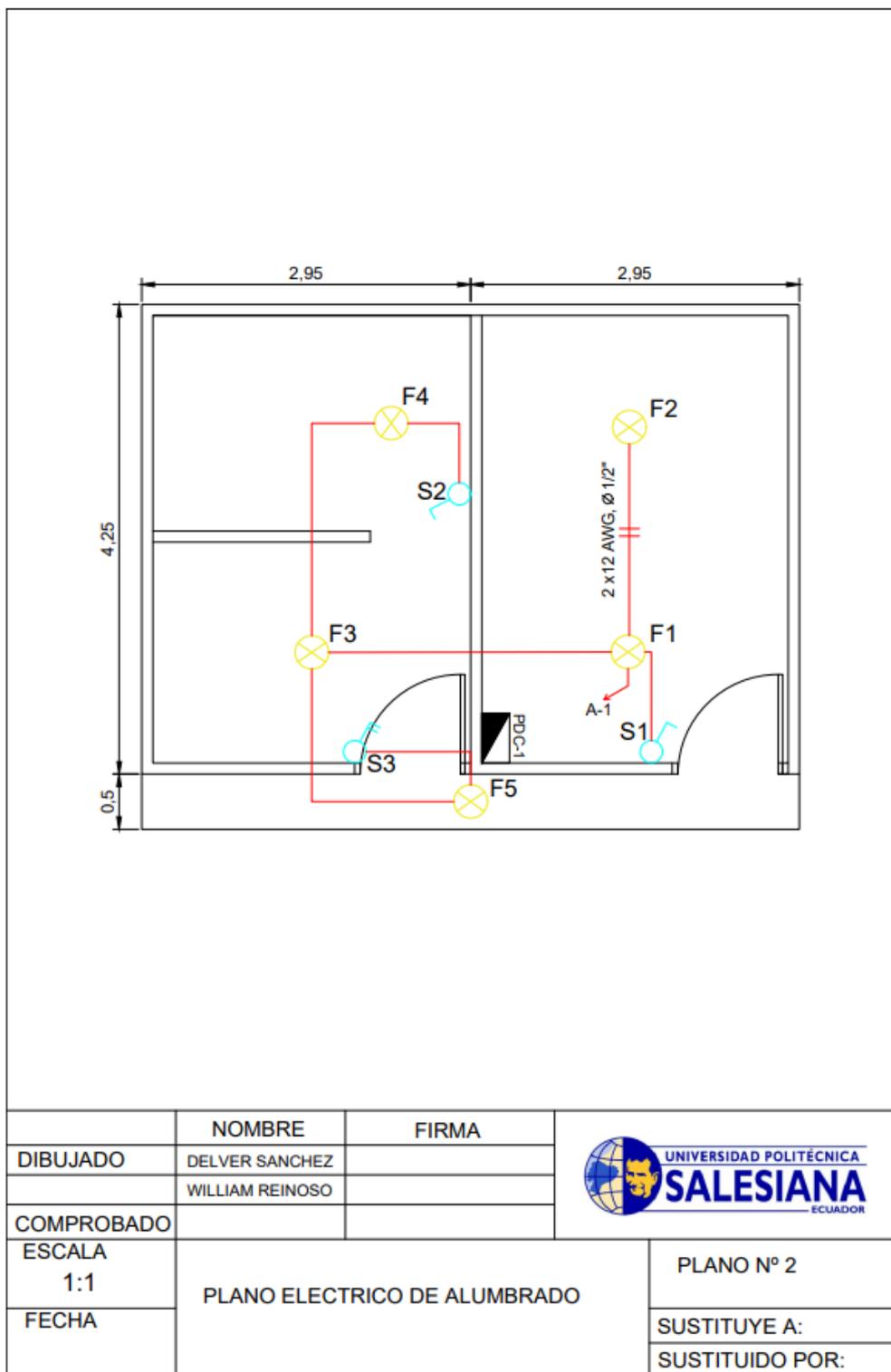


Imagen 13. Plano eléctrico de alumbrado.

Fuente: Autores

### 7.2.3 PLANO ELÉCTRICO DE TOMACORRIENTE

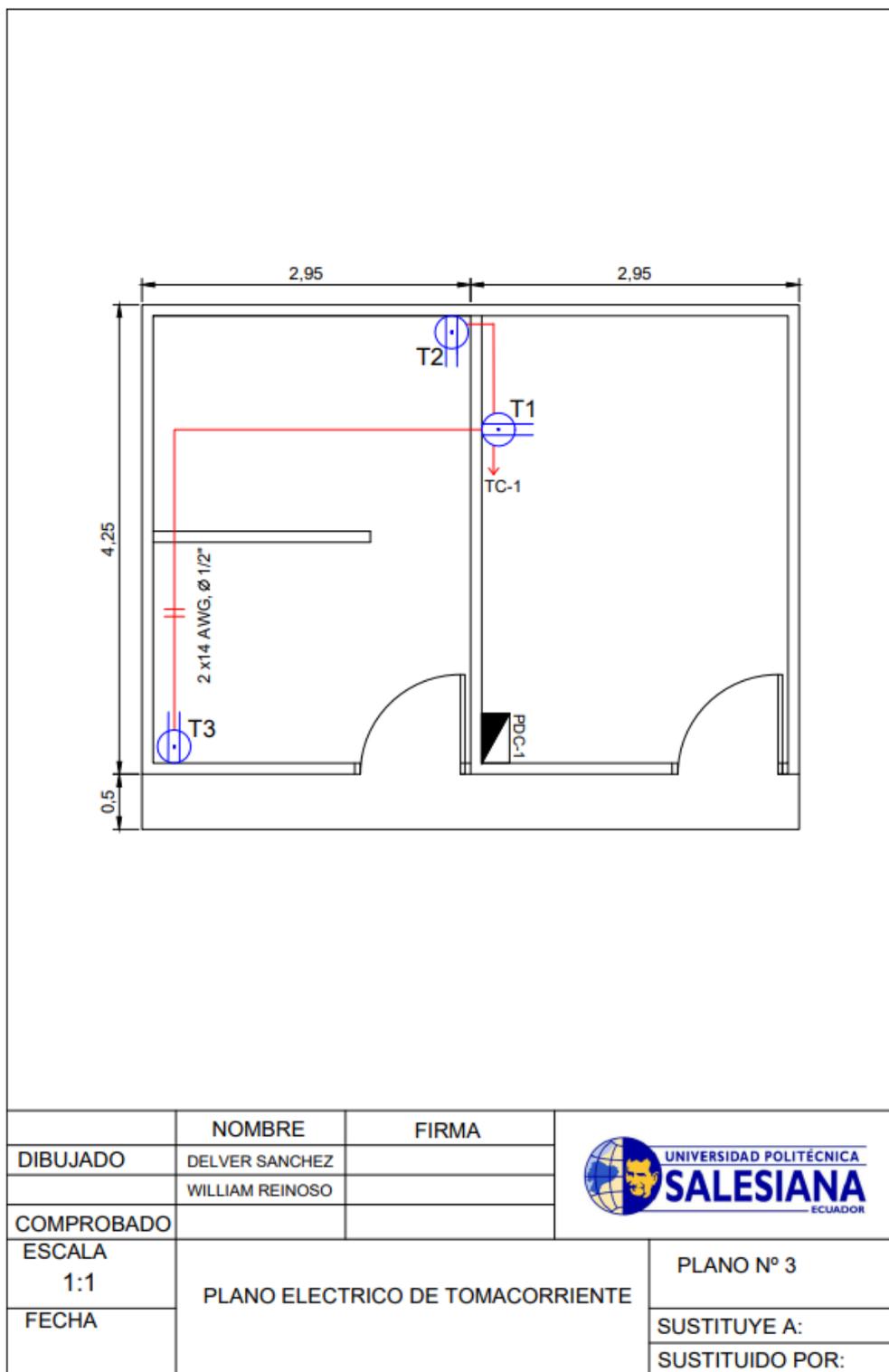


Imagen 14. Plano eléctrico de tomacorriente.

Fuente: Autores

## 7.2.4 CONEXIÓN PANEL FOTOVOLTAICO

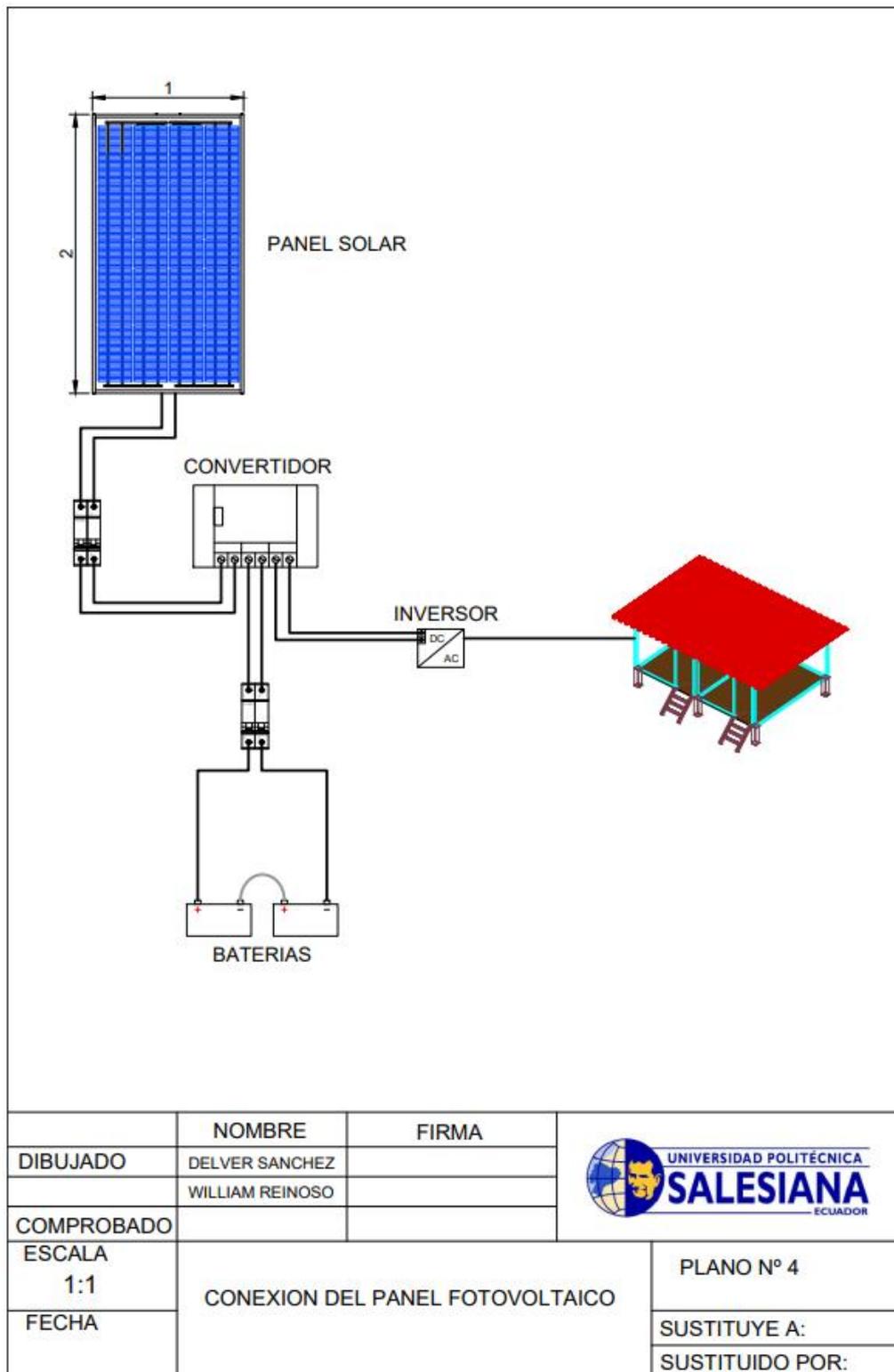


Imagen 15. Conexión Panel fotovoltaico.

Fuente: Autores

### 7.3 SIMULACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE PVsyst.

A continuación, las variables que se usaron para simulación

En esta opción se ingresa el ángulo de inclinación con que se instalará el panel. Como resultado nos da una opción de optimización rápida y un aproximado de recolección de potencia por metro cuadrado.

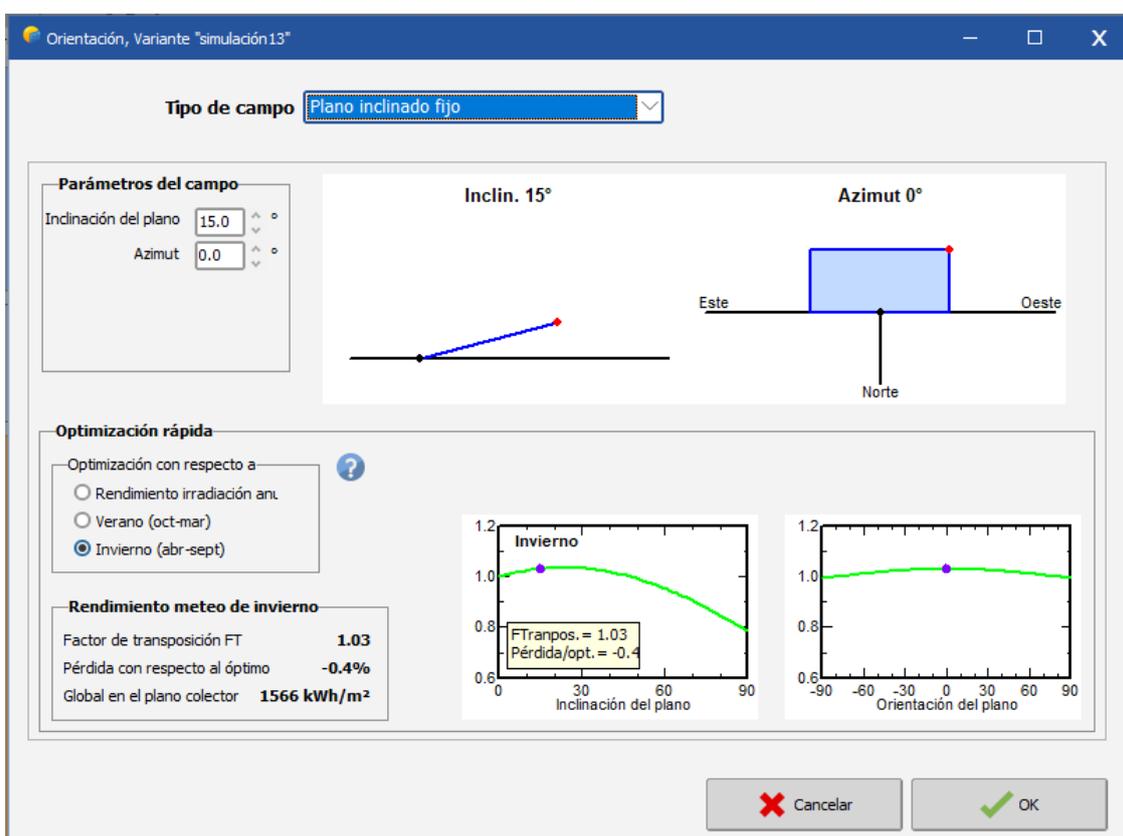


Imagen 16. Orientación del panel.

Fuente: Autores

En este apartado muestra la localidad donde se instalará el sistema, mediante observación satelital incorporada en el software de simulación.

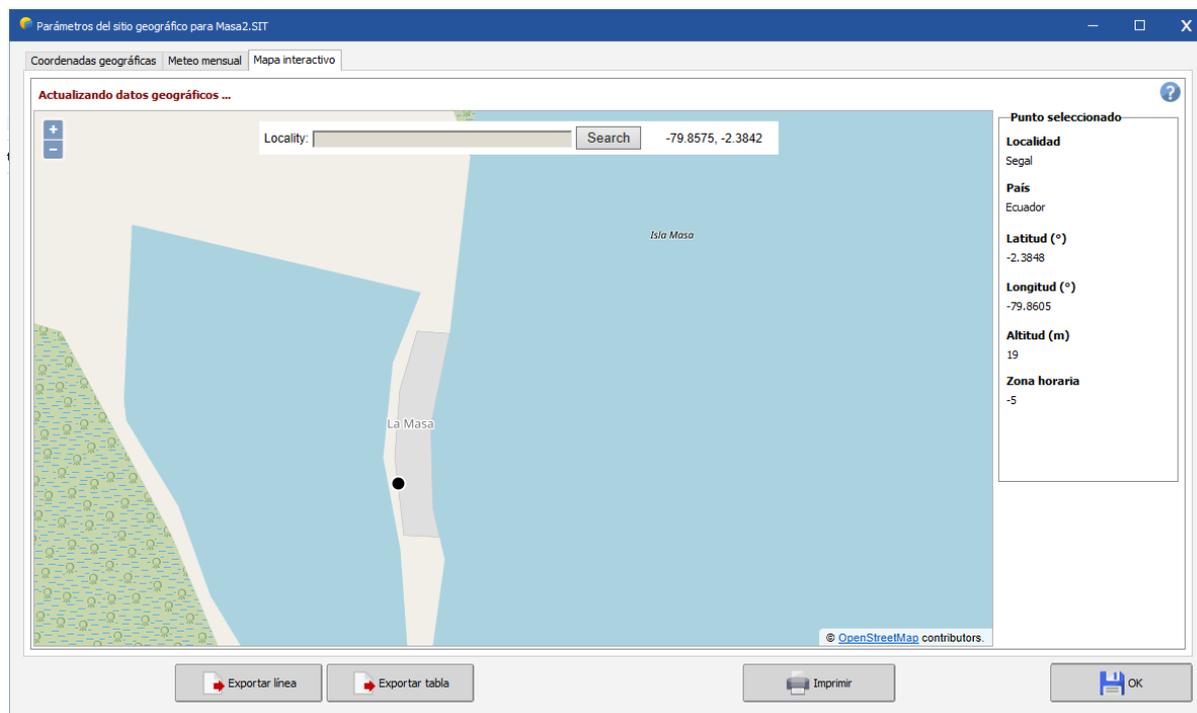


Imagen 17. Parámetros del sitio geográfico.

Fuente: Autores

En esta ventana son ingresados los datos de los equipos que representan el consumo tanto en potencia como en horas de actividad. Una vez ingresado los datos el software nos muestra el total de la demanda por día y el consumo mensual kw/h (21.6 kw/h mes). En la pestaña de definición de consumo se considera por año.

Uso diario de energía, variante "simulación1"

**Definición de consumos domésticos diarios para el año.**

Consumo | Distribución por hora

**Consumos diarios**

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
5	Lámparas (LED o fluo)	9 W/lámpara	4.0 h/día	OK	180 Wh
1	TV / PC / móvil	75 W/apar.	5.0 h/día	OK	375 Wh
0	Electrodomésticos	0 W/apar.	0.0 h/día		0 Wh
0	Nevera / congelación profunda	0.00 kWh/día	0.0		0 Wh
0	Lavaplatos y lavadora	0.0 W prom	0.0 h/día		0 Wh
2	Teléfono Móvil	15 W/apar.	3.0 h/día	OK	90 Wh
1	Directv	15 W/apar.	5.0 h/día	OK	75 Wh
Consumidores en espera		0 W tot	24 h/día		0 Wh
<b>Energía diaria total</b>					<b>720 Wh/día</b>
<b>Energía mensual</b>					<b>21.6 kWh/mes</b>

Info aparatos

**Definición de consumo por**

Años  Estaciones  Meses

**Fin de semana o uso semanal**

Usar solo durante

7 días en una semana

**Modelo**

Carga Guardar Otro perfil Cancelar OK

Imagen 18. Consumos domésticos diarios de energía.

Fuente: Autores

A continuación, son ingresados las variables que representa las horas de actividad de cada equipo de consumo, así son determinas las horas de mayor demanda en el día. En este caso la mayor cantidad de demanda de energía se encuentra en la noche, alrededor de las 21h00.

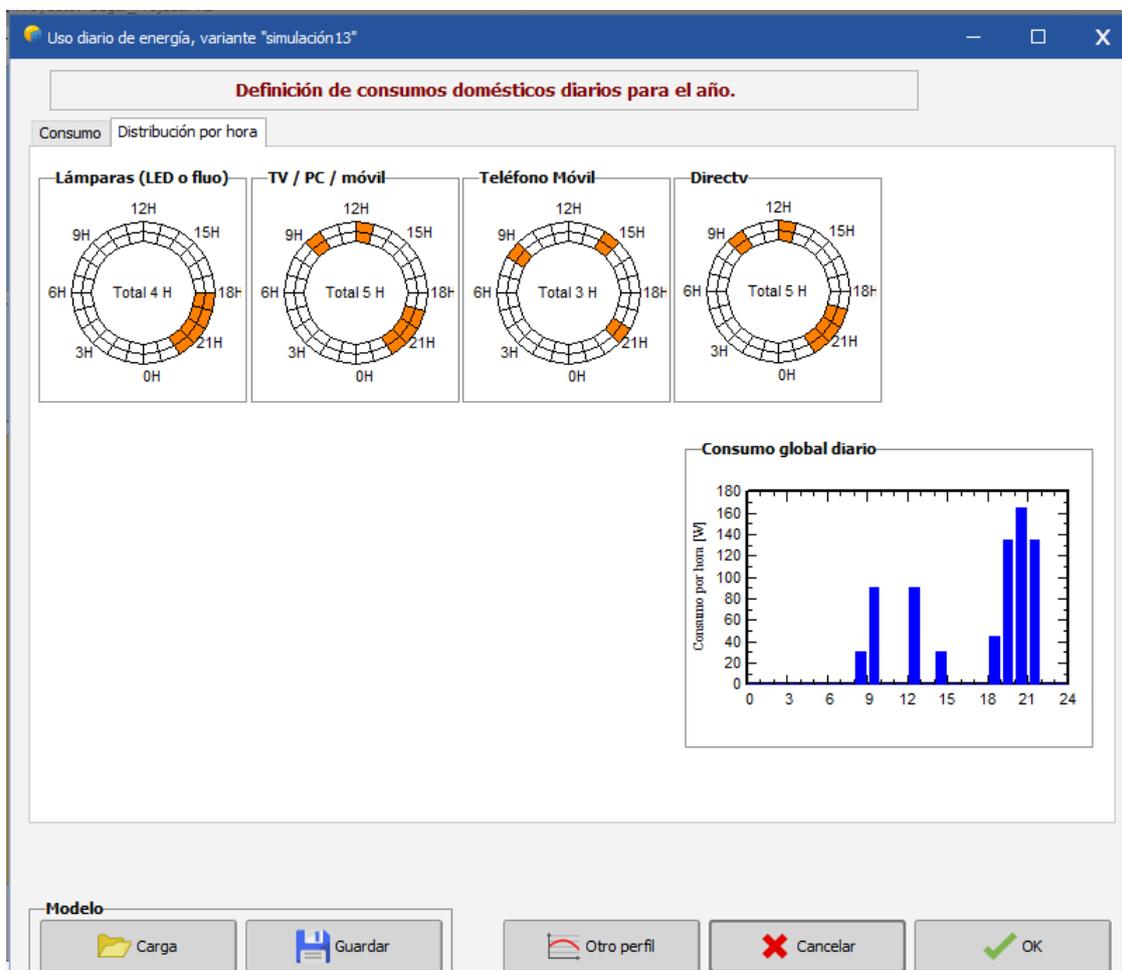


Imagen 19. Horas de mayor demanda de energía en el día.

Fuente: Autores

### 7.3.1 REPORTE DE LA SIMULACIÓN

A continuación, algunos reportes a destacar de la simulación obtenida con el software PVsyst 7.2

En esta imagen de reporte se puede observar los datos y potencia del panel, baterías con sus respectivas especificaciones y potencia de generación y almacenamiento, también se muestra una pérdida nominal estimada. El reporte nos muestra una demanda de 0.7 kWh por día,

General parameters			
<b>Stand alone system</b>		<b>Stand alone system with batteries</b>	
<b>PV Field Orientation</b>		<b>Sheds configuration</b>	
<b>Orientation</b>		<b>Models used</b>	
Fixed plane		Transposition	Perez
Tilt/Azimuth	15 / 0 °	Diffuse	Perez, Meteorom separate
		Circumsolar	
<b>User's needs</b>			
Daily household consumers			
Constant over the year			
Average	0.7 kWh/Day		

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Battery</b>	
Manufacturer	Jinkosolar	Manufacturer	Narada
Model	JKM405M-72H-V	Model	AcmeG 12V 100 F
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, Gel
Unit Nom. Power	405 Wp	Nb. of units	2 in series
Number of PV modules	1 Unit	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	405 Wp	Stored energy	2.0 kWh
Modules	1 String x 1 In series	<b>Battery Pack Characteristics</b>	
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Voltage	24 V
Pmpp	370 Wp	Nominal Capacity	100 Ah (C10)
U mpp	37 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	9.9 A	<b>Battery Management control</b>	
<b>Controller</b>		Threshold commands as	Battery voltage
Manufacturer	Victron	Charging	29.7 / 25.6 V
Model	SmartSolar MPPT 75/15 24V	Corresp. SOC	0.95 / 0.80
Technology	MPPT converter	Discharging	23.8 / 24.9 V
Temp coeff.	-2.7 mV/°C/Elem.	Corresp. SOC	0.20 / 0.50
<b>Converter</b>			
Maxi and EURO efficiencies	98.0 / 96.0 %		
<b>Total PV power</b>			
Nominal (STC)	0 kWp		
Total	1 modules		
Module area	2.0 m <sup>2</sup>		
Cell area	1.8 m <sup>2</sup>		

Array losses			
<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K		62 mΩ
Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s	Loss Fraction	1.5 % at STC
<b>Module Quality Loss</b>		<b>Module mismatch losses</b>	
Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP
		<b>Strings Mismatch loss</b>	
		Loss Fraction	0.1 %
		<b>Serie Diode Loss</b>	
		Voltage drop	0.7 V
		Loss Fraction	1.7 % at STC

Imagen 20. Reporte de los parámetros y características en general.

Fuente: Autores

A continuación, el software nos muestra una tabla con la potencia total de demanda de la vivienda, siendo de 720 Wh/día.

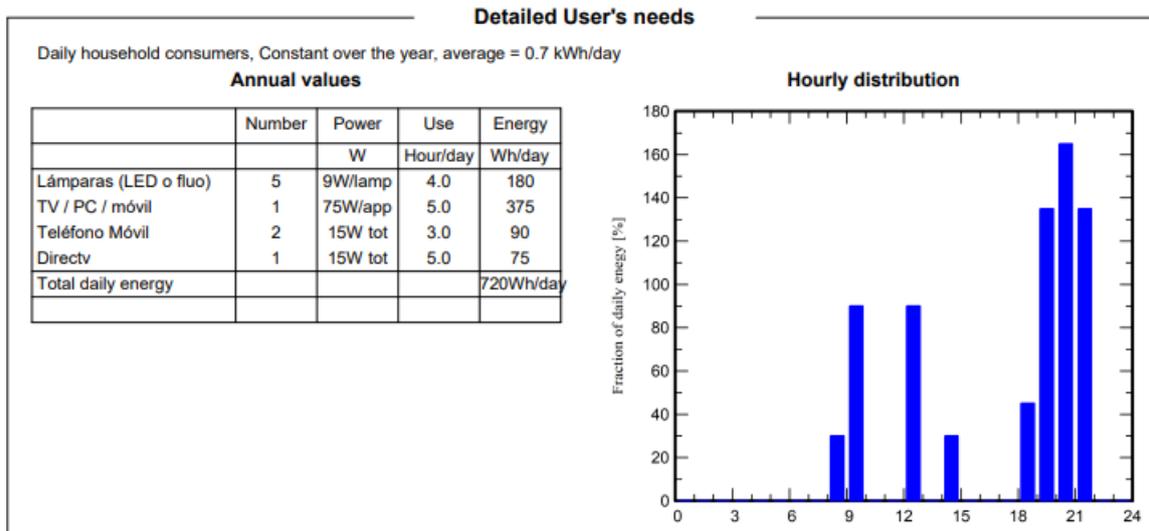


Imagen 21. Detalles de las necesidades del usuario.

Fuente: Autores

En el presente apartado se puede apreciar los resultados de la simulación en cuanto a generación, consumo, almacenamiento y pérdida de la energía por mes. Dando como resultado 508.9 kWh/año de energía disponible, 261.7 kWh/año de energía consumida.

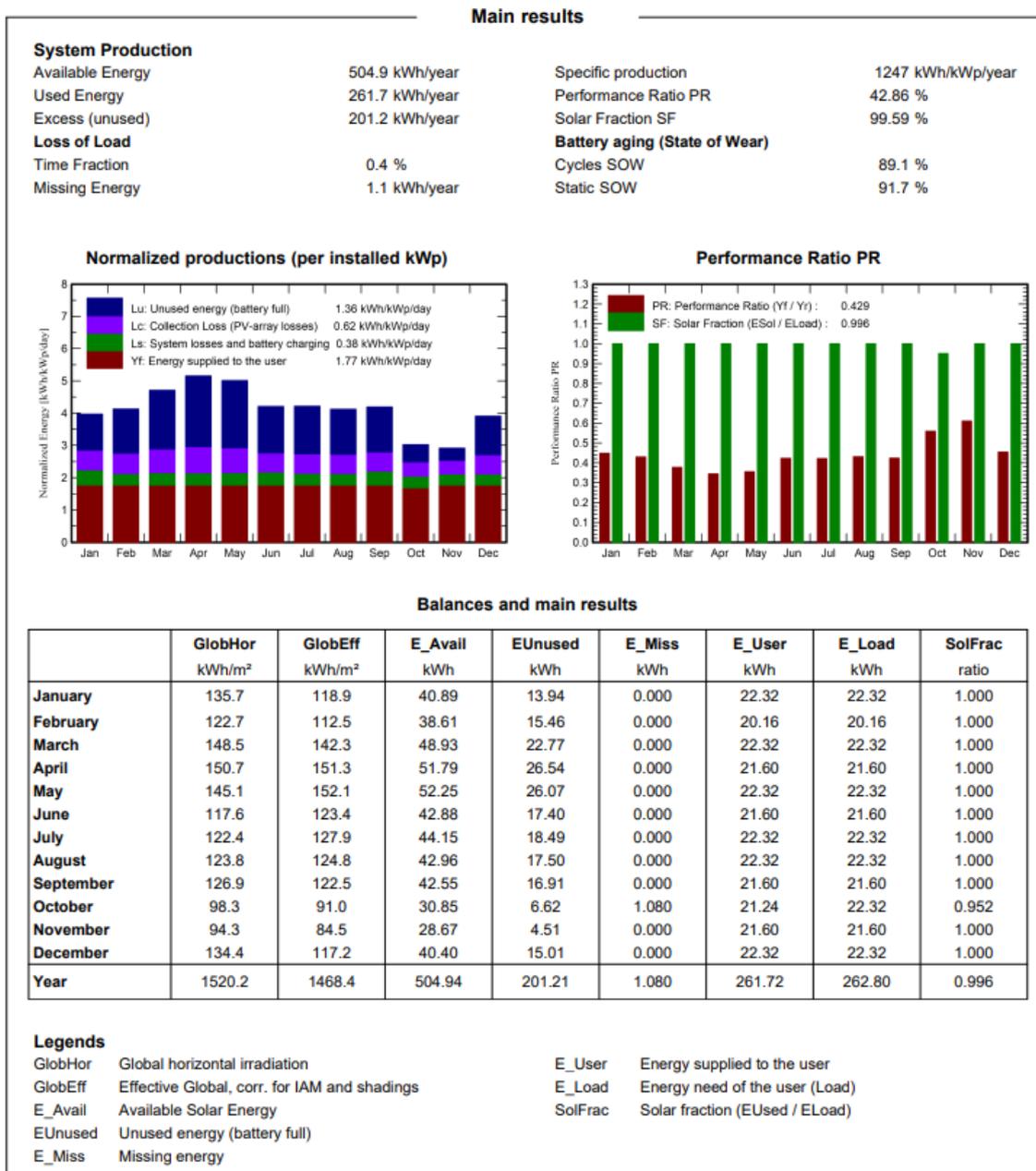


Imagen 22. Principales resultados del sistema.

Fuente: Autores

En el presente grafico podemos observar un resumen en porcentajes de las pérdidas totales del sistema fotovoltaico, un análisis nos puede llevar a un sistema más óptimo dependiendo de las demás variables que influyen en el sistema como es su ubicación.

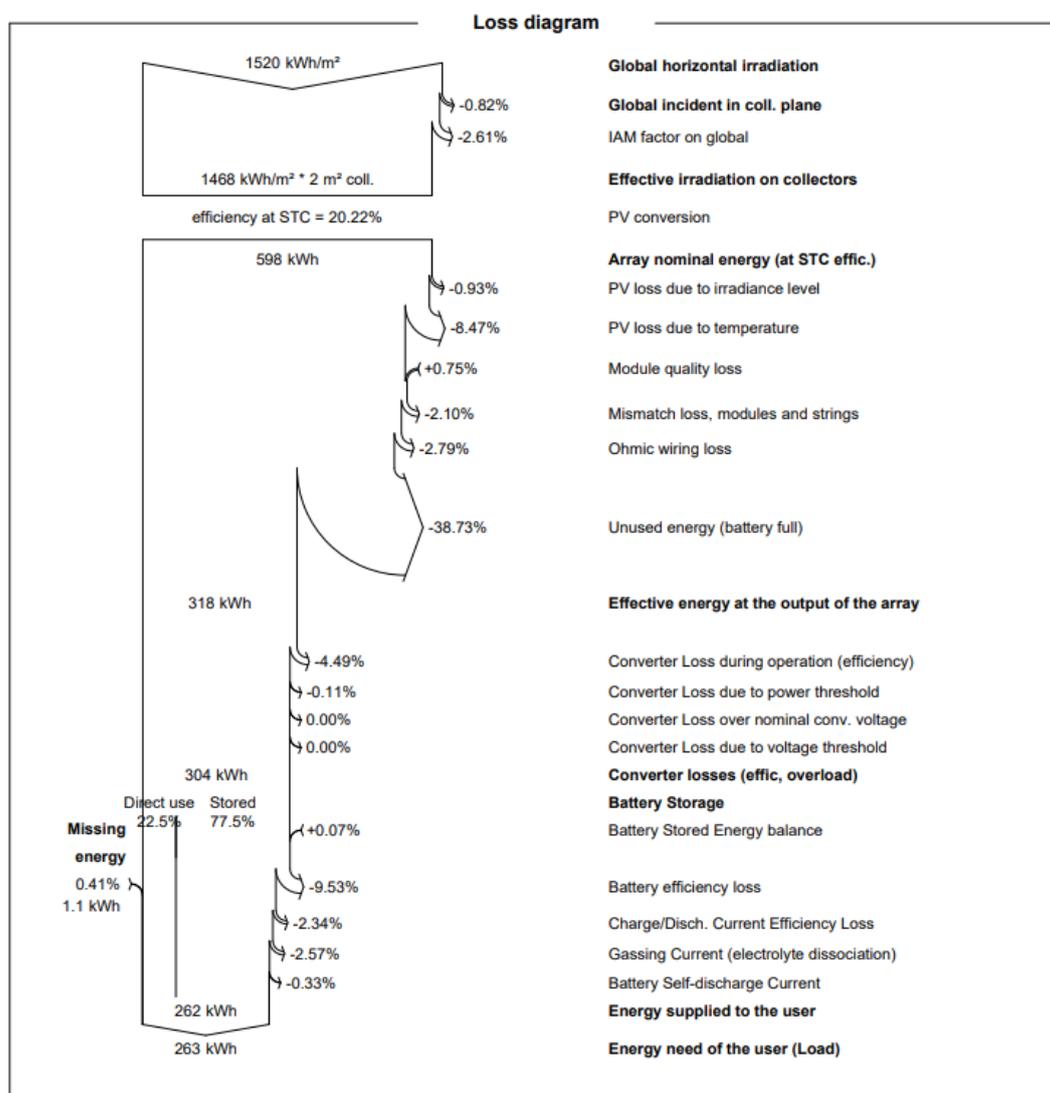


Imagen 23. Diagrama de perdidas.

Fuente: Autores

## 7.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO E INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA VIVIENDA

Para la instalación del panel se diseñó una estructura de acero galvanizado de tres metros de altura para su seguridad, también con un índice de inclinación de  $0^{\circ}$  a  $45^{\circ}$ , dependiendo de la necesidad de la instalación.



Imagen 24. Fabricación de la base del panel solar.

Fuente: Autores

Como siguiente paso se fundió la base con un área de enmallado de 80cm y una profundidad de 80cm para garantizar la durabilidad y estabilidad de la estructura.



Imagen 25. Construcción de la base e instalación del panel solar.

Fuente: Autores

La colocación de la varilla puesta a tierra se estableció junto a la estructura del panel, la barra utilizada fue de cobre con 1.5 metros de largo.



Imagen 26. Colocación de la varilla puesta a tierra.

Fuente: Autores

La conexión del panel fue realizada con un templador de cable para seguridad del panel, también se utilizó cable concéntrico para garantizar el aislamiento y disminuir las interferencias o pérdidas de potencia en conexión.



Imagen 27. Conexión del panel fotovoltaico

Fuente: Autores

Se utilizaron cajas hexagonales, rectangulares y cajetines de paso para la distribución interna del cableado.



Imagen 28. Colocación de las cajas Hexagonales.

Fuente: Autores

Para la colocación del panel de distribución se tuvo en cuenta la infraestructura de la vivienda, siendo esta de caña se optó por colocarlo en un lugar lo más alejado de aguas lluvia y humedad.



Imagen 29. Colocación del panel de distribución.

Fuente: Autores

En el panel de distribución, fueron asignados dos interruptores termomagnéticos, siendo de 15A para el circuito de luminaria y de 20A para circuito de tomacorrientes.



Imagen 30. Conexiones respectivas al panel de distribución.

Fuente: Autores

A continuación, se procedió a colocar los puntos de iluminación con sus respectivas conexiones, teniendo en cuenta que la vivienda tendrá cinco puntos de iluminación.



Imagen 31. Colocación y conexión de los puntos de iluminación.

Fuente: Autores

Como siguiente paso, se colocó los puntos de tomacorriente con su respectiva conexión, teniendo la vivienda tres puntos de tomacorriente en total.



Imagen 32. Colocación de los puntos de tomacorriente.

Fuente: Autores

Se construyó una estructura de hierro para la colocación y mejor gestión de dos baterías del sistema, en la misma estructura se colocó una placa de aluminio para la inserción del controlador e inversor, dando así una mejor gestión de cables con una altura considerable para la seguridad de los equipos.



Imagen 33. Conexión de baterías, controlador e inversor

Fuente: Autores

En esta imagen se puede apreciar la instalación que pasa del controlador al banco de baterías, del banco de baterías al inversor y finalmente del inversor a la caja de distribución a la vivienda con los brakers de protección.



Imagen 34. Proyecto final con las conexiones.

Fuente: Autores

## 8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES A REALIZAR		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																											
		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
1	2	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	Inicio del Proyecto	X																											
2	Vista a la cornuna		X																										
3	Levantamiento de Información			X	X																								
4	Diseño y simulación del proyecto					X	X																						
5	Construcción de la base para el panel solar							X	X																				
6	Instalación de los equipos en la Cornuna									X	X	X	X																
7	Inspección funcionamiento de equipos													X	X														
8	Correcciones y observaciones															X	X												
9	Revisión por parte del tutor																X	X											
10	Correcciones finales																X	X											
11	Revisión técnica																		X	X									
12	Sustentación																								X	X		X	

## 9. PRESUPUESTO

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	TOTAL
5	foco led (9w-6.5k*E27)	0,65	3,25
2	cinta negra *20yd (temflex-1500) 3m	0,8	1,6
6	caja rectangular (plastidor)	0,4	2,4
6	caja octagonal (plastidor)	0,4	2,4
6	tapa-octagonal*pvc ciega (nacional)	0,19	1,14
6	roseton loza e27 660W	0,49	2,94
1	interruptor doble (style blanco)	2,3	2,3
3	interruptor sencillo (style-blanco)	1,55	4,65
10	codo pvc*1/2 (Boplast/Plastidor)	0,07	0,7
10	conector pvc*1/2 plg	0,23	2,3
1	grillete varilla copperweld 5/8	0,7	0,7
1	breaker 1 x15A fino GE (THQP115)	3,75	3,75
1	breaker 1 x20A fino GE (THQP120)	3,75	3,75
12	tubo PVC 1/2	0,7	8,4
3	tubo PVC 3/4	1,2	3,6
1	tubo cerramiento galv 3*2	23,5	23,5
1	angulo 3*16	10,57	10,57
1	varilla puesta tierra 1*12	7,3	7,3
3	tornillo tripa pato (8*1)	0,27	0,81
3	caja 4x4 pvc (electrocables)	0,99	2,97
3	tapa 4x4 pvc (electrocables)	0,42	1,26
1	panel monofasico (2-4 ESP)	15,7	15,7
6	toma doble sobrepuesto (polarizado)	2,3	13,8
1	tubo flex*1/2 pulg	3,3	3,3
30	metros cable flex 12	0,7	21
25	metros rollo cable flex 14	0,3	7,5
25	metros rollo cable flex 16	0,25	6,25
35	metros cable concentrico 3*10	1,8	63
			<b>220,84</b>

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	TOTAL
1	Panel Solar JINKO SOLAR Cheetach HC JKM405M-72H-V, 405Wp	332,28	332,28
1	Controlador Victron energy SmartSolar MPPT 75/15	168,19	168,19
1	Inversor Victron energy phoenix 24/250	230,48	230,48
2	Bateria Ritar Power Dc12-100 (12v100Ah)	261,88	523,76
1	Breaker 20A DC	15	15
1	Breaker 15A DC	12	12
			<b>1281,71</b>

## **10. CONCLUSIONES**

En el presente proyecto se calculó la demanda de la carga básica requerida en la vivienda beneficiada, se recaudó la información de las potencias requeridas para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Se diseñó el plano de los circuitos de alumbrado, tomacorrientes y derivados de la vivienda con ayuda del software Autocad.

Se realizó un estudio de la irradiación solar y las cargas aproximadas de la vivienda mediante el software de simulación PVsyst.

Se realizó la instalación del sistema fotovoltaico, teniendo como resultado un correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas en la vivienda antes de la comunidad masa 2.

Se establece que la energía fotovoltaica es una viable opción para brindar energía a lugares de difícil acceso.

## **11. RECOMENDACIONES**

Se recomienda usar un instrumento de medición de radiación solar y comparar el resultado con la información disponible en los diferentes softwares de simulación.

Se recomienda una capacitación a los usuarios de este sistema fotovoltaico, para evitar futuras averías ya sea por sobrecarga de la demanda o por manipulación de alguno de los equipos instalados.

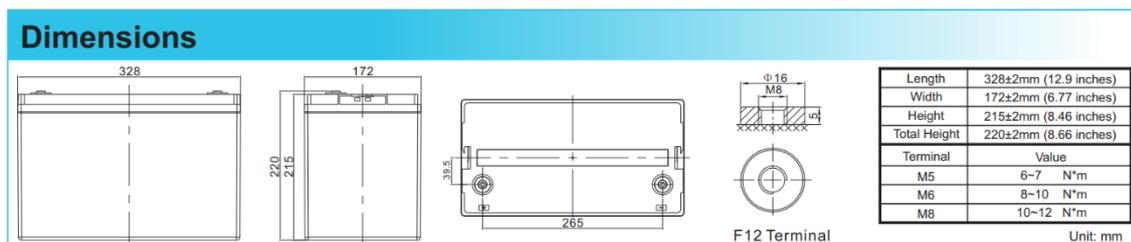
Se recomienda un exhaustivo análisis del presupuesto del sistema fotovoltaico, debido a los costos elevados de los equipos, puede no siempre ser viable su instalación para proyectos futuros.

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. I. Sanseverinatti, A. S. Loyarte, L. A. Clementi, and J. R. Vega, "Impact of Battery Banks on an Electric Grid with High Penetration of Renewable Energy-based Generators," *2018 IEEE Bienn. Congr. Argentina, ARGENCON 2018*, 2019.
- [2] M. Mikati, M. Santos, and C. Armenta, "Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica," *RIAI - Rev. Iberoam. Autom. e Inform. Ind.*, vol. 9, no. 3, pp. 267–281, 2012.
- [3] M. A. Ise, S. C. Carrizo, and M. Forget, *transition: energy efficiency and distributed generation*. INC, 2020.
- [4] "Facultad de Economía y Ciencias Empresariales PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN ECUADOR," 2011.
- [5] A. R. Zacarías, "La importancia de la energía eléctrica en la actualidad 1.," *Cite Energ.*, pp. 1–4, 2020.
- [6] B. Merchan, W. Francisco, I. N. G. Gary, and O. Ampuño, *SEDE GUAYAQUIL CARRERA : INGENIERÍA ELÉCTRICA DIRECTOR DE TESIS : Certificado de Responsabilidad y Autoría del Proyecto de Titulación*. 2021.
- [7] "UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL," 2014.
- [8] D. Barberá Santos, "Introducción a La Energía Fotovoltaica," pp. 1–20, 2017.
- [9] G. Carballo, "La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica Por Gustavo Arencibia-Carballo," *Redvet*, vol. 17, no. 6, p. 2, 2016.
- [10] CONELEC, "Atlas solar del Ecuador," *Conelec*, pp. 1–51, 2008.
- [11] G. F. Sánchez Galarza, "Diseño y construcción de una trituradora de papel ecológica eléctrica alimentada por energía solar," *Tesis Maest.*, p. 147, 2016.
- [12] Mauricio Alejandro Guananga Pujos, "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BAJA POTENCIA EN EL SECTOR RIO BLANCO PERTENECIENTE A LA COMUNIDAD YATZAPUTZAN," vol. 4, pp. 9–15, 2017.
- [13] M. C. P. LUIS AULESTIA MARTÍNEZ, "Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito," *Tesis*, pp. 1–100, 2017.
- [14] M. A. Mafla Yépez, "Zonificación para instalaciones fotovoltaicas en tierras afectadas por la erosión en comunidades rurales de las provincias de Pichincha e Imbabura," vol. 2507, no. Agosto, pp. 1–9, 2020.
- [15] W. Mogrovejo and J. Sarmiento, "Análisis de factibilidad técnica y económica en la implementación de energía fotovoltaica y termo solar para generación de electricidad y calentamiento de agua mediante paneles solares fijos y con un seguidor de sol de construcción casera, para una vivienda," *El Escorial*, p. 234, 2011.
- [16] F. Vásquez Calero, L. Urdiales Flores, J. L. Espinoza Abad, and M. GarcíaRenté, *Energía Solar en el Ecuador*, no. January. 2015.

- [17] T. Días and G. Carmona, "Componentes de una instalación solar fotovoltaica."
- [18] J. Alvarado Ladron de Guevara, "Diseño y Cálculo de una instalación fotovoltaica aislada," p. 90, 2018.
- [19] Energías Renovables, "Tipos de paneles fotovoltaicos," 25 Noviembre, 2014. [Online]. Available: <https://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>.
- [20] O. A. Shingón Collahuazo and G. J. Uvillus Tipan, "Universidad técnica de cotopaxi," *Univ. técnica cotopaxi*, pp. 0–115, 2019.
- [21] M. Larrea Basterra, U. Castro Legarza, and E. Álvarez Pelegrý, "Instalaciones fotovoltaicas aisladas y conectadas a la red eléctrica," *Orkestra*, p. 39, 2017.
- [22] C. J. Márquez Romero, "Dimensionamiento De Sistemas Fovovoltaicos Conectados a La Red Eléctrica En El Ecuador En Baja Tensión.," *Univ. Nac. Loja*, p. 222, 2020.
- [23] M. Alonso, "Master en Energías Renovables y Mercado Energetico," *Ciemat*, vol. 1, no. 1, p. 59, 2011.
- [24] A. Cristian David Petrel Higuita and C. David Petrel Higuita, "Diseño De Sistema Solar Fovovoltaico Aislado E Individual En El Corregimiento Bocas Del Atrato-Turbo," p. 31, 2021.
- [25] Renova energia, "Batería de ciclo profundo RITAR DC12100 12V100AH." [Online]. Available: [https://www.renova-energia.com/productos/baterias\\_ritar\\_ra12100d\\_12v100ah-2/](https://www.renova-energia.com/productos/baterias_ritar_ra12100d_12v100ah-2/).
- [26] K. Israel, A. Siguenza, J. Geovanny, and C. Vidal, "Implementación de un Sistema Fovovoltaico de 600w para alimentación del laboratorio de metrología," 2020.
- [27] V. Energy, "BlueSolar MPPT 75/10, 75/15, 100/15 y 100/20." [Online]. Available: [https://www.victronenergy.com/media/pg/Manual\\_BlueSolar\\_MPPT\\_75-10\\_up\\_to\\_100-20/en/index-en.html](https://www.victronenergy.com/media/pg/Manual_BlueSolar_MPPT_75-10_up_to_100-20/en/index-en.html).
- [28] D. Alfonso, M. Sánchez, J. Luis, C. Mustelíer, A. M. Lázaro, and A. León Sánchez, *Curso Básico De Dibujo Con Autocad*. 2017.
- [29] Jinko Solar, "Jinko Solar Cheetah HC JKM405M-72H-V, 0, 405Wp," 2018. [Online]. Available: <https://www.renova-energia.com/wp-content/uploads/2021/01/MD095.pdf>.
- [30] Renova energia, "Batería de ciclo profundo RITAR DC12100 12V100AH," 2019. [Online]. Available: <https://www.renova-energia.com/wp-content/uploads/2019/07/BT047.pdf>.
- [31] VICTRON ENERGY, "Controladores de carga SmartSolar con salida de carga MPPT 75/10, 75/15, 100/15, 100/20-48V." [Online]. Available: [https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-75-10,-75-15,-100-15,-100-20\\_48V-ES.pdf](https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-75-10,-75-15,-100-15,-100-20_48V-ES.pdf).
- [32] victron energy, "Inversores Phoenix." [Online]. Available: <https://www.renova-energia.com/wp-content/uploads/2019/07/IN075.pdf>.
- [33] A. D. S. Unamuno, "Norma Ecuatoriana de la Construcción," *Opt.Med S.a.*, p. 25, 2018.

## 13. ANEXOS



Anexo 1. Dimensiones de la batería. [30]

Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20
Tensión de la batería (Selección automática)		12 / 24V		12 / 24 / 48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V	
Eficiencia máxima	98%			
Autoconsumo – on de la carga	12V: 19 mA 24V: 16 mA		26 / 20 / 19 mA	
Autoconsumo – off de la carga	12V: 10 mA 24V: 8 mA		10 / 8 / 7 mA	
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)			14,4V / 28,8V / 57,6V (adj.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)			13,8V / 27,6V / 55,2V (adj.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase			
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.			
Corriente de carga continua	15A		20A / 20A / 1A	
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife			
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife			
Protección	Cortocircuito de salida/Sobre temperatura			
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)			
<b>CARCASA</b>				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales de conexión	6 mm <sup>2</sup> / AWG10			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	0,5 kg	0,6 kg	0,65 kg	
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm		100 x 113 x 50 mm	100 x 113 x 60 mm
<b>NORMATIVAS</b>				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.				
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador.				
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.				
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.				

Anexo 2. Características del controlador SmartSolar. [31]

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga)	Desconexión dinámica, ver					
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	<a href="https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff">https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff</a>					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.	87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%	
Consumo en vacío	4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W	
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)	0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0	
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					
<b>CARCASA</b>						
Material y color	Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)					
Conexión de la batería	Bornes de tornillo					
Sección de cable máxima:	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	25/10/10mm <sup>2</sup> / AWG4/8/8	35/25/25 mm <sup>2</sup> / AWG 2/4/4	
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R					
Tipo de protección	IP 21					
Peso	2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs	
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)	
<b>ACCESORIOS</b>						
On/Off remoto	Sí					
Conmutador de transferencia automático	Filax					
<b>ESTÁNDARES</b>						
Seguridad	EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1					
EMC	EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3					
Directiva de automoción	ECE R10-4					
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						

Anexo 3. Características del inversor. [32]