

**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO SIN CONEXIÓN A LA RED PÚBLICA
PARA LA ALIMENTACIÓN DE LA VEREDA CHICHIRA EN EL MUNICIPIO DE
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER.**



HENRY LEONARDO REDONDO RODRIGUEZ

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER – COLOMBIA
2022**

**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO SIN CONEXIÓN A LA RED PÚBLICA
PARA LA ALIMENTACIÓN DE LA VEREDA CHICHIRA EN EL MUNICIPIO DE
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER.**

HENRY LEONARDO REDONDO RODRIGUEZ

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERERO
ELÉCTRICO**

**DIRECTOR: ING. FRAYN STEVEENS MONSALVE PABÓN
ING. ELÉCTRICO**

**CO-DIRECTOR: M.SC. LUIS DAVID PABÓN FERNÁNDEZ
ING. ELÉCTRICO**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER – COLOMBIA
2022**

PENSAMIENTO.

“Nuestras virtudes y nuestros defectos son inseparables, como la fuerza y la materia. Cuando se separan, el hombre no existe.”

Nikola Tesla.

DEDICATORIA.

A mi madre por apoyarme en todas las etapas de mi vida, siempre ha estado a mi lado en mis momentos más difíciles, dándome la fuerza y aliento para seguir siempre adelante, sin ti este nuevo logro en mi vida hubiera sido más difícil.

Tus esfuerzos para conmigo son inalcanzables y tu amor que tanto me has brindado es para mí invaluable, también por llorar por mis derrotas y reír por mis triunfos, gracias por haberme dado todo lo que necesito para alcanzar mi éxito. Para terminar, como siempre dices “Mi mayor herencia es tu educación”.

AGRADECIMIENTOS.

Primero a Dios por darme la vida día a día,
por escuchar mis oraciones y bendecirme con
salud mental y física.

A mi madre por el apoyo económico y
moral, respetando mi decisión de escoger mi
carrera de ingeniería eléctrica, gracias madre
contigo pude culminar mi educación superior.

Índice de Contenido.

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3.	JUSTIFICACIÓN	4
4.	OBJETIVOS	6
4.1	Objetivo General	6
4.2	Objetivos específicos	6
5.	MARCO TEÓRICO.....	7
5.1	Energía solar fotovoltaica: aspectos generales.	7
5.2	Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica.	8
5.3	Energía solar fotovoltaica en colombia.....	9
5.4	Radiación solar en Colombia.	11
5.5	Tipos de irradiancias solares.....	12
5.5.1	La irradiancia solar total.....	12
5.5.2	La irradiancia normal directa.....	12
5.5.3	La irradiancia horizontal difusa o de cielo difuso.	12
5.5.4	La irradiancia horizontal global.	13

5.6	Diagrama solar.....	14
5.6.1	Movimiento del sol.	14
5.6.2	Ángulo de elevación.	15
5.6.3	El ángulo de azimut.	15
5.6.4	Tiempo solar en la localidad LST y tiempo local LT.	16
5.6.5	Tiempo standard del meridiano de Greenwich LSTM.....	16
5.6.6	Corrección del tiempo por la excentricidad terrestre EoT.....	16
5.6.7	Factor de corrección del tiempo.....	17
5.6.8	Tiempo solar de la localidad LST.....	17
5.6.9	Ángulo horario HRA.....	18
5.6.10	Inclinación.....	18
5.6.11	Elevación solar β	18
5.6.12	Zenith.	18
5.6.13	Azimuth.....	19
5.6.14	Saliente y poniente solar.....	19
5.7	Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	19
5.7.1	Sistemas Aislados o en Isla (OFF-GRID).....	20

5.7.2	Sistemas interconectados a la red eléctrica (GRID-TIE).	20
5.8	Tecnología fotovoltaica y sus tipos.....	21
5.9	Características eléctricas de un panel solar	22
5.9.1	Potencia nominal, máxima o pico (P_{max})	22
5.9.2	Tensión en circuito abierto (V_{oc})	23
5.9.3	Intensidad de cortocircuito (I_{sc})	23
5.9.4	Tensión en el punto de máxima potencia (V_m ó V_{max})	23
5.9.5	Intensidad de corriente máxima (I_m ó I_{max})	23
5.10	Inversores.....	24
5.10.1	Características importantes que debe cumplir un convertidor. 25	
5.10.2	Parámetros generales de entrada y salida de un convertidor.. 26	
5.11	Regulador de carga.	26
5.12	Acumulador	28
5.12.1	Tecnologías de acumulación.	28
6	RESULTADOS.....	29
6.1	Ubicación geográfica del proyecto.	29
6.2	Solución al problema de energía eléctrica.....	30

6.3	Radiación solar en la ubicación específica georreferenciada.	32
6.4	Consumo eléctrico de las instalaciones.....	34
6.5	Elección del tipo de sistema fotovoltaico.	35
6.6	Dimensionado del generador fotovoltaico.	36
6.6.1	Ángulo óptimo de inclinación.	36
6.7	Determinación de la irradiación global diaria sobre la superficie del generador.....	37
6.8	Factor de irradiación para la inclinación y orientación de los paneles.	37
6.9	Factor de sombreado	40
6.10	Irradiación diaria sobre la superficie del generador, inclinada un ángulo β y orientada a un ángulo acimut α	46
6.11	Determinación de los parámetros eléctricos del generador.	47
6.11.1	Cálculo de la potencia mínima del generador fotovoltaico.	47
6.12	Selección del panel solar.....	49
6.12.1	Selección de los paneles solares.	50
6.13	Dimensionado para el sistema de acumulación.	57
6.14	Dimensionado del regulador de carga.	61

6.14.1	Determinación de los parámetros eléctricos del regulador de carga.	61
6.14.2	Selección del regulador de carga.....	62
6.15	Dimensionado del inversor.	64
6.15.1	Selección del inversor.....	65
6.16	Dimensionado de los conductores del sistema fotovoltaico.	66
6.17	Cálculo del cableado en corriente continua.	69
6.17.1	Para el tramo 1: Conexión de los módulos en serie a la caja de conexiones del generador fotovoltaico.....	69
6.17.2	Para el tramo 2: conexión de la caja de conexión del generador al regulador de carga.....	71
6.17.3	Para el tramo 3: Conexión del regulador de carga con el acumulador.....	72
6.17.4	Para el tramo 4: Conexión del regulador con el inversor... ..	74
6.17.5	Cálculo del cableado de corriente alterna.	75
6.17.6	Para el tramo 5: Conexión del inversor con la caja general de mando y la protección de la instalación.	76
6.18	Dimensionado de las protecciones del sistema fotovoltaico.	77

6.18.1	Protecciones del generador.	77
6.18.2	Diodo de Bypass.....	79
6.18.3	Seccionador general del sistema fotovoltaico.	80
6.18.4	Dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS)	82
6.18.5	Protección del sistema de acumulador.	83
6.18.6	Fusible.....	83
6.18.7	Protecciones para el inversor.....	85
6.19	Estructura metálica para la instalación de los módulos.....	85
7	INVENTARIO Y PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES	88
7.1.1	Listado de materiales.....	88
7.1.2	Presupuesto	89
7.1.3	Costo final.....	90
8	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	91
8.1	Costo total para cada vivienda.	91
8.2	Costo a treinta años para cada vivienda.	91
8.3	Costo mensual para cada vivienda.	92
8.4	Kilovatio hora mensual total para cada vivienda.....	93

8.5	Datos de consumo energético de una de las viviendas de la Vereda Chichira conectada a la red pública.....	94
8.6	Relación del panel fotovoltaico de acuerdo al consumo energético.....	94
8.6.1	Instalación de paneles fotovoltaicos para cada vivienda.	95
9	CONCLUSIONES	97
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
11	EVIDENCIAS.....	101
12	ANEXOS	106

RESUMEN.

Este proyecto, se basa en el diseño de un sistema fotovoltaico sin conexión a la red pública (OFF GRID) para la alimentación de energía eléctrica a la Vereda Chichira que está ubicado en el Municipio de Pamplona Norte de Santander, el cual cuenta con once usuarios que no pueden gozar de electricidad domiciliaria por el difícil acceso a la zona.

Para este proyecto es necesario hacer un estudio geográfico para poder conocer sus distancias entre usuarios, también se debe conocer la demanda máxima que requiere cada usuario, de acuerdo a ello se procederá a realizar los cálculos pertinentes de un sistema fotovoltaico para poder tomar la mejor decisión con respecto a un diseño eléctrico en óptimas condiciones.

De acuerdo a los resultados, se determinará las conclusiones apropiadas para la finalización del proyecto.

Palabras clave: Panel solar, energías alternativas, energía fotovoltaica, acumuladores, fusibles, DPS, generador, diodos, regulador de carga, inversor, acimut, potencia, voltaje, corriente, presupuesto, inventario, costo, factibilidad, radiación, irradiancia, factor de sombra, OFF-GRID, sistemas aislados.

ABSTRACT.

This project is based on the design of a photovoltaic system without connection to the public network (OFF GRID) to supply electricity to the Vereda Chichira, which is located in the Municipality of Pamplona Norte de Santander, which has eleven users. who cannot enjoy household electricity due to the difficult access to the area.

For this project, it is necessary to carry out a geographical study to be able to know the distances between users. The maximum demand that each user requires must also be known. Accordingly, the pertinent calculations of a photovoltaic system will be carried out in order to make the best decision. with respect to an electrical design in optimal conditions.

According to the results, the appropriate conclusions for the completion of the project will be determined.

Keywords: Solar panel, alternative energies, photovoltaic energy, accumulators, fuses, DPS, generator, diodes, charge regulator, inverter, azimuth, power, voltage, current, budget, inventory, cost, feasibility, radiation, irradiance, factor of shade, OFF-GRID, isolated systems.

IMPACTO DEL PROYECTO

La expectativa de este proyecto será disminuir la contaminación ambiental por los efectos invernaderos, incentivar a otros sectores para que utilicen energías alternativas y con ello brindar una mejor calidad de vida a la comunidad de la Vereda Chichira en Pamplona - Norte de Santander.

Con la innovación y tecnología de energía eléctrica se ayuda a reducir el consumo de la red pública mitigando los costos, además será la mejor alternativa para los sectores donde el acceso es complejo para el transporte de energía.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a las energías renovables, para ser más específico a la energía solar, el cual será aprovechado por medio de paneles fotovoltaicos o también llamados paneles solares.

La principal problemática con el tema de la energía eléctrica y los cambios climáticos nos ha llevado a contribuir con el mismo, por tanto, a raíz de la contaminación ambiental, se ha inventado nuevas tecnologías para conservar el planeta de la contaminación ambiental y con ello se ha logrado desarrollar varias alternativas de energías limpias tales como: la energía solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, hidroeléctrica, biomasa, geotérmica, mareomotriz, undimotriz, bioetanol, biodiesel, todas las anteriores se han propuesto en algunos países aprovechando sus recursos para lograr mitigar la contaminación ambiental.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas y sus consecuencias, es por esto que; para la Vereda Chichira, ubicado en el municipio de Pamplona - Norte de Santander, no cuenta con suministro eléctrico por su difícil acceso al mismo, sin embargo, la alternativa más viable es la instalación de paneles solares aprovechando la energía solar de la zona. La consecuencia de este proyecto a la hora de su ejecución sería el alto costo a corto plazo, pero será la inversión más sustentable a largo plazo, las limitaciones de esta investigación será la movilización a la zona para tomar datos geográficos, también, hacer una lista de electrodomésticos para obtener la demanda máxima por usuarios, de este modo poder realizar los cálculos necesarios para este proyecto de investigación.

La investigación de esta problemática que tiene la Vereda Chichira, se realizó con el interés de dar a conocer la difícil situación de algunos pobladores de la zona ya que no cuenta con energía eléctrica, que es un recurso básico, este proyecto de investigación es la solución más factible para mejorar la calidad de vida de las familias de la Vereda Chichira.

En el ámbito profesional, la realización de este proyecto de investigación, sería un claro ejemplo de la solución que se puede dar a este tipo de problemas que son muy concurrentes en Colombia.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La energía eléctrica se convirtió en una necesidad básica para el ser humano, a medida que la población aumenta también se incrementa esta necesidad como prioridad para los hogares el cual nos permite tener una mejor calidad de vida.

La Vereda Chichira no cuenta con electrificación pública ya que se encuentra en una zona muy alejada y de difícil acceso, esto hace que un proyecto de electrificación rural para la Vereda Chichira sea muy compleja y costoso, sin embargo, algunas viviendas cuentan con paneles solares.

De acuerdo con lo anterior, es de suma importancia diseñar un sistema fotovoltaico sin conexión a la red pública, para poder brindar este servicio que es vital, ya que, brindará una mejor calidad de vida en esa población rural, dicho lo anteriormente, se puede motivar a otros sectores a utilizar energías alternativas y reducir la contaminación ambiental.

3. JUSTIFICACIÓN

El propósito de la siguiente investigación es solucionar la falta de suministro eléctrico en la Vereda Chichira en el municipio de Pamplona – Norte de Santander, ya que por su difícil acceso es complicado para la empresa de energía pública transportar la energía eléctrica a la Vereda ya mencionada. Es importante señalar que la energía eléctrica es vital para el desarrollo en distintas áreas, una de las áreas más importantes es para el sector agropecuario, también, la energía eléctrica es una necesidad básica para tener una mejor calidad de vida, solo por nombrar el uso de artefactos eléctricos del cual los usuarios de la Vereda Chichira no pueden complacerse.

La presente investigación se realiza con el fin de mejorar la calidad de vida de las familias que viven en la Vereda Chichira, así mismo, dar a conocer por medio de la tecnología las diferentes soluciones que se pueden llevar a cabo con el aprovechamiento de los recursos naturales, para este caso la energía solar que es un recurso inagotable hasta el momento, por esta razón, la inclusión del uso de paneles fotovoltaicos es la mejor alternativa a este problema.

En Colombia, algunos sectores rurales no cuentan con vías en buen estado, por este motivo, es difícil para las empresas de servicio público prestarles el servicio adecuado, para este caso, el servicio público de energía eléctrica a la Vereda Chichira. En relación con este tema, el cambio climático, la contaminación ambiental producida por el efecto invernadero, se ha convertido en una situación de alto riesgo para la humanidad, es por ello, que el aprovechamiento de energías limpias ayudará a mitigar el cambio climático.

Las energías alternativas buscan mitigar el cambio climático en nuestro planeta, la contaminación ambiental que genera otras fuentes de energía convencionales está causando que no solo el planeta sufra, sino que también los seres humanos tengamos como consecuencia problemas de salud. Por esta razón, implementar energías limpias es la mejor elección para atenuar estas consecuencias, sin embargo, la creación de proyectos implementados en sistemas fotovoltaicos en zonas rurales, donde se ha hecho difícil el transporte de energía para las empresas electrificadoras, ayudaría a la población a tener una mejor calidad de vida, ya que es importante el uso de algunos electrodomésticos, así mismo para sector de la agricultura y su producción.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Diseñar el sistema fotovoltaico sin conexión a la red pública en la Vereda Chichira en el municipio de Pamplona - Norte de Santander.

4.2 Objetivos específicos

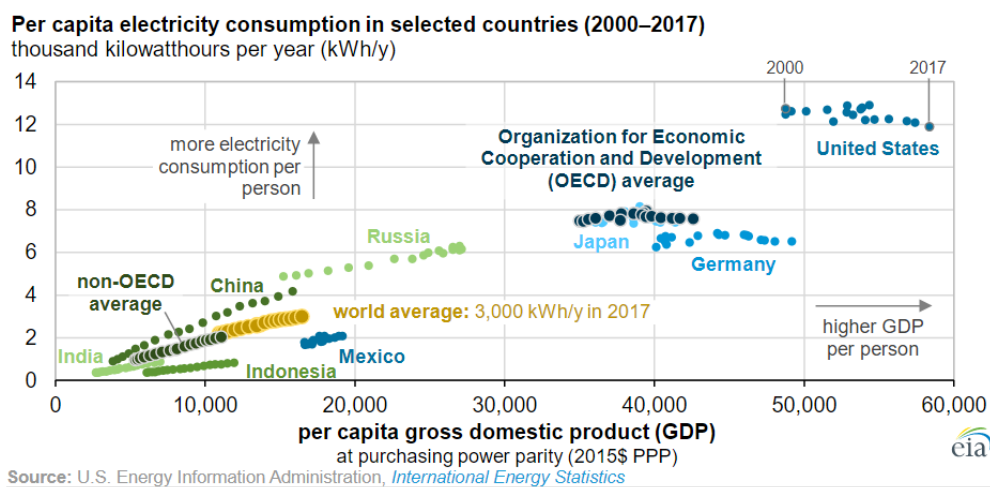
- Calcular la demanda de energía eléctrica en la Vereda Chichira en el municipio de Pamplona - Norte de Santander.
- Diseñar el sistema fotovoltaico de acuerdo a los estándares vigentes en Colombia.
- Simular el sistema fotovoltaico sin conexión a la red pública por medio del software PVSyst en la Vereda Chichira en el municipio de Pamplona - Norte de Santander.
- Analizar el precio unitario (APU) del sistema fotovoltaico de la Vereda Chichira en el municipio de Pamplona - Norte de Santander.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Energía solar fotovoltaica: aspectos generales.

La energía es la forma más versátil de electricidad que tenemos, con ello permite que las poblaciones de los países en desarrollo dispongan de energía eléctrica para el uso de la luz, electrodomésticos, dispositivos electrónicos, en fin, una serie de productos que nos brinda la actualidad. El acceso a la electricidad está relacionado con la calidad de vida, el desarrollo de un país para convertirse en potencia. (Fuente, 2020).

Figura 1: Consumo de energía eléctrica per cápita (kWh per cápita).



Fuente: José A. Fuente Roca, *El consumo eléctrico mundial crece más rápido que la población*. <https://elperiodicodelaenergia.com/el-consumo-electrico-mundial-crece-mas-rapido-que-la-poblacion/> 19/06/2020.

El consumo de energía eléctrica crece más rápido que la población mundial. La energía solar fotovoltaica es la tecnología que produce corriente directa, por medio de semiconductores cuando estos son proyectados por un haz de fotones.

5.2 Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica.

Como toda tecnología por explorar tiene sus ventajas y desventajas, la energía solar fotovoltaica no es la excepción. A menudo, se ven reflejados problemas técnicos y no técnicos, por ejemplo, los combustibles fósiles son los causantes de emisiones peligrosas para el medio ambiente, a lo que le llamamos efecto invernadero, son de una fuente limitada, su coste tiende a crecer sin ser modulares. Por el contrario, la energía solar fotovoltaica, no provoca ninguno de estos problemas para el medio ambiente, pero su mayor problema es su difícil almacenamiento, sin embargo, coinciden en ser tecnologías muy fiables. (Pano, 2002).

En la siguiente tabla, asemejamos las ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica. Por ello, se tomó en cuenta aspectos como; la infraestructura y la economía, no obstante, a medida que pasa el tiempo puede compensarse a favor del usuario, es por ello, que esta tecnología tiene una gran aceptación a nivel mundial, sobre todo por ser amigable con el medio ambiente. (Fuente, 2020).

La energía solar fotovoltaica, dependiendo del diseño de instalación, puede ser conectado a la red pública si se lo requiere, sin embargo, puede ser instalado de manera aislada a la red pública, por lo cual hace que esta tecnología sea versátil y aceptada.

Figura 2: *Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica.*

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Limpia, renovable, infinita, silenciosa	Gran inversión inicial
Retribuida económicamente la producción para venta a red	Difícil almacenamiento
Subvenciones	Proceso de fabricación de módulos complejo y caro
Corto <i>pay-back</i> de la energía	No competitiva con otras energías en la actualidad
Sin partes móviles y modular	Producción variable según climatología y época del año

Fuente: SALA PANO, Gabriel. Energía Solar Fotovoltaica. Colegio Oficial de Ingenieros en Telecomunicaciones. C/ Almagro, 2 28010, 2002, pag 2.

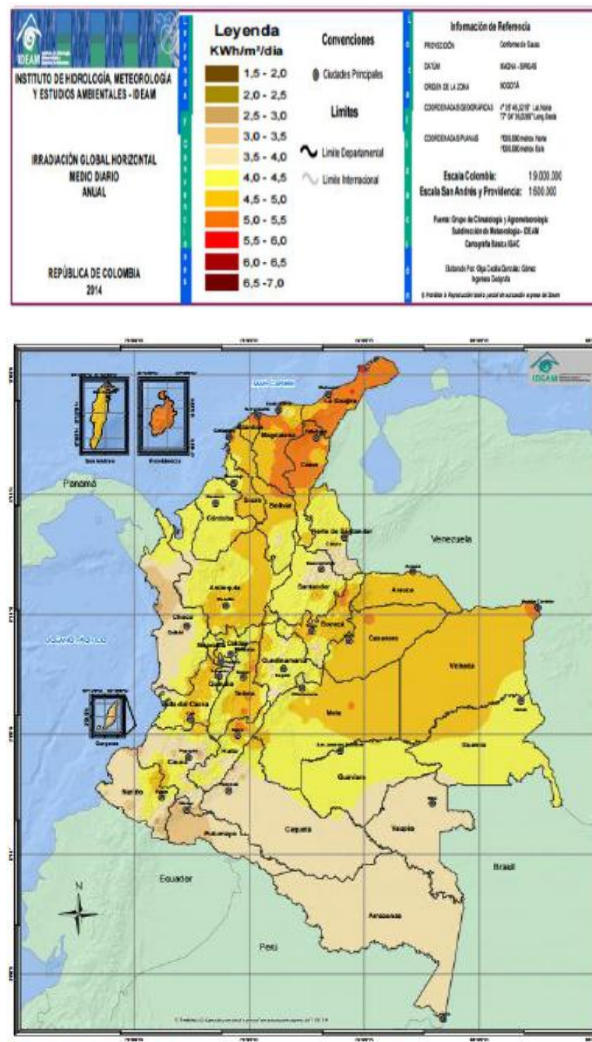
5.3 Energía solar fotovoltaica en Colombia.

La ubicación de Colombia hace que sea estratégico para la construcción de diferentes sistemas de tecnología de energía, así mismo, es una fuerza positiva de energía solar fotovoltaica versus al resto del planeta, a pesar de que se presentan variaciones, ahora bien se presentan evidencias de datos en el territorio colombiano con respecto a la radiación solar, el cual indica una alta irradiación solar. Para estos sistemas fotovoltaicos, las regiones más beneficiadas son: La Región Central, Pacífica, Orinoquía y la Costa Atlántica. (ATLAS IDEAM, 2021).

La cantidad más importante por parte del ZNI y SIN en Colombia cuentan con un medio de irradiación solar promedió 194 W/m^2 y de radiación solar promedio de $4.5 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$, la cual supera el valor promedio mundial de $3,9 \text{ kWh/m}^2/\text{d}$. Los

escenarios naturales en Colombia son prósperos para la generación fotovoltaica y los niveles de radiación por región a lo largo del año son buenos como se puede evidenciar en la figura 3.

Figura 3: Mapa y Convenciones de Radiación Global Horizontal Medio Diario Anual, República de Colombia, 2014.



Fuente: ATLAS IDEAM, Atlas de radiación solar [en línea].2021. (citado el 27/10/2021). Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar13.pdf>

5.4 Radiación solar en Colombia.

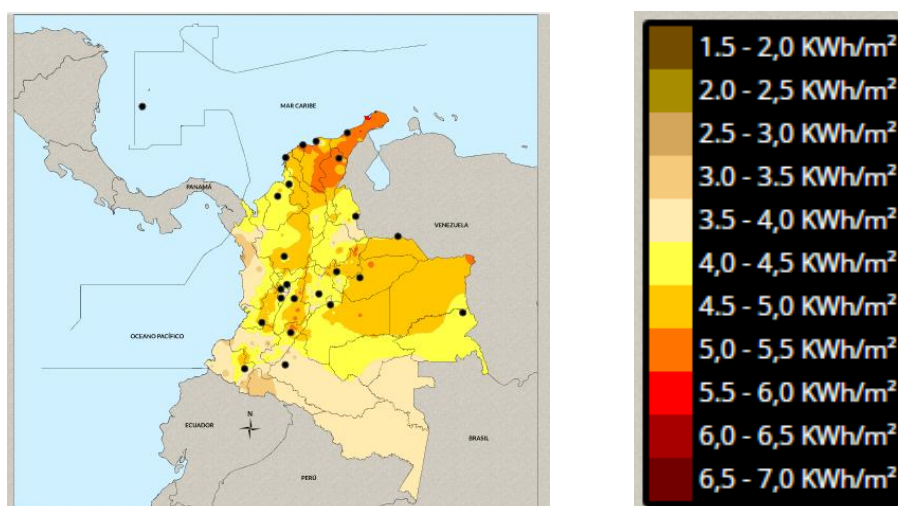
Colombia por su oportuna colocación geográfica es beneficiada con gran excedencia del recurso solar. Las zonas que cogen mayor rigor de radiación solar global en Colombia, por encima a los 4,5 kWh/m² por día son: los llanos orientales, la región caribe, las islas san Andrés y Providencia, Santander y norte de Santander entre otros.

Los indicadores más elevados por encima a los 5,5 kWh/m² por día se demuestran en tramos de Bolívar en el norte de Atlántico, Magdalena y la Guajira.

El IDEAM, junto con la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) han informado la actualización de la versión del Atlas de Radiación Solar en Colombia, por consiguiente, esta información se convierte en un Instrumento primordial para saber la disponibilidad energética solar en las zonas geográficas del país.

Sin embargo, hay grupos geográficos de radiación solar con menor intensidad en el país, inferiores a los 3,5 kWh/m² por día, tales como: Cauca, Nariño, Caquetá, Cundinamarca, Putumayo, Choco y Valle del cauca. (ATLAS IDEAM, 2021).

Figura 4: *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia.*



Fuente: ATLAS IDEAM, Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia [en línea]. 2022 (citado el 05/05/2022). Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

5.5 Tipos de irradiancias solares.

5.5.1 La irradiancia solar total.

La irradiación solar total, es una medida de la fuerza solar en todas las longitudes de onda por unidad de área directamente en la atmósfera superior de la Tierra. Se calcula la vertical a la luz solar entrante. (Beñat, 2008).

5.5.2 La irradiancia normal directa.

La irradiación de haz o radiación normal directa, se calcula en el plano de la Tierra en un punto dado con un dispositivo de superficie perpendicular al Sol. Este tipo de irradiación descarta la radiación solar difusa. (Beñat, 2008).

Las pérdidas penden primordialmente de:

- La humedad.
- La cantidad de nubes en el cielo.
- La hora del día.
- Otros aspectos como: moléculas de ozono, vapores de agua, aerosoles, entre otros.

5.5.3 La irradiancia horizontal difusa o de cielo difuso.

La irradiación en el plano de la Tierra al comienzo de la luz disipada por la atmosfera, es la radiación del cielo difuso o también la irradiación horizontal difusa. Se evalúa en un plano horizontal con radiación derivada por todos los puntos del cielo.

Por otro lado, la irradiación difusa horizontal sería prácticamente nula si no existiera la atmosfera. (Beñat, 2008).

5.5.4 La irradiancia horizontal global.

La irradiancia total del sol sobre una superficie horizontal en la Tierra, es la irradiancia horizontal global, lo que significa, que la irradiancia horizontal global es la combinación entre, la irradiancia directa y la irradiancia horizontal difusa. (Alonso, 2019)

Figura 5: Tipos de irradiancia solares.



Fuente: ALONSO LORENZO, José Alfonso. Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia y HSP. {en línea}. Abril 10, 2019. {05/05/2022}. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/#Autor-Redactor>

5.6 Diagrama solar.

El Diagrama Solar es la muestra detallada del trayecto que sigue el Sol de forma gráfica, para un espectador que esté estacionado sobre el plano del Mundo en una banda que esté determinada por su latitud y longitud. El recorrido solar interviene en la energía y en la eficacia energética de incomparables formas. (Alonso, 2019).

5.6.1 *Movimiento del sol.*

El mundo circula en torno a su eje, entretanto, se transpone en el interior de su órbita rodeando al Sol. De fase altera el ángulo del módulo directo del rayo de luminosidad que afecta a la franja planetaria. Este indicador está en manos de la tendencia geográfica, de la etapa del trayecto y de la hora. De la misma forma, estas transiciones establecen el valor de la fuerza de la radiación solar, en todo caso estarán en valores desiguales viviendo a cuenta de los equivalentes. Ahora si queremos comprobar el ángulo de un punto planetario, tenemos que obligar e ingresar los siguientes aspectos: hora, día, longitud y latitud.

El ángulo de acontecimiento se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin \left[\frac{360}{365} (284 + d) \right] \quad (1)$$

En el cual, d es el día del año en donde estableceremos el ángulo de acontecimiento.

5.6.2 Ángulo de elevación.

El haz solar que transgrede un espacio con la línea del plano horizontal, es al que le llamamos Altitud o también, ángulo de elevación. Los acontecimientos que se dan al medio día, se debe al indicador superior de la altitud o ángulo de elevación, todo aquello obedecerá al ángulo de inclinación y latitud de la tierra sobre su eje. (Perpiñan, 2020)

La expresión para calcular la altitud del mediodía es la siguiente:

$$\alpha = 90^\circ + \varnothing - \delta \quad (2)$$

Donde:

α es el cargo de la latitud y del ángulo de inclinación δ .

$\varnothing$ es la latitud de la localidad. Importante, será positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur.

δ ángulo de inclinación.

5.6.3 El ángulo de azimut.

El camino solar en la zona que se estaciona por el occidente hasta que germina por el oriente, va construyendo el ángulo, todo aquello equilibrado a razón del sur o del norte. (García, 2022)

5.6.4 Tiempo solar en la localidad LST y tiempo local LT.

Cuando el sol reside en lo más alto del cielo se especifica cómo Tiempo Solar Local LST, las variaciones que se dan con relación a las particularidades de la órbita terrestre, debido a los ajustes de las zonas horarias, se denomina como Tiempo Local LT.

5.6.5 Tiempo standard del meridiano de Greenwich LSTM.

Se define a modo del primer meridiano, por lo tanto, es el meridiano de referencia (LSTM).

$$LSTM = 15^{\circ} * \Delta TGMT \quad (3)$$

Donde:

$\Delta TGMT$ Es la divergencia de la localidad entre el tiempo en horas (LT) y el tiempo del meridiano de Greenwich (GMT). (Ruiz, 2015)

5.6.6 Corrección del tiempo por la excentricidad terrestre EoT.

Esta expresión es práctica, su efecto se obtiene en minutos y corrige la extravagancia de la órbita terrestre y su ángulo de inclinación. (Ruiz, 2015)

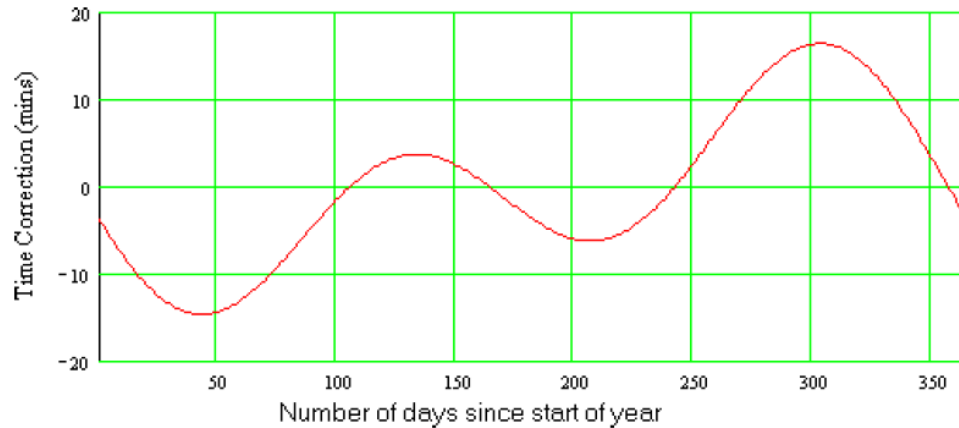
$$EoT = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B) \quad (4)$$

Donde:

$$B = \frac{360}{365} (d - 81) \quad (5)$$

D es el número de año expresado en días y b es en grados. A continuación, se representa la gráfica de la ecuación.

Figura 6: *Numero de días vs tiempo de corrección.*



Fuente: Ingeniería Energética General. Trayectoria solar. {en línea}. Octubre 2010. {05/05/2022}. Disponible en: http://www.energianow.com/Instructivos/trayectoria_solar_instructivo.pdf

5.6.7 Factor de corrección del tiempo.

“El factor de corrección puro (en minutos) se razona el Tiempo Solar de la Localidad o (LST) explícito por la longitud (total absoluto.) que especifica la zona horaria y concentra el factor de corrección (EoT) preliminar”. (Garcia, 2022)

$$TC = 4(LSTM - LONGITUDE) + EoT \quad (6)$$

Cada 4 minutos la tierra gira 1° grado, por esta razón la constante 4.

5.6.8 Tiempo solar de la localidad LST.

Para determinar el ajuste de la localidad se utiliza la siguiente expresión.

$$LST = TC + LT \quad (7)$$

5.6.9 Ángulo horario HRA.

“Se refiere al cambio de hora en grados en el que el sol se desplaza en su recorrido sobre la tierra”. (Garcia, 2022).

$$HRA = 15^\circ(LST - 12) \quad (8)$$

5.6.10 Inclinación.

Para hallar el ángulo de inclinación se llama la siguiente expresión:

$$\delta = 23.45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (284 + d) \right] \quad (9)$$

Donde:

d es el número de días a lo largo del año.

5.6.11 Elevación solar β .

Se determina de la siguiente manera:

$$ELEVACION = \sin^{-1}[\sin(\delta) \sin(\phi) + \cos(\delta) \cos(\phi) \cos(HRA)] \quad (10)$$

5.6.12 Zenith.

Es el ángulo entre la vertical y el sol.

$$Zenith = 90 - \beta \quad (11)$$

5.6.13 Azimuth.

El ángulo que se dibuja producto del trayecto solar durante el día en afinidad al Sur o al Norte pensando a fin de convenio al valor de 180° en el Sur y de 0° en el Norte, o tambien puede ser al contrario. (García, 2022).

5.6.14 Saliente y poniente solar.

La hora de salida del sol.

$$hss = 12h - \left[\frac{(HRA)}{15} \right] - TC, h \quad (12)$$

La hora en que pone el sol.

$$hps = 12h + \left[\frac{(HRA)}{15} \right] - TC, h \quad (13)$$

5.7 Tipos de sistemas fotovoltaicos.

“Los sistemas de energía eléctrica fotovoltaicos (sistemas fotovoltaicos) se clasifican en tres elementos principales:

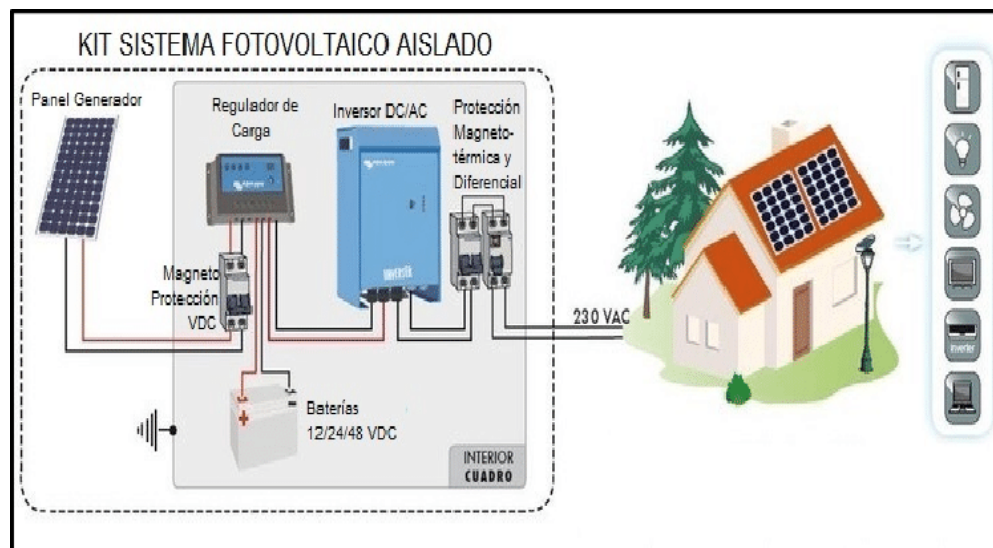
- Sistemas Interconectados a la Red Eléctrica (GRID-TIE y/o ON-GRID) (Conectados a red pública).
- Sistemas en Isla (OFF-GRID) (No conectados a la red pública).
- Sistemas Híbridos”.

(García, 2022).

5.7.1 Sistemas Aislados o en Isla (OFF-GRID).

Los sistemas aislados son aquellos que no se conectan a ninguna red de servicio público, lo más usual es que requiera de un banco de baterías para su autonomía; sin embargo, en algunas aplicaciones no son necesarias estas baterías.

Figura 7: Sistema aislado.

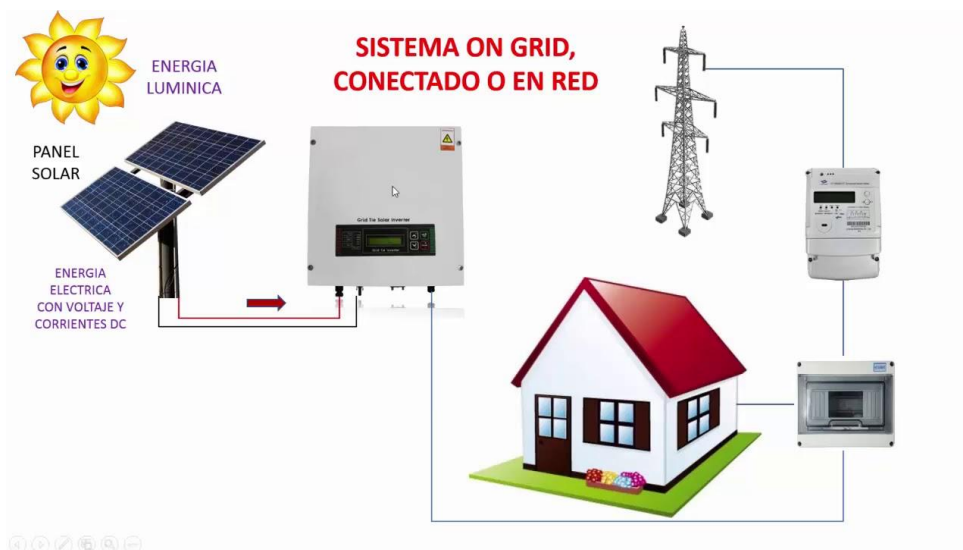


Fuente: MELLADO GARCIA, Francisco. *Energía solar fotovoltaica*. {en línea}. Julio 30, 2022. {05/05/2022}. Disponible en: <https://www.ensys.mx/energia-solar/sistemas-fotovoltaicos.php>

5.7.2 Sistemas interconectados a la red eléctrica (GRID-TIE).

Este sistema se distingue por suministrar energía a la red pública o también a los electrodomésticos del hogar, si así lo requiere por medio de un censado del controlador de carga y tiene un abastecimiento continuo, estos sistemas tienen una vida útil de al menos 25 años. (García, 2022).

Figura 8: *Sistemas interconectado a la red eléctrica (GRID-TIE)*



Fuente: MELLADO GARCIA, Francisco. Energía solar fotovoltaica. {en línea}.

Julio 30, 2022. {05/05/2022}. Disponible en: <https://www.ensys.mx/energia-solar/sistemas-fotovoltaicos.php>

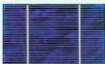
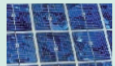
5.8 Tecnología fotovoltaica y sus tipos.

Las células solares o módulo fotovoltaico (panel solar), está desarrollado por un acumulado de células, acopladas eléctricamente y ajustadas en base a una colocación de columna o moldura. Suministra en su salida de lazo un voltaje de corriente directa y se plantea para servicios determinados de voltaje 6V 12V o 24V voltios que especificarán el voltaje a la que va a laborar el sistema fotovoltaico.

De acuerdo tecnología de fabricación de las células, se dividen los prototipos de módulos fotovoltaicos, de tal modo que, sus tres tipos son:

- Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- Silicio amorfo.

Figura 9: Diferencia de paneles solares según la tecnología de fabricación.

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: MHEDUCATION. Componentes de una instalación fotovoltaica. {en línea}. {05/05/2022}. Disponible en: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

5.9 Características eléctricas de un panel solar

En función, a las causas de la naturaleza y del tipo del panel solar, se tiene en cuenta algunos componentes, tales como, la temperatura, la humedad, células del módulo, velocidad del viento, entre otros. Del mismo modo, la fuerza eléctrica que sustente al modelo fotovoltaico formará una determinada corriente, a un determinado voltaje y cuyo producto, marcará la potencia que genera el panel solar.

5.9.1 Potencia nominal, máxima o pico (P_{max})

“El producto de la intensidad de salida del módulo por el voltaje, es la máxima potencia que se puede alcanzar por el panel solar como resultado”. (Ruiz, 2015).

5.9.2 Tensión en circuito abierto (V_{oc})

“Es el resultado máximo de tensión que se mediría en el panel solar si no tuviese movimiento de corriente entre los terminales del mismo, es decir, que la corriente es de cero amperios”. (Ruiz, 2015).

5.9.3 Intensidad de cortocircuito (I_{sc})

“Es la máxima corriente que se alcanza a conseguir del módulo solar, tal que, el voltaje de salida es de 0V”. (Ruiz, 2015).

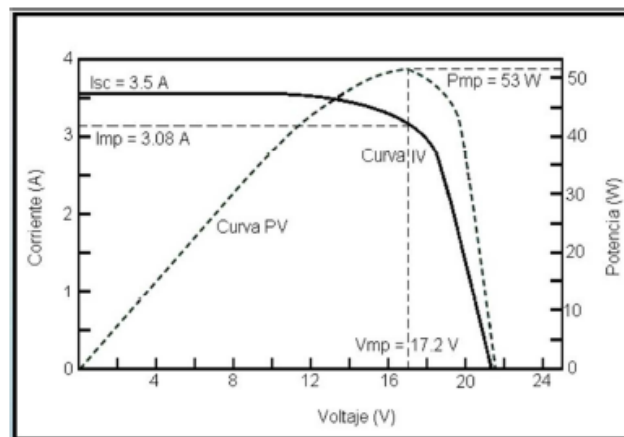
5.9.4 Tensión en el punto de máxima potencia (V_m ó V_{max})

“Esta característica suele ser el 80% de la de vacío, se da cuando esta, está en el punto de máxima potencia”. (Ruiz, 2015).

5.9.5 Intensidad de corriente máxima (I_m ó I_{max})

“Es el valor de la corriente en el punto de potencia pico”. (Ruiz, 2015).

Figura 9: Características eléctricas del panel solar.



Fuente: LOPEZ RUIZ, Pedro. Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica en una vivienda aislada {en línea}. Septiembre 2015. Disponible en: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2317pub.pdf>

5.10 Inversores

El inversor de corriente DC/AC igualmente citado convertidor u ondulator, su oficio de este dispositivo electrónico de potencia es de cambiar la corriente directa en corriente alterna, para el consumo eléctrico de los electrodomésticos de la vivienda.

“Los convertidores se caracterizan primordialmente por su rendimiento o eficacia de potencia, de igual modo, por su potencia máxima y por su voltaje de entrada desde las baterías”. (Ruiz, 2015).

En el emporio o mercado se pueden encontrar diferentes tipos de convertidores, tales como:

- Convertidores de onda cuadrada.
- Convertidores de onda senoidal.
- Convertidores de onda cuadrada modificada o de onda senoidal modificada.

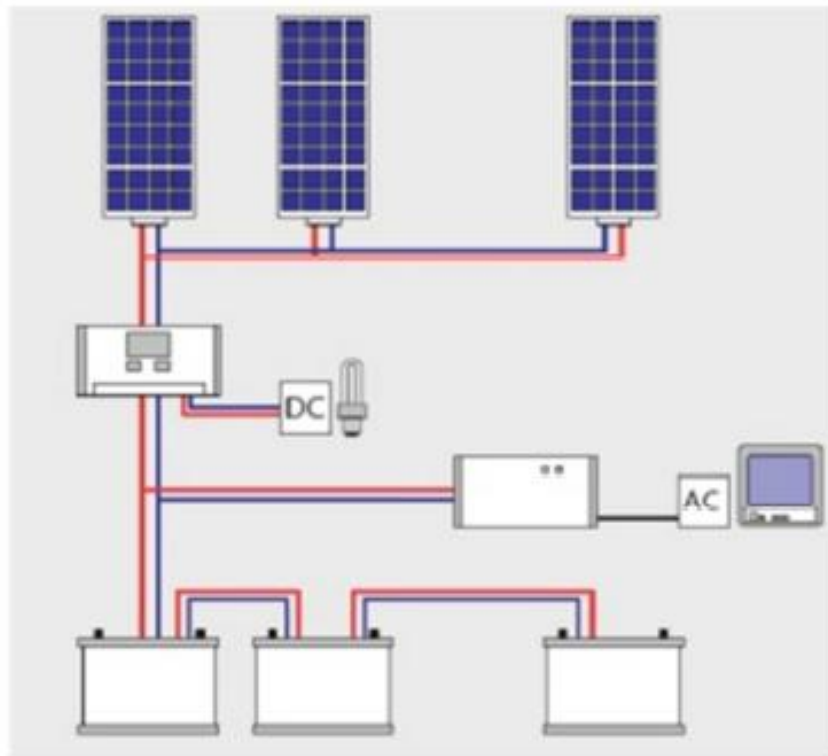
El conjunto del convertidor con la batería, con respecto a los conductores debe ser la apropiada en función de la longitud de la línea. Siguiendo la idea, si no se diseña de manera correcta los parámetros de tensión, podría tener grandes desplomes de tensión reduciendo la vida útil y el rendimiento del convertidor, incluso podría destruir el inversor si no tiene sus debidas protecciones. (Ruiz, 2015).

5.10.1 Características importantes que debe cumplir un convertidor.

Los inversores deberán efectuar ciertos requerimientos para una instalación fotovoltaica.

- Brindar un buen aislamiento galvánico.
- Presentar una baja distorsión armónica.
- Protección contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Ofrecer una alta eficacia que oscile entre el 90% y 97%.
- Disponer de sistemas de medida control manual de encendido y apagado general del inversor.

Figura 10: Ejemplo de una instalación con inversor.



Fuente: LOPEZ RUIZ, Pedro. Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica en una vivienda aislada {en línea}. Septiembre 2015.

Disponible en: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2317pub.pdf>

5.10.2 Parámetros generales de entrada y salida de un convertidor.

Figura 11: Parámetros y descripción de un convertidor.

Parámetro	Descripción
Datos de entrada	
Potencia máxima de los paneles	Valor de potencia máxima pico (W_p) del conjunto de paneles que se pueden conectar al inversor.
Rango de tensión	Margen de la tensión de entrada al inversor. En este dato también se puede indicar la máxima tensión de entrada en vacío.
Corriente máxima	Datos de la corriente máxima que pueda circular por el circuito de entrada
Datos de salida	
Tensión nominal	Valor de Voltaje de salida, puede ser de forma monofásica de 110 V o 230 V o trifásica de 230 V o 400 V.
Frecuencia	Valor de la frecuencia de la corriente alterna de salida del inversor. (Para Colombia 60 Hz)
Potencia nominal	Valor de la potencia en operación continua que puede suministrar el inversor.
Distorsión de onda	Dato referido a la distorsión en (%) que presentan las ondas senoidales de salida.
Factor de potencia	Parámetro que indica el factor de potencia ($\cos \phi$) que presenta el equipo.
Datos generales	
Eficiencia	Parámetro que indica el rendimiento del equipo

Fuente: DOMINGUEZ, Héctor. Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el cobaev 35 xalapa.

5.11 Regulador de carga.

Como su nombre nos dice un regulador de carga es el administrador y representante de inspeccionar el movimiento de corriente eléctrica desde los paneles solares hacia los acumuladores. Su función principal es evitar que se produzcan

sobrecargas y limitación de voltaje de los acumuladores a unos números adecuados. Los regulares más comunes y sencillos son los de PWM este tipo de controlador funciona básicamente como un interruptor que conecta un conjunto de placas solares a una batería.

“En la actualidad coexisten reguladores más desarrollados que se ubican de una ocupación, que admite maximizar la energía apresada por el generador fotovoltaico, este regulador de carga es llamado MPPT (Maximum Power Point, Máximo Punto de Potencia)”. (Ruiz, 2015).

Figura 12: Conexión del regulador de carga, batería y carga.



Fuente: LOPEZ RUIZ, Pedro. Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada. Septiembre 2015, pag 22. Universitat Rovira Virgili, Departament d'Enginyeria Electrónica Eléctrica i Automática.

5.12 Acumulador

El acumulador o baterías solares, se recurre para acumular la energía eléctrica formada por el sistema fotovoltaico. Su función más importante es cuando hay ausencia de energía solar, sobre todo en los periodos nocturnos. (Ruiz, 2015).

5.12.1 Tecnologías de acumulación.

En la siguiente imagen (figura 13) se puede apreciar algunas baterías de diferentes características electroquímicas que existen en el mercado. (Ruiz, 2015).

Figura 13: Características de los acumuladores.

	Uds.	Pb-ácido	Ni-Cd	Ni-MH	Li-Ión
Tensión por vaso	V	2	1,2	1,2	3,6
Densidad energética	Wh/kg	30-50	50-80	60-120	110-160
Autodescarga	%/mes	<5	20	20	6
N.º de ciclos		Medio (500-2.000)	elevado	medio	medio-bajo
Rango capacidades	Ah	5 - >3.000	< 6	medio	bajo
Precio orientativo (12 V, 100 Ah)	€	250-600	2.500	1.200	4.500

Fuente: LOPEZ RUIZ, Pedro. Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada. Septiembre 2015, pag 23. Universitat Rovira Virgili, Departament d'Enginyeria Electrónica Eléctrica i Automática.

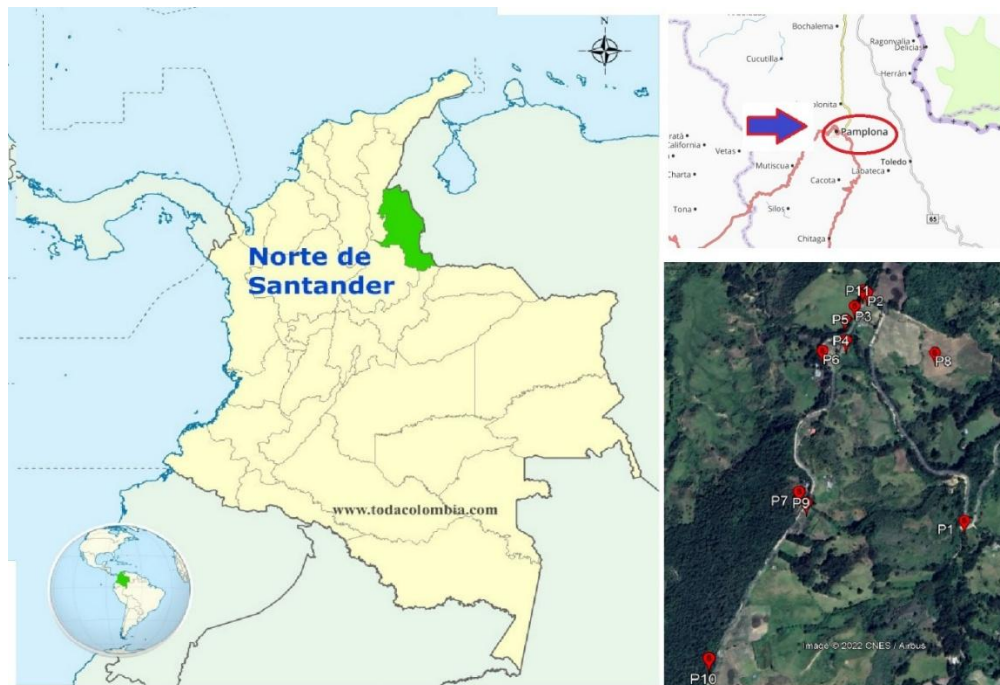
6 RESULTADOS.

6.1 Ubicación geográfica del proyecto.

La investigación realizada se encuentra en el Departamento de Norte de Santander, el cual está situado en la Región Andina al Noreste de Colombia, específicamente en la Vereda Chichira.

- Departamento: Norte de Santander.
- Municipio: Pamplona.
- Zona: Región Andina.
- Localización: Vereda Chichira.

Figura 14: Ubicación geográfica del proyecto.



Fuente: Google Earth Pro.

Para poder realizar los cálculos de la investigación, se debe tomar datos de las coordenadas de cada vivienda como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1: Datos de georreferenciación de cada vivienda (usuario).

USUARIO	LATITUD			LONGITUD			LATITUD	LONGITUD
	COORDENADA (N)			COORDENADA (W)				
	G	M	S	G	M	S		
1	-7	-22	-14.7	72	37	3.634	7.37075	-72.617676
2	-7	-22	-27.959	72	37	17.616	7.374433	-72.62156
3	-7	-22	-26.569	72	37	18.001	7.374047	-72.621667
4	-7	-22	-23.797	72	37	17.44	7.373277	-72.621511
5	-7	-22	-25.313	72	37	18.196	7.373698	-72.621721
6	-7	-22	-22.278	72	37	18.664	7.372855	-72.621851
7	-7	-22	-11.618	72	37	15.481	7.369894	-72.620967
8	-7	-22	-26.026	72	37	11.05	7.373896	-72.619736
9	-7	-22	-11.111	72	37	14.686	7.369753	-72.620746
10	-7	-21	-58.396	72	37	15.928	7.366221	-72.621091
11	-7	-22	-27.998	72	37	17.998	7.374444	-72.621666

6.2 Solución al problema de energía eléctrica

En la Vereda Chichira, el cual está situada en una zona lejana de difícil acceso, es por ello, que para poder llevar energía eléctrica a la misma se hace muy complicado para las empresas de servicio público.

Por lo tanto, una solución viable a esta problemática que presenta los habitantes de la Vereda Chichira, es la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo, por consiguiente, mejorara en algunos aspectos diarios básicos, tales como: el uso de electrodoméstico, proyección en el sector agropecuario, utilización de medios de comunicación, entre otros.

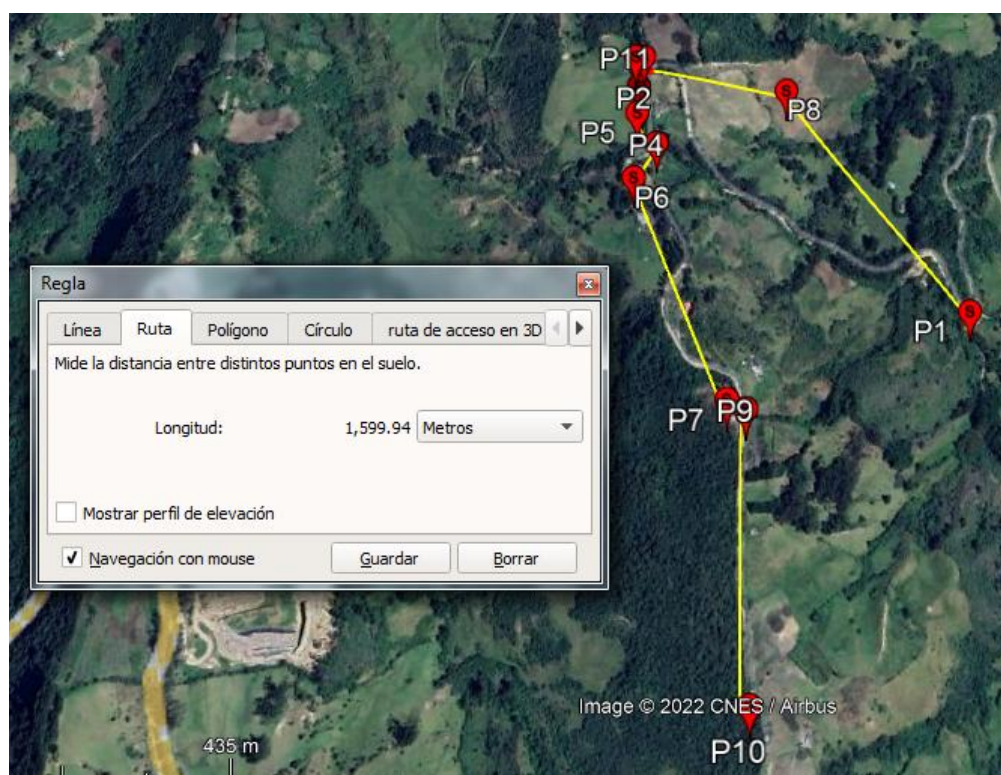
El objetivo principal de este proyecto es brindar una posible solución por medio de la tecnología, al mismo tiempo, mejorar la calidad vida de los habitantes de la Vereda Chichira.

La contaminación ambiental es uno de los contenidos más relevantes en cualquier proyecto de infraestructura, al utilizar energías limpias ayudará a mitigar la contaminación del medio ambiente, reduciendo gases tóxicos de efecto invernadero y demás. Este tipo de proyectos cada vez toma más fuerza a nivel mundial, aunque pueda tener un costo elevado a corto plazo, al final los beneficios son mayores en todos los aspectos.

La idea de la investigación es promover la utilización de energías renovables y el uso de la tecnología para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la Vereda el Chichira, para este caso, de manera teórica se tiene como objetivo diseñar un sistema particular para cada vivienda y de este modo poder abastecer sus necesidades básicas, inclusive la instalación de este diseño reduciría los costos de manera notable.

En la siguiente figura podemos observar la distancia total o recorrido de las viviendas, el cual podemos ver que las distancias entre sí, son cercanas. Como resultado el recorrido total es de 1599 metros aproximadamente.

Figura 15: Recorrido total entre las viviendas.



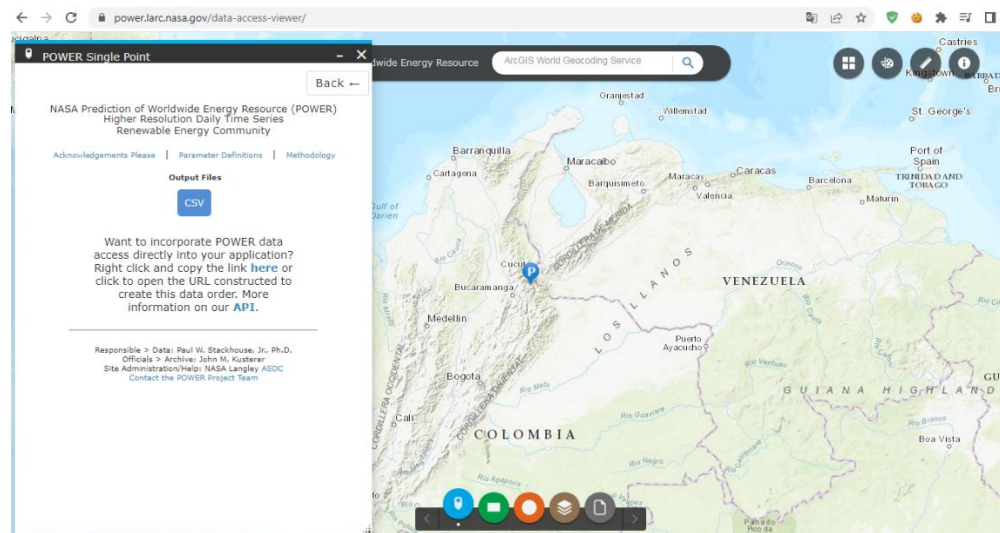
Fuente: Google Earth Pro.

6.3 Radiación solar en la ubicación específica georreferenciada.

Para obtener la irradiancia diaria media mensual se necesita la ubicación de cada una de las viviendas del proyecto, con lo anterior, se podrá obtener el valor medio anual de irradiación global para una superficie horizontal. De acuerdo a los datos obtenidos de latitud y longitud de cada uno de las viviendas a emplear, se denota que la distancia entre las mismas no es muy amplia, por esta razón, los datos que se empleará para una vivienda será suficiente para las demás. (Castejon, 2010)

Por medio de la página web NASA POWER Prediction Of Worldwide Energy Resources, se consulta la media anual, por tal motivo, se escogió el mínimo dato obtenido, para este caso, fue de $3.82 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{dia}$ que se encuentra en el mes de Abril.

Figura 16: Irradiancia media mensual en la ubicación georreferenciada.



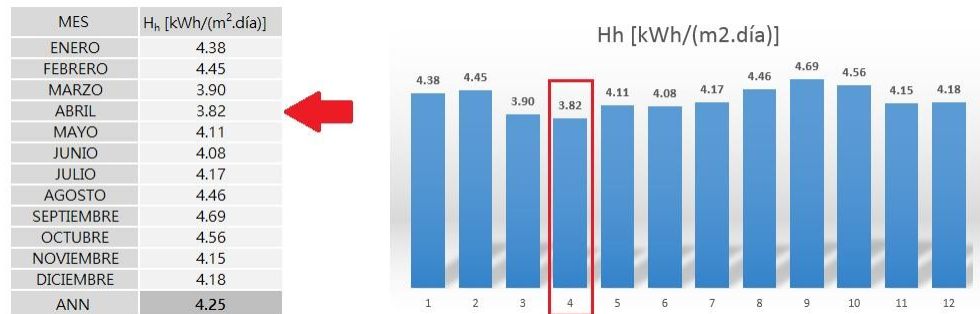
Fuente: NASA POWER Prediction Of Worldwide Energy Resources, [en línea]. 2022. (citado el 25/05/2022). Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Tabla 2: Irradiancia media mensual en la ubicación georreferenciada.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	-BEGIN HEADER-													
2	NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Climatology Climatologies													
3	20-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 2001 - December 2020)													
4	Location: Latitude 7.3733 Longitude -72.6215													
5	Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 1763.34 meters													
6	The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999													
7	Parameter(s):													
8	SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (kW-hr/m ² /day)												
9	SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (kW-hr/m ² /day)												
10	SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (kW-hr/m ² /day)												
11	SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (kW-hr/m ² /day)												
12	SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Vertical Surface (kW-hr/m ² /day)												
13	SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Optimal (kW-hr/m ² /day)												
14	SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)												
15	SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORI	SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)												
16	-END HEADER-													
17	PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
18	SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL	4.38	4.45	3.9	3.82	4.11	4.08	4.17	4.46	4.69	4.56	4.15	4.18	-999
19	SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15	4.58	4.56	3.91	3.78	4.03	3.98	4.06	4.39	4.67	4.63	4.26	4.36	-999
20	SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	4.58	4.56	3.91	3.78	4.03	3.98	4.06	4.39	4.67	4.63	4.26	4.36	-999
21	SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE	4.8	4.61	3.82	3.59	3.75	3.65	3.73	4.1	4.5	4.59	4.34	4.57	-999
22	SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15	2.94	2.4	1.65	1.45	1.59	1.55	1.52	1.59	1.76	2.25	2.52	2.9	-999
23	SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL	4.82	4.62	3.91	3.82	4.11	4.08	4.17	4.46	4.69	4.64	4.34	4.59	-999
24	SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL	28.5	18.5	7	0	0	0	0	0	2	12.5	21	29	-999
25	SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG	S	S	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	-999
26	SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORI													

Fuente: NASA POWER Prediction Of Worldwide Energy Resources, [en línea]. 2022. (citado el 25/05/2022). Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Tabla 3: Selección de la Irradiancia media mensual en la ubicación georreferenciada.



Fuente: Autor

6.4 Consumo eléctrico de las instalaciones.

Para este cuadro de carga (Ver tabla 4), se tomó los electrodomésticos más importantes, en vista de que es una zona rural pues no cuentan con muchos dispositivos, por ende, con los datos obtenidos por medio del censo, solo es necesario un cuadro de carga general para todas las viviendas.

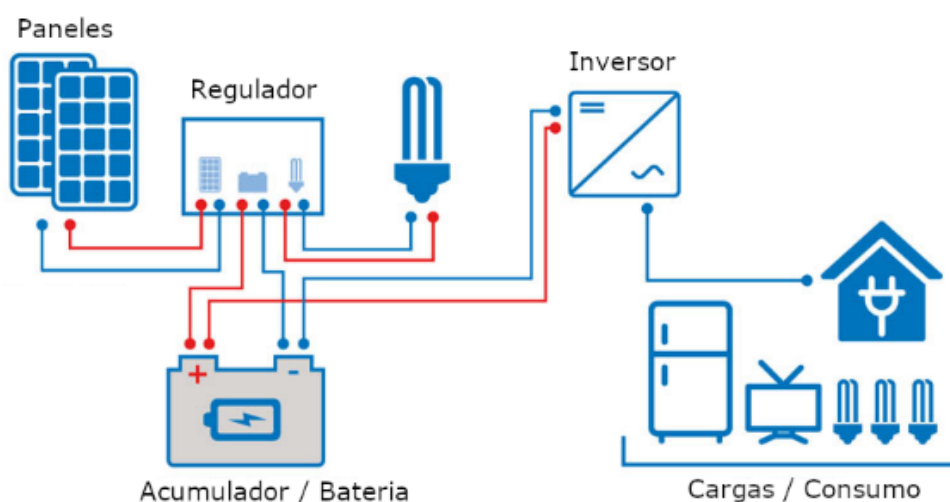
Tabla 4: Cuadro de carga general.

3) CUADRO DE CARGAS GENERAL						
DESCRIPCION	TENSIÓN (V)	POTENCIA (W)	CANTIDAD	USO DIARIO (HORAS)	POTENCIA TOTAL (W)	CONSUMO DIARIO (WH)
Luminaria Led	120	20	10	6	200	1200
Nevera	120	145	1	8	145	1160
Televisor	120	100	1	4	100	400
Decodificador	120	40	1	4	40	160
DVD	120	20	1	2	20	40
Celular Computador Portatil	120	85	1	2	85	170
TOTAL					590	3130

6.5 Elección del tipo de sistema fotovoltaico.

Para esta investigación, se tomó en cuenta la ubicación de las viviendas, dando como consecuencia, el difícil acceso para el transporte de energía, por ende, el tipo de sistema más conveniente es el del sistema aislado o en isla (OFF-GRID). El sistema aislado, es un sistema que cuenta con un conjunto de acumuladores y un inversor, es por ello, que se le llama autónomo y es el más adecuado para la instalación en la Vereda Chichira.

Figura 17: Sistema fotovoltaico aislado (OFF-GRID) autónomo.



Fuente: BACH, Juan Sebastián. Instalación fotovoltaica aislada [en línea]. <https://www.helioesfera.com/instalacion-fotovoltaica-aislada/>. 22/05/2022.

Para la elección del acumulador se tiene en cuenta la demanda máxima de la vivienda, para este caso dio como resultado una potencia de 590 W, por lo tanto, la batería adecuada para un correcto funcionamiento es de 12 Voltios. En la siguiente tabla (Ver tabla 4) se muestra la elección de la batería según la potencia.

Tabla 5: Tensión nominal de acuerdo a la potencia.

POTENCIA	TENSIÓN NOMINAL
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 < P \leq 1.600 \text{ W}$	24 V
$1.600 < P \leq 3.200 \text{ W}$	48 V
$P > 3.200 \text{ W}$	120 O 300 V

Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: Editorial Editex p. 248

6.6 Dimensionado del generador fotovoltaico.

6.6.1 Ángulo óptimo de inclinación.

El ángulo óptimo de inclinación se basa en captar la mayor radiación del sol al panel solar, es decir, que se debe inclinar el panel solar de manera que pueda recibir la luz directa del sol, a lo que le llamamos la irradiancia solar total. Este ángulo óptimo de inclinación se da en función de la latitud de la ubicación específica de cada una de las viviendas, estos datos se obtienen con la siguiente ecuación: (Marín, 2004)

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * \phi \quad (14)$$

ϕ = Latitud de la ubicación.

β_{opt} = Ángulo optimo de inclinación.

Tabla 6: Ángulo óptimo de inclinación para cada usuario.

USUARIO	LATITUD	β_{opt}
1	7.37075	8.7858175
2	7.374433	8.78835877
3	7.374047	8.78809243
4	7.373277	8.78756113
5	7.373698	8.78785162
6	7.372855	8.78726995
7	7.369894	8.78522686
8	7.373896	8.78798824
9	7.369753	8.78512957
10	7.366221	8.78269249
11	7.374444	8.78836636

6.7 Determinación de la irradiación global diaria sobre la superficie del generador.

Para obtener la máxima irradiación solar sobre el panel solar, se utiliza la fórmula (15). Teniendo en cuenta, el ángulo óptimo podemos asegurar la máxima irradiación que recibirá el generador durante la luz directa proyectada por el sol. Cabe señalar que los resultados del ángulo óptimo no tienen mayor variación, entonces, es por esto que emplear esta fórmula solo una vez, con ello, será suficiente para el resto de los usuarios.

$$Gdm(\beta_{opt}) = \frac{Gdm(0)}{1 - 4,46 \cdot 10^{-4} \cdot \beta_{opt} - 1,19 \cdot 10^{-4} \cdot \beta_{opt}^2} \quad (15)$$

$Gdm(0)$ = Irradiación global para una superficie horizontal

$$Gdm(\beta_{opt}) = \frac{3.82 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{dia}}{1 - 4,46 \cdot 10^{-4} \cdot 8.78522686 - 1,19 \cdot 10^{-4} \cdot (8.78522686)^2}$$

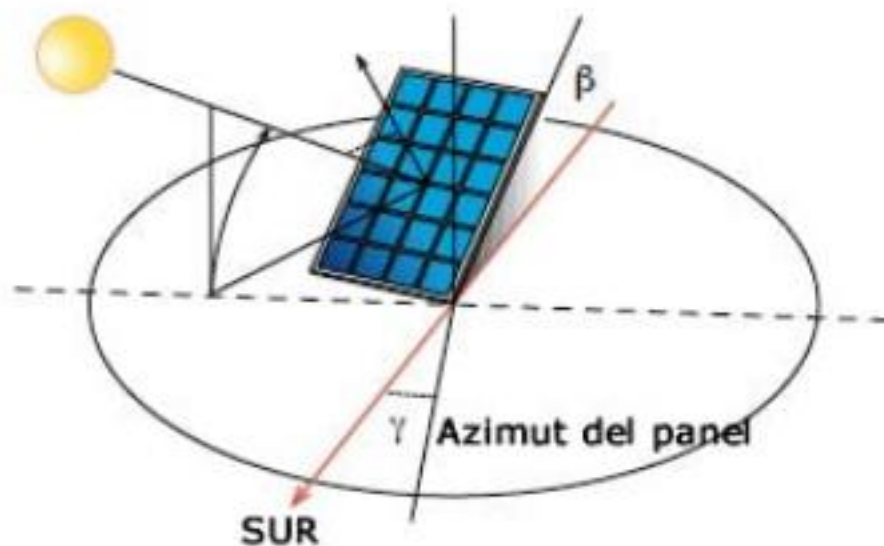
$$Gdm(\beta_{opt}) = 3,8707 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{dia}$$

6.8 Factor de irradiación para la inclinación y orientación de los paneles.

De acuerdo al estudio realizado, la mejor ubicación de los paneles solares será sobre las viviendas, en dirección hacia el sur, tal es el caso, que, por la ubicación, al estar en la zona norte del hemisferio, los paneles solares deben estar en dirección

contraria. En la siguiente imagen (Ver Figura 18) se mostrará la orientación correcta del panel.

Figura 18: Orientación e inclinación de los paneles solares.



Fuente: SUNALICER, [en línea]. 2022. (citado el 25/05/2022). Disponible en: <https://www.sunalizer.es/post/orientacion-paneles-solares>.

Los datos recolectados con las visitas que se hizo a la vereda son de los ángulos de orientación geográfica y ángulo de inclinación que se mostrara en la siguiente tabla (Ver tabla 7).

Tabla 7: Ángulo acimut y ángulo de inclinación.

VIVIENDAS	ÁNGULO ACIMUT (α)	ÁNGULO DE INCLINACIÓN
1	-30	30
2	18	20
3	-40	25
4	-53	24
5	-32	17
6	45	37
7	-75	35
8	50	26
9	16	20
10	28	33
11	19	29

Para emplear el factor de corrección, se debe tener en cuenta los ángulos de inclinación de cada vivienda, de acuerdo, a la orientación optima de los grados de la misma.

Ángulos de inclinación entre $15^\circ < \beta \leq 90^\circ$; utilizar la siguiente expresión:

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-4} * \alpha^2] \quad (16)$$

Ángulos de inclinación menores de $\beta \leq 15^\circ$; utilizar la siguiente expresión:

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2] \quad (17)$$

FI = Factor de irradiación

β = Inclinación real de la superficie ($^\circ$)

α = Acimut de la superficie ($^\circ$)

β_{opt} = Inclinación real de la superficie ($^\circ$)

Teniendo en cuenta los datos obtenidos de la tabla 7, se utilizó la ecuación 16, por la condición de sus ángulos que fueron mayores de 15°.

Tabla 8: Cálculos de los factores de irradiación FI.

VIVIENDAS	α	β	β_{opt}	FI
1	-30	30	8.7858175	0.9145
2	18	20	8.7883588	0.9736
3	-40	25	8.7880924	0.9125
4	-53	24	8.7875611	0.8739
5	-32	17	8.7878516	0.9561
6	45	37	8.78727	0.8336
7	-75	35	8.7852269	0.7207
8	50	26	8.7879882	0.8769
9	16	20	8.7851296	0.9759
10	28	33	8.7826925	0.9022
11	19	29	8.7883664	0.9383

6.9 Factor de sombreado

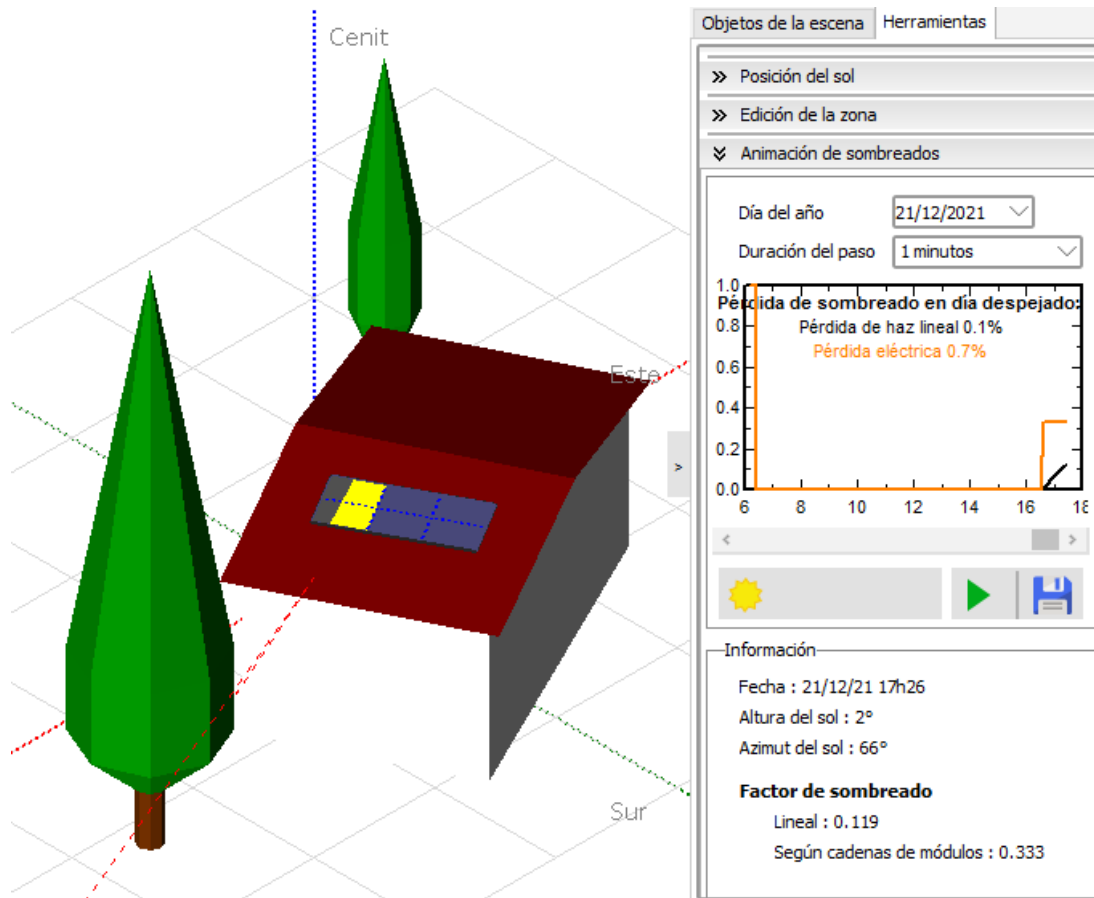
Como el estudio se hizo en una vereda, por lo tanto, es una zona rural donde abunda la vegetación, por ende, existen diversos factores naturales, por ejemplo, los arboles serán el factor más importante para este ítem, por lo anterior, pueda que en algún momento aquellas viviendas sean perjudicadas por el sol directo, esto causará un mal desempeño de los paneles solares, ya que las células de los paneles son sensibles a la ausencia de luz directa en alguna de las mismas. Para tener en cuenta el factor de sombreado, se empleará el software PVSyst para el diseño y simulación al momento de que ocurra este factor durante el día. En la tabla 9 se mostrará las viviendas que tienen arboles muy cerca al tejado, aquellas que estén marcadas se simulara en el software ya mencionado.

Tabla 9: *Viviendas afectadas por sombra.*

VIVIENDAS	INDICADOR DE SOMBRA
1	SI
2	NO
3	NO
4	SI
5	SI
6	SI
7	NO
8	NO
9	NO
10	NO
11	NO

En la figura 19, se observa la simulación de animación de sombreado realizado en PVSyst, para saber los detalles de perdida de factor de sombra de la vivienda 1, el cual presenta dos árboles cerca de la misma.

Figura 19: Factor de sombra para la vivienda 1.



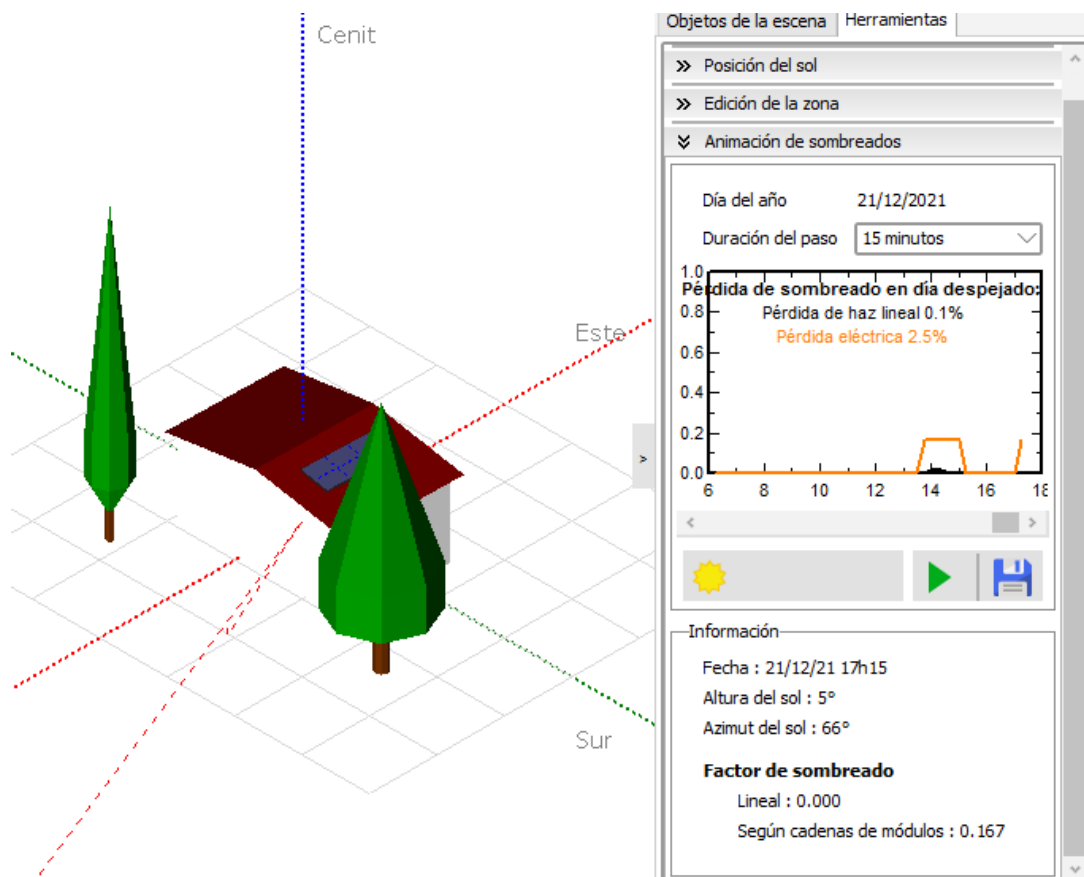
Fuente: Software PVSyst.

Tabla 10: Resultados del factor de sombreado para la vivienda 1.

VIVIENDA	α	β	PÉRDIDA DE HAZ LINEAL (%)	FS
1	30	30	0.1%	0.999

En la figura 20, se observa la simulación de animación de sombreado realizado en PVSyst, para saber los detalles de perdida de factor de sombra de la vivienda 4, el cual presenta dos árboles cerca de la misma.

Figura 20: Factor de sombra para la vivienda 1.



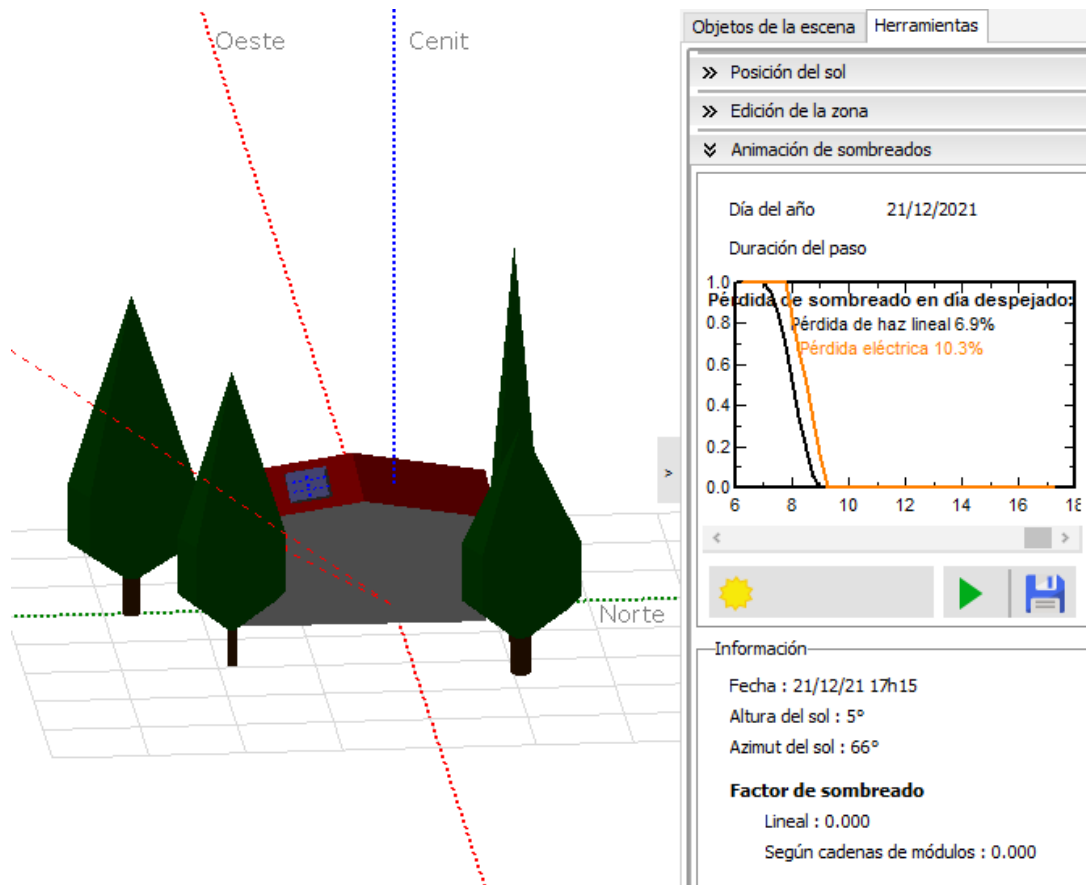
Fuente: Software PVSyst.

Tabla 11: Resultados del factor de sombreado para la vivienda 4.

VIVIENDA	α	β	PÉRDIDA DE HAZ LINEAL (%)	FS
4	-53	24	0.1%	0.999

En la figura 21, se observa la simulación de animación de sombreado realizado en PVSyst, para saber los detalles de perdida de factor de sombra de la vivienda 5, el cual presenta cuatro árboles cerca de la misma.

Figura 21: Factor de sombra para la vivienda 1



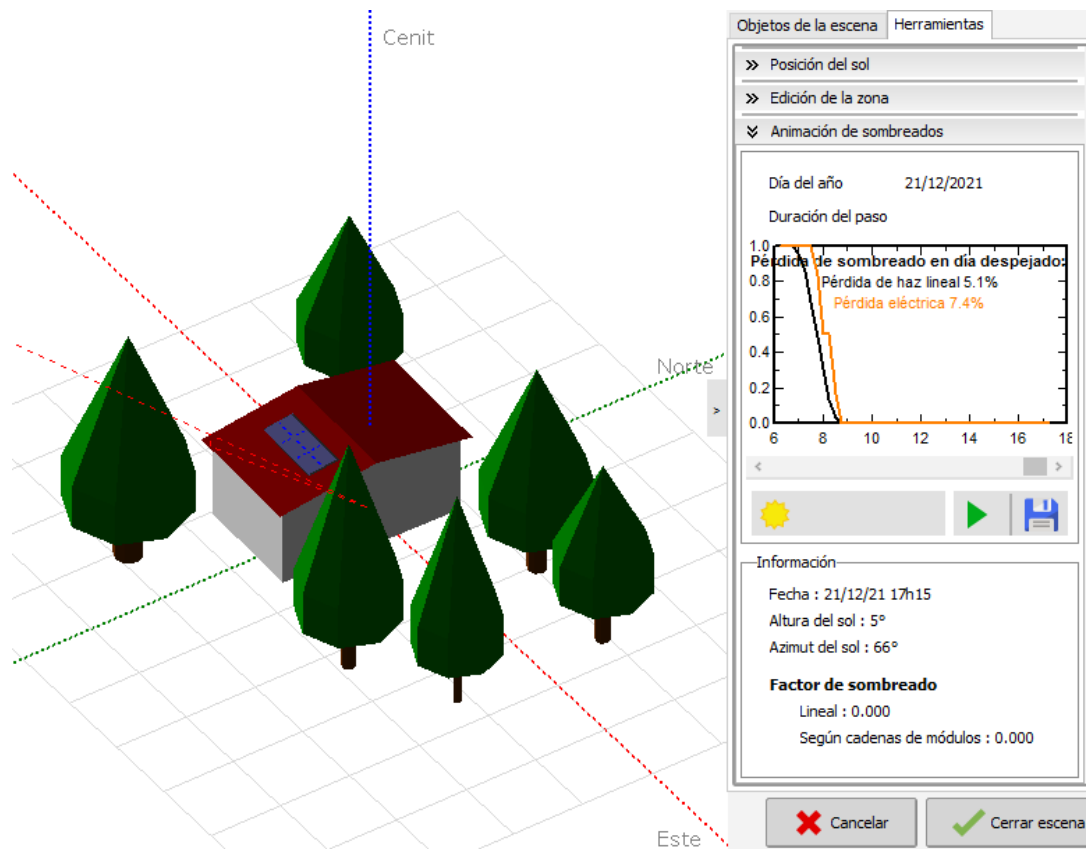
Fuente: Software PVSyst.

Tabla 12: Resultados del factor de sombreado para la vivienda 5

VIVIENDA	α	β	PÉRDIDA DE HAZ LINEAL (%)	FS
5	-32	17	6.9%	0.931

En la figura 22, se observa la simulación de animación de sombreado realizado en PVSyst, para saber los detalles de perdida de factor de sombra de la vivienda 6, el cual presenta seis árboles cerca de la misma.

Figura 22: Factor de sombra para la vivienda 1



Fuente: Software PVSyst.

Tabla 13: Resultados del factor de sombreado para la vivienda 6

VIVIENDA	α	β	PÉRDIDA DE HAZ LINEAL (%)	FS
6	45	37	5.1%	0.949

Tabla 14: Resultados de factor de sombreado para las viviendas.

VIVIENDA	α	β	PÉRDIDA DE HAZ LINEAL (%)	PÉRDIDA ELÉCTRICA (%)	PÉRDIDA DE HAZ LINEAL FS	PÉRDIDA ELÉCTRICA
1	-30	30	0.1%	0.7%	0.999	0.993
2	18	20	0%	0%	1.0	1.0
3	-40	25	0%	0%	1.0	1.0
4	-53	24	0.1%	2.5%	0.999	0.975
5	-32	17	6.9%	10.3%	0.931	0.897
6	45	37	5.1%	10.4%	0.949	0.896
7	-75	35	0%	0%	1.0	1.0
8	50	26	0%	0%	1.0	1.0
9	16	20	0%	0%	1.0	1.0
10	28	33	0%	0%	1.0	1.0
11	19	29	0%	0%	1.0	1.0

6.10 Irradiación diaria sobre la superficie del generador, inclinada un ángulo β y orientada a un ángulo acimut α .

$$Gdm(\alpha, \beta) = Gdm(\beta_{opt}) * FI * FS \quad (18)$$

$Gdm(\beta_{opt})$ = Irradiación obtenida para un plano inclinado un ángulo óptimo

FI = Factor de irradiación para la inclinacion y orientación elegidas

FS = Factor de sombreado

Tabla 15: Resultados de la irradiación para un ángulo de inclinación y orientación seleccionado.

VIVIENDA	$G_{dm}(\beta_{opt})$	FI	FS	$G_{dm}(\alpha, \beta)$
1	3.8707	0.91449502	0.999	3.5362
2	3.8707	0.97357589	1	3.7684
3	3.8707	0.91246089	1	3.5319
4	3.8707	0.8739148	0.999	3.3793
5	3.8707	0.95606727	0.931	3.4453
6	3.8707	0.83361002	0.949	3.0621
7	3.8707	0.72065928	1	2.7895
8	3.8707	0.8769496	1	3.3944
9	3.8707	0.9759472	1	3.7776
10	3.8707	0.90218264	1	3.4921
11	3.8707	0.93834378	1	3.6320

6.11 Determinación de los parámetros eléctricos del generador.

6.11.1 Cálculo de la potencia mínima del generador fotovoltaico.

Para calcular la potencia del generador fotovoltaico se utilizará la siguiente expresión.

$$P_{gmin} = \frac{Wd * G_{cem}}{G_{dm}(\alpha, \beta) * PR} \quad (19)$$

P_{gmin} = Potencia del generador (W)

G_{cem} = Irradiancia en condiciones CEM $\left(\text{Constante } 1000 \frac{W}{m^2} \right)$

Wd = Consumo de energía diaria (Wh)

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ = Valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador inclinada a un ángulo β y orientada a un acimut α (Wh/m^2)

PR = Rendimiento energético de la instalación.

El factor de pérdidas de acuerdo a la tabla 16 es de 0,6 ya que el diseño propuesto está comprendido por el regulador de carga, inversor y el acumulador.

Tabla 16: Recomendación típica para los valores de PR .

FACTOR DE PERDIDAS	VALOR
Sistema con inversor	0.7
sistema con batería y regulador de carga	0.7
Sistema con batería, regulador de carga e inversor	0.6

Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid Editorial Editex p.24

Teniendo en cuenta los resultados de $G_{dm}(\alpha, \beta)$ podremos calcular la potencia mínima del generador, el resto de parámetros serán constantes.

$$P_{gmin} = \frac{(3130Wh) * 1000W/m^2}{G_{dm}(\alpha, \beta) * 0.6} \quad (20)$$

Tabla 17: Resultados de la potencia mínima del generador FV.

VIVIENDA	$G_{dm}(\alpha, \beta)$	P_{gmin}
1	3536.2	1475.22
2	3768.4	1384.31
3	3531.9	1477.03
4	3379.3	1543.72
5	3445.3	1514.14
6	3062.1	1703.63
7	2789.5	1870.14
8	3394.4	1536.84
9	3777.6	1380.95
10	3492.1	1493.86
11	3632.0	1436.29

6.12 Selección del panel solar.

“Este panel solar es respetable para infraestructuras de gran tamaño, sin embargo, para su limitado tamaño, ofrece una gran atracción energética. Es un panel solar de 200 W a 12 V Policristalino ERA EcoGreen de gran eficiencia alcanzando a generar una corriente máxima de 11,13 A”. (AUTOSOLAR, 2022)

Figura 23: Especificaciones del panel solar selecto.

Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Células	72 piezas policristalinas (104 x 156 mm)
Potencia máxima (Wp)	200W
Cable	90cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vmp)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.08558%
Coefficiente temperatura – Voc	-0.29506%
Coefficiente temperatura – Pmp	-0.38001%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV/IEC 61215, IEC 61730, CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años

Fuente: AUTOSOLAR, EcoGreen. [en línea]. Disponible en <https://autosolar.co/paneles-solares-12v/panel-solar-200w-12v-policristalino>

“Para el segundo panel solar de 250W a 12V Policristalino ERA a pesar que ocupa poco espacio, este panel llega a ofrecer una máxima potencia, contiene células policristalinas PERC de excelente rendimiento. En la figura 24 veremos sus especificaciones”. (AUTOSOLAR, 2021)

Figura 24: Especificaciones del panel solar selecto.

Especificaciones		Descripción				
Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar	Tip	260W	255W	250W	245W	240W
	Potencia max (Pmax)	260	255	250	245	240
	Voltage max de alimentación (Vmp)	30.43	30.41	30.39	30.25	30.18
	Corriente max de alimentación (Imp)	8.54	8.28	8.23	8.1	7.96
	Voltage de apertura del circuito (Voc)	37.12	37.1	36.97	36.8	36.72
	Tensión de cortocircuito (Isc)	9.65	9.34	9.29	9.15	8.99
	Eficiencia (%)	18.34	17.98	17.6	17.2	17
	Eficiencia de modulación (%)	15.98	15.67	15.37	15.06	14.75
	Voltage max del sistema	DC 1000V				
	Clasificación máxima de los cables	15A				

Fuente: Mercado libre Colombia. [en línea]. Disponible en https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-555566713-panel-solar-250w-60-celdas-policristalino_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=1b9af315-5e1f-402d-bf07-2bdb6dfae2f3Selección de los paneles solares.

Con respecto a la cantidad de paneles solares que se van a emplear, se necesita ejecutar la siguiente ecuación.

$$N_{\text{paneles}} = \frac{P_{gmin}}{P_{\text{panel}}} \quad (21)$$

N_{paneles} = Cantidad de paneles

P_{gmin} = Potencia mínima del generador (W)

P_{panel} = potencia del panel (W)

En la siguiente tabla (Ver tabla 18) veremos los resultados de la cantidad de paneles que se van a emplear por vivienda.

Tabla 18: Cantidad de paneles para cada vivienda.

VIVIENDA	P_{gmin}	P_{panel} (W)	N_{paneles}	$\approx N_{\text{paneles}}$	P_{generada}
1	1475.22	200	7.38	8	1600
2	1384.31	250	5.54	6	1500
3	1477.03	200	7.39	8	1600
4	1543.72	200	7.72	8	1600
5	1514.14	200	7.57	8	1600
6	1703.63	250	6.81	8	2000
7	1870.14	250	7.48	8	2000
8	1536.84	200	7.68	8	1600
9	1380.95	250	5.52	6	1500
10	1493.86	200	7.47	8	1600
11	1436.29	200	7.18	8	1600

Para cumplir con la potencia general de los paneles se debe dirigir a la ecuación 22, de este modo no estará por encima del 20% de la potencia de generación mínima, de tal manera, que no va a sobredimensionar el generador fotovoltaico.

$$P_{gmin} \leq P_{generada} \leq 1.2 * P_{gmin} \quad (22)$$

Tabla 19: Resultados de la condición para un buen desempeño.

VIVIENDA	$P_{gmin} \leq P_{generada} \leq 1,2 * P_{gmin}$			
1	1475	≤	1600	≤ 1770
2	1384	≤	1500	≤ 1661
3	1477	≤	1600	≤ 1772
4	1544	≤	1600	≤ 1852
5	1514	≤	1600	≤ 1817
6	1704	≤	2000	≤ 2044
7	1870	≤	2000	≤ 2244
8	1537	≤	1600	≤ 1844
9	1381	≤	1500	≤ 1657
10	1494	≤	1600	≤ 1793
11	1436	≤	1600	≤ 1724

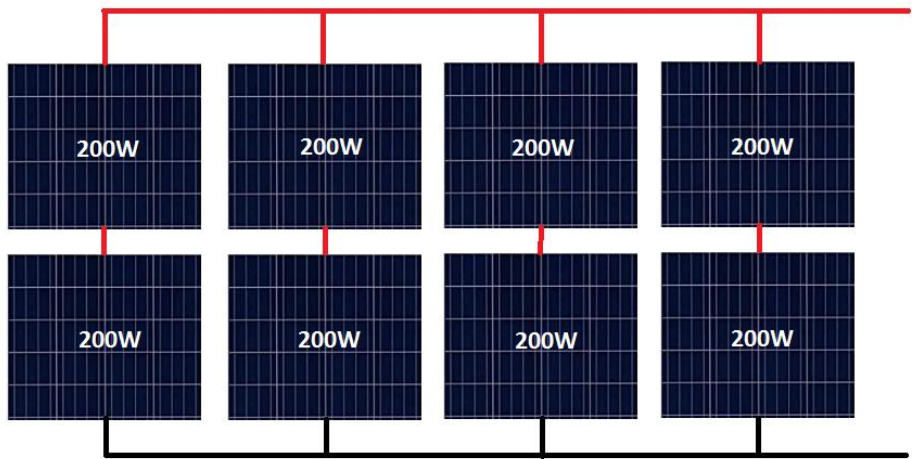
En base a la cantidad de paneles solares y números de paneles solares se deberá hacer varios arreglos, del cual, constituye de 3 arreglos. Para el primer arreglo consta de 8 paneles solares de 200W, para el segundo arreglo, consta de 6 paneles solares de 250W, por último, para el tercer arreglo, consta de 8 paneles solares de 250W. En la siguiente tabla 20 se pauta los arreglos indicados para cada vivienda.

Tabla 20: Arreglos para cada vivienda.

VIVIENDA	P_{gmin}	P_{panel} (W)	$N_{paneles}$	$\approx N_{paneles}$	$P_{generada}$	ARREGLOS
1	1475	200	7.38	8	1600	1
2	1384	250	5.54	6	1500	2
3	1477	200	7.39	8	1600	1
4	1544	200	7.72	8	1600	1
5	1514	200	7.57	8	1600	1
6	1704	250	6.81	8	2000	3
7	1870	250	7.48	8	2000	3
8	1537	200	7.68	8	1600	1
9	1381	250	5.52	6	1500	2
10	1494	200	7.47	8	1600	1
11	1436	200	7.18	8	1600	1

En la figura 25 se verá las configuraciones de los 3 arreglos seleccionados para cada vivienda.

Figura 25: Tipos de arreglos.



ARREGLO 1



ARREGLO 2



ARREGLO 3

Fuente: Autor

Tabla 21: Especificación de los arreglos diseñados.

ARREGLO	Ppanel (W)	Npaneles	Nparalelo	Nserie
1	200	8	4	2
2	250	6	3	2
3	250	8	4	2

Por consiguiente, se debe calcular la potencia máxima del generador de acuerdo a las características del mismo, para esto se debe efectuar la siguiente ecuación:

$$Pgmax = Pmax * Np * Ns \quad (23)$$

$Pgmax$ = Potencia máxima del generador (W)

$Pmax$ = Potencia máxima del modulo

Np = Cantidad de ramas conectados en paralelo

Ns = Cantidad de ramas conectados en serie

Tabla 22: Potencia máxima del generador con respecto al arreglo.

ARREGLO	Pmax	Np	Ns	Pgmax
1	200	4	2	1600
2	250	3	2	1500
3	250	4	2	2000

Ecuación: Tensión del circuito abierto del generador.

$$Vgoc = Ns * Voc \quad (24)$$

V_{goc} = Voltaje de circuito abierto del generador

V_{oc} = Voltaje de circuito abierto del panel solar

Tabla 23: Resultados del voltaje de circuito abierto del generador.

ARREGLO	Ns	Voc	Vgoc
1	2	22.7	45.4
2	2	36.97	73.94
3	2	36.97	73.94

Voltaje máximo del generador.

$$V_{gmp} = N_s * V_{mp} \quad (25)$$

V_{gmp} = Voltaje máximo del generador

V_{mp} = Voltaje máximo del módulo

Tabla 24: Resultado del voltaje máximo del generador.

ARREGLO	Ns	Vmp	Vgmp
1	2	18.2	36.4
2	2	30.39	60.78
3	2	30.39	60.78

Intensidad de cortocircuito del generador.

$$I_{gsc} = N_p * I_{sc} \quad (26)$$

I_{gsc} = Corriente de cortocircuito del generador (A)

I_{sc} = Corriente de cortocircuito del módulo (A)

Tabla 25: Resultados de la corriente de cortocircuito del generador.

ARREGLO	Np	Isc	Igsc
1	4	11.86	47.44
2	3	9.29	27.87
3	4	9.29	37.16

Corriente máxima del generador.

$$I_{gmp} = N_p * I_{mp} \quad (27)$$

I_{gmp} = Corriente máxima del generador (A)

I_{mp} = Corriente máxima del modulo (A)

Tabla 26: Resultados de la corriente máxima de cada generador.

ARREGLO	Np	Imp	Igmp
1	4	11	44
2	3	8.23	24.69
3	4	8.23	32.92

6.13 Dimensionado para el sistema de acumulación.

De acuerdo al cuadro de cargas, se extrae la información, para este caso el dimensionado de acumulación solo se hará una vez, por el motivo de que solo se hizo un cuadro de cargas general.

Ecuación del consumo medio diario:

$$Q_d = \frac{W_d}{V_n} \quad (28)$$

V_n = Voltaje nominal del sistema acumulador

Q_d = Consumo medio diario (Ah/día)

$Wd = \text{Energía media diaria (Wh/día)}$

El resultado de la energía media diaria fue de 3130 (Wh/día) y el voltaje nominal es de 12V, reemplazando los datos en la fórmula obtenemos el siguiente resultado.

$$Qd = \frac{3130 \text{ (Wh/día)}}{12V} = 260,83 \text{ (Ah/día)}$$

Capacidad total del sistema de acumulación:

$$Cn = \frac{Qd * A}{PDmax * Ninv * Nrb} \quad (29)$$

$Cn = \text{Capacidad de la batería de acumuladores para descargar en 20 horas (Ah)}$

$Qd = \text{Consumo medio diario (Ah/día)}$

$A = \text{Días de autonomía del sistema (día)}$

$PDmax = \text{Profundidad de descarga máxima. En tanto por uno}$

$Ninv = \text{Rendimiento del inversor. En tanto por uno}$

$Nrb = \text{Rendimiento del conjunto batería y regulador de carga. En tanto por uno}$

La zona que se tomó para la investigación, es una buena ubicación geográfica ya que cuenta con una alta insolación, por ende, la ser una instalación residencial, se define el número de días de autonomía como 1. Los valores de rendimiento se toman como 0,85 y la profundidad de descarga máxima como 0,7.

$$Cn = \frac{260,83 \text{ (Ah/día)} * 1 \text{ (día)}}{0,7 * 0,85 * 0,85} = 515,7 \text{ Ah} \approx 520 \text{ Ah}$$

El acumulador seleccionado es la batería Trojan 12 V con capacidad de reserva de 520 Ah, de acuerdo al resultado anterior podemos ver que está por encima de la capacidad calculada.

En la figura 25 podemos notar las características que nos brinda la batería de Trojan, las especificaciones son importantes para saber la correcta autonomía que puede brindar el sistema de acuerdo a los cálculos.

También en la hoja de datos nos muestra una tabla de la capacidad tanto físicas como eléctricas de la batería. Tal cual expresada en horas y mostrando las instrucciones de carga.

Figura 25: Especificaciones de la Batería Trojan 12V 520 Ah.

12V

PRODUCT + PHYSICAL SPECIFICATIONS														
BCI Group Size	Type	Voltage	Cell(s)	Terminal Type ^a	Dimensions ^b Inches (mm)			Weight Lbs. (kg)						
N/A	DC-500ML	12	6	5,8	Length	Width	Height ^c	332 (151)						
					19.25 (489)	10.62 (270)	16.73 (425)							
ELECTRICAL SPECIFICATIONS														
Cranking Performance		Capacity * Minutes		Capacity * Amp-Hours (AH)							Energy (kWh)	Internal Resistance	Short Circuit Current	
C.C.A. ^a @ 0°F (-18°C)	C.A. ^a @ 32°F (0°C)	@ 25 Amps	@ 75 Amps	2-Hr	5-Hr	10-Hr	20-Hr	48-Hr	72-Hr	100-Hr	100-Hr	(mΩ)	(amps)	
—	—	1050	272		361	410	450			500	6.00		—	
CHARGING INSTRUCTIONS														
Charger Voltage Settings (at 77°F/25°C)														
System Voltage				6V	12V	24V	36V	48V						
Bulk Charge				7.40	14.8	29.6	44.4	59.2						
Float Charge				6.60	13.2	26.4	39.6	52.8						
Equalize Charge				7.75	15.5	31.0	46.5	62.0						
Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.														

Fuente: Nation Wide Battery. [En línea]. Disponible en:

<https://www.nationwide-battery.com/trojan/dc500ml.php>

La siguiente ecuación, es para proteger al sistema de una acumulación exagerada para el generador fotovoltaico, por consiguiente, no tendrá la capacidad de suministrar la carga por completo.

$$Cn < 25 * Igsc \quad (30)$$

Para calcular esta condición, en la siguiente tabla se muestra los resultados de los valores obtenidos que deben estar por debajo de 25 veces la corriente de cortocircuito del sistema FP.

Tabla 27: Condición de sobredimensionado.

ARREGLO	Igsc	Cn (Ah)	< 25*Igsc
1	47.44	520	1186
2	27.87	520	696.75
3	37.16	520	929

Como el arreglo de paneles está diseñado para 12V, se deberá poner las baterías en serie para conseguir el voltaje final, en este caso las baterías son de 12V. Con la siguiente ecuación sabremos cuantas baterías en serie se deberá poner.

$$Nbs = \frac{Vn}{Vb} \quad (31)$$

Vb = Voltaje de la batería.

Nbs = Cantidad de baterías en serie

$$Nbs = \frac{12V}{12V} = 1$$

6.14 Dimensionado del regulador de carga.

6.14.1 Determinación de los parámetros eléctricos del regulador de carga.

Tensión nominal del regulador de carga:

Para obtener una correcta determinación del voltaje del regulador de carga, debe coincidir con la tensión nominal del sistema de acumulación. Para este caso fue de 12V.

$$V_{nr} = V_n \quad (31)$$

V_{nr} = Voltaje nominal del sistema de acumulación (V)

V_n = Voltaje nominal del regulador de carga (V)

Tabla 28: Voltaje nominal del regulador de carga.

ARREGLO	V_{nr} (V)
1	12
2	12
3	12

Intensidad nominal del regulador de carga.

Para poder calcular la intensidad nominal del regulador de carga, debe ser la corriente de cortocircuito de cada arreglo de paneles, además debe multiplicarse por un factor de 1.25 para asegurar su sobredimensionado.

$$I_r = 1,25 * I_{gsc} \quad (32)$$

I_{gsc} = Corriente de cortocircuito del generador (A)

I_r = Corriente nominal del regulador (A)

Tabla 29: Corriente nominal del regulador de carga.

AREEGLO	I_{gsc} (A)	I_r (A)
1	47.44	59.3
2	27.87	34.84
3	37.16	46.45

Voltaje máximo de entrada del regulador de carga.

$$V_{maxr} = V_{goc} \quad (33)$$

V_{maxr} = Voltaje máximo de entrada del regulador de carga

V_{goc} = Voltaje del circuito abierto del generador

Tabla 30: Voltaje máximo de entrada del regulador de carga.

ARREGLO	V_{goc} (V)	V_{maxr} (V)
1	45.4	45.4
2	73.94	73.94
3	73.94	73.94

6.14.2 Selección del regulador de carga.

Para seleccionar el regulador de carga debe cumplir con los valores nominales, de acuerdo a los arreglos dimensionados de los paneles fotovoltaicos.

Tabla 31: Características nominales del regulador de carga.

ARREGLO	Vnr (V)	Ir (A)	Vmaxr (V)
1	12	59.3	45.4
2	12	34.84	73.94
3	12	46.45	73.94

El controlador de carga seleccionado es de 60 A PWM 12V Must Solar, Modelo PC1500B-60DU. Este controlador solar tiene una interfaz sencilla y visual por medio de su pantalla LCD para poder visualizar la carga y descarga inteligente del sistema.

Tabla 32: Características del regulador de carga.

Modelo		PC1500B-10-20		PC1500B-30-40		PC1500B-50-60		PC1500B-6048D			
Entrada	Voltaje FV	≤50V								≤100V	
	Intensidad nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A	50A	60A		
Salida	Voltaje sistema	12/24V Auto						48V			
	Desconexión por alto voltaje	16.00V x 1/ x 2/ x 3/ x 4 (0.5V)									
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A	50A	60A		
	Autoconsumo	≤13mA						≤25mA			
	Caída de tensión circuito carga	≤0.24V						≤0.25V			
	Caída de tensión circuito descarga	≤0.10V						≤0.10V			
	Modo de carga	PWM 4-etapas carga, absorción, flotación, equalización									
	Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V~15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4									
	Voltaje Carga Absorción	2 horas duración	14.4V (13V~15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4								
	Voltaje Carga Equalización		14.6V (13V~15.5V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4								
	Protección Bajo Voltaje	10.7V (10V~14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4									
	Reconexión Bajo Voltaje	12.6V (10V~14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4									
	Salida USB	5V, 1A x2					No tiene				
Características físicas	Sección cableado	≤8mm²		≤16mm²		≤16mm²		≤16mm²			
	Temperatura trabajo	-20°C~55°C									
	Tamaño (L x W x H)	188 x 95 x 46.5mm				196 x 111 x 54mm					
	Peso neto	355g				407g					

Fuente: AUTOSOLAR. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.co/controladores-de-carga-pwm/controlador-carga-60a-pwm-12v-must-solar>

6.15 Dimensionado del inversor.

Determinación de los parámetros del inversor.

Para lograr un buen funcionamiento del inversor, el voltaje nominal debe coincidir con el voltaje del sistema de baterías.

Voltaje nominal del inversor.

$$V_i = V_n \quad (34)$$

V_i = Voltaje nominal del inversor (V)

V_n = Voltaje nominal del sistema de baterías (V)

De acuerdo al diseño el voltaje nominal del inversor es de 12V, por la razón, del sistema de baterías que se diseñó para el proyecto.

$$V_i = 12 \text{ V}$$

Potencia nominal del inversor.

La potencia total calculada en el cuadro de cargas, es la potencia nominal del inversor.

$$P_{ninv} = P_{pico} \quad (35)$$

P_{pico} = Potencia pico (W)

P_{ninv} = Potencia nominal del inversor (W)

$P_{ninv} = 590 \text{ W}$

La potencia máxima del inversor para un tiempo aproximado de 0.5 segundos se debe multiplicar por el factor de 1.5.

$$P_{maxinv} = 1,5 * P_{ninv} \quad (36)$$

P_{maxinv} = Potencia máxima del inversor (W)

$$P_{maxinv} = 1,5 * 590 \text{ W}$$

$$P_{maxinv} = 885 \text{ W}$$

6.15.1 Selección del inversor

El inversor debe tener unos requisitos mínimos para su buen funcionamiento, el cual en la siguiente tabla se mostrará los mismos para seleccionar el inversor adecuado.

Tabla 33: Requisitos mínimos del inversor.

PARÁMETROS	VALORES
Voltaje nominal de entrada (V)	12 V
Potencia nominal (W)	590 W
Potencia Maxima (W)	885 W
Tension de salida (V)	120 V
Frecuencia (Hz)	60 Hz
THD (%)	< 5%

Tabla 34: Características del inversor.

Product detail parameters

	MODEL	BEP150S	BEP300A	BEP500SA	BEP600S	BEP800S
Output	Rated Power	150W	300W	500W	600W	800W
	Peak Power	300W	600W	1000W	1200W	1600W
	Frequency					
	WaveForm					
Input	Battery Voltage	12V / 24V (Optional)	12V / 24V / 48V(Optional)			
	Voltage Range	10-15V(12V) / 20-30V(24V) / 40-60V(48V)				
	No load Current	0.6A(12V) 0.3A(24V)	0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V)	0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V)	0.6A(12V) 0.3A(24V)	0.8A(12V) 0.6A(24V) 0.3A(48V)
	Efficiency	≥90%				
	Low Voltage Alarm	11(12V) / 21V(24V) / 42V(48V)				
Battery input protection	Battery low voltage protection	10V±0.5V(12V) / 20V±0.5V21V(24V) / 40V±0.5V(48V)				
	Battery high voltage protection	15V±0.5V(12V) / 30V±0.5V21V(24V) / 60V±0.5V(48V)				
	Battery reverse polarity protection	NO	YES	YES	YES	NO

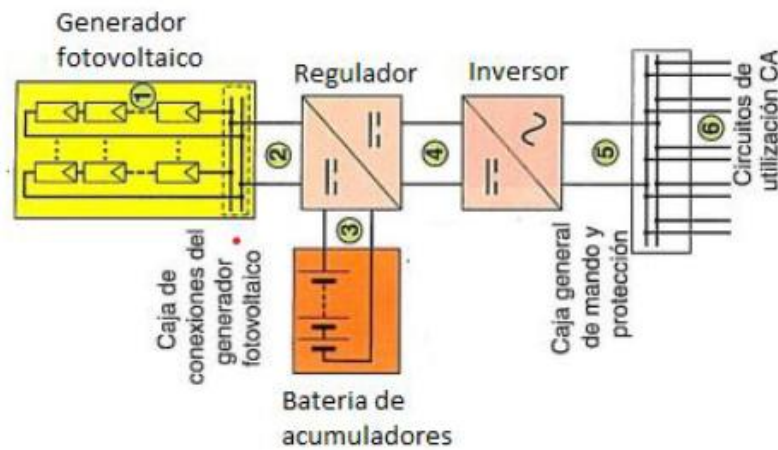
Fuente: AUTOSOLAR. [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.co/inversores-solares-12v/inversor-quattro-12v-3000va-35-50-120v-vebus-victron-energy>

El inversor seleccionado es el Belttt 12 V 120V Onda pura 800 W, es un inversor potente y compacto, además dispone de varias funciones múltiples de características avanzadas.

6.16 Dimensionado de los conductores del sistema fotovoltaico.

En la figura 26, se muestra los tramos con sus longitudes respectivas, con ello, se puede dimensionar los parámetros de los conductores del sistema fotovoltaico.

Figura 26: Longitudes del sistema fotovoltaico.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

Tabla 35: Máximas longitudes para cada tramo.

TRAMO	LONGIUD (m)
1	1
2	5
3	2
4	1
5	2

Ecuación de caída de voltaje.

$$S = \frac{200 * L * I}{\Delta U \% * Vn * Y} \quad (37)$$

$\Delta U \% =$ Caída de voltaje permitida (%)

$L =$ Longitud del conductor (m)

$S =$ Sección transversal del conductor (mm^2)

$Y =$ Conductividad del conductor.

$I =$ Corriente máxima que atraviesa el conductor.

$Vn =$ Voltaje del sistema.

Para calcular la distancia total, bastara con sumar las longitudes 1, 2, 4 y 5 de forma respectiva.

La longitud total será:

$$Lt = L1 + L2 + L4 + L5 \quad (38)$$

$$Lt = 1 + 5 + 1 + 2$$

$$Lt = 9 \text{ m}$$

La caída de voltaje por unidad de longitud es:

$$\Delta Vu = \frac{\Delta U \%}{Lt} \quad (39)$$

$$\Delta Vu = \frac{1.5}{9m}$$

$$\Delta Vu = 0.16 \frac{\%}{m}$$

La distribución para las caídas de tensión es:

$$\Delta V \% n = \Delta Vu * L \quad (40)$$

Tabla 36: Distribución para las caídas de voltaje.

TRAMO	ΔV_u (%/m)	L	$\Delta V\%n$
1	0.16	1	0.16
2	0.16	5	0.8
3	0.16	3	0.48
4	0.16	1	0.16
5	0.16	2	0.32

Parámetros por calentamiento.

Para poder calcular los parámetros de temperatura, se debe tener en cuenta la tabla 37, que nos muestra los factores de corrección, Norma Técnica Colombiana NTC2050.

Tabla 37: Factor de corrección para conductores de sistemas FV

Temperatura ambiente °C	Temperatura nominal de los conductores			
	60 °C	75 °C	90 °C	105 °C
30	1,00	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96	0,97
36-40	0,82	0,88	0,91	0,93
41-45	0,71	0,82	0,87	0,89
46-50	0,58	0,75	0,82	0,86
51-55	0,41	0,67	0,76	0,82
56-60	—	0,58	0,71	0,77
61-70	—	0,33	0,58	0,68
71-80	—	-	0,41	0,58

Fuente: Norma Técnica Colombiana (NTC2050). [en línea]. 2022 (citado el 24/05/2022). Disponible en: https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/NTC%20%202050.pdf

6.17 Cálculo del cableado en corriente continua.

Para los tramos de corriente continua, se eligió el conductor fotovoltaico H1Z2Z2-K 1 KV en AC (1,5 V en DC) 90° C HF FR. El cual cumple con los requisitos mínimos para la instalación del sistema fotovoltaico dimensionado.

Tabla 38: Características del conductor fotovoltaico H1Z2Z2-K 1.

Conductor		Aislamiento		Cubierta		Peso Total Aproximado kg/km	Ampacidad ⁽¹⁾		
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20 °C	Espesor Nominal	Diámetro Aproximado	Espesor Nominal	Diámetro Aproximado		Un Cable al Aire	Un Cable Sobre una Superficie	Dos Cables en Contacto Sobre Superficie
mm²	Ω/km	mm	mm	mm	mm		A		
1.5	13.2980	0.70	3.05	0.80	4.74	31	30	29	24
2.5	7.9693	0.70	3.53	0.80	5.21	42	41	39	33
4	4.9408	0.70	4.08	0.80	5.76	58	55	52	44
6	3.2905	0.70	4.55	0.80	6.34	78	70	67	57
10	1.8928	0.70	5.55	0.80	7.33	120	99	93	79
16	1.2036	0.70	6.54	0.90	8.44	183	132	125	107
25	0.7717	0.90	8.21	1.00	10.31	290	195	167	142
35	0.5484	0.90	9.38	1.10	11.65	390	218	207	176
50	0.3815	1.00	11.08	1.20	13.58	537	276	262	221
70	0.2689	1.10	13.05	1.20	15.55	752	347	330	278
95	0.2038	1.10	15.24	1.30	17.94	980	416	395	333
120	0.1592	1.20	17.26	1.30	19.96	1254	488	464	390
150	0.1281	1.40	19.31	1.40	22.23	1549	566	538	453
185	0.1048	1.60	21.40	1.60	24.72	1893	644	612	515
240	0.0793	1.70	27.77	1.70	31.31	2593	775	736	620

Fuente: CENTELSA. [en línea].2022 (citado el 24/05/2022). Disponible en: https://centelsa.com/productos_centelsa/productos_colombia/CABLES_PARA_CONSTRUCCION/CABLES_PARA_CONSTRUCCION_CABLE_FOTOVOLTAICO_H1Z272_K.pdf

6.17.1 Para el tramo 1: Conexión de los módulos en serie a la caja de conexiones del generador fotovoltaico.

Para este tramo se recurre a la corriente de cortocircuito de un módulo fotovoltaico en circunstancias CEM como producto de un factor de 1,25.

Tabla 39: Intensidad de cortocircuito de cada módulo.

ARREGLO	L	Isc	1,25*Isc
1	1	11.86	14.83
2	1	9.29	11.61
3	1	9.29	11.61

Para el arreglo 1:

$$S = \frac{200 * 1m * 14,83A}{0,16 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 34,32 mm^2$$

Para el arreglo 2 y 3:

$$S = \frac{200 * 1m * 11,61A}{0,16 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 26,875 mm^2$$

Para generalizar la sección más cercana para los tres arreglos es de $10mm^2$.

Para aplicar la corrección de temperatura de 50 grados, se debe calcular la nueva corriente, el cual está dado por un factor de 0,89 a 50 grados.

Para el arreglo 1:

$$I1 = \frac{14,83A}{0,89}$$

$$I1 = 16,66 A$$

Para el arreglo 2 y 3:

$$I1 = \frac{11,61A}{0,89}$$

$$I1 = 13,04 A$$

Observando la tabla 38 del conductor, para un cable de $10 mm^2$ la corriente soportará 98 A, así que no habrá problemas para ser instalada en los 3 arreglos.

6.17.2 Para el tramo 2: conexión de la caja de conexión del generador al regulador de carga.

Para este tramo se utilizará las mismas condiciones del tramo 1.

Tabla 40: Intensidad de cortocircuito de cada generador sobredimensionado.

ARREGLO	L	I _{gsc}	1,25*I _{gsc}
1	5	47.44	59.30
2	5	27.87	34.84
3	5	37.16	46.45

Para el arreglo 1:

$$S = \frac{200 * 5m * 59,30A}{0,8 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 137,26 \text{ mm}^2$$

Para el arreglo 2:

$$S = \frac{200 * 5m * 34,84A}{0,8 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 80,64 \text{ mm}^2$$

Para el arreglo 3

$$S = \frac{200 * 5m * 46,45A}{0,8 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 107,52 \text{ mm}^2$$

Para aplicar la corrección de temperatura de 50 grados, se debe calcular la nueva corriente, el cual está dado por un factor de 0,89 a 50 grados.

Para el arreglo 1

$$I1 = \frac{59,30A}{0,89}$$

$$I1 = 66,62 A$$

Para el arreglo 2

$$I1 = \frac{34,84A}{0,89}$$

$$I1 = 39,14 A$$

Para el arreglo 3

$$I1 = \frac{46,45A}{0,89}$$

$$I1 = 52,19 A$$

Observando la tabla 38 del conductor, para un cable de 35 mm^2 la corriente soportará 218 A, así que no habrá problemas para ser instalada en los 3 arreglos.

6.17.3 Para el tramo 3: Conexión del regulador de carga con el acumulador.

Para este tramo se utilizará las mismas condiciones del tramo 1.

Tabla 41: Intensidad de cortocircuito de cada generador sobre dimensionado.

ARREGLO	L	I _{gsc}	1,25*I _{gsc}
1	3	47.44	59.30
2	3	27.87	34.84
3	3	37.16	46.45

Para el arreglo 1:

$$S = \frac{200 * 3m * 59,30A}{0,48 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 137,26 \text{ mm}^2$$

Para el arreglo 2:

$$S = \frac{200 * 3m * 34,84A}{0,48 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 80,64 \text{ mm}^2$$

Para el arreglo 3

$$S = \frac{200 * 3m * 46,45A}{0,48 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 107,52 \text{ mm}^2$$

Para aplicar la corrección de temperatura de 50 grados, se debe calcular la nueva corriente, el cual está dado por un factor de 0,89 a 50 grados.

Para el arreglo 1

$$I1 = \frac{59,30A}{0,89}$$

$$I1 = 66,62 A$$

Para el arreglo 2

$$I1 = \frac{34,84A}{0,89}$$

$$I1 = 39,14 A$$

Para el arreglo 3

$$I1 = \frac{46,45A}{0,89}$$

$$I1 = 52,19 A$$

Observando la tabla 38 del conductor, para un cable de 35 mm^2 la corriente soportará 60 A, así que no habrá problemas para ser instalada en los 3 arreglos.

6.17.4 Para el tramo 4: Conexión del regulador con el inversor.

Para este tramo se utiliza un factor de 1,25 con la intensidad de entrada del inversor al igual que el voltaje nominal del sistema de baterías, se calcula con la siguiente ecuación.

$$I_{invcc} = \frac{P_{nominv}}{N_{ni} \cdot V_n} \quad (41)$$

I_{invcc} = Corriente del inversor en corriente directa

P_{nominv} = Potencia nominal del inversor

N_{ni} = Rendimiento nominal del inversor

$V_n = \text{Voltaje nominal del sistema de acumulación}$

$$I_{invcc} = \frac{800W}{0,9 * 12V}$$

$$I_{invcc} = 74,07 A$$

$$I_4 = 1,25 * I_{invcc}$$

$$I_4 = 1,25 * 74,07 A$$

$$I_4 = 92,58 A$$

$$S = \frac{200 * 1m * 92,58 A}{0,16 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 214,30 mm^2$$

Para normalizar la sección se aproxima a $50 mm^2$, con respecto a esta sección se tiene que para $50 mm^2$ la corriente es de 220 A, las condiciones para este tramo si se cumple.

6.17.5 Cálculo del cableado de corriente alterna.

Para el tramo 5 que corresponde de la sección de corriente alterna, se eligió el conductor XLPE 600 V (AC)/1,8KV (DC) CENTELSA.

Tabla 42: Características del conductor XLPE 600 V (AC)/1,8KV (DC) CENTELSA.

Código Code	Calibre Size mm ²	Diámetro exterior External Diameter mm	Clase de cableado Stranding Type	Masa total Total Weight kg/km	Radio mínimo de curvatura Minimum bending radius mm	Resistencia máxima del conductor Max. Conductor Resistance Ω/km	Capacidad de Corriente* Ampacity A
31399000601	4	5.6	Flexible	65	22	5.09	44
31399000701	6	6.8	Flexible	85	27	3.39	57
31399000801	10	7.9	Flexible	140	32	1.95	80

Fuente: CENTELSA. [en línea].2022 (citado el 24/05/2022). Disponible en: https://co.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/FT%20CABLE%20PV%20FOTOVOLTAICO_0.pdf

6.17.6 Para el tramo 5: Conexión del inversor con la caja general de mando y la protección de la instalación.

La corriente del inversor se calcula con la ecuación 42. Para ello, se utiliza la intensidad del convertidor y su potencia nominal, corrigiéndolo con un factor de 1,25 y el voltaje nominal de uso.

$$I_{invac} = \frac{P_{nominv}}{V_{ac}} \quad (42)$$

I_{invac} = Corriente del inversor AC (A)

P_{nominv} = Potencia nominal del inversor (W)

V_{ac} = Tensión nominal de la instalación

$$I_{invac} = \frac{800W}{120V}$$

$$I_{invac} = 6,66 A$$

$$I_5 = 1,25 * I_{invac}$$

$$I_5 = 1,25 * 6,66 A$$

$$I_5 = 8,33 A$$

Para los tres arreglos se utiliza el mismo inversor, por esta razón la siguiente ecuación solo se aplica una vez.

$$S = \frac{200 * 2m * 8,33 A}{0,32 * 12V * 45s \frac{m}{mm^2}}$$

$$S = 19,28 mm^2$$

Para normalizar la sección se aproxima a $10 mm^2$, con respecto a esta sección se tiene que para $10 mm^2$ la corriente es de 20 A, las condiciones para este tramo si se cumple.

6.18 Dimensionado de las protecciones del sistema fotovoltaico.

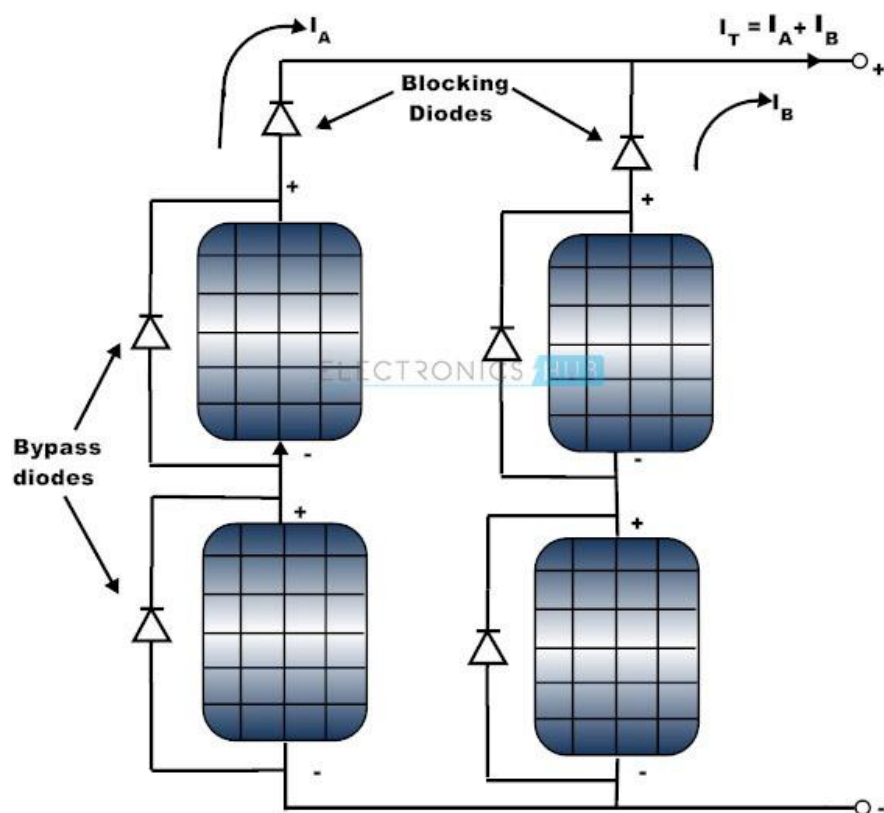
Las protecciones del sistema fotovoltaico son de suma importancia no solo para el sistema mismo, sino también para las personas, es por ello, que se va a calcular y dimensionar algunos elementos de protección para el proyecto.

6.18.1 Protecciones del generador.

Diodo de bloqueo.

Este diodo como su nombre lo indica, cumple con la función de bloquear o proteger la inversión de corriente al sistema, es decir, protege al sistema de acumulación en el momento que no esté recibiendo la radiación solar y con ello no permite que se descargue el generador fotovoltaico. (Méndez y Cuervo, 2007)

Figura 27: Diodo de bloqueo.



Fuente: ELECTRONICA LUGO. Proyectos y circuitos de electrónica [En línea].
 Disponible en: <https://electronicalugo.com/diodos-de-derivacion-en-celula-fotovoltaica-construccion-de-celda-solar/>

Para resistir la corriente de cortocircuito se necesitan los diodos de bloqueo, para esta corriente de cortocircuito es multiplicada por 2 en condiciones CEM (Condiciones estándar medida), de igual manera, para la tensión de circuito abierto.

Tabla 43: Resultados del dimensionamiento del generador fotovoltaico.

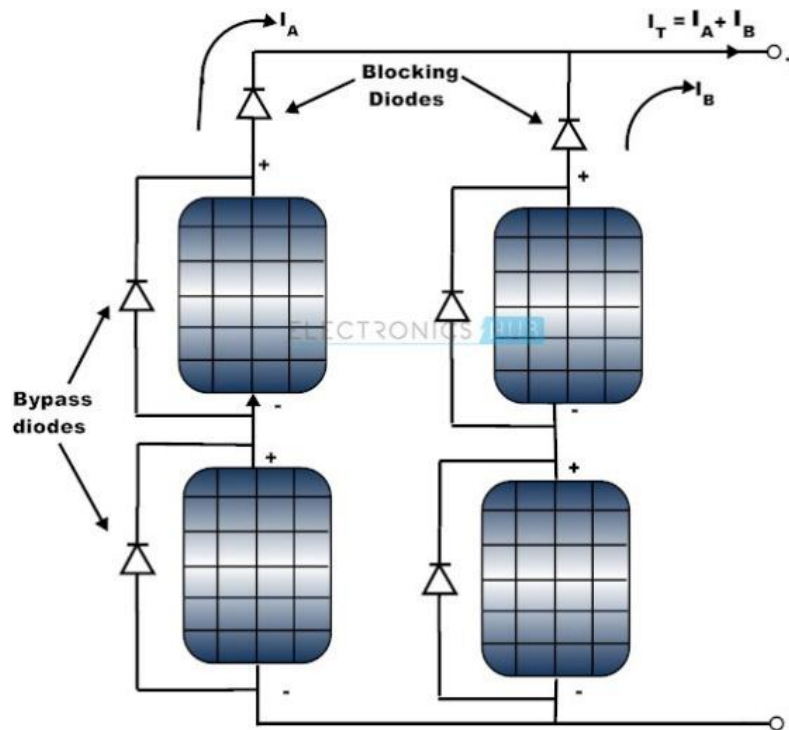
ARREGLO	Isc	Vgoc	2*Isc	2*Vgoc
1	11.86	45.4	23.72	90.8
2	9.29	73.94	18.58	147.88
3	9.29	73.94	18.58	147.88

El dimensionado para el diodo de bloqueo es de 30 A, ya que cumple para proteger los tres arreglos.

6.18.2 Diodo de Bypass

El diodo de Bypass, protege al panel con respecto a sombras que intervienen en las células, con ello, no permite que haya un consumo de energía. (O'Connor, 2020)

Figura 28: Diodo de Bypass.



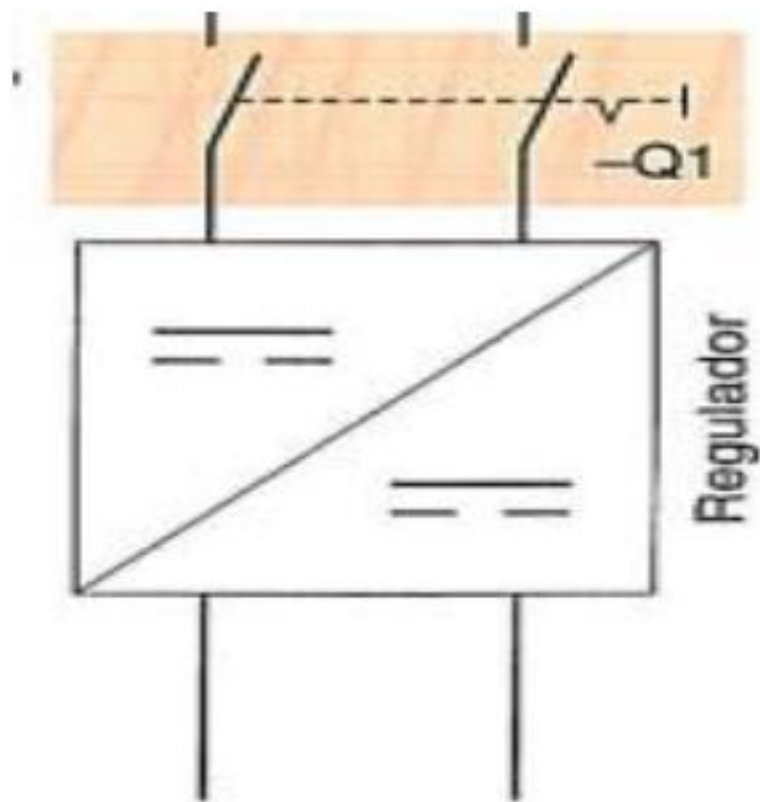
Fuente: ELECTRONICA LUGO. Proyectos y circuitos de electrónica [En línea]. Disponible en: <https://electronicalugo.com/diodos-de-derivacion-en-celula-fotovoltaica-construccion-de-celda-solar/>

Al igual que el diodo de bloque, para el diodo de Bypass también se selecciona de 30 A, ya que cumple para los tres arreglos.

6.18.3 Seccionador general del sistema fotovoltaico.

El seccionador o interruptor tiene como función principal de abrir o cerrar el circuito según lo necesite, se instala aguas arriba del regulador de carga.

Figura 29: Seccionador.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

Protege al generador de corrientes de cortocircuito y voltajes de circuito abierto.

Tabla 44: Valores de los tres arreglos con respecto a la intensidad y tensión para el dimensionado del interruptor.

ARREGLO	I _{gsc}	V _{goc}
1	47.44	45.4
2	27.87	73.94
3	37.16	73.94

El interruptor seleccionado es el seccionador VARIO 100 A, modelo VBF5G de gama TeSys 3P, como se muestra en la figura 30.

Figura 30: Seccionador interruptor.

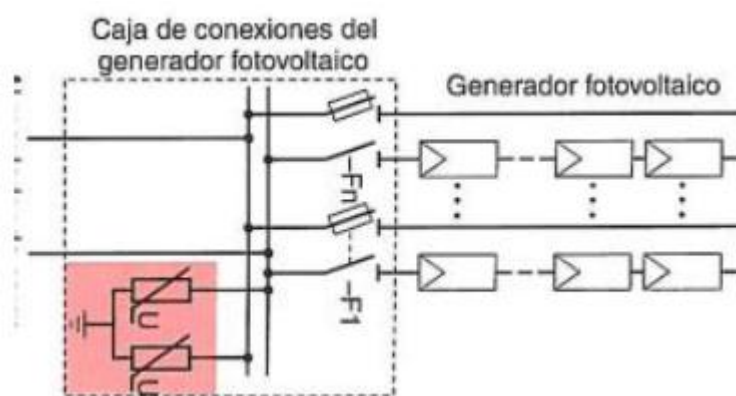


Fuente: Schneider Electric [En línea]. Disponible en: <https://www.se.com/co/es/product/VBF5GEN/interruptor-seccionador-vario-100a/>

6.18.4 Dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS)

Los DPS protegen al sistema de sobretensiones cuidando la electrónica del sistema fotovoltaico, por lo general, se instalan entre el generador y reguladores de carga o también entre el generador e inversor. (Arencibia-Carballo, 2016)

Figura 31: Instalación del DPS.



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: Editorial Editex p. 248.

Para dimensionar el DPS, se debe tomar los valores de tensión del generador en circuito abierto a una temperatura de -10°C .

Tabla 45: Arreglo y voltajes del generador en circuito abierto.

ARREGLO	Vgoc
1	45.4
2	73.94
3	73.94

El DPS que se eligió es de tipo 2 para aplicaciones fotovoltaicas RETIE FSP-D40-2P-ULV Vn de 150 hasta 1500 VDC, corriente de descarga nominal de 100A con indicador de estado del varistor.

Figura 32: DPS tipo 2.



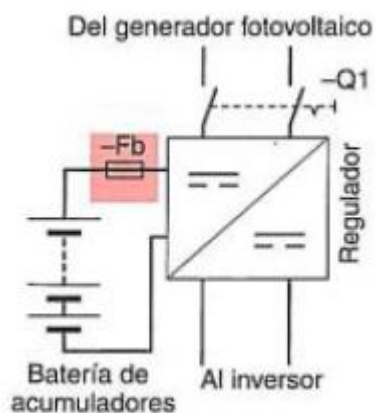
Fuente: SUNE0 FEE0, Innovative Energy For Life [En línea]. Disponible en: [https://suneoenergy.com.co/dps-dc-tipo-2-para-aplicaciones-fotovoltaicas#:~:text=DPS%20\(Dispositivo%20de%20protecci%C3%B3n%20contra,de%20los%20efectos%20de%20sobretensiones.&text=%2D%20Especialmente%20dise%C3%B1ado%20para%20aplicaciones%20fotovoltaicas.&text=%2D%20Corriente%20de%20descarga%20m%C3%A1xima%3A%2040kA.](https://suneoenergy.com.co/dps-dc-tipo-2-para-aplicaciones-fotovoltaicas#:~:text=DPS%20(Dispositivo%20de%20protecci%C3%B3n%20contra,de%20los%20efectos%20de%20sobretensiones.&text=%2D%20Especialmente%20dise%C3%B1ado%20para%20aplicaciones%20fotovoltaicas.&text=%2D%20Corriente%20de%20descarga%20m%C3%A1xima%3A%2040kA.)

6.18.5 Protección del sistema de acumulador.

6.18.6 Fusible.

La instalación del fusible es agua arriba de la batería en el terminal positivo, como se muestra en la figura 33.

Figura 33: *Instalación del fusible.*



Fuente: CASTEJON, Agustín y SANTAMARIA, German. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex p. 248.

Para dimensionar el fusible para el generador fotovoltaico se deberá multiplicar por dos factores, los cuales son: 1,5 y 2.

Tabla 46: *Dimensionado del fusible.*

ARREGLO	I_{gsc}	$1,5 \cdot I_{gsc}$	$2 \cdot I_{gsc}$	DIMENSIONADO DEL FUSIBLE
1	47.44	71.16	94.88	90 A
2	27.87	41.805	55.74	50 A
3	37.16	55.74	74.32	70 A

Para el arreglo 1, se eligió un fusible de 90 A 22x58, para el segundo arreglo se eligió un fusible de 50 A 22x58, por último, para el tercer arreglo se eligió un fusible de 70 A 22x58.

6.18.7 Protecciones para el inversor.

El interruptor termomagnético actúa frente a corrientes de cortocircuito y sobrecargas, el dimensionado del mismo se constituye por medio de la tensión y la potencia del inversor.

$$I_{invac} = \frac{800W}{120V}$$

$$I_{invac} = 6,66 A$$

$$I_s = 1,25 * I_{invac}$$

$$I_s = 1,25 * 6,66 A$$

$$I_s = 8,33 A$$

La protección seleccionada es el Breaker 3SB71 monofásico 6 A, este Breaker está diseñado para activarse a partir de los 6 A con gran efectividad para corrientes de cortocircuito y sobre cargas, diseñado para trabajar en instalaciones monofásicas. (Marín, 2004)

Figura 34: Breaker 3SB71 6A.



Fuente: Ticamerica T&C, [En línea]. Disponible en: https://www.tycamerica.com/shop/product/breaker-riel-13227?gclid=CjwKCAjwquWVBhBrEiwAt1Kmwj1EH8vxEerDyu14Dshc0NxltvxoWqfRKd3wvis3iF2SPzaaSZ3ohoCLZgQAvD_BwE#attr=42935,42938 Estructura metálica para la instalación de los módulos.

Para esta investigación se decidió colocar los paneles fotovoltaicos sobre el techo de las viviendas, entonces se eligió instalar unas estructuras cubiertas metálicas KH915 con soporte para dos paneles, esta estructura puede soportar paneles grandes por encima de 200W sin problema alguno.

Figura 35: Estructura metálica KH915.



Fuente: AUTOSOLAR, [En línea]. Disponible en: <https://autosolar.co/estructura-cubierta-metalica/estructura-cubierta-metalica-2-paneles>

El número de estructuras, de acuerdo al arreglo se mostrará en la siguiente figura 36.

Figura 36: Estructuras metálicas de acuerdo a los arreglos 1, 2 y 3.



Tabla 47: Dimensionado de las estructuras de acuerdo a los arreglos.

ARREGLO	NUMERO DE ESTRUCTURA
1	4
2	3
3	4

Fuente: Autor

7 INVENTARIO Y PRESUPUESTO DE LOS MATERIALES

7.1.1 Listado de materiales

En la tabla 35 se muestra los materiales y cantidad de los mismos que se requieren para la instalación del proyecto.

Tabla 44

Lista de materiales y su cantidad.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Equipos del sistema fotovoltaico		
1	Panel solar 200W Policristalino Solar Module	56
2	Panel solar 250W Policristalino Solar Module	28
3	Batería en Gel 12-520 Tensite	11
4	Controlador de carga 60A PWM 12V MustSolar	11
5	Inversor Belttt 600 W 12 V	11
6	Estructura metálica 03V – 03H	42
Conductores y Accesorios		
7	Cable fotovoltaico H1Z2Z2-K 1kV AC (1,5kV DC)	80
8	Cable fotovoltaico XLPE 600 V (AC)/1,8KV (DC)	180
9	Terminales de ojo	100
10	Conectores Mc4 macho	22
11	Conectores Mc4 hembra	22
12	Caja combinadora Barraje Borneras Conexiones	11
13	Tablero sobreponer	11
Protecciones		
14	Interruptor/Seccionador VARIO 100 A VBF5GEN	11
15	DPS DC para energía solar FSP D40 FEEO	11
16	Breaker ABB Monofásico 6A 2P SH202-C25	11
17	Diodo de bloqueo de 30A a 1000VDC	42
18	Diodo de Bypass 30A a 1000VDC	84
19	Porta fusible	11
20	Fusible 90A 22X58	11
21	Fusible 50A 22X58	11
22	Fusible 70A 22X58	11
23	Varilla COOPER WEOLD 5/8 X 1,5	11
24	Grapa o Conector de tornillo P/Varilla de puesta a tierra 5/8" de cobre	11

7.1.2 Presupuesto

Tabla 45

Lista de materiales y su cantidad parcial.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD PARCIAL
Equipos del sistema fotovoltaico					
1	Panel solar 200W Policristalino Solar Module	Unidad	56	\$ 390.000	\$ 21.840.000
2	Panel solar 250W Policristalino Solar Module	Unidad	28	\$ 440.000	\$ 12.320.000
3	Batería en Gel 12-520 Tensite	Unidad	11	\$ 1.216.462	\$ 13.381.082
4	Controlador de carga 60A PWM 12V MustSolar	Unidad	11	\$ 238.000	\$ 2.618.000
5	Inversor Belttt 600 W 12 V	Unidad	11	\$ 400.400	\$ 4.404.400
6	Estructura metálica 03V – 03H	Unidad	42	\$ 202.483	\$ 8.504.286
Conductores y Accesorios					
7	Cable fotovoltaico H1Z2Z2-K 1kV AC (1,5kV DC)	ML	80	\$ 18.374	\$ 1.469.920
8	Cable fotovoltaico XLPE 600 V (AC)/1,8KV (DC)	ML	180	\$ 24.891	\$ 4.480.380
9	Terminales de ojo	Unidad	100	\$ 2.200	\$ 220.000
10	Conectores Mc4 macho	Unidad	22	\$ 8.700	\$ 191.400
11	Conectores Mc4 hembra	Unidad	22	\$ 8.700	\$ 191.400
12	Caja combinadora Barraje Borneras Conexiones	Unidad	11	\$ 55.000	\$ 605.000
13	Tablero sobreponer	Unidad	11	\$ 66.000	\$ 726.000
Protecciones					
14	Interruptor/Seccionador VARIO 100 A VBF5GEN	Unidad	11	\$ 72.350	\$ 795.850
15	DPS DC para energía solar FSP D40 FEEO	Unidad	11	\$ 110.990	\$ 1.220.890

16	Breaker ABB Monofásico 6A 2P SH202-C25	Unidad	11	\$ 12.000	\$ 132.000
17	Diodo de bloqueo de 30A a 1000VDC	Unidad	42	\$ 38.950	\$ 1.635.900
18	Diodo de Bypass 30A a 1000VDC	Unidad	84	\$ 36.814	\$ 3.092.376
19	Porta fusible	Unidad	11	\$ 15.620	\$ 171.820
20	Fusible 90A 22X58	Unidad	11	\$ 57.600	\$ 633.600
21	Fusible 50A 22X58	Unidad	11	\$ 21.750	\$ 239.250
22	Fusible 70A 22X58	Unidad	11	\$ 35.600	\$ 391.600
23	Varilla COOPER WEOLD 5/8 X 1,5	Unidad	11	\$ 55.696	\$ 612.656
24	Grapa o Conector de tornillo P/Varilla de puesta a tierra 5/8" de cobre	Unidad	11	\$ 8.500	\$ 93.500
Transporte y mano de obra					
26	Transporte de material a la zona	Unidad	11	\$ 100.000	\$1.100.000
27	Mano de obra	Unidad	1	\$80.000.00 0	\$ 80.000.000

Tabla 46

7.1.3 Costo final.

Total costo directo		\$ 161.071.310
Total costo indirecto		\$ 49.932.106
Administración	25%	\$ 40.267.827
Imprevisto	1%	\$ 1.610.713
Utilidad	5%	\$ 8.053.365
Costo total del proyecto		\$ 211.003.416

8 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Para hacer el análisis de factibilidad de esta investigación, se procederá a realizar el costo total para cada vivienda.

8.1 Costo total para cada vivienda.

Para saber el precio total de la instalación del sistema solar fotovoltaico para cada vivienda, se empleará la siguiente expresión:

$$C/U \text{ vivienda} = \frac{\text{Costo total del proyecto}}{\text{Numero de viviendas}} \quad (43)$$

$C/U \text{ vivienda} = \text{Costo unitario de cada vivienda. (\$)}$

$$C/U \text{ vivienda} = \frac{\$ 211.003.416}{11}$$

$$C/U \text{ vivienda} = \$ 19.182.128$$

El costo total para cada vivienda dio como resultado \$ 19.182.128 (COP) de pesos.

8.2 Costo a treinta años para cada vivienda.

Para saber cuánto es el costo anual de la instalación durante treinta años, se utilizará la ecuación (44). Los años en este caso 30 años, se determinó de acuerdo a la vida útil de los paneles solares que están alrededor de 25 a 30 años sin pérdidas de rendimiento.

$$Cvup = \frac{C/Uvivienda}{vup} \quad (44)$$

Cvup = Costo unitario vida útil del panel solar. (\$)

C/U vivienda = Costo unitario de cada vivienda. (\$)

vup = Vida útil del panel solar. (Años)

$$Cvup = \frac{\$ 19.182.128}{30 \text{ años}}$$

$$Cvup = \$ 639.404$$

El costo total para cada vivienda de acuerdo a la vida útil del panel, dio como resultado \$ 639.404 (COP) de pesos.

8.3 Costo mensual para cada vivienda.

Para encontrar el costo mensual de cada vivienda, bastará con dividir el costo unitario de vida útil del panel entre los meses del año.

$$CMvup = \frac{Cvup}{12} \quad (45)$$

CMvup = Costo unitario mensual de vida util del panel solar. (\$)

Cvup = Costo unitario vida útil del panel solar. (\$)

$$CMvup = \frac{\$ 639.404}{12}$$

$$CMvup = \$ 53.283$$

El costo mensual de cada vivienda de acuerdo a la vida útil del panel solar, está en \$ 53.283 (COP) de pesos.

8.4 Kilovatio hora mensual total para cada vivienda.

Es de gran importancia hallar este parámetro, para poder hacer una relación de costo-beneficio y lograr hacer una comparación con respecto al servicio de la red pública. Como resultado del cuadro de cargas los vatios hora fue de 3130 Wh, así que para convertirlo a Kilovatios hora bastara con dividirlo entre 1000. El Kilovatio hora es de 3,13 kWh. Para hallar el kilovatio hora mensual para cada vivienda se utilizará la ecuación (46).

$$kWh/mes = kWh * 30 \quad (46)$$

$kWh/mes = \text{Consumo energético mensual } (kWh/mes).$

$kWh = \text{Kilovatio hora diaria total } (kWh).$

$$kWh/mes = 3,13kWh * 30$$

$$kWh/mes = 93,9 kWh/mes$$

El resultado de consumo energético mensual para cada vivienda es de $93,9 kWh/mes$.

8.5 Datos de consumo energético de una de las viviendas de la Vereda

Chichira conectada a la red pública.

Al momento de hacer el censo se encontró que algunas viviendas si tienen conexión a la red pública, así que se tomó algunos datos tales como; el consumo energético mensual, el costo del kilovatio hora y el costo de la factura. (Mes de mayo).

Estrato 2	50%
Consumo energético mensual	85kWh/mes
Costo del kilovatio hora	\$ 657,66
Costo mensual (Factura)	\$ 55.901,1
Costo mensual más el 50% de auxilio	\$ 27.950,55

8.6 Relación del panel fotovoltaico de acuerdo al consumo energético.

Para hacer una relación entre el sistema fotovoltaico y la red pública, se hará una regla de tres simple, de este modo se podrá comparar con los datos anteriores de la vivienda que si tiene conexión a la red pública.

$$X = \frac{kWh/mes (Relación) * CMvup}{kWh/mes} \quad (47)$$

X = Relación del panel fotovoltaico de acuerdo al consumo energetico (\$).

$kWh/mes (Relación)$ = Relación del consumo energético mensual de la

vivienda con conexión a la red pública (kWh/mes).

kWh/mes = Consumo energético mensual de la vivienda sin conexión a la

red pública (kWh/mes).

$$X = \frac{85kWh/mes * 53.283\$}{93,9kWh/mes}$$

$$X = \$ 48.232$$

Para esta investigación, se analizó dos factores de factibilidad de acuerdo a la necesidad y producción en la instalación de paneles fotovoltaicos en zonas rurales.

8.6.1 Instalación de paneles fotovoltaicos para cada vivienda.

Para la instalación de sistemas fotovoltaicos para cada vivienda, en donde los costos son asumidos por los usuarios, pueden llegar hacer costosos de acuerdo al resultado total para cada vivienda que fue de \$ 19.182.128 (COP) de pesos, el cual el costo mensual de “factura” es de \$ 53.283 (COP) de pesos mensuales, sin embargo, el consumo energético es de 93,3 kWh/mes que es superior al consumo

energético con relación a la vivienda que si tiene conexión a la red pública. Por lo anterior, la instalación de paneles solares es factible.

El segundo factor para la instalación de paneles fotovoltaicos en la Vereda Chichira, está pensado como acción social. Este proyecto se convertiría a nivel intermunicipal como desarrollo energético y agroindustrial. A medida que pasa el tiempo, es importante tener en cuenta los avances de la tecnología, sobre todo, aquellas tecnologías que son amigables con el medio ambiente. El costo de este proyecto esta evaluado en \$ 211.003.416 (COP) de pesos, para la Gobernación de Norte de Santander y/o Alcaldía de Pamplona, sería un acierto de inclusión para las zonas rurales del municipio de Pamplona, apoyando y motivando a las familias de la Vereda Chichira a la producción agroindustrial que beneficiaría y abastecería al municipio y otras ciudades con alimentos y demás.

9 CONCLUSIONES

La investigación realizada nos permitió saber las condiciones en las que se encuentra la población de la Vereda Chichira en Pamplona Norte de Santander, cabe resaltar que en algunas viviendas ya cuentan con energía pública, sin embargo, once viviendas de la Vereda aun no cuentan con energía eléctrica, es por ello, que nos centramos en resolver este problema de energía de manera sustentable, implementando un sistema fotovoltaico OFF-GRID, en otras palabras, como también se hace llamar un sistema de energía eléctrica fotovoltaica aislado.

En principio se tomó los parámetros teóricos, el cual nos permite obtener el conocimiento, por consiguiente, diseñar de manera adecuada el sistema fotovoltaico aislado. Ahora bien, después de haber visitado la zona y de haber recolectado los datos necesarios para iniciar con el diseño de generación de energía eléctrica fotovoltaica, de acuerdo, a la demanda máxima que se hizo de manera general para cada vivienda y ubicación geográfica, resulto ser factible para iniciar los cálculos necesarios para el diseño del mismo.

Al obtener datos tales como, potencia de algunos electrodomésticos y georreferenciación de la ubicación de la vivienda, se procedió a calcular la demanda máxima para cada usuario que en este caso son once, dando como resultado 590W aproximadamente para cada vivienda, en base a la potencia obtenida, el diseño del sistema alcanza una tensión nominal de 12V, es perfecto para el dimensionado del sistema fotovoltaico.

A partir del análisis precedente, se determinó las diferentes etapas que conlleva al diseño de un sistema de generación de energía fotovoltaica, que hace

referencia a los siguientes dispositivos: paneles fotovoltaicos, regulador de carga, acumuladores, inversor y por ultimo las protecciones que contiene cada etapa.

Los dispositivos mencionados anteriormente, están autorizados para ser instalados de acuerdo a las normas RETIE y CIDET. Cabe resaltar, que estos materiales, como, por ejemplo, el conductor fotovoltaico H1Z2Z2-K es amigable con el medio ambiente, ya que, está libre de halógenos.

El diseño para el sistema fotovoltaico, se realizó de acuerdo las Norma RETIE, cumpliendo con los estándares mínimos para una instalación de energía solar renovable.

De acuerdo con los objetivos planteados, en utilización del software PVSyst y datos meteorológicos de la NASA, se procedió, a diseñar las viviendas con factores ambientales que puede inferir con el sistema fotovoltaico de forma negativa, como, comúnmente lo son los árboles.

En relación con lo antes expuesto, después de haber diseñado la vivienda y los factores influyentes, se procede a simular la trayectoria del sol y la incidencia solar que tiene con respecto a la vivienda, a pesar de los factores, los resultados obtenidos fueron satisfactorios para la instalación del sistema sobre las viviendas, ya que esto, reduce de manera significativa los costos de material a emplear, también, parámetros de distancia que puede perjudicar el buen funcionamiento del sistema.

En conclusión, el software PVSyst, es una herramienta fundamental para el diseño de sistemas fotovoltaicos, como resultado para esta aplicación se obtuvo el factor de sombra para cada vivienda.

En relación con el inventario, se realizó, separando por descripción, es decir, los materiales que requiere el sistema fotovoltaico, conductores y accesorios, por ultimo las protecciones, calculando la cantidad de material que se va a necesitar para la instalación del sistema fotovoltaico aislado.

De igual forma, se hizo el presupuesto, buscando y comparando el mejor coste de los materiales a utilizar y con respecto a la cantidad se obtuvieron los resultados cuantitativos de cada material en pesos colombianos.

Para finalizar, de los datos obtenidos de forma individual, se realizó el costo final del proyecto, este costo final se dividió de dos formas, por costos directos e indirectos y al adicionarlos se obtuvo el presupuesto final del proyecto.

En conclusión, el análisis de factibilidad dio como resultado positivo, ya que, el consumo energético es mucho mayor a la que actualmente se gasta algunas viviendas de la zona que están conectadas a la red pública, es decir, que si este proyecto se implementa como acción social beneficiaria a las familias de la Vereda Chichira, siguiendo con la idea, estas familias podrían incluirse a la producción agroindustrial, de este modo, se favorecería la zona rural como productor y la zona urbana como consumidor. La tasa de retorno es viable de acuerdo a la producción agroindustrial.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. S. I. Enrique, 2018 «DISEÑAR UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA SUPLIR LA DEMANDA MÍNIMA DIARIA PARA EL EDIFICIO SAN JOSÉ DE AGUAS KPITAL CÚCUTA S.A E.S. P,» UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, VILLA DEL ROSARIO.
- [2] L. M. A. FELIPE, 2019 «SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL COMPLEJO HOTELERO SERRANÍA DEL VIENTO DE BARICHARA,» UNIVERSIDAD DE PAMPLONA, PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER.
- [3] E. Marín, 2004, La energía solar fotovoltaica, España: r.
- [4] Ibon Beñat Salbidegoitia G, Diciembre 2008 “Energía solar,” DYNA, Vol 83, p 561-566.
- [5] Joseph O’Connor, 2020, Energía solar autónoma: una guía práctica para entender e instalar sistemas fotovoltaicos y de baterías, Ocon Energy Consulting.
- [6] Gustavo Arencibia-Carballo, 9 de septiembre 2016 “La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica,” REDVET Revista electrónica de veterinaria, vol 17 p 1-4, Málaga – España.
- [7] Oscar Perpiñán Lamigueiro, Noviembre 2020 “Energía Solar Fotovoltaica,” España, Creative Commons.
- [8] Castejón, Agustín y Santamaría, German. 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid: Editorial Editex, p 247.
- [9] Méndez, Javier y Cuervo, Rafael, 2007. Energía solar fotovoltaica. Madrid: FC Editorial, p 245.
- [10] Díaz, Tomas y Carmona, Guadalupe, 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas. Primera edición, Madrid, España McGraw-Hill, p 200.
- [11] NASA POWER Prediction Of Worldwide Energy Resources, [in line]. 2022. (citado el 25/05/2022). Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- [12] Atlas Ideam, Atlas de radiación solar [en línea], 2022. (citado 25 de mayo 2022). Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>.
- [13] AutoSolar Energía de Colombia S.A.S, [en línea], 2022. (citado 25 de mayo 2022). Disponible en: <http://autosolar.co>.

11 EVIDENCIAS

Censo realizado en la Vereda Chichira en Pamplona Norte de Santander.











12 ANEXOS

Anexo 1: Panel solar 200 W

PANEL SOLAR 200W 72 CÉLULAS POLICRISTALINO

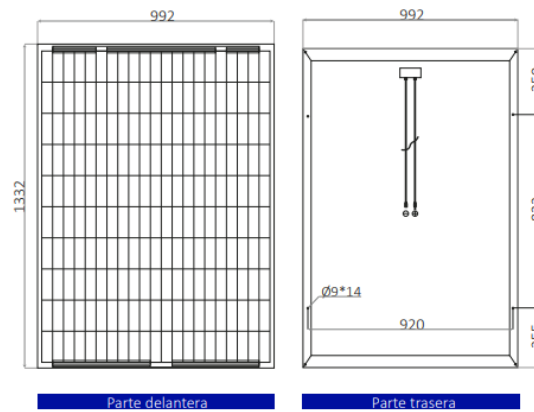
BSP200P

Características

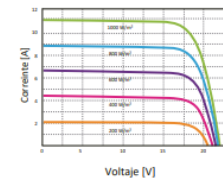
Tamaño del módulo	1332 x 992 x 35 mm
Células	72 piezas policristalinas (104 x 156 mm)
Potencia máxima (Wp)	200W
Cable	90cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	22.7V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	11.86A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	18.2V
Intensidad a máxima potencia (Im)	11A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.08558%
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.29506%
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.38001%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	15.1%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	14.2Kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años



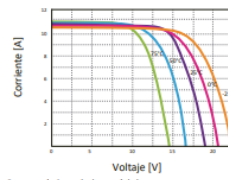
Esquemas



Curvas



Características de los módulos a temperaturas constantes de 25°C y niveles variables de irradiación



Características de los módulos a temperaturas variables e irradiación constante de 1.000W/m²

Fabricado por ERA SOLAR

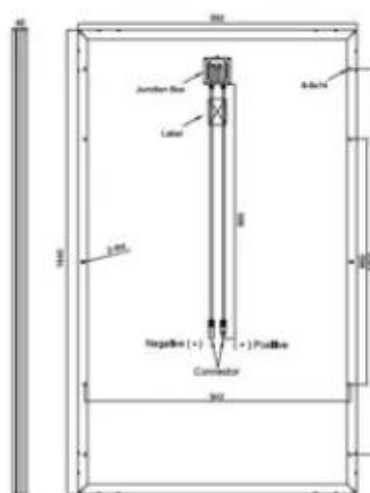


Anexo 2: Panel solar 250 W

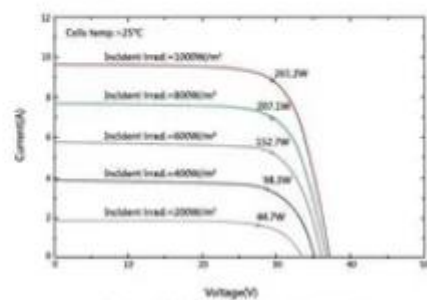


DESCRIPCIÓN

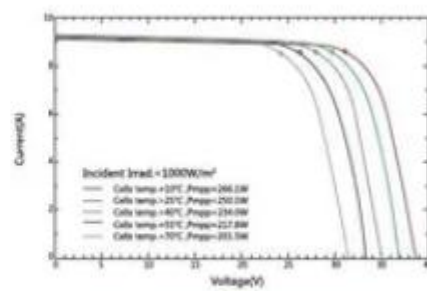
Dimensiones y estructura



Curva I-V



Curvas I-V a diferente irradiancia



Curvas I-V a diferente temperatura

Anexo 3: Regulador de Carga Solar

Solar System



PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

Características:

- En Intensidades: 10A 20A 30A 40A 60A 80A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

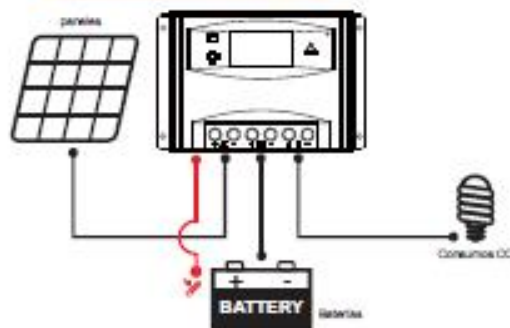
LCD Información Display



1. Terminal positivo fotovoltaico
2. Terminal negativo fotovoltaico
3. Terminal positivo batería
4. Terminal negativo batería
5. Terminal carga CC positivo
6. Terminal carga CC negativo
7. Pantalla LCD

Nº	Botón	Función
1.	Corta	Siguiente visualización; Incremento mientras está en ajustes
2.	Long (s3 s)	Incremento continuo mientras está en ajustes
3.	Corta	Visualización previa; Decremento mientras está en ajustes
4.	Long (s3 s)	Decremento continuo mientras está en ajustes
5.	Corta	Interruptor consumo CC; Entrar configuración / guardar
6.	Long (s3 s)	Entrar menú secundario

Conexión al sistema solar:



Funciones:



Detalles internos



PWM Solar Charge Controller

PC1500B SERIES Controladores



Modelos: PC1500B-10 y 20A



Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 15A y 20A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-30 y 40A



Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 30A y 40A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-50D / 6048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 50A
Tamaño LCD: 2.8"



Modelos: PC1500B-80D / 8048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 80A
Tamaño LCD: 2.8"

Aplicación



Sistemas portátiles,
embarcaciones & recreo



Ayuda
sistema solar casero



Granja solar de generación

Modelo		PC1500B-10-20				PC1500B-30-40				PC1500B-50-60				PC1500B-80-80D				
Entrada	Voltaje PV	±50V												±100V				
	Intensidad nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A	80A	80A	50A	60A	80A	80A	80A	80A			
Salida	Voltaje sistema	12/24V Auto												48V				
	Desconexión por alto voltaje	16.00V ± 1' x 2' x 3' x 4' (0.5V)																
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A	80A	80A	50A	60A	80A	80A	80A	80A			
	Autoconsumo	±13mA												±25mA				
	Caida de tensión circuito carga	±0.34V												±0.35V				
	Caida de tensión circuito descarga	±0.10V												±0.10V				
	Modo de carga	PWM 4-etapas carga, absorción, flotación, equalización																
	Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V-15V) ± 1' x 2' x 3' x 4																
	Voltaje Carga Absorción	2 horas duración	14.4V (13V-15V) ± 1' x 2' x 3' x 4															
	Voltaje Carga Equalización		14.8V (13V-15.5V) ± 1' x 2' x 3' x 4															
	Protección Bajo Voltaje	10.7V (10V-14V) ± 1' x 2' x 3' x 4																
	Reconexión Bajo Voltaje	12.8V (10V-14V) ± 1' x 2' x 3' x 4																
Características físicas	Salida USB	5V, 1A x2						No tiene										
	Swachón calibrado	±0.00mV		±0.00mV		±0.00mV		±0.00mV		±0.00mV		±0.00mV		±0.00mV				
	Temperatura trabajo	-20°C-55°C																
	Tamaño (L x W x H)	100 x 95 x 45.5mm						100 x 111 x 54mm										
	Peso neto	355g						407g										

Anexo 4: Inversor Belttt 120V

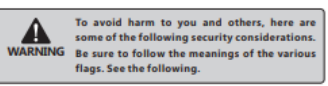
Product detail parameters

MODEL		BEP150S	BEP300A	BEP505SA	BEP60S	BEP80S
Output	Rated Power	150W	300W	500W	600W	800W
	Peak Power	300W	600W	1000W	1200W	1600W
	Frequency	50/60Hz				
	Waveform	Sine Wave				
	Output voltage	110V/120V/220V/230V/240V/440-480V(Adjustable)				
	Voltage range	10-15V(12V)/20-30V(24V)/40-60V(48V)				
	No load Current	0.3A(12V)	0.8A(12V)	0.8A(12V)	0.6A(12V)	0.8A(12V)
	Efficiency	0.3A(12V)	0.4A(24V)	0.4A(24V)	0.4A(24V)	0.4A(24V)
		0.3A(12V)	0.3A(12V)	0.3A(12V)	0.3A(12V)	0.3A(12V)
Input voltage	Low voltage range	11V(12V)/21V(24V)/42V(48V)				
	High voltage range	10V to 5V(12V)/20V to 5V(24V)/40V to 5V(48V)				
	Input voltage range	15V to 5V(12V)/30V to 5V(24V)/60V to 5V(48V)				
Other protection	NO	YES	YES	YES	YES	NO
	High temperature protection	Short-circuit Protection, Overload Protection				
USB		5V/500mA				
FAN		Smart fan Automatic startup at high temperature and load operating				
Temperature		Temperature 4°C-40°C(32°F-104°F), Humidity 20%-90%RH (no condensation)				
Size(mm)		160*95*55	172*150*58	260*150*58	262*150*58	300*187*55
Weight(kg)		530	530	1700	1800	1800

Model	BDP1000S	BDP2000S	BDP3000S	BDP5000S	BDP5000S
Rated Power	1000W	1500W	2000W	3000W	5000W
Peak Power	2000W	3000W	4000W	6000W	10000W
Frequency	50Hz / 60Hz(Optional)				
WaveForm	Pure Sine Wave				
Output Voltage	12V / 24V / 48V(Optional)				110V/120V
Output Current	10.15V(12V) / 20.30V(24V) / 40.60V(48V)				11.0V/12.0V
No Load	0.8A(12V)	1.8A(12V)	3.0A(24V)	3.8A(12V)	2.5A(24V)
Load Current	0.8A(24V)	1.8A(24V)	3.0A(24V)	2.0A(24V)	1.4A(48V)
Efficiency	≥ 90%				
Line Voltage Range	111V(12V) / 221V(24V) / 42V(48V)				
Output Power Range	10Vx0.5V(12V) / 20Vx0.5V(24V) / 40Vx0.5V(48V)				
Input Power Range	15Vx0.5V(12V) / 30Vx0.5V(24V) / 60Vx0.5V(48V)				
Input Protection	NO				
Other protection	High temperature protection, Short-Circuit Protection, Overload Protection				
Efficiency	SV 5000VA				
Size	Small Size, Automatic start-up of high temperature and overload protection				
Operating Temperature	-20℃~50℃, Humidity: 20%~90%RH, 24H/24H				
Size/Weight	367*150*76	423*194*124	464*184*124	582*194*124	985*187*167
Weight(kg)	2750	4000	4000	6020	8000

Remarks: Please select the corresponding parameters according to the table.

This series of pure sine wave inverter is suitable for:
Household appliances: TV, refrigerator, freezer, washing machine, air conditioner, power amplifier, induction cooker, electric fan, electric coffee lamps and lanterns, AV equipment.
Power tools: electric drills, pumps, cutting machines, motors, hand mills.
Office equipment: computers, printers, copiers, fax machines, network equipment.
On-board equipment: Inverter can be connected to the car capacitor, suitable for all kinds of on-board appliances.



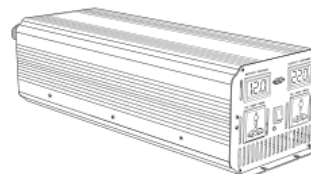
Moisture proof and waterproof
Please pay attention to moisture
and waterproof. The inverter may
short circuit, fire and electric shock
to humidity or water inflow.

Please insert completely
Please insert the load device plug into the inverter socket completely. If the plug is fully inserted at the end, it may lead to electric shock and overheating and even cause a fire accident. Do not use damaged plugs, power outlets, electrical wires.

Product characteristics

- The inverter is equipped with perfect protection circuit. Provide safe automatic shutdown function, including overload protection, input high-low voltage protection, to prevent damage to your inverter;
- The inverter has advanced anti-interference technology, fully functional protection circuit and soft start circuit, convenient operation mode;
- modify the string wave output, inverter provides AC, USB output interface;
- instantaneous power up to 1000W, efficiency as high as 94%.

BELTTT®
Power Inverter
Solar Power Generation System
BEP150S / BEP300A / BEP500SA
BEP600S / BEP800S / BEP1000S
BEP1500S / BEP2000S
BEP3000S / BEP5000S
**Pure Sine Wave
Inverter Manual**

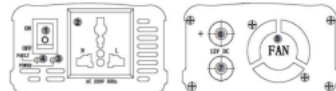


To ensure reliable service, the inverter must be used properly. Please read the instruction manual before use. Particular attention should be paid to the warning and attention of this brochure. Caution for certain conditions and practices that may cause damage to the inverter. Make clear warning statements about certain conditions and practices that may cause bodily harm. Please read all instructions before using the inverter.

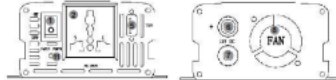
Please read this instruction manual carefully so that it can be used correctly. Remember to read the "safety precautions" section before you use it to make sure it's safe to use. After reading the instructions, please complete the warranty card for safekeeping, to keep on for reference.

Pure sine wave inverter front and rear panel diagram

BEP150S Panel diagram



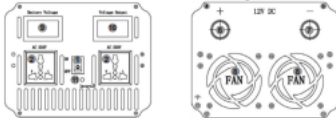
BEP300A/500SA Panel diagram



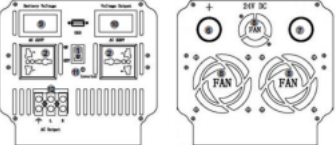
BEP1000S Panel diagram



BEP800S/1500S/2000S/3000S Panel diagram



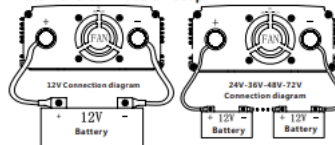
BEP5000S Panel diagram



1. Power switch
2. AC output socket
3. Power indicator
4. Status indicator
5. USB interface
6. Positive (red)
7. Negative (black)
8. Cooling fan
9. Voltage input monitor
10. Voltage output monitor
11. Double color status indicator
12. AC output interface

The product panel is for reference only. Please refer to the actual product.

Install the connection step:



Refer to the above connection diagram

1. First turn off the power switch of the inverter.
2. Use a black DC cable to connect the negative terminal of the battery to the black terminal of the inverter.
3. Connect the positive terminal of the battery to the red terminal of the inverter with a red DC cable.
4. Plug the power supply plug of the power equipment into the output socket of the inverter.
5. Open the inverter power switch can be used.

Disassembly steps:

1. First turn off the power switch of the inverter ;
2. Pull out the power plug of the load.
3. Remove the red DC cable ;
4. Remove the black DC cable

For example, when the power of an AC load is 100W, the current supplied by the power supply must be 100/10=10A. In the need of a larger current, you can use several batteries in parallel to use. The most important thing is to ensure that there is enough cross-sectional area of the connecting cable. This manual does not list all battery pack types. The battery's charging and battery configuration belong to another professional category.

Installation method

Warning diagram is only for basic reference, please contact professional technical personnel for actual installation.

One or more batteries can be used in inverters. One or more batteries can be used in inverters. It's better to use 150AH or batteries with bigger capacity.

2. Since it may be necessary to connect the battery for these operations, make sure there is no flammable gas around before connecting.

Connect the inverter and the battery with the cables supplied with the inverter (excluding the high-power mode cables). The red cable is connected to the red terminal of the inverter input terminal and the positive terminal of the battery. The black cable is connected to the inverter input terminal black and battery negative. Please ensure that all cables are stable and reliable. Improper connection may result in overheating of the cable, damage to terminals and lugs. At the same time will cut down the battery power supply time. Turn the inverter mode to ON, if your battery is fully charged, the light of inverter will display green. The inverter is protected if the light displays red, so try to solve it before using. (Check whether the battery voltage is too high or too low, the inverter output is overloaded or short circuit)

The power source for the 12V inverter can be used with a 12V battery or several 12V batteries in parallel to increase the battery's power supply time.

3. Inverter must be connected to the same nominal voltage of the battery. 12V inverter connected to the 12V battery. 24V inverter connected to the 24V battery

4. Before you plug in all your power devices, make sure all devices are shut down.

Turn on the inverter mode switch, the POWER on the edge of the LED emits green light, and then you can open your device one by one. If your device is not overloaded, now can work properly. If LED gives red, it's overloaded. You need to reduce load instant to work.

• In the installation of connecting cables should use a suitable cable, such as 220V output cable is too long or the wire cross-sectional area is too small, there will be a lot of power loss in the cable, the load side of the performance of small power, low voltage.

• Batteries and inverter connection cable is not standardized, the cable is too long, the cross-sectional area is too small, bad connection parts, will cause a lot of power loss.

Performance for the lack of output power, the battery voltage is too low, short working hours, and even turn on the alarm does not work. At the same time the cable should be waterproof, dielectric strength must meet the requirements of the use of the environment.

Performance introduction

An inverter is a power supply that converts direct current (batteries, solar cells, wind turbines, etc.) into alternating current. Because of the high frequency inverter used in power conversion technology, ferrite transformer to replace the old bulky silicon steel transformer. This is why the inverter of our company is lighter weight and less bulky than other inverters that have similar rated power.

When the inverter works in the inverter mode, the output waveform is modified sine wave. It is a practical wave which waveform characteristics is similar to pure sine wave. This waveform is most suitable for linear load and switching power supply of electronic equipment, such as light bulbs, rice cookers, energy saving lamps, etc. It can also be applied to inductive loads, such as transformers, motors, etc.

The correct value of the modified sine wave for inverter output is 220V, which is the same as the standard home power supply. Most AC voltmeters (digital and analog) use sensitive averaged waveform instead of RMS values.

Their calibration is set at RMS voltage, which is used to measure pure wave. Using them to measure the output voltage of the inverter, it is possible to detect a low voltage 220V-20V. In order to measure accurately, please use the voltmeter which can measure the effective value.

Using environment

In order to achieve the best use effect, please put the inverter in the surface of the smooth place, such as the ground, the floor of the car, or other solid surface. Let the inverter power line can be fixed easily. The working place should meet the following standards:

1. Do not allow the inverter to contact with water or other liquid to keep the inverter away from moisture or water.

2. In a cool environment, the temperature is 0 degrees (without condensation) to 40 degrees. Don't put the inverter next to the heating vents or other heating device. Keep the inverter out of the sun as much as possible.

3. Keeping the ventilation and the absence of obstructions around it ensure that air is free to circulate. When the inverter is working, do not put something on the inverter. The inverter fan is used to help dissipate the heat.

4. Be careful not to use inverters near flammable materials or places where flammable gases can be gathered.

5. The battery not only provides a dc voltage of 12V to 15V, but also provides sufficient current to run the load. The power supply should be a good battery full of electricity. To estimate roughly the current required for a load, it can be estimated by dividing the power of the load by 10.

Rated current and actual use of equipment

The nominal current or power of most power tools, household appliances and auto and audio equipment is much smaller than the nominal power range of the inverter, but overload protection occurs when they are started. Inverter is the most easy to drive resistive load or switching power supply load. Because the resistive load is a linear load, it can work full load. Such as electric stove, rice cooker, LCD TV and other equipment.

Some audio-visual equipment and electric tools to a greater level than resistive load power can work normally, such as asynchronous motor, CRT TV, compressor, water pump etc. 2 to 6 times the working current is required to start. The ability to run specific loads is subject to test.

Continuous frequently open and close inverters can cause damage.

Non-professional technicians, do not open inverter shell

Common problem

Electric tools and microwave ovens cannot start

Carefully read the information on each power tool and accurately determine the input power of the tool. Whether the output power is enough to run the tools and microwave ovens, remember that power tools may need 2 to 6 times power requirements.

Television interference

The inverter has little interference with the television signal. However, in some cases, some disturbances are still visible, especially when the television signal is weak.

Please try the following methods:

1. Try to keep the inverter away from the TV antenna or lengthen the TV antenna cable;

2. Adjust the direction of the inverter.

3. Ensure that the antenna provides strong signal strength to the TV set, and use high quality antenna cable with good shielding effect.

4. When you watch TV, do not run high power electrical equipment or tools.

5. There is no way to completely disappear some of the old TV interference.

Normally the fuse will not burn out unless serious circuit failure occurs.

When the inverter fails, please do not try to repair it yourself! Please contact a professional technician to deal with the machine, there will be high voltage electric shock hazard.

Anexo 5: Soporte Metálico

Se recomienda usar un tornillo autotaladrante punta broca máx. M8 y arandela de sellado.

Perfil compatible: G1

EPDM

1650/2000x1000

Viento: 150 km/h

MATERIALES: Perfilera de aluminio EN AW 6005A T6
Tornillería: acero inoxidable A2-70

- Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
- Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.

Para más información consultar

- Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma.
- Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.
- Delimitar los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.
- Los presores no se deben apretar con máquina de impacto.

Soporte coplanar continuo fijación a correas para cubierta metálica

03V-03H

Válido para:

- Todo tipo de cubiertas metálicas.
- Anclaje a correas.
- En disposición horizontal válido para módulos de ancho especial.

Disponibilidad de tuercas antirrobo.
Material 100% reciclable.
Cómoda instalación.

El kit incluye:

- Fijaciones S03
- Perfiles G1
- Uniones UG1
- Presores laterales
- Presores centrales

Número de paneles

Vertical: de 1 a 6 módulos
Horizontal: de 1 a 3 módulos

Para módulos de 60 y 72 células (1650/2000x1000) de 33 a 50 mm de espesor.

Herramientas necesarias:

Seguridad:

Por de aparte:

Tornillo Presor	7 Pcs
Tornillo M8 Hexagonal	20 Pcs
Tornillo M10 Hexagonal	40 Pcs
Tornillo M8.3 Hexagonal	10 Pcs

03V
Disposición de los módulos en vertical

03H
Disposición de los módulos en horizontal

Reservado el derecho a efectuar modificaciones - Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original

113

Anexo 6: Conductor Fotovoltaico

**CENTELSA**
CREAR CON VALORES Y HACERSE VISIBLES
Una empresa Vialba

CABLE
FOTOVOLTAICO
H1Z2Z2-K
1,0 kV AC (1,5 kV DC) 90°C HF FR

Construcción

1. Conductor de cobre estañado flexible clase 5.
2. Aislamiento termoestable libre de halógenos (HF), de baja emisión de humos tóxicos y corrosivos.
3. Cubierta externa (chaqueta) termoestable libre de halógenos (HF), con características de no propagación al incendio (FR) y resistente a la intemperie.



Certificado Bvlg Versatilidad RoHS Resistente al incendio Resistente a la tracción Resistente a la abrasión Libre de Halógenos Apto para trabajos puntuales

Cables para construcción **42**

CABLE
FOTOVOLTAICO H1Z2Z2-K
1,0 kV AC (1,5 kV DC) 90°C HF FR



Aplicaciones

Alimentación de circuitos de baja tensión en instalaciones de energía solar fotovoltaica donde se requieren características de resistencia a la intemperie. Ideal para conexión de paneles y como alimentador principal para la conexión de inversores.

Normas de Fabricación

EN 50618, "CABLES ELÉCTRICOS PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS".

UL 4703 (para cables en AWG), "CABLE FOTOVOLTAICO". File E492000.



(*) La certificación UL y marcación con el respectivo número de FILE para los productos CENTELSA, es opcional y se fabrican bajo pedido especial.

Características

- Temperatura de operación: 90°C / Conductor 120°C (Máximo 20 000 horas).
- Tensión de operación: 1kV AC / 1,5 kV DC.
- Aislamiento y cubierta externa flexible, termoestable y libre de halógenos.

Opcionales

- Conductor de cobre suave o aluminio serie 8000 bajo norma UL.
- Cable sin cubierta con aislamiento termoestable de polietileno reticulado (XLPE), con características de no propagación al incendio (TC), resistente a la intemperie y rayos UV (SR).
- Tensión de 600 V y 2000 V bajo norma UL.
- Armaduras en aluminio tipo Metal Clad (MC) especial para lugares con presencia de roedores e instalaciones de enterramiento directo con tráfico pesado.

Cables para construcción **43**

**CABLE
FOTOVOLTAICO H1Z2Z2-K
1,0 kV AC (1,5 kV DC) 90°C HF FR**



Conductor		Aislamiento		Cubierta		Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽¹⁾		
Calibre	Resistencia Eléctrica BC a 20°C	Espesor Nominal	Diámetro Aproximado	Espesor Nominal	Diámetro Aproximado		Un Cable al Aire	Un Cable Sobre una Superficie	Dos Cables en Contacto Sobre Superficie
mm²	Ω/km	mm	mm	mm	mm	kg/km	A		
1,5	13,2980	0,70	3,06	0,80	4,74	31	30	29	24
2,5	7,9693	0,70	3,53	0,80	5,21	42	41	39	33
4	4,9408	0,70	4,08	0,80	5,76	58	55	52	44
6	3,2906	0,70	4,66	0,80	6,34	78	70	67	57
10	1,8928	0,70	5,65	0,80	7,33	120	98	93	79
16	1,2036	0,70	6,54	0,90	8,44	183	132	125	107
25	0,7717	0,90	8,21	1,00	10,31	260	176	167	142
35	0,5484	0,90	9,38	1,10	11,66	380	218	207	176
50	0,3815	1,00	11,08	1,20	13,58	537	276	262	221
70	0,2689	1,10	13,05	1,20	15,55	752	347	330	278
95	0,2038	1,10	15,24	1,30	17,94	980	416	395	333
120	0,1592	1,20	17,26	1,30	19,96	1254	488	464	390
150	0,1281	1,40	19,31	1,40	22,23	1549	566	538	453
185	0,1048	1,60	21,40	1,60	24,72	1893	644	612	515
240	0,0793	1,70	27,77	1,70	31,31	2593	775	736	620

Nota: Los datos aquí registrados son nominales y están sujetos a tolerancias según las normas y las prácticas normales de fabricación. Otras configuraciones y calibres no especificados en este catálogo, están disponibles bajo pedido.

(1) Criterios de ampacidad: UNE, Tabla A.3, Temperatura conductor: 120°C/248°F, Temperatura ambiente: 60°C/140°F

Anexo 7: Conductor Fotovoltaico

Cable fotovoltaico (PV)

Photovoltaic Cable (PV)

Procables

A Brand of Prysmian Group

Report contra class. (C036) SAR-99

Diseño y características de materiales

Design and Materials Characteristics

- 1 CONDUCTOR / Conductor
Cobre flexible / Flexible copper
- 2 AISLAMIENTO / Insulation
Polietileno reticulado negro, resistente a los rayos solares (SR), para 90° C sitios secos y mojados / Black Cross-Linked Polyethylene, Sunlight Resistant (SR), 90° C dry and wet locations
- 3 CHAQUETA / Jacket
Cloruro de polivinilo (PVC), Resistente a: Rayos solares, la gasolina y al aceite, la abrasión, ambientes corrosivos, agentes químicos y retardante a la llama / Polyvinyl chloride (PVC), Sunlight Resistant, Oil & Gas Resistant II, Abrasion Resistant, Corrosive environment ambient resistant, chemical agents resistant and Flame retardant

Características de construcción y dimensiones

Construction characteristics and dimensions

Código Code	Calibre Size mm²	Diámetro exterior External Diameter mm	Clase de cableado Stranding Type	Masa total Total Weight kg/km	Radio mínimo de curvatura Minimum bending radius mm	Resistencia máxima del conductor Max. Conductor Resistance Ω/km	Capacidad de Corriente* Ampacity A
31399000601	4	5.6	Flexible	65	22	5.09	44
31399000701	6	6.8	Flexible	85	27	3.39	57
31399000801	10	7.9	Flexible	140	32	1.95	80

*Capacidad de corriente: Temperatura en el conductor 90° C; Temperatura Ambiente 30° C; dos conductores transportando corriente, en la cercanía de una superficie, según NTC 6404. / Ampacity: 90° C conductor temperature; 30° C ambient temperature; 2 current carrying conductors, near a surface by NTC 6404.

Otras características y/o empaques estarán disponibles bajo común acuerdo. / Other characteristics and/or packaging could be available under agreement.

Los datos aquí consignados podrán ser cambiados o actualizados sin previo aviso. / The information here stated may be changed or updated without prior notice.

Todos los valores indicados son nominales y están sujetos a las tolerancias normales de fabricación y de las normas. All values herein indicated are nominal and are subject to normal manufacturing and standard tolerances.

Linking the Future

co.prysmiangroup.com

Page 1

Cable fotovoltaico (PV)

Photovoltaic Cable (PV)

Procables

A Brand of Prysmian Group

Características de instalación operación y desempeño

Performance, operation and installation parameters

Tensión Nominal 600 V AC / 1.8 kV DC
Rated Voltage

Temperatura máxima de operación 90° C
Maximum Operating Temperature

Normas UL 4703, NTC 6404
Standards UL 4703, NTC 6404

Temperatura mínima de operación -25° C
Minimum Operating Temperature

Certificaciones de producto RETIE y NTC
Products Certifications RETIE and NTC

Cumplimientos
Compliance

Procesos y procedimientos del Sistema de Gestión Integrado ISO 9001, 14001, 45001. Directiva RoHS
Processes and Procedures of the Integrated Management System ISO 9001, 14001, 45001 and RoHS

Instalación
Installation

Cable de conexión de módulos fotovoltaicos para uso con o sin canalización de acuerdo con Artículo 690 del Código Eléctrico Colombiano, NTC 2050. Apto para enterrado directo, para instalación en bandejas portacables (Con o sin marcación CT), con los espacios entre peldaños de la bandeja inferiores a 300mm y asegurado como mínimo cada 1.4m [NEC 2017 690.31 C) 2] NTC 2050:2019]
Photovoltaic module connection wire for use with or without a raceway in accordance with Wiring Systems, Article 690 in the National Electrical Code (NEC), NFPA 70. Suitable for direct burial, installation in cable trays (With or without CT marking), with spaces between tray steps less than 300mm and secured at least every 1.4m [NEC 2017 690.31 C) 2] NTC 2050:2019]

Opciones

Other options

Aislamiento y chaqueta libre de halógenos HFFR-LS / HFFR - LS non halogenated insulation and Jacket
Conductor en cobre estañado / Tinned Copper conductor
Construcción con aislamiento en una sola capa / Single layer insulation construction

Empaque

Packaging

Los cables son entregados en carretes. Las cantidades son las determinadas según acuerdo comercial.
Cables are delivered in reels. Quantities are according to commercial arrangements.

Marcación estándar

Marking

CABLE FOTOVOLTAICO (PV) [Calibre/Size] Cu(FLEX) XLPE 600 V (AC) /1.8KV (DC) 90° C (-25° C) PVC SR DB FR (CT USO EXTERIOR) PROCABLES - PRYSMIAN GROUP + <AÑO FABRICACIÓN/Year of Production> + <marcación secuencial metro a metro>

DB: Direct Burial (enterrado directo) FR: Flame Retardant (retardante a la llama) CT: Apto para instalación en bandeja portacables.

Prysmian
Group

Linking
the Future

co.prysmiangroup.com

Page 2

Complementario

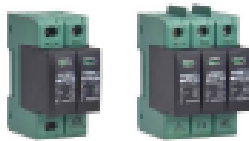
Marcado	0 - 1
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V AC
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	8 kV
[Ithe] conventional enclosed thermal current	100 A
[Ie] corriente asignada de empleo	68,6 A - tipo de cable: AC-23A) en 400 V
Potencia nominal de funcionamiento en W	37 kW en 400 V - tipo de cable: AC-23) 30 kW en 400 V - tipo de cable: AC-3)
Clase de servicio intermitente	30
Making capacity (I rms)	1260 A en 400 V AC-21A 1260 A en 400 V AC-22A 1260 A en 400 V AC-23A
[Icm] capacidad nominal de cierre en cortocircuito	2,8 kA en 400 V en corriente de pico
[Icw] rated short-time withstand Rms current	1600 A en 400 V 1 s

Intensidad de cortocircuito condicional	10 kA en 400 V - fusible asociado 125 A aM 10 kA en 400 V - fusible asociado 125 A gG
Poder de corte	1000 A en 400 V - tipo de cable: AC-21A) 1000 A en 400 V - tipo de cable: AC-22A) 1000 A en 400 V - tipo de cable: AC-23A)
Endurancia mecánica	30000 Ciclos
Durabilidad eléctrica	30000 Ciclos AC-21 30000 Ciclos DC-1...5
Características ambientales	Ambiente estándar
Poder de seccionamiento	Sí
Conexiones - terminales	Terminales de fijación por tornillo cable 70 mm² - rigidez del cable Flexible - con terminal Terminales de fijación por tornillo cable 95 mm² - rigidez del cable sólido
Par de apriete	22,6 N.m - en terminales de fijación por tornillo
Resistencia al fuego	960 °C acorde a IEC 60695-2-1
Handle front plate dimension	90 x 90 mm
Altura	280 mm
Ancho	220 mm
Profundidad	191 mm
Peso del producto	2,19 kg

Anexo 10: DPS DC (Dispositivo de Protección de Sobretensiones)



DPS DC para energía solar FSP D40.



MODELO	2P	2P	2P	2P	3P	3P	3P (SPECIAL)
Especificaciones							
Voltaje máximo de circuito abierto (VDC)	150	600	600	600	1000	1600	12/24
Tipo	II						
Tensión máxima PV de operación (VDC)	150	600	600	600	1000	1600	12/24
Corriente de descarga nominal (kA/10kV) (kA)	20	20	20	20	20	20	20
Corriente de descarga máxima (kA/20kV) (kA)	40	40	40	40	40	40	40
Resistencia a las corrientes de cortocircuito (kA)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Nivel de protección MC/MO (kV)	1	2	2,5	2,5	3,8	5,8	5,0
Grado IP	20						
Par de apriete recomendado (Nm)	0,5						
Sección transversal conductor							
Tipo conductor	Sección transversal conductor de cobre (mm ²)						
Alambre	4 - 25						
Cable	4 - 25						
Dimensiones							
Conexión							

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso.