



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN
DE ENERGIA ELÉCTRICA EN VIVIENDAS TIPO UNIFAMILIAR
PARA LA COMUNIDAD INDIGENA WAYÚU WALASHIMA DEL
MUNICIPIO DE MAICAO - LA GUAJIRA**

STEFANY TOVAR ANAYA

**ING. YESID EUGINIO SANTAFÉ RAMÓN
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS
Y TELECOMUNICACIONES**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
Junio 2022**

**DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN
DE ENERGIA ELÉCTRICA EN VIVIENDAS TIPO UNIFAMILIAR
PARA LA COMUNIDAD INDIGENA WAYÚU WALASHIMA DEL
MUNICIPIO DE MAICAO - LA GUAJIRA**

STEFANY TOVAR ANAYA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

**ING. YESID EUGINIO SANTAFÉ RAMÓN
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
PAMPLONA NORTE DE SANTANDER**

2022

**DESIGN OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS FOR THE GENERATION
OF ELECTRICAL ENERGY IN SINGLE-FAMILY HOMES FOR THE
WAYÚU WALASHIMA INDIGENOUS COMMUNITY OF THE
MUNICIPALITY OF MAICAO - LA GUAJIRA**

STEFANY TOVAR ANAYA

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

**ING. YESID EUGINIO SANTAFÉ RAMÓN
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
PAMPLONA NORTE DE SANTANDER**

2022

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle a Dios, ya que él ha sido quien me dado las fuerzas, sabiduría y entendimiento a él le debo todo lo que soy.

También le agradezco a mis padres que me dieron la vida, son ellos el primer motor de mi vida, son quienes me han brindado su apoyo incondicional y han creído ciegamente en mis capacidades y potenciales, me han guiado y me han enseñado a ser una persona agradecida por todo lo que me rodea, incluso con todas las personas que están a mi alrededor ya que siempre hay una enseñanza a través de cada persona. Agradezco a mi director de tesis Ing. Yesid Santafé por sus enseñanzas al trascurso de mi formación profesional.

Quiero ser agradecida con toda la comunidad Wayuú Walashimana, todos aportaron herramientas fundamentales para la formulación del proyecto mediante sus acompañamientos por toda la comunidad.

Le agradezco enormemente a esta empresa que me ha abierto las puertas de la vida laboral, de llevarme a explorar una parte de la realidad como profesional, a mi Jefa que siempre tuvo muchos puntos a enseñar para tener un óptimo desenvolvimiento en estas prácticas con paciencia y amabilidad; a mi jefe y amigo que siempre estuvo impulsando con nuevas ideas y soluciones a medida que se presentaban nuevos retos.

De igual forma le agradezco a toda mi familia ellos han sido un motivo de seguir luchando por la vida, a mis amigos quien con sus palabras de motivación y ánimos de nunca renunciara lo que se quiere, a Lana, Nala y Canela (mis Perritas) por acompañarme siempre después de ir a trabajar.

RESUMEN

La Constructora Arquitectura Moderna, tiene como objetivo aportar a la población de las comunidades indígenas Wayuú, en este caso, la comunidad Walashimana solicito la formulación de un proyecto de vivienda, en el cual se beneficie alrededor de 70 – 100 personas, con la construcción de 7 viviendas.

Para cumplir con tal objetivo solicitado por la comunidad se llevaron a cabo cuatro reuniones con el fin de identificar las necesidades apremiantes que la publicación consideraba que se debían suplir el diseño de la vivienda, esto con el propósito múltiples tipos de crear semejanzas a su estilo de vida y entorno cultural.

Como parte del equipo, me fue direccionado el objetivo de garantizar el suministro permanente de energía eléctrica para las viviendas, para dar cumplimiento a esto se identifican las diferentes falencias que se presentaban en la comunidad, siendo la más fundamental el no tener conexión con el sistema de energía eléctrica convencional debido a que presentan dificultad de acceso a la comunidad por la topografía del terreno, las grandes distancias que hay entre las comunidades ubicadas en la zona rural y la cabecera municipal.

Como segunda instancia, se caracterizó a la población con el fin de identificar los dispositivos electrónicos y eléctricos de consumo que ellos tienen o planean en algún momento adquirir, es necesario resaltar que la mayoría de los indígenas no tienen títulos de estudio, por ende, el trabajo que ellos ejecutan tienden a ser muy mal remunerados. Luego de identificar que la solución al suministro de energía eléctrica a la vivienda sea por un sistema fotovoltaico off-grid con almacenamiento, se lleva a calcular el dimensionamiento del mismo, eso teniendo en cuenta los lineamientos técnicos que señala el UPME.

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico está conformado por cálculos de número de paneles solares, cálculo mínimo del inversor, el análisis de económico del sistema por vivienda, y otra alternativa más automática del sistema.

ABSTRACT

The Modern Architecture Builder, aims to contribute to the population of the Wayuú indigenous communities, in this case, the Walashimana community requested the formulation of a housing project, which will benefit about 70 - 100 people, with the construction of 7 houses.

In order to fulfill this objective requested by the community, four meetings were held to identify the pressing needs that the publication considered should be met by the design of the house, this with the purpose of creating multiple types of similarities to your lifestyle and cultural environment.

As part of the team, I was directed the objective of guaranteeing the permanent supply of electrical energy for the homes, to give fulfillment to this identify the different shortcomings that were presented in the community, the most fundamental being the lack of connection with the conventional electrical power system due to the difficulty of access to the community due to the typography of the land, the long distances between the communities located in the rural area and the municipal seat.

As a second instance, the population was characterized in order to identify the electronic and electrical consumer devices that they have or plan to acquire at some point, it should be noted that the majority of indigenous people do not have degrees, Thus, the work they do tends to be very poorly paid. After identifying that the solution to the supply of electrical energy to the home is by an off-grid photovoltaic system with storage, it is taken to calculate the size of the same, that taking into account the technical guidelines indicated by the UPME.

The size of the photovoltaic system consists of calculations of the number of solar panels, minimum calculation of the inverter, the economic analysis of the system per house, and another more automatic alternative of the system.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
1. CONCEPTUALIZACIÓN	12
1.1 INTRODUCCIÓN	12
1.2 JUSTIFICACIÓN	14
1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
1.4 ACOTACIONES.....	15
1.5 DELIMITACIONES.....	15
2. INGENIERIA CONCEPTUAL	16
2.1 NORMATIVA.....	16
2.2 CARGO EMPRESARIAL.....	18
2.3 MARCO TEÓRICO	19
2.3.1 POBLACIÓN	19
2.3.2 FOTOVOLTAICO	21
3. INGENIERIA BÁSICA	25
3.1 DIAGRAMA DE BLOQUE METODOLOGICO.....	25
3.2 DESCRIPCION METODOLOGICA	25
4. INGENIERÍA DE DETALLE	26
4.1 CARACTERIZACIÓN A LA POBLACIÓN.....	26
4.2 DISEÑOS Y CÁLCULOS.....	28
4.2.1 CALCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA	29
4.2.2 CURVA DEL CONSUMO ENERGETICO.	30
4.2.3 DIMENSIONAMIENTO FOTOVOLTAICO.	31
4.2.4 CALCULO PARA NUMERO DE PANELES.	37
4.2.5 DIMENSIONADO DEL INVERSOR.	39

4.2.6	SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGIA.....	40
4.2.7	DIMENSIONADO DEL CONTROLADOR.....	41
4.2.8	CALIBRE DE CONEXIÓN.....	42
4.2.9	ESQUEMATICO DEL SISTEMA.....	43
4.3	SISTEMA FV GIRATORIO	46
4.3.1	DIMENSIONAMIENTO PRINCIPAL.....	47
4.3.2	ESTRUCTURA Y SOPORTES.....	48
4.3.3	FUNCIONAMIENTO	49
4.4	EVALUACIÓN FINANCIERA	51
4.5	IMPACTO CLIMATICO	53
4.6	PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
4.6.1	PRECAUCIONES BÁSICAS	55
4.6.2	RECOMENDACIONES AL USUARIO	56
5.	RESULTADOS	57
6.	IMPACTO GENERADO.....	59
7.	CONCLUSIONES	60
8.	REFERENCIAS	61
9.	ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DEMOGRAFÍA DE LOS REGUARDO Y TERRITORIOS INDÍGENAS.....	20
FIGURA 2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN VIVIENDAS.....	21
FIGURA 3. GRAFICA SINODAL DE LA CORRIENTE ALTERNA CA.....	23
FIGURA 4. GRAFICA SINODAL DE LA CORRIENTE DIRECTA CD.	24
FIGURA 5. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE DIMENSIONAMIENTO FV.....	25
FIGURA 6. RUTA DE ACCESO A LA COMUNIDAD.	26
FIGURA 7. CHARLAS Y CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD WALASHIMANA.....	26
FIGURA 8. TIPO DE VIVIENDA ACTUAL DE LA COMUNIDAD.	27
FIGURA 9. RENDERS DE LA VIVIENDA (3D).	27
FIGURA 10. CURVA DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN COLOMBIA.	30
FIGURA 11. UBICACIÓN ESPACIAL DE LA COMUNIDAD INDÍGENA.	32
FIGURA 12. MAPA DE IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL MEDIA DIARIA DE COLOMBIA.	33
FIGURA 13. RADIACIÓN GLOBAL EN RIOHACHA.	35
FIGURA 14. ESQUEMÁTICO SIN PROTECCIÓN.	43
FIGURA 15. ESQUEMÁTICO CON PROTECCIÓN.....	44
FIGURE 16. RENDER DE LA VIVIENDA CON EL SISTEMA FV.	45
FIGURE 17. ASOLEAMIENTO Y VIENTOS DE LA VIVIENDA.....	45
FIGURE 18. DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SISTEMA FV GIRATORIO.....	46
FIGURE 19. ESTRUCTURA DE SOPORTE METÁLICO CON LOS 6 PANELES.	47
FIGURE 20. ESTRUCTURA FÍSICA Y DEL TERRENO.	48
FIGURE 21. ASOLEAMIENTO DEL SISTEMA GIRATORIO CON SUS POSICIONES.	49
FIGURE 22. RENDER DEL SISTEMA GIRATORIO.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DEMANDA ENERGÉTICA DEL CONSUMO DE LA VIVIENDA.	29
TABLA 2. HORA SOLAR PICO. AUTOR: IDEAM	36
TABLA 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANEL SOLAR A UTILIZAR.	37
TABLA 4. RESUMEN DE RESULTADOS. AUTOR: PROPIO.....	38
TABLA 5. POTENCIA POR CADA ELECTRODOMÉSTICO. AUTOR: PROPIO.....	39
TABLA 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR.	40
TABLA 7. LISTADO DE MATERIALES.	51
TABLA 8. PRODUCCIÓN ENERGÉTICA AUTOR: PROPIO	51
TABLA 9. COSTOS DEL SISTEMA.	51
TABLA 10. EVALUACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN.....	51
TABLA 11. CATEGORÍAS DE IMPACTO.	53
TABLA 12. RESULTADOS DE EMISIÓN DE CARBONO.	54

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. CONSUMO ELÉCTRICO AL MES.	30
ECUACIÓN 2. CONSUMO ELÉCTRICO CON FACTOR DE SEGURIDAD.	30
ECUACIÓN 3. NUMERO DE PANELES.....	38
ECUACIÓN 4. POTENCIA CON FACTOR DE SEGURIDAD EN EL INVERSOR.	39
ECUACIÓN 5. CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS.	40
ECUACIÓN 6. VOLTAJE TOTAL EN EL SISTEMA.....	41
ECUACIÓN 7. INTENSIDAD TOTAL EN EL SISTEMA.	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ESQUEMÁTICO ELÉCTRICO.....	64
ANEXO 2. DATASHEET JINKO SOLAR (PANEL).	65

1. CONCEPTUALIZACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

La energía solar es una de las fuentes de energía renovable más libres de contaminantes y provechosa dadas por un recurso natural insoportable como lo es el sol, ya que es obtenida mediante un proceso de captación de la luz y radiación solar.

Colombia tiene una de las fuentes de energía solar más ricas en todo el continente americano, debido a su diversidad de terrenos y su localización geográfica que hace que su clima sea dado en 2 clases de tiempos: verano o invierno. Al mismo tiempo, dentro del territorio colombiano, el departamento de La Guajira, tiene una diversidad de relieves que incluye acantilados, planicies, montañas y dunas; de esto se desprende que en la Media guajira el relieve predominante es plano con arenales.

Muy apresar de ser el mejor territorio para la generación de energía eléctrica por sistemas no convencional, en La Guajira existen diferentes problemáticas en torno a el suministro energético, en algunos lugares el sistema eléctrico se encuentra en mal estado, y en otros, no consta con ningún tipo de abastecimiento eléctrico.

Teniendo en cuenta que este es el problema fundamental; se dispuso formular un proyecto en el cual se beneficiaran estas personas, con soluciones de vivienda requeridas, sino también que estás viviendas cuenten con el suministro de energía eléctrico permanente que permita el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

INTRODUCTION

Solar energy is one of the most polluting and profitable renewable energy sources given by an unbearable natural resource such as the sun, as it is obtained through a process of capture of light and solar radiation.

Colombia has one of the richest sources of solar energy in the entire American continent, due to its diversity of terrain and its geographical location that makes its climate is given in 2 kinds of times: summer or winter. At the same time, within the Colombian territory, the department of La Guajira, has a diversity of reliefs that includes cliffs, plains, mountains and dunes; from this it follows that in the Media guajira the predominant relief is flat with sands.

Very soon to be the best territory for the generation of electricity by unconventional systems, in La Guajira there are different problems around the energy supply, in some places the electrical system is in poor condition, and in others, there is no electricity supply.

Bearing in mind that this is the fundamental problem; it was decided to formulate a project in which these people would benefit, with housing solutions required, but also that these homes have the permanent electric power supply that allows the improvement of the quality of life of the community.

1.2 JUSTIFICACIÓN

1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el DANE el 3% en la población del país colombiano es indígena, ellos tienen un papel importante en el enfoque cultural del país, sin embargo, en muchas de estas culturas, en todos los departamentos se puede identificar alto índice de pobreza. Dentro de ellos se encuentra el departamento de la Guajira, dividida en alta, media y baja Guajira, donde el objeto de esta práctica empresarial se centrará en La Media Guajira, específicamente en Maicao – La Guajira. [1]

La población perteneciente a la etnia indígena Wayúu se ve forzada a hacer largos desplazamientos internos dentro del municipio con el fin de encontrar agua y alimentos para un mejor sustento en su diario vivir. Los índices de pobreza en el departamento son altos, debido a las malas gestiones políticas de los últimos tiempos, notoriamente, esto se ve reflejado en los altos índices de desnutrición, la falta de servicios básicos que les permitan llevar una vida digna, expulsión de territorios y en general la vulnerabilidad de sus derechos; La superación de la pobreza ha sido un problema mayor para países como Colombia, que ingresa a estos países en desarrollo, donde muchas de las comunidades indígenas viven y subsisten en condiciones de habitabilidad no aptas.

Siendo un indicador de desarrollo y prosperidad, la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Departamento es solo de 78%, evidenciándose un rezago frente al promedio nacional que está en el orden de 96.53%. Las brechas en el sector se centran en la zona rural y es necesaria la normalización en áreas urbanas marginalizadas, requiriéndose una expansión de la cobertura por su alta incidencia en los indicadores de competitividad y dadas las potencialidades del territorio, tanto en energía solar como eólica. Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), la meta a 2030 es que el 100% de las viviendas estén conectadas a la red de energía eléctrica. [2]

En el municipio de Maicao, se encontró que la mayoría de las personas de las comunidades aproximadamente el (74%), no tiene acceso a la energía eléctrica (E.E) en la mayoría de los casos, por el difícil acceso y las grandes distancias en que se encuentran ubicadas. Esto se da principalmente por ser zonas no interconectadas (ZNI) del Sistema Interconectado Nacional (SIN). [3]

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar sistemas fotovoltaicos para generación de energía eléctrica en viviendas unifamiliar para la comunidad indígena wayúu del municipio de Maicao - La Guajira.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar el consumo que se proyectan en las viviendas según su cultura el hogar.
- Diseñar el sistema fotovoltaico para las viviendas de la comunidad wayúu.
- Identificar los materiales según el diseño fotovoltaico para las viviendas de la comunidad wayúu.
- Realizar un estudio económico del dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Diseñar un protocolo para mejorar la eficiencia de los paneles según el clima.

1.4 ACOTACIONES

Esta práctica empresarial se desarrolló con base a los datos obtenidos por los estudios arquitectónicos, caracterización a la población wayúu, determinación de las necesidades que ellas presentan con el fin de solucionar de manera integral la falta de una vivienda digna ajustada a sus usos y costumbres, pero que también tenga la posibilidad de contar con acceso a energía eléctrica. El trabajo desarrollado consistió en diseñar el sistema fotovoltaico, cálculo de materiales según las cargas estimadas y el presupuesto a invertir.

1.5 DELIMITACIONES

Esta práctica empresarial se basó en la etapa de formulación del proyecto para adquirir la aprobación de los entes estatales, es decir, el trabajo a desarrollar se constituye con solo el diseño de los sistemas fotovoltaicos, cálculo de materiales según las cargas estimadas y el presupuesto a invertir sin implementación.

2. INGENIERIA CONCEPTUAL

2.1 NORMATIVA

Con la finalidad de conocer la normatividad existente en Colombia se consultaron las siguientes leyes resoluciones acuerdos:

LEY 143 DE JULIO 11 DE 1994

Ley por la cual se establece el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, que en lo sucesivo se denominarán actividades del sector, en concordancia con las funciones constitucionales y legales que le corresponden al Ministerio de Minas y Energía.

Así mismo, establece que el Ministerio de Minas y Energía, en ejercicio de las funciones de regulación, planeación, coordinación y seguimiento de todas las actividades relacionadas con el servicio público de electricidad, definirá los criterios para el aprovechamiento económico de las fuentes convencionales y no convencionales de energía, dentro de un manejo integral eficiente y sostenible de los recursos energéticos del país y promoverá el desarrollo de tales fuentes y el uso eficiente y racional de la energía por parte de los usuarios. [4]

NORMA NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ha publicado la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, trabajo realizado gracias al análisis de un grupo de profesionales y expertos del sector eléctrico. [5]

El Código Eléctrico Colombiano NTC 2050, es una norma acorde a la invención de tecnologías en un ámbito global relacionadas a la eficiencia energética, sin dejar de lado las técnicas y materiales que se pueden implementar en las instalaciones eléctricas.

El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad. [5]

Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación

prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad.

Dentro de los riesgos, se pueden resaltar los causados por sobrecarga en instalaciones eléctricas, debido a que no se utilizan de acuerdo con las disposiciones de este código. Esto sucede porque la instalación inicial no prevé los posibles aumentos del consumo de electricidad. Una instalación inicial adecuada y una previsión razonable de cambios en el sistema, permitirá futuros aumentos del consumo eléctrico. [5]

RESOLUCIÓN NÚMERO 90708 del 30 DE AGOSTO DE 2013

Expedir el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE con el fin de que se mantenga una relación con el servicio de electricidad, deberá mantener y operar sus instalaciones preservando la integridad de las personas, de los bienes y del medio ambiente y manteniendo los niveles de calidad y seguridad establecidos para el país, el cual se encuentra contenido en:

- 1) El Anexo General, en 205 páginas
- 2) El Anexo No. 2 que lo conforman los siete primeros capítulos de la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, Primera Actualización de 1988, que tiene su origen en la norma técnica NFPA 70, el cual fue publicado en el Diario oficial N° 45.592 de 2004. [6]

RESOLUCIONES 90907 DE 2013, 90795 DE 2014, 40492 DE 2015, 40157 DE 2017 Y 40259 DE 2017

Por medio de las cuales se modifican y aclaran algunos artículos del Anexo General de la Resolución 90708 de 2013. [7]

RESOLUCIÓN 40908

Por medio de la cual se decide la permanencia del reglamento de acuerdo a lo estipulado en el Diario Oficial. [8]

2.2 CARGO EMPRESARIAL

En la empresa se desempeñó el cargo practicante de ingeniera electrónica; la principal función a desempeñar es el de diseñar sistemas de generación eléctrica no convencional para los proyectos de construcción de infraestructura que no se encuentren en zonas que tengan acceso a conexión eléctrica convencional.

El principal proyecto diseñado por la constructora es la construcción de unas viviendas en zona rural más exactamente en la comunidad indígena Walashimana ubicada en la zona rural del municipio de Maicao.

Proyecto solicitado por la autoridad de la misma comunidad, con el fin de que este sea financiado o ejecutado por entidades nacionales, departamentales o municipales.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 POBLACIÓN

EL PUEBLO WAYÚU

El núcleo social del pueblo Wayúu es el Apushi (familia) que se define por línea materna es decir por el clan y no por los apellidos como lo hace el alijuna; le sigue el Toumain (Comunidad) conformadas por diferentes familias que habitan un mismo territorio, en este territorio prevalece la autoridad del Eiruku (clan dominante); sigue Eiruku (Clanes) diferentes comunidades pueden pertenecer a un mismo clan; y por último Woumain que se refiere a la gran nación Wayúu, compuesta por todas las familias, rancherías y clanes de este pueblo. [9]

Estos niveles sociales se mantienen articulados por ocho ejes que le dan fortaleza a toda la estructura porque son transversales a todas las esferas sociales propias Wayúu: [9]

- Suumain Wayúu: (Territorio)
- Wawashirüin: (Desarrollo Económico)
- Ekirajaa Akuaipalu'u: (Educación Propia)
- Sukuaipa Laülawa: (Autonomía, Gobernabilidad)
- Painwaa: (Participación)
- Wayuuwaa: (Conciencia Wayúu)
- Akuaipaa: (Identidad Cultural)
- Anaa wapula wayuukana: (Equilibrio) [9]

En la oficina de Asuntos Indígenas del Municipio de Maicao, existe un total de 489 rancherías o comunidades indígenas registradas, de las cuales 322 se encuentran asentadas dentro de los territorios resguardos y las otras 167 se encuentran por fuera de los territorios resguardados. Es importante aclarar que ante la Dirección de Asuntos Indígenas, Minorías y ROM del Ministerio del Interior se encuentran registradas solo 476 rancherías o comunidades indígenas. 9 2020 – 2023 Cabe destacar que las 322 se encuentran identificadas en Cinco Resguardos Indígenas Wayuu, los cuales, se encuentran distribuidos de la siguiente forma [9]:

- Resguardo ALTA Y MEDIA GUAJIRA, conformada por trescientas siete (307) rancherías.
- Resguardo OKOCHI, conformada por cinco (5) rancherías.
- Resguardo SOLDADO PÁRATE BIEN, conformada por una (1) ranchería.
- Resguardo WOPUMUIN JUNAIN MAIKOU, conformada por cuatro (4) rancherías.
- Resguardo ALBERTO PUSHAINA, conformada por cinco (5) rancherías. [9]

Además, existe una zona de reserva indígena, denominada Carraipia, ubicada sobre la margen izquierda en la vía nacional que conduce de Maicao al corregimiento del mismo nombre [9].



Figura 1. Demografía de los resguardo y territorios Indígenas.

Autor: Alcaldía de Maicao.

Fuente: Caracterización de la zona rural étnica y no étnica del municipio de Maicao frente a los retos de la seguridad alimentaria de La Guajira. 2019. [9]

2.3.2 FOTOVOLTAICO

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO CONECTADOS A LA RED

Son aquellos que no están conectados a la red y necesitan implementar un sistema de almacenamiento de energía (paquete de baterías) para proporcionar energía eléctrica básica al hogar. *(Propio)*

ENERGIA SOLAR

La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene de la radiación electromagnética del sol. Es una fuente de energía renovable porque proviene de un recurso natural inagotable, en este caso el sol. Es una de las energías renovables más limpia y popular del mundo. *(Propio)*

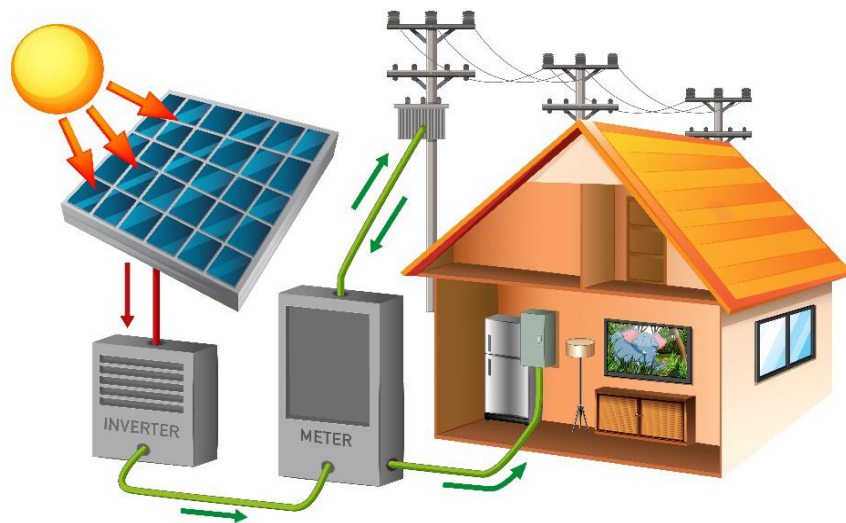


Figura 2. Funcionamiento del Sistema solar fotovoltaico en viviendas.
Autor: Propio

PANELES SOLARES

Es un dispositivo que convierte directamente la energía solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico o indirectamente convierte la energía solar en energía eléctrica al convertir la energía solar en energía térmica o química. [10]

La forma más común de celda solar se basa en el efecto fotovoltaico, en el que la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas crea una diferencia de potencial o una diferencia de potencial entre las dos capas.

Este voltaje puede impulsar la corriente a través de un circuito externo, produciendo así un trabajo útil. [10]

INVERSOR

Un inversor FV fotovoltaico es un dispositivo que convierte la energía generada durante una instalación fotovoltaica, enviada como corriente continua, en corriente alterna, de forma que los electrodomésticos y otros productos eléctricos puedan funcionar a niveles normales. [11]

RADIACIÓN SOLAR

Es la energía liberada por el sol debido a una serie de reacciones de fusión nuclear que hacen que el sol pierda ciertas partículas de masa (fotones), que se convierten en energía. Este fenómeno se debe a factores como alguna pérdida de contacto con el panel solar, el polvo o el ángulo del panel. Así que hay 2 tipos de radiación: [12]

- Radiación Directa: La radiación del sol llega a la superficie de la Tierra sin cambiar de dirección.
- Radiación difusa: es la energía solar que llega a la superficie a través de la refracción, reflexión o colisión indirecta de algunos elementos. [12]

HORA PICO SOLAR

La Hora Pico Solar (PSH) es la cantidad de energía que recibimos en horas por metro cuadrado, la cual varía debido a varios factores: Su ubicación y clima, el hecho de que Colombia se encuentre en las líneas ecuatoriales norte y sur lo convierte en un clima especial, caracterizado por lluvia en determinadas épocas del año, temperaturas muy altas y poco viento. [13]

ORIENTACION DE LOS PANELES

El valor de irradiación que incide sobre un módulo fotovoltaico depende de la inclinación que adopte el panel y por lo tanto del ángulo de incidencia θ entre la normal a la superficie del módulo y el haz de radiación solar. Si la radiación solar es perpendicular a la superficie del módulo fotovoltaico, la captación de energía será máxima. [14]

CORRIENTE ALTERNA

La corriente alterna (CA) es un tipo de corriente eléctrica que cambia a lo largo del tiempo. Los cambios pueden ser cambios en la magnitud de la corriente o en intervalos cíclicos. [15]

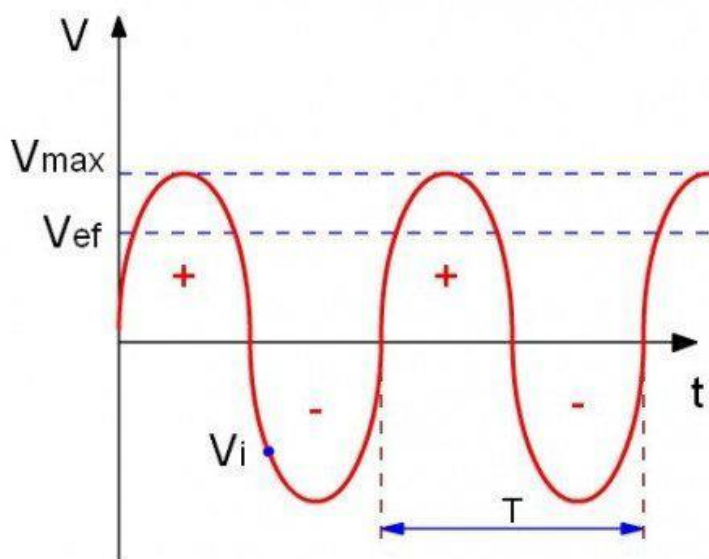


Figura 3. Grafica sinodal de la Corriente Alterna CA.
Fuente: solar-energía.net.
Autor: Energía Solar.

CORRIENTE DIRECTA

La Corriente Directa (DC) es un tipo de corriente eléctrica donde flujo de corriente pasa a través de un material conductor como resultado del movimiento de varios electrones a lo largo de su estructura molecular. En el caso de la corriente continua, el flujo de electrones tiene la característica de que siempre fluye en el mismo sentido de circulación. [16]



Figura 4. Grafica sinodal de la Corriente Directa CD.
Fuente: Google

BATERÍAS

Dispositivos electrónicos donde su función principal es almacenar carga para altas durabilidades sin conexión. (Propio)

SOPORTES DE MONTAJE

Para fijar los paneles en la cubierta o en suelo. (Propio)

3. INGENIERIA BÁSICA

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUE METODOLOGICO

Según la figura 5, muestra el diagrama de bloques de los pasos que se efectuaron a la hora de avanzar en el proceso del dimensionamiento del sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta que cada uno de ellos cumplía una función muy importante para determinar múltiples factores.

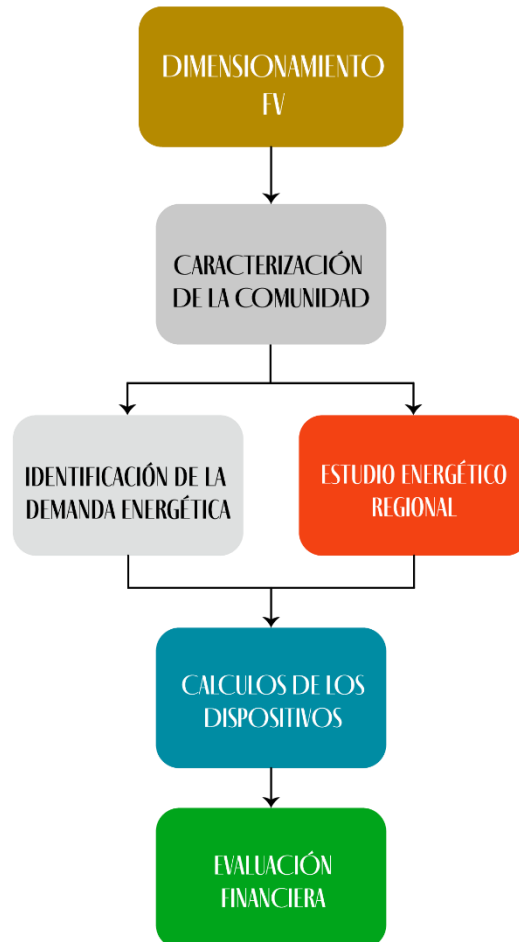


Figura 5. Diagrama de Bloques del proceso de dimensionamiento FV.
Autor: Propio - 2022

3.2 DESCRIPCION METODOLOGICA

Durante el desarrollo de la práctica empresarial a través del jefe de proyectos de la constructora, me fue asignado el desarrollo del sistema de generación de energía no convencional para la construcción de unas viviendas en zona rural más exactamente en la comunidad indígena Walashimana ubicada en la zona rural del municipio de Maicao.

4. INGENIERÍA DE DETALLE

4.1 CARACTERIZACIÓN A LA POBLACIÓN

Se realizaron 4 visitas a la comunidad por parte de todo el personal de la constructora (ingenieros civiles, topógrafos, arquitectos, ingeniera electrónica).



*Figura 6. Ruta de Acceso a la Comunidad.
Autor: Propio*

Esto con el fin de tomar la mayor información posible de la comunidad y hacerse una idea del posible diseño de la vivienda.

Durante la visita de desarrollo un dialogo con la población, así mismo, se tomó el concepto de cada una sobre el desarrollo del proyecto, ya que serían viviendas dispersas, cada vivienda estará alrededor de 400 metros de distancia una de la otra aproximadamente.



*Figura 7. Charlas y caracterización de la comunidad Walashimana.
Autor: Propio.*

De igual forma se le explico a la comunidad en qué consistía el proyecto de tal forma que pudieran entender y les quedará claro que las viviendas contarán con su propio sistema de generación de energía de forma independiente y para eso se tenía pensado utilizar un sistema no convencional para la generación y que este será fotovoltaico; a lo que estuvieron de acuerdo.



*Figura 8. Tipo de vivienda actual de la comunidad.
Autor: Propio*

Una vez terminado y socializado con la comunidad el diseño arquitectónico de la vivienda se procedió a desarrollar el diseño del sistema fotovoltaico para la generación de la energía que necesitaría la vivienda, se construirían un total de 7 viviendas, las cuales constarán de 3 habitaciones de $20m^2$ cada una, un kiosco o enramada de $60 m^2$, una cocina de $20 m^2$.



*Figura 9. Renders de la Vivienda (3D).
Autor: CAM*

Este diseño se tomó como base para determinar el tamaño de los paneles, la carga que soportara el sistema, el banco de baterías entre otros componentes.

Para determinar los componentes o tecnologías apropiadas a utilizar en el sistema fotovoltaico a ser instalado en las viviendas a ser desarrolladas con el proyecto, se realizó una recolección de información vía web con el fin de conocer los diferentes elementos que existían en el mercado que cumplieran con las siguientes especificaciones:

- I.** Que puedan soportar condiciones extremas de sol, arena y viento (principales características del territorio a ser instalados).
- II.** Que sean muy económicos, ya que serán comprados a través de un recurso gestionado con el gobierno nacional colombiano.
- III.** Que su uso sea el más sencillo posible, por las limitaciones de aprendizaje de la población objetivo de los equipos.

Partiendo de estos prerequisites se determinaron los elementos electrónicos y eléctricos para el diseño del sistema.

Por otra parte, para el tema de cableado, conectores y demás se tuvo en cuenta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, y la Norma Técnica Colombiana NTC 2050.

Como conclusión de la aplicación de estos criterios antes mencionados se determinaron que los mejores elementos para la estructuración del sistema fotovoltaico son los que se usan, alinean, describen y estipulan en los diseños presentados más adelante.

4.2 DISEÑOS Y CÁLCULOS

El diseño y dimensionamiento se encuentra a crear un sistema de generación de electricidad mediante la utilización de energía solar fotovoltaica, dicho sistema debe ser capaz de satisfacer la demanda eléctrica de en una vivienda de la comunidad indígena Walashimana de la zona rural del municipio de Maicao – La Guajira.

4.2.1 CALCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA

La comunidad Walashimana no cuenta con energía eléctrica actualmente, es por ello que se estima un consumo eléctrico de acuerdo a equipos básicos y culturales que pueden empezar a adquirir de forma progresiva.

Tabla 1. Demanda Energética del consumo de la vivienda.

EQUIPOS ELECTRÓNICOS POR VIVIENDA					
Descripción del equipo	Potencias (W)	Cantidad	Hora/día función	Consumo diario (Wh/día)	Consumo mensual (kWh/mes)
Iluminación	10	8	6	480	14,4
Cargador Móvil	10	3	4	120	3,6
Ventilador	80	3	12	2880	86,4
Nevera genérica	200 ¹	1	24	1080 ¹	32,4 ¹
Licuada genérica	350	1	0,2	70	2,1
Total por vivienda	650	16	46,2	4630	142,5

El consumo mensual estimado por vivienda es de 142,5 kWh por mes como se puede observar en la tabla 1, sin embargo, al revisar la normatividad colombiana vigente se comprueba que la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, establece un consumo de subsistencia mínimo del servicio de energía eléctrica de 173 kWh por mes para alturas inferiores a 1.000 metros sobre el nivel del mar ², dato que corresponde con la ubicación del municipio de Riohacha. Por esta razón se decide continuar el dimensionado del sistema FV con el consumo de subsistencia definido por la UPME.

El valor de consumo de subsistencia mínimo está dado mes de la vivienda, se debe llevar ese valor a consumo por día. Los cálculos que se evidenciarán a continuación fueron tomados del libro *“Energía Solar Fotovoltaica – Calculo de una instalación aislada.”* Miguel Pareja Aparicio.

¹ Corresponde al consumo de energía de una nevera genérica que se caracteriza por tener una eficiencia energética “A” de acuerdo a la etiqueta energética del producto.

² Resolución 0355 de 2004 Unidad de Planeación Minero Energética. Por la cual se modifica el consumo de subsistencia del servicio de energía eléctrica. 08 de julio de 2004.

Ecuación 1. Consumo Eléctrico al mes.

Autor: Miguel Pareja.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica – Calculo de una instalación aislada.

$$E_v = 173 \frac{kWh}{Mes} \cdot \frac{1 Mes}{30 Días} = 5,76 \frac{kWh}{Día} \quad [1]$$

Al multiplicar por un factor de seguridad de 1,3 (debido a perdidas en el sistema):

Ecuación 2. Consumo eléctrico con factor de seguridad.

Autor: Miguel Pareja.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica – Calculo de una instalación aislada.

$$E_T = 5,76 \cdot 1,3 = 7,488 \approx 7,5 \frac{kWh}{Día} * \frac{1000Wh}{1kWh} = 7500 \frac{Wh}{Día} \quad [2]$$

E_v : Energía eléctrica de subsistencia por día para la vivienda.

E_T : Energía eléctrica total a producir por día.

4.2.2 CURVA DEL CONSUMO ENERGETICO.

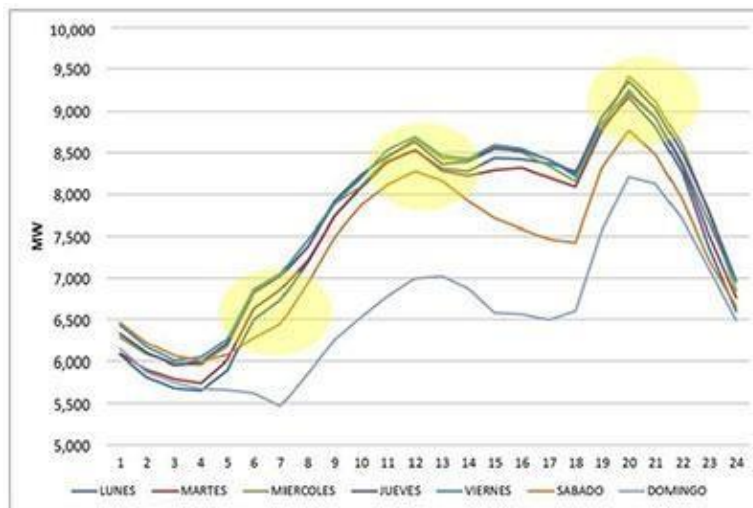


Figura 10. Curva del Consumo Energético en Colombia.

Autor: XM.

Dado que es necesario conocer la relación de tiempo con energía consumida diaria, se utiliza como base la curva de demanda colombiana promedio, que se muestra en la Figura 9, para encontrar el comportamiento de consumo de un hogar promedio en Colombia para cada día del año presente.

El consumo de energía del país muestra una tendencia según el tipo de día, por ejemplo, de lunes a viernes hay un consumo promedio que se puede atribuir a días normales. El sábado tiene un ritmo muy similar al normal, pero con consumo minorizado en sus horas, mientras que los domingos y festivos contienen la particularidad de muy bajos consumos con referente a la normalidad.

Además, también se puede analizar que hay 3 zonas muy importantes, La Primera que va desde la 4 am a las 7 am. Este movimiento se debe a que las personas comienzan un día de trabajo (Levantarse – Empezar a laborar); El Segundo va desde las 11am hasta la 1pm este movimiento se debe a que es al mediodía en la hora punta del almuerzo; y el Tercero va desde las 7pm a las 9pm y se debe a que las personas regresan a casa, además, es donde se consume más electricidad durante el día.

4.2.3 DIMENSIONAMIENTO FOTOVOLTAICO.

Para realizar el dimensionado del sistema primero se debe conocer ciertas condiciones meteorológicas del lugar, es por ello que antes de estimar la cantidad de paneles fotovoltaicos que satisfarán la demanda calculada se especifica la ubicación geográfica del lugar y luego se determina las horas de sol pico HSP.

ZONA DE ESTUDIO SELECCIONADO

La comunidad indígena Walashimana se encuentra ubicada en la zona rural del municipio de Maicao las coordenadas geográficas en grados decimales son: Latitud 11.450484 y Longitud -72.232220.



*Figura 11. Ubicación espacial de la comunidad indígena.
Autor: Google Maps.*

RADIACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.

Para conocer la radiación solar en el lugar se investigó la fuente más cercana y se eligió como origen de información el Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y la Unidad de Planeación Minero Energética UPME.

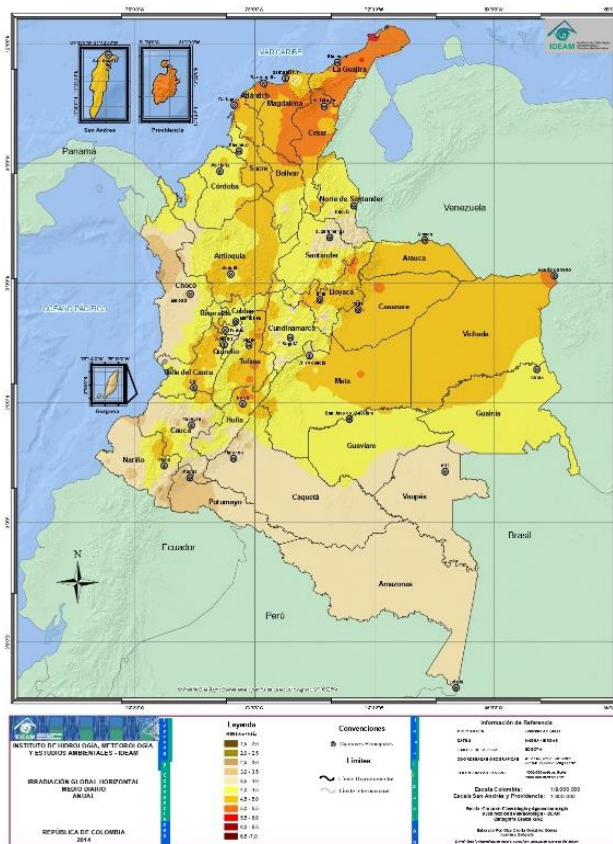


Figura 12. Mapa de Irradiación global horizontal media diaria de Colombia.
Autor: IDEAM

En la figura 11, se puede observar como todo el territorio colombiano cuenta con valores aproximados de Irradiación global.

La zona de estudio la cual entra a profundidad se encuentra a varios kilómetros de Riohacha, en la estación meteorológica del Aeropuerto Almirante Padilla sería el punto de muestreo más cercano y con datos reales registrados de forma directa lo que se considera más preciso que los datos satelitales antiguos. Es por ello que se decide trabajar con estos datos.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) es la entidad del gobierno de Colombia dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Es la encargada del manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente en Colombia. [12]

Por tal motivo se consideró que esta información es la óptima para fundamentar las condiciones del territorio y sobre estas basar el diseño; esto teniendo en cuenta que no se tienen los equipos para hacer los estudios propios en campo.

Muy a pesar de que hay otras plataformas de información meteorológicas, se priorizo la nacional por esta tener estudios en campo de todo el territorio nacional, en lugar de otros que pueden tener estudios a distancia. Además, no se anexa la información meteorológica de la Nasa ya que su última actualización en la zona de la guajira fue hasta el año 2015, datos con poca información actualizada.

Por otra parte, muchas de las plataformas de información gratuitas no son 100% confiables, lo que ocasionaría que las predicciones no sean las correctas afectando el diseño del sistema; las otras con información más confiable son plataformas de paga, lo que restringe el acceso a la misma.

Pro lo anteriormente descrito, y previendo que podamos tener una información que podría dispersar los datos y afectar la toma de decisiones para el diseño del sistema y por ende sus funcionamiento y eficiencia, se determinó que la información más confiable debe ser la informada por el IDEAM, siendo esta la máxima autoridad en Colombia para el manejo de la información científica, hidrológica, meteorológica y todo lo relacionado con el medio ambiente, de igual forma es en esta información en la que se basan todos los estudios del ministerio de minas y energías referente a los proyectos de generación de energía que se están desarrollando actualmente en el territorio del departamento de La Guajira.

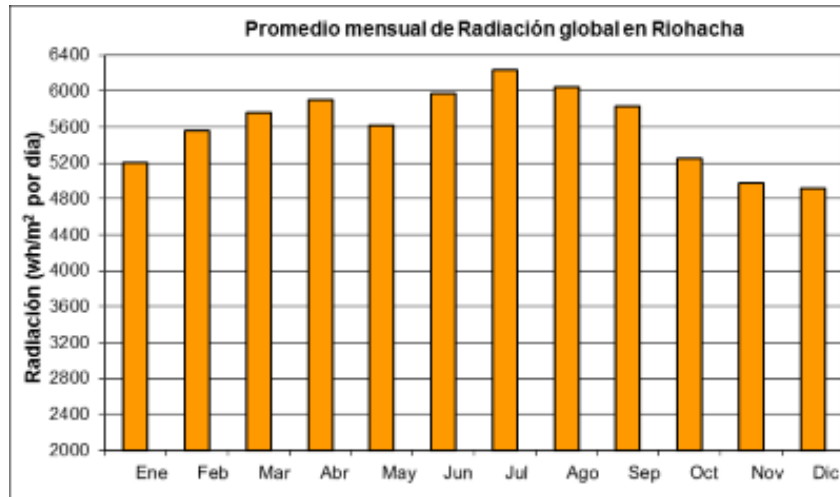


*Figura 13. Radiación global en Riohacha.
Autor: Propio*

En la figura 12, se puede apreciar el comportamiento de la radiación global por mes, al respecto conviene decir que en el anexo 1 del presente trabajo se pueden observar los valores exactos de cada mes.

DETERMINACIÓN DE LA HORA SOLAR PICO (PSH) Y EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMO

Según la tabla 2, tenemos la información suministrada por la UPME en los equipos meteorológicos que determinaron la radiación e inclinación de los sistemas FV en el departamento de la guajira.

Tabla 2. Hora solar pico. Autor: IDEAM

	Ene	Feb	Mar	Ab r	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
Número de días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
No día/año	15	45	76	106	137	168	198	229	259	290	321	351
Declinación (δ)	-21,27	-13,62	-2,02	9,78	19,26	23,39	21,18	13,12	1,81	-10,33	-19,60	-23,40
Elevación solar (Θ)	57,22	64,87	76,47	88,27	97,75	101,88	99,67	91,61	80,30	68,16	58,89	55,09
Inclinación (β)	32,78	25,13	13,53	1,73	7,75	11,88	9,67	1,61	9,70	21,84	31,11	34,91
Radiación global en una superficie horizontal $G_a(0)$	5,20	5,56	5,76	5,90	5,62	5,98	6,24	6,05	5,83	5,25	4,98	4,92
Radiación global en una superficie inclinada $G_a(\beta)$	6,07	6,08	5,93	5,90	5,68	6,11	6,34	6,05	5,92	5,62	5,72	5,86
IF	0,96	0,99	1,00	0,98	0,99	1,00	1,00	0,98	1,00	0,99	0,97	0,95
HSP/día	5,82	6,02	5,93	5,79	5,62	6,11	6,34	5,93	5,92	5,57	5,54	5,68
HSP/mes	180,56	168,57	183,70	173,61	174,26	183,32	196,40	183,84	177,74	172,53	166,31	176,13

El Angulo de inclinación optimo (β_{op}) es igual al promedio de la inclinación (β) teniendo en cuenta los 12 meses, para nuestro caso ese valor es de: 16,80°

4.2.4 CALCULO PARA NUMERO DE PANELES.

Según lo expuesto en las figuras 11 y 12, al igual que lo relacionado en la tabla 2, considerando que el departamento de La Guajira posee los indicadores de radiación, calor y temperatura más extremas de toda Colombia, por tanto se requieren que todos los componentes estén diseñados para soportar las extremas condiciones que se podrían presentar en la zona donde serán instalados; Sin embargo, también se debe tener en cuenta el costo de los equipos ya que estos tampoco pueden ser demasiado altos.

Para realizar el dimensionado se eligió un panel solar fotovoltaico marca Jinko Solar JKM360M-72(Plus) con una potencia pico de 360 W en condiciones estándar, las principales características se presentan a continuación:

Tabla 3. Especificaciones técnicas del panel solar a utilizar.
Autor: Datasheet JKM360-72 PLUS

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM315PP-72(Plus)		JKM320PP-72(Plus)		JKM325PP-72(Plus)		JKM330PP-72(Plus)		JKM335PP-72(Plus)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	325Wp	242Wp	330Wp	246Wp	335Wp	250Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V
Maximum Power Current (Imp)	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A	8.74A	6.97A	8.82A	7.02A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V	46.9V	44.2V	47.2V	44.4V
Short-circuit Current (Isc)	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A	9.14A	7.38A	9.18A	7.43A
Module Efficiency STC (%)	16.23%		16.49%		16.75%		17.01%		17.26%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

Además de las características técnicas es necesario conocer la demanda diaria la cual se determinó con anterioridad arrojándonos un valor de 7500 Wh/día, la HSP crítico, es decir el peor mes el cual es noviembre como se puede observar en la tabla 2 con un HSP por día de 5,54 y se considera un factor de perdida global de 0,9.

La fórmula para calcular el número de paneles es la siguiente:

Ecuación 3. Numero de Paneles.

Autor: Miguel Pareja.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica – Calculo de una instalación aislada

$$N_{\text{paneles}} = \frac{E_g}{W_p \cdot PSH_{\text{critico}} \cdot \eta_g} \quad [3]$$

Donde:

N_{paneles} : Numero de paneles.

E_g : Demanda diaria incluyendo incremento pérdidas.

W_p : Potencia nominal del módulo solar.

η_g : Factor de pérdida global.

Remplazando tenemos que:

$$N_{\text{paneles}} = \frac{7500 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}}{360\text{W} \cdot 5,54 \text{ HSP/día} \cdot 0,9} = 4,18 \approx 4 \text{ Paneles}$$

Tabla 4. Resumen de resultados. Autor: Propio

Inclinación optima anual por consumos	16,80°
HSP/día critico	5,54
Mes critico	Noviembre
Energía a generar (Wh/día)	7500
Potencia nominal del panel (W)	360
Factor global de perdidas	0,9
Numero de paneles	4
Energía a generar (kWh/año)	2737,5
Potencia del sistema (W)	1440
Perdidas (W)	129,6

De acuerdo a los cálculos realizados (ver tabla 4) se determinó que se necesitan instalar 4 paneles fotovoltaicos para suplir la demanda de energía eléctrica de subsistencia mínimo para la vivienda.

4.2.5 DIMENSIONADO DEL INVERSOR.

En esta aplicación es necesario entender que el sistema FV no se conectará la red por ende se recomienda un banco de baterías con una autonomía relativamente baja, ya que en esta zona del país es común no encontrar un sistema vital eléctrico. Por esto el inversor debe ser lo suficientemente grande para sostener la potencia que se requiera en cualquier momento. Dado esto se recomienda un inversor 25-30% más grande que el total de las sumas de las potencias de los electrodomésticos.

Tabla 5. Potencia por cada Electrodoméstico. Autor: Propio

Descripción del Equipo	Potencias (W)
Iluminación	10
Cargador Móvil	10
Ventilador	80
Nevera genérica	200
Licuada genérica	350
Total por Vivienda	650

La tabla 5 nos muestra la suma de las potencias de los electrodomésticos, ahora se multiplica por 1,3 correspondiente al 30% de más que se recomienda para el inversor.

Ecuación 4. Potencia con factor de seguridad en el inversor.

Autor: Miguel Pareja.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica – Calculo de una instalación aislada

$$I_p = 650W \cdot 1,3 = 845w \quad [4]$$

Donde:

I_p : Potencia del inversor.

Por lo tanto, se necesita un inversor de 0,85 kW de potencia para el correcto funcionamiento del sistema. El inversor elegido para la instalación es el inversor de la cadena FIMER modelo UNO-DM-1.2-TL-PLUS-Q.

Tabla 6. Especificaciones técnicas del inversor.
Datasheet UNO-DM-1.2-TL-PLUS-Q.

Technical data and types			
Type code	UNO-DM-1.2-TL-PLUS-Q	UNO-DM-2.0-TL-PLUS-Q	UNO-DM-3.0-TL-PLUS-Q
Input side			
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,abs}$)		600 V	
Start-up DC input voltage (V_{start})	120 V (adj. 120...150 V)	150 V (adj. 120...250 V)	150 V (adj. 120...250 V)
Operating DC input voltage range ($V_{dcmin}...V_{dcmax}$)		0.7 x $V_{start}...580$ V (min 90 V)	
Rated DC input voltage (V_{dc})	185 V	300 V	300 V
Rated DC input power (P_{dc})	1500 W	2500 W	3300 W
Number of independent MPPT	1	1	1
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{MPPTmax}$)	1500 W	2500 W	3300 W
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT at P_{dc}	100...530 V	210...530 V	320...530 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	N/A	N/A	N/A
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT at P_{dc} , max unbalance example	N/A	N/A	N/A
Maximum DC input current (I_{dcmax}) / for each MPPT ($I_{MPPTmax}$)	10.0 A	10.0 A	10.0 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	12.5 A	12.5 A	12.5 A
Number of DC input pairs for each MPPT		1	
DC connection type ³⁾		Quick Fit PV Connector	
Input protection			
Reverse polarity protection		Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT-varistor		Yes	
Photovoltaic array isolation control		According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)		25 A / 600 V	
Output side			
AC grid connection type		Single-phase	
Rated AC power (P_{ac} @cosφ=1)	1200 W	2000 W	3000 W

4.2.6 SISTEMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGIA.

El sistema que se propone para acumular la energía eléctrica es un banco de baterías, este será dimensionado solo para funcionar como respaldo cuando haya alguna intermitencia en la red. Se decide asegurar 12 horas de autonomía para las baterías.

Ecuación 5. Capacidad del banco de baterías.

Autor: Miguel Pareja.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica – Calculo de una instalación aislada

$$\text{Battery Capacity (Ah)} = \frac{\text{Total Watt-hours per day used by appliances} \times \text{Days of autonomy}}{(0.85 \times 0.6 \times \text{nominal battery voltage})}$$

Donde:

$$\text{Total Watt} - \text{hours per day} = 7500 \text{ Wh/día}$$

$$\text{Nominal battery voltage} = 48\text{v}$$

$$\text{Days of autonomy} = 12\text{h} = 0,5 \text{ dias}$$

$$\text{Battery Capacity (Ah)} = \frac{7500 \text{ Wh/Día}}{(0.85 \cdot 0.6 \cdot 48V)} \cdot 0,5 \quad [5]$$

$$\text{Battery Capacity (Ah)} = 153.2 \text{ Ah} \approx 155 \text{ Ah}$$

Teniendo en cuenta que no son los únicos diseños fotovoltaicos dados en la empresa se llegó a un acuerdo con la empresa que suministra baterías AGM con el sistema de Plomo-Acido en La Guajira para que sea diseñado el banco de energía compacto a los cálculos estimados. Se selecciona baterías de Plomo-Acido ya que este tipo de baterías no permiten a gran escala la transferencia de calor que se encuentra en el ambiente por ende como es un clima muy caluroso se implementa con el fin de alargar la durabilidad del sistema.

4.2.7 DIMENSIONADO DEL CONTROLADOR

La disposición general de los paneles será dispuesta en la cubierta de la vivienda con una conexión en serie de los 4 paneles.

Datos importantes del panel seleccionado:

$$P_m = 360 \text{ Wp}$$

$$V_m = 39,5 \text{ Vdc}$$

$$I_m = 9,12 \text{ A}$$

Para calcular el voltaje total:

Ecuación 6. Voltaje Total en el Sistema.

Autor: Miguel Pareja.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica – Calculo de una instalación aislada

$$V_T = V_m * N_s \quad [7]$$

$$V_T = 39,5 \text{ V} * 4$$

$$V_T = 158 \text{ V}$$

Para calcular la Intensidad total:

Ecuación 7. Intensidad Total en el Sistema.

Autor: Miguel Pareja.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica – Calculo de una instalación aislada

$$I_T = I_m * N_p \quad [8]$$

$$I_T = 9,12 \text{ A} * 1$$

$$I_T = 9,12 \text{ A}$$

P_m : Potencia pico del panel.

V_m : Voltaje de potencia máxima.

I_m : Corriente de potencia máxima.

I_T : Intensidad total.

V_T : Voltaje total.

N_s : Número de paneles en serie.

N_p : Número de paneles en paralelo.

Partiendo de la configuración espacial que se puede observar en la tabla 6, se tendría para este caso 150-250 VDC y 10 A. El inversor elegido para la instalación es el FIMER modelo UNO-DM-2.0-TL-PLUS-Q que tiene un máximo voltaje de entrada de 250V, lo que comprueba una buena elección del inversor.

4.2.8 CALIBRE DE CONEXIÓN

Teniendo en cuenta el anexo general del RETIE, el artículo 28 requisitos específicos según el tipo de instalación, numeral 28.1 literal g menciona lo siguiente; Las instalaciones eléctricas de las unidades de vivienda, de área construida menor a 50 m² y capacidad instalable no mayor a 7 kVA, deben ser construidas mínimo con los siguientes circuitos:

- ✓ Un circuito para pequeños artefactos de cocina, despensa y comedor, de capacidad no menor a 20 A, a este circuito se le puede incorporar la carga del cuarto de baño.
- ✓ Un circuito para conexión de plancha y lavadora de ropa, de capacidad no menor a 20 A.
- ✓ Un circuito para iluminación y tomacorrientes de uso general en el resto de la vivienda, de capacidad no menor a 20 A.
- ✓ Las instalaciones localizadas en alturas por encima de 1500 msnm, deben disponer de un circuito exclusivo para ducha eléctrica, a menos que en el momento de demostrar la conformidad con el RETIE, el cuarto de baño ya disponga de otro medio para el calentamiento del agua para el aseo personal.

Por otra parte, en la NTC 2050, Sección 690. sistemas solares fotovoltaicos, inciso D. métodos de alambrado, párrafo c) Cables y cordones flexibles. Cuando se utilicen cables y cordones flexibles para conectar las partes móviles de los módulos de orientación fotovoltaicos, dichos cables deben cumplir lo establecido en la Sección 400 y ser de un tipo identificado como de uso pesado o como cables portátiles de fuerza; deben ser adecuados para uso extra pesado, estar certificados para su uso exterior y ser resistentes al agua y a la luz del sol. Su capacidad de corriente debe cumplir lo establecido en el Artículo 400-5. Cuando la temperatura ambiente supere los 30 °C, a la capacidad de corriente se deben aplicar los factores de corrección de la Tabla 690-31.c).

Por lo anteriormente expuesto, se determinó que para cumplir con las especificaciones de estos ítems de las normas se estableció el tipo y grosor de cable estipulado en los diseños mostrados a continuación.

4.2.9 ESQUEMATICO DEL SISTEMA

ESQUEMATICO SIMPLE.

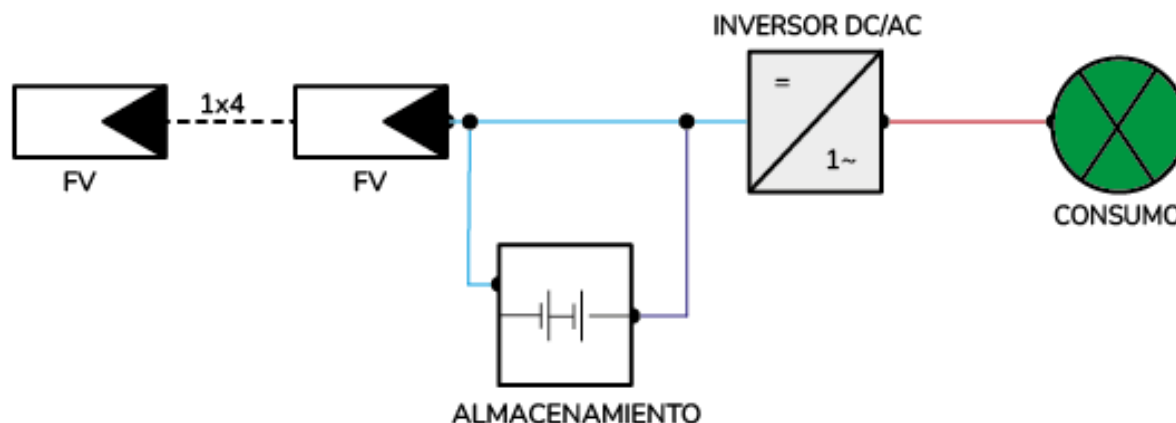


Figura 14. Esquemático sin Protección.
Autor: Propio.

El sistema FV sin protección se compondría por un circuito como se evidencia en la figura 13, así:

“Los paneles solares se conectarían en serie con el fin de que el voltaje aumente, la salida se dividiría en 2, uno de las conexiones va directo al inversor para poder tener energía a la vivienda de forma directa y la otra conexión va directo al banco de baterías para que inicie el estado de carga de las baterías.”

ESQUEMATICO COMPLETO

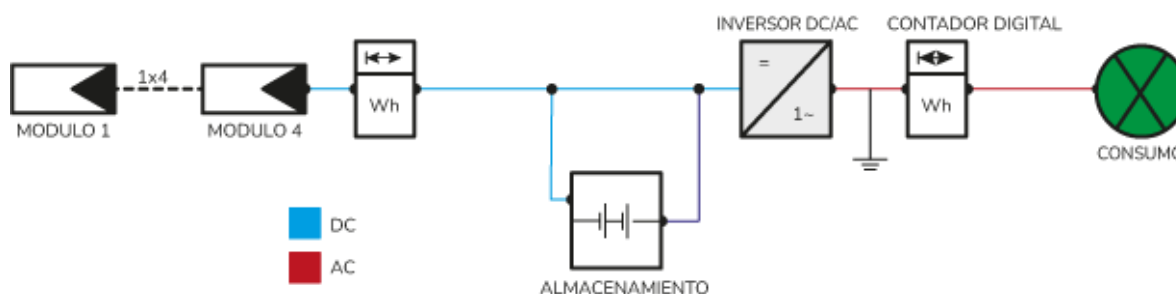


Figura 15. Esquemático con Protección.
Autor: Propio

El sistema FV sin protección se compondría por un circuito como se evidencia en la figura 14, así:

“Los paneles solares se conectarían en serie con el fin de que el voltaje aumente, la salida lleva al contador que hará la función de protección, con el fin de evitar sobrecargas dadas por el panel y así proteger las siguientes conexiones su salida se dividiría en 2, uno de las conexiones va directo al banco de baterías para que inicie el estado de carga de las baterías, la otra conexión va directo al inversor, su salida va dirigida a un contador digital que hará la función de protección para evitar que el usuario sobrecargue el sistema ya diseñado a la vivienda”.

Según el artículo 15 sistema de puesta a tierra del RETIE, el inciso 15.1 requisitos generales del sistema de puesta a tierra, nos norma los requerimientos mínimos para la protección de los sistemas eléctricos diseñados para viviendas y diferentes infraestructuras. Teniendo en cuenta esto, se incluye en el sistema fotovoltaico una puesta a tierra que garantice la protección del sistema tanto de generación como los de consumo.

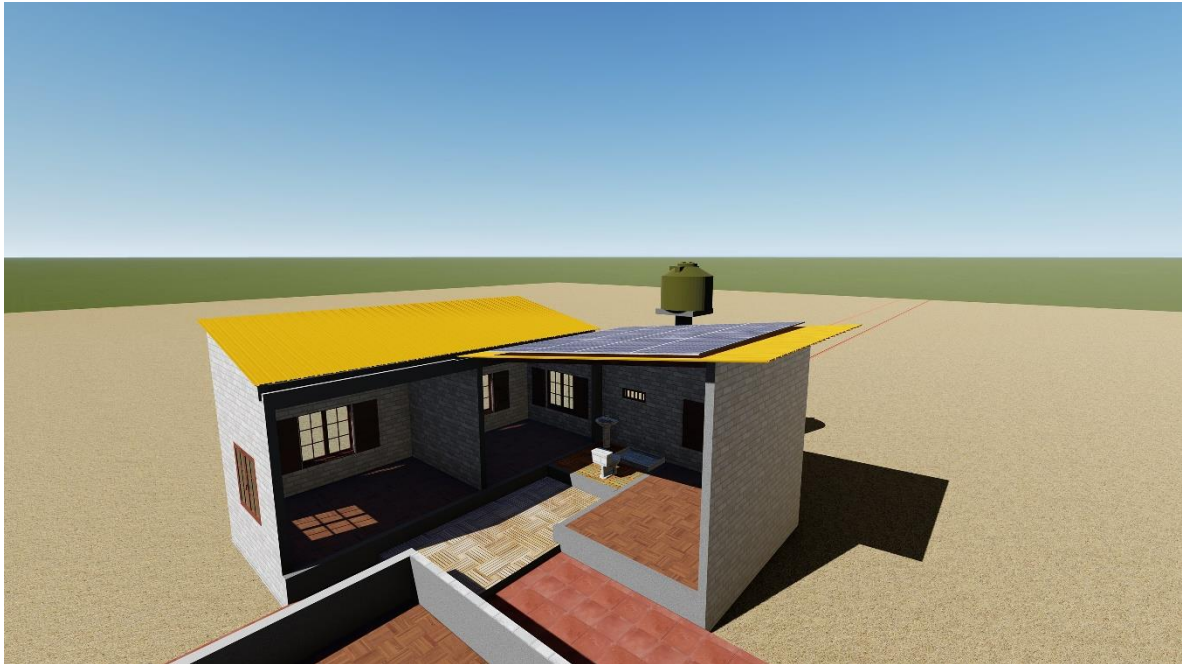


Figure 16. Render de la Vivienda con el Sistema FV.
Autor: CAM

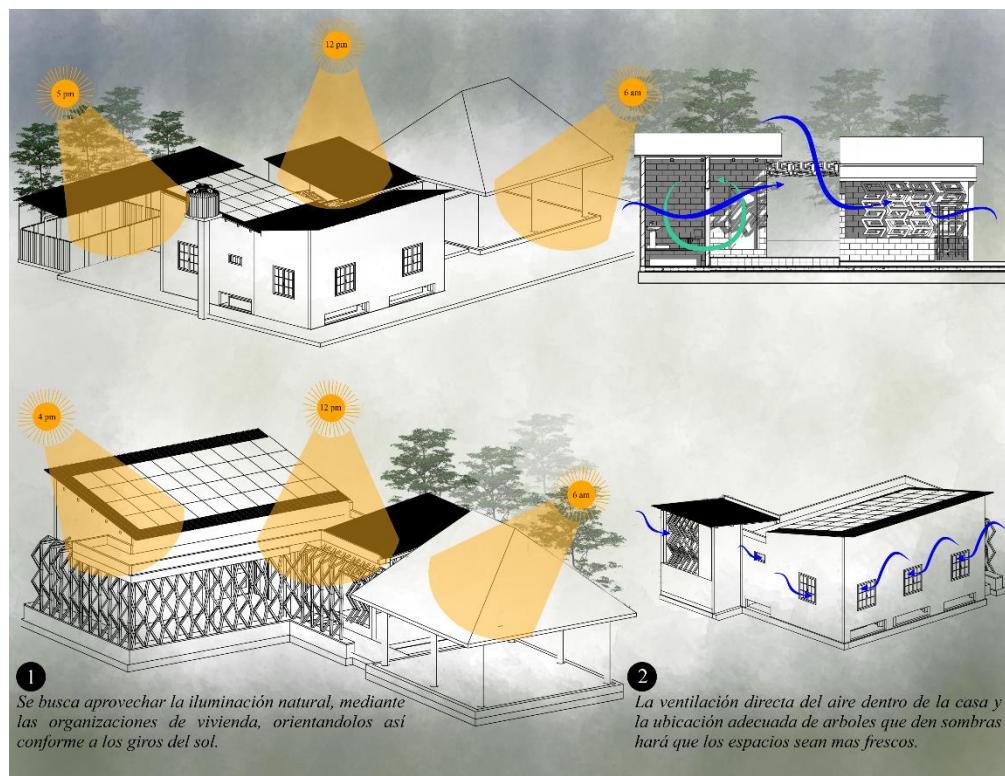


Figure 17. Asoleamiento y vientos de la Vivienda.
Autor: CAM

4.3 SISTEMA FV GIRATORIO

Un sistema de seguimiento solar es una estructura metálica móvil que anclada a él se encuentran los paneles solares, con el fin de maximizar la producción de energía e incrementar la eficiencia; cuando los paneles solares se exponen a la luz solar, el ángulo en el que los rayos de luz inciden en la superficie de los paneles solar sería de 90° , lo cual deja entredicho que su producción de energía es óptima cuando su ángulo es lo más cercano a los 90° .

Este sistema es una proyección de cómo se llevaría a cabo, para que el sistema sea lo más automático y eficiente, con el fin de evitar pérdidas por los ángulos de incidencia.

Según la figura 16, muestra los pasos del proceso que se podrían seguir para tener un sistema FV giratorio.

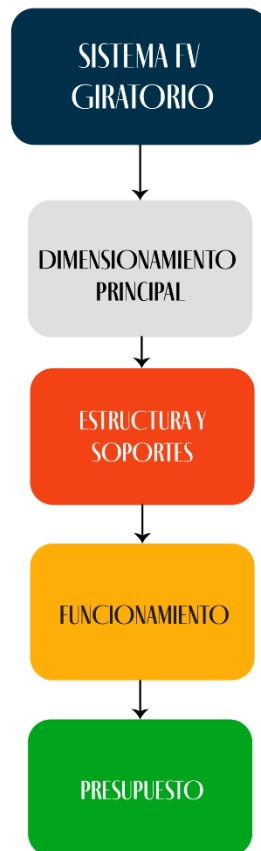


Figure 18. Diagrama de bloque del sistema FV giratorio.
Autor: Propio.

4.3.1 DIMENSIONAMIENTO PRINCIPAL

Teniendo en cuenta el dimensionamiento anterior, en la ecuación 3, donde se calcula el número de paneles y da como resultado 4 Paneles por el consumo mínimo establecido por la UPME. El consumo energético de la casa ya estaría identificado:

- 4 Paneles Jinko Solar JKM360M-72(Plus) con una potencia pico de 360 W.
- 1 Inversor Filter UNO-DM-1.2-TL-PLUS-Q.
- 1 Banco de batería AGM de 155Ah/12V
- 2 Contadores digitales.
- Protecciones y armarios

Por lo tanto, se estimará el dimensionamiento del sistema giratorio y su control.

Para que el sistema fotovoltaico giratorio se encuentre girando en torno al sol y que su ángulo de incidencia sea lo más cercano a 90° se implementa un Motor. Por lo anterior se calcula 2 paneles para el consumo del motor, el sistema de control y equilibrar el peso de la estructura superior que soporta los paneles.

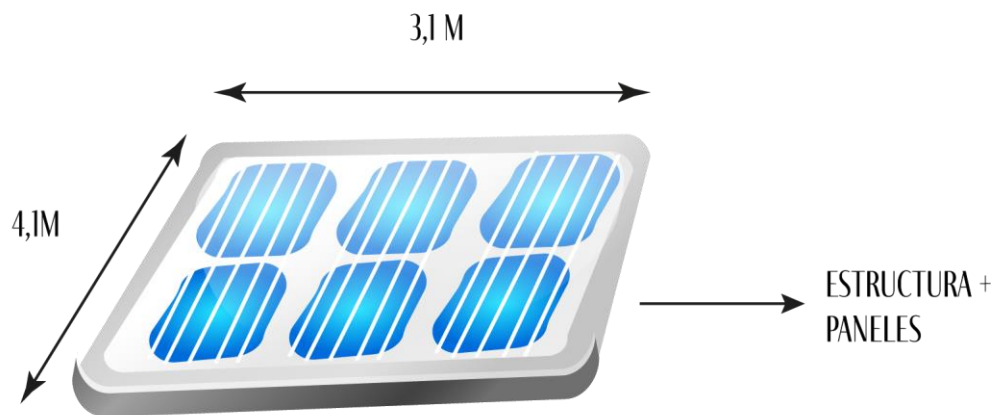


Figure 19. Estructura de soporte metálico con los 6 paneles.
Autor: Propio.

4.3.2 ESTRUCTURA Y SOPORTES.

Para la estructura superior se tuvo en cuenta estructura metálica en las dimensiones como muestra la figura 19, además de una estructura metálica cilíndrica con el fin de soportar las cargas de la estructura superior y darle una altura similar a una casa.

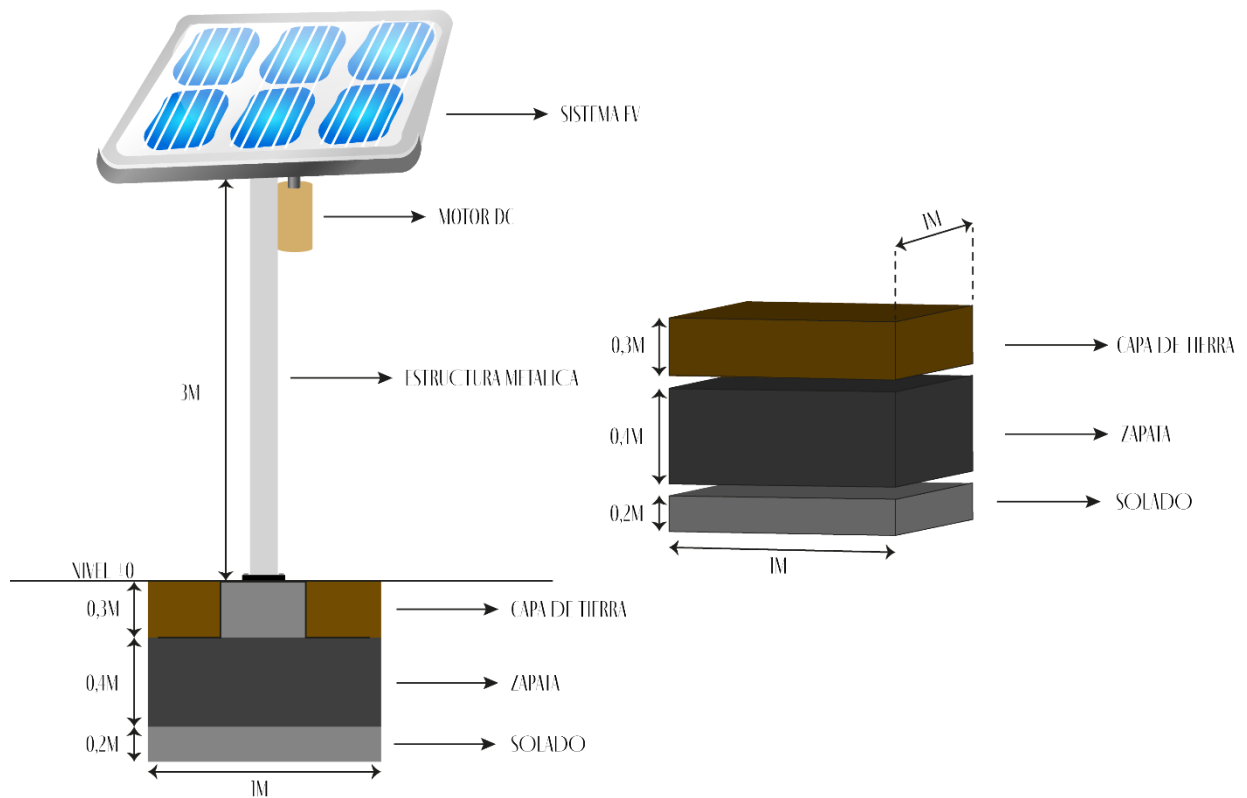


Figure 20. Estructura física y del terreno.
Autor: Propio.

4.3.3 FUNCIONAMIENTO

Existen varias variables que se deben tener en cuenta para que cumpla los giros.

Tiempo en las posiciones:

Posiciones dada en grados:

T1= 5pm-10:44am.

Ps1: -15° ó 165° .

T2=10:45 am – 2:29pm.

Ps2: 0° ó 180° .

T3= 2:30pm – 4:59pm.

Ps3: 15° o 195° .

Como el relieve de la comunidad es plano y no existen obstáculos como árboles o edificios, la radiación es directa, por ende, el ángulo de incidencia es mínimo, ya que llega en todo el territorio.

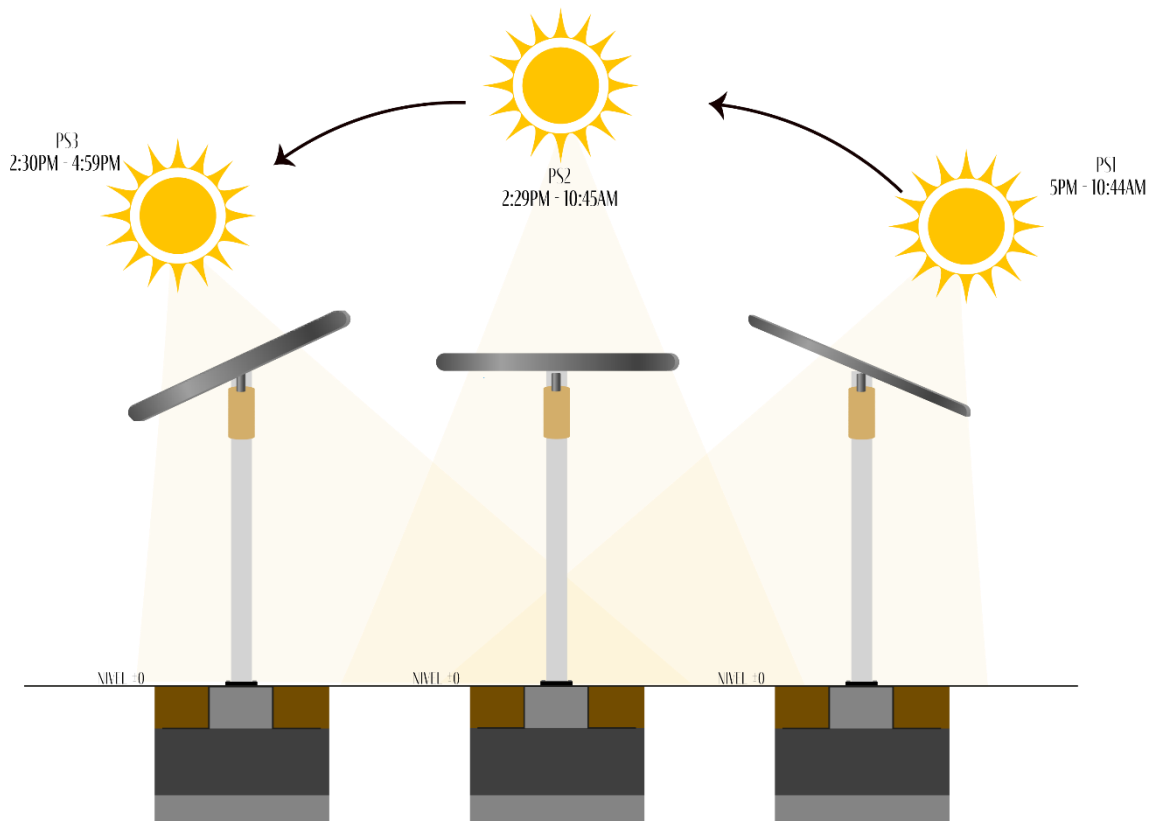


Figure 21. Asoleamiento del sistema giratorio con sus posiciones.
Autor: Propio.

Este sistema estaría controlado por un microcontrolador PIC16F877A, donde se almacena el programa de giro del motor según las variables añadiéndole una memoria cache para recordar posición en caso de un reinicio inesperado. El diseño o programación a la PIC no se anexa pues es un entredicho de cómo abordar el sistema fotovoltaico giratorio.

Figure 22. Render del Sistema Giratorio.
Autor: Propio.



4.4 EVALUACIÓN FINANCIERA

Listado de los materiales para el sistema fotovoltaico principal.

Tabla 7. Listado de Materiales.
Autor: Propio

SISTEMA FOTOVOLTAICO			
N°	Descripción	Unidad	Cant.
1	Modulo Fotovoltaico de 360Wp Jinko Solar JKM360M-72(Plus)	Ud	4
2	Inversor Filter UNO-DM-1.2-TL-PLUS-Q.	Ud	1
3	Banco de batería AGM de 155Ah/12V	Ud	1
4	Estructuras de fijación para los módulos fotovoltaicos 3 kWp	Ud	3
5	Cable de 40 mm2 - 1/0 AWG	mts	30
6	Cable de 8 mm2 - 8 AWG	mts	5
7	Cable de 12mm2 - 6 AWG	mts	3
8	Contador digital	Ud	2
9	Protecciones y armarios	Ud	1

Las siguientes tablas hacen referencia a los costos del sistema, a la producción energética por vivienda haciendo comparativos de costos de inversión y de operación.

Tabla 8. Producción Energética Autor: Propio

Sistemas	Potencia (Kw)	N° de Familias	Producción Anual (kWh/año)	Producción Mensual (kWh/m)	Producción Diaria (kWh/dia)	Energía Promedio por Familia (kWh/dia)
Vivienda	1,5	1	2.665	222	7,4	7,4

Tabla 9. Costos del Sistema.
Autor: Propio

Sistema FV	Potencia (Kw)	Sistema FV	Sistema de Acumulación	Convertidor	Inversión Inicial	Costo de Operación (\$/año)	Costo de Operación (\$/m)
Vivienda	1,5	\$ 8.477.316	\$ 6.600.000	\$ 2.063.000	\$ 17.140.316	\$ 1.049.919	\$ 87.493

Tabla 10. Evaluación de Costos de inversión y operación
Autor: Propio.

Diseño	Inversión Inicial	Costo de Operación (\$/año)	Aporte Promedio Por Familia (\$/año)	Aporte Promedio Por Familia (\$/m)	Costo kWh (\$/kWh)
FOTOVOLTAICO					
Vivienda	\$ 17.140.316	\$ 1.049.919	\$ 1.049.919	\$ 87.493,25	\$ 1.571.189

Según las Tabla N° 8, 9 y 10 podemos concluir lo importante que es tener el servicio básico de energía, donde su inversión se vería reflejado en sumas módicas mensualmente, con el fin de brindar el servicio vital que se merece todas las personas.

A través de las visitas y los diálogos entablados con los diferentes miembros de la comunidad indígena, se pudo determinar que su consumo kilovatio/hora por día es de 3,5; sin embargo, para la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), el consumo mínimo vital por vivienda debe ser 5,78 kilovatio/hora por día, por tal motivo el sistema se diseñó para que pudiese cumplir con este requerimiento.

Por otra parte, la sobreestimación del consumo diario permite prever que la comunidad puede adquirir otros elementos que mejoren su calidad de vida.

Teniendo en cuenta que, el proyecto está siendo diseñado para ser gestionado y que sea financiado con recursos del presupuesto nacional colombiano, este debe cumplir con los requerimientos mínimos estipulados en las diferentes autoridades colombianas como lo son la UPME, NTC 2050 y el RETIE.

Nota: El soporte de las cotizaciones de los sistemas FV no se pueden anexar por políticas internas de la empresa y por los convenios dados por las empresas aliadas.

4.5 IMPACTO CLIMATICO

El medio ambiente es conformado por muchos ecosistemas que son capaces de mantener en su mejor versión según los tiempos, además, muchos de ellos han sido de vital importancia a las necesidades humanas de manera sostenible durante miles de años. Sin embargo, la industrialización, el crecimiento demográfico, y la gestión no sostenible de los recursos naturales han debilitado en gran medida muchos ecosistemas.

El ser humano utiliza una gran variedad de recursos naturales para satisfacer sus necesidades, entre ellos: los alimentos para el sustento del ser humano, animales e incluso plantas, ropa a base de pieles de ciertos animales o recursos naturales utilizados para hacer diferentes prendas, artículos cotidianos, etc

En la comunidad Wayuú Walashimana, el 85% de la población su forma de generar ingresos es por medio de la crianza y venta de caprinos, esto se debe a su enseñanza ancestral y cultural, además, de no tener un nivel educativo que los impulse a crear o formar parte de nuevas fuentes de trabajo. Dicho esto, el área en el cual se encuentra localizados no tiene emisiones de CO₂ por la parte industrial, ya que también son áreas protegidas.

Categorías de Impacto (EPD 2008)

Tabla 11. Categorías de Impacto.
Autor: DAP (Declaración Ambiental de Producto).

Nombre en SimaPro	Nombre en EPD 2008	Indicador
Fósiles no renovables	Poder calorífico superior (GVC) (referido como "valores caloríficos superiores")	Toneladas equivalentes de petróleo (TEP)
Calentamiento global	Gases de efecto invernadero	Kg de CO ₂ eq
Agotamiento de la capa de ozono	Gases que agotan la capa de ozono	Kg de CFC-11 eq
Acidificación	Compuestos acidificantes	Kg de SO ₂ eq
Oxidación fotoquímica	Gases que producen ozono a nivel del suelo (Creación de ozono fotoquímico)	Kg de C ₂ H ₄ eq
Eutrofización	Compuestos Eutrofizantes	Kg de PO ₄ - eq

Dado que la formulación fue hecha en conjunto de varios profesionales, el cálculo de la huella de carbono se hizo global su resultado arrojo que:

*Tabla 12. Resultados de Emisión de Carbono.
Autor: CAM*

DISEÑO	TEP/KWH	KG CO2 EQ/KWH
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS		
1 Vivienda	2,92E-05	0,09538557

Según la tabla 12, El sistema al ser no convencional y no necesitar de recursos fósiles naturales tiene una gran respuesta con el ambiente, emitiendo 0,0953 KG de CO2 por los kilovatios hora generados. Esto genera un gran impacto ambiental en el proyecto, haciéndolo más viable y ecológico.

Nota: El soporte dado por el programa SimaPro se reserva por políticas internas de la constructora.

4.6 PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES.

La energía es aquella que nos da la capacidad de hacer cosas. La energía es uno de los servicios más vitales para la vida de las personas.

4.6.1 PRECAUCIONES BÁSICAS

PANELES SOLARES

Las precauciones para los paneles solares son muy fundamental dado que si se dan con el correcto uso pueden prolongar su vida útil durante 20 o 25 años. Aunque pueden soportar cualquier clima, entorno y pueden soportar temperaturas extremas; no están hechos para resistir a los Golpe, por lo tanto, es necesario tener cuidado al instalarlo para evitar golpes y que caigan algunos objetos pesados sobre él, lo que puede causar que el vidrio protector de la celda solar se agriete o se agriete.

BATERIA

- **REVISIÓN VISUAL**

La revisión a las baterías debería realizarse cada mes, con el fin de comprobar alguno de los siguientes efectos:

- ✓ *Corrosión:* Es un proceso electroquímico que deteriora el metal al reaccionar con el ambiente. Lo cual genera que la corriente no se distribuya de manera eficiente en todos los vasos de la batería.
- ✓ *Sulfatación:* Es un deterioro que se presenta en la batería por la deficiencia de la carga en ella, por lo general se logra identificar en el indicador de carga donde muestra los niveles de energía mayoría de los bancos de baterías.

REGULADOR DE CARGA

El regulador tiene como una de sus funciones proteger a las baterías de descargas prolongadas, esto siempre y cuando el consumo se encuentra desconectado. Cuando las baterías son recargadas el regulador activa el consumo en forma automática a la vivienda.

El regulador no necesita de mantenimiento a corto plazo. Este es un dispositivo electrónico encargado de proteger el sistema, por lo cual es importante mantenerlo muy bien cuidado alejado de los niños y de fluidos que puedan generar cortocircuito.

INVERSOR

El inversor asegura el correcto funcionamiento en todo el rango de tensión de entrada permitido por el sistema. El inversor es capaz de suministrar potencia nominal de forma continua en el rango de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

4.6.2 RECOMENDACIONES AL USUARIO

- a) No conecte dispositivos electrónicos de alta potencia al sistema fotovoltaico que no se haya considerado en el diseño sin consultar a un experto, ya que la sobrecarga por un consumo excesivo puede provocar fallas.
- b) No se deben realizar modificaciones en la instalación ya que ha sido especialmente diseñada para el propósito originalmente identificado.
- c) No use lámparas incandescentes. Se recomiendan luces LED.
- d) Recuerde siempre que en los sistemas solares fotovoltaicos la energía es limitada al diseño. Por lo tanto, no encienda luces o dispositivos innecesariamente.
- e) Verifique la luz indicadora del banco de baterías semanalmente para indicar su estado operativo y confirmar que está produciendo normalmente.
- f) En ningún caso se debe tapar la salida de aire del inversor, ya que esto impediría que se enfríe y podría provocar un mal funcionamiento.
- g) El inversor está protegido contra sobretensión, se apagará cuando le pongamos más carga de la que puede permitir. No podemos reiniciarlo, el inversor se reinicia automáticamente después de unos minutos.
- h) En caso de interpretar avería, informe urgentemente al servicio técnico.

5. RESULTADOS

Una vez se hizo la visita a la comunidad se hizo la caracterización poblacional, con el fin de saber cuál puede ser su consumo en kilovatios hora por día; para este caso en la comunidad se identificó una población de 7 familias que vivirán en 7 viviendas, estas familias están compuestas en promedio por 10 personas, beneficiando así un total de 70 personas entre niños y adultos.

- *Identificar el consumo que se proyectan en las viviendas según su cultura el hogar.*

A través de la observación y de las preguntas hechas en campo se pudo determinar que el consumo día por vivienda seria de un total de 4,66 kilovatios-hora/día; sin embargo, teniendo en cuenta que al conceder el acceso a la energía eléctrica a la comunidad esta implementara en su diario vivir tecnología que le permita mejorar su calidad de vida, se determinó diseñar un sistema que permita suministrar el mínimo que solicita el UPME como mínimo vital para cada vivienda.

- *Diseñar el sistema fotovoltaico para las viviendas de la comunidad wayúu.*

Se diseñó un sistema de generación de energía fotovoltaico que constara de 4 paneles solares, un banco de baterías, un inversor, un controlador, tres estructuras de fijación, dos contadores digitales bidireccional; sistema que generara 7,5 kilovatio-hora/día.

- *Identificar los materiales según el diseño fotovoltaico para las viviendas de la comunidad wayúu.*

Se determinó que Modulo Fotovoltaiico de 360Wp Jinko Solar JKM360M-72(Plus); Inversor Filter UNO-DM-1.2-TL-PLUS-Q; Banco de batería AGM de 155Ah/12V; Estructuras de fijación para los módulos fotovoltaicos 3 kWp; Cable de 40 mm² - 1/0 AWG; Cable de 8 mm² - 8 AWG; Cable de 12mm² - 6 AWG; Contador digital; Protecciones y armarios.

La selección de estos elementos para el sistema fue que se consideró que; el departamento de La Guajira posee los indicadores de radiación, calor y temperatura más extremas de toda Colombia, por tanto, se requieren que todos los componentes estén diseñados para soportar las extremas condiciones que se podrían presentar en la zona donde serán instalados; Sin embargo, también se debe tener en cuenta el costo de los equipos ya que estos tampoco pueden ser demasiado altos.

- *Diseñar un protocolo para mejorar la eficiencia de los paneles según el clima.*

Para mejorar la eficiencia del sistema se tomaron en cuenta contadores con el fin de conocer la producción de energía, es decir, un contador para conocer la producción del panel y que desactivara el sistema una vez sobrepase lo que necesiten las baterías para cargarse y si se puede presentar una sobre carga que pueda afectar algún otro componente.

Se tomó en cuenta al diseñar que el sistema tuviera unos elementos que garantizaran el movimiento del panel según el movimiento del sol, con el fin de maximizar la producción de energía en las horas de la tarde, los dispositivos programables, de medición y el banco de baterías estarán resguardados en un cuarto con sistema de disipación de calor, pero también será semi-abierto para que no se sobrecaliente ningún dispositivo.

6. IMPACTO GENERADO

Los impactos de los resultados se pueden ver desde distintas dimensiones, los primeros tienen que ver con lo relacionado a la empresa, esta nunca había contado con personal propio en el área de ingeniería electrónica o eléctrica que colaborara y apoyara de manera directa en el diseño y formulación de los diferentes proyectos que tiene la constructora.

Esto a su vez, se tradujo en minimización de costos por parte de la constructora, además del diseño y formulación de un proyecto complementario e integral que contempla la instalación de energía eléctrica no convencional.

Así mismo, la constructora se dio cuenta de la necesidad de un ingeniero electrónico en su nómina, al igual que este les servirá como apoyo permanente incluso en la ejecución de los proyectos ya que esto garantizará que lo correspondiente a la parte eléctrica de cada proyecto se desarrollará conforme a lo requerido para su óptimo funcionamiento, de igual forma tendrá la posibilidad de ofrecer innovaciones en sus procesos constructivos y diseños de infraestructura a muy bajo costo.

Por otra parte, la población de los diferentes entes territoriales del departamento de La Guajira, contarán con un diseño que puede beneficiar integralmente a la población de las comunidades indígenas de la zona rural, esto por lo que no solo se diseñaron viviendas que arquitectónicamente son amigables con el medio ambiente, sino que también cuentan con un servicio de energía eléctrica que será fundamental para el desarrollo de las comunidades.

Teniendo en cuenta que la energía cambiara por completo la calidad de vida de la población indígena en muchos aspectos como el de las comunicaciones, pues ya tendrán como cargar dispositivos electrónicos y tener internet satelital, contar con refrigeración de los alimentos lo que aumentara la durabilidad de los mismos.

7. CONCLUSIONES

La práctica empresarial desarrollada con la constructora arquitectura moderna buscaba desarrollar varias proyecciones de cambio de vida en la comunidad indígena Walashimana, perteneciente al municipio de Maicao departamento de la Guajira, ha permitido estudiar y analizar la posibilidad de proponer un tipo de unidad habitacional, enfocado al desarrollo sociocultural, ambiental y económico de la comunidad.

El sistema desarrollado en la práctica empresarial se diseñó de esta manera ya que se tuvo en cuenta la calidad vs costo, debido a que es una formulación de proyecto el cual será financiados por los entes gubernamentales, por ende, a menor costo más impacto se da hacia las personas de la comunidad. El sistema giratorio por querer ser un ente más autómata requiere de otros componentes que tengan los controles de giro, la programación horaria de las posiciones, más un incremento en costos de materiales y además de eso se construirá una obra civil como soporte del sistema, cabe resaltar también, que la población a la cual se dará impacto la mayoría no tienen los conocimientos básicos en la cual puedan hacer saber sobre alguna falla al sistema giratorio, siendo así, este sistema mucho más costoso que el principal.

Por último, esta práctica empresarial fue un trabajo participativo, eficiente y apto, puesto que se logró cumplir con los objetivos y las expectativas propuestas, brindándole a la comunidad Wayuú una opción de lograr abarcar una de las necesidades fundamentales que les acarrea y así poder dar una mejor calidad de vida por medio de las unidades habitacionales y el sistema fotovoltaico off-grid.

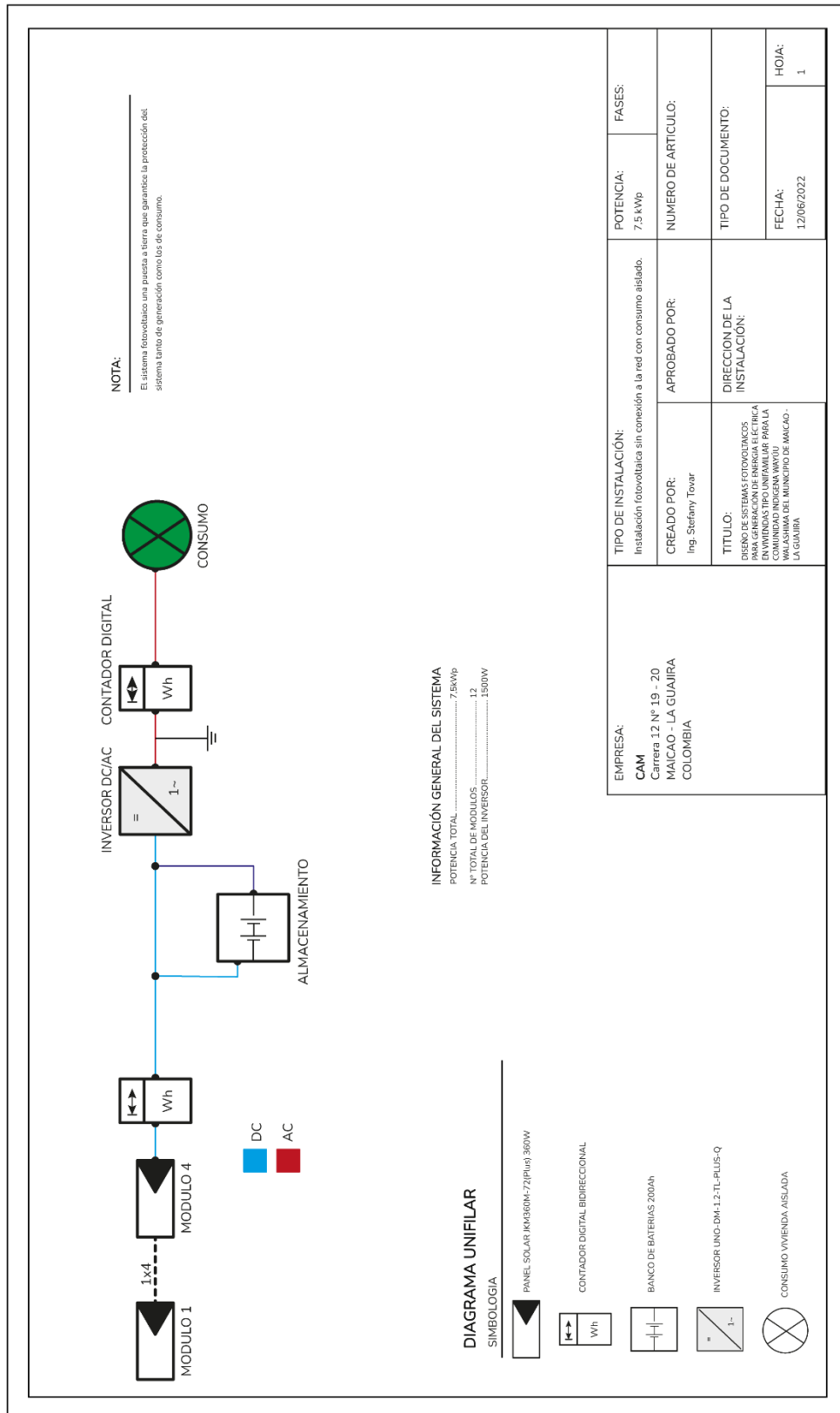
8. REFERENCIAS

- [1] DANE, «La visibilización estadística de los grupos étnicos colombianos,» Bogotá D.C., 2016.
- [2] Alcaldía Municipal de Maicao 2020 -2023, «Alcaldía Municipal de Maicao en La Guajira,» 15 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.maicao-laguajira.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-el-verdadero-cambio-2020--2023>.
- [3] Grupo Editorial Espacios GEES, 2021, C.A., «REVISTA DE ESPACIO,» 15 Mayo 2022. [En línea]. Available: <http://www.revistaespacios.com/>. [Último acceso: 20 Mayo 2022].
- [4] MINISTERIO DE ENERGIA, «Minenergia,» [En línea]. Available: https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/667537/Ley_143_1994.pdf. [Último acceso: 15 JUNIO 2022].
- [5] ICONTEC, «Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación,» [En línea]. Available: https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/NTC%20%202050.pdf. [Último acceso: 15 06 2022].
- [6] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, «minenergia,» [En línea]. Available: https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/pdf/resolucion_minimas_90708_2013.pdf. [Último acceso: 15 06 2022].
- [7] MINISTERIO DE ENERGIA, «MINENERGIA - RETIE,» [En línea]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/retie>. [Último acceso: 16 06 2022].
- [8] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA , «MINENERGIA,» [En línea]. Available: https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/47929-res_40908_050918.pdf. [Último acceso: 15 06 2022].
- [9] A. d. Maicao, «Observatorio a la Gestión Educativa ExE,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.obsgestioneducativa.com/wp-content/uploads/2021/02/Maicao.pdf>. [Último acceso: 15 Febrero 2022].
- [10] Iluminet, «Iluminet,» [En línea]. Available: [https://www.iluminet.com/funcionamiento-0\] paneles-fotovoltaicos-energia-solar/#:~:text=Una%20celda%20fotovoltaica%20es%20un,usar%20en%20una%20corriente%20el%C3%A9ctrica..](https://www.iluminet.com/funcionamiento-0] paneles-fotovoltaicos-energia-solar/#:~:text=Una%20celda%20fotovoltaica%20es%20un,usar%20en%20una%20corriente%20el%C3%A9ctrica..) [Último acceso: 16 02 2022].

- [1 Teknosolar, «teknosola,» [En línea]. Available:
1] <https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar>. [Último acceso: 16 02 2022].
- [1 IDEAM, «IDEAM,» 2005. [En línea]. Available:
2] <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>. [Último acceso: 16 02 2022].
- [1 EFIMARKET, «EFICIENCIA ENERGETICA,» 2021. [En línea]. Available:
3] <https://www.efimarket.com/blog/la-hora-solar-pico-hsp-sirve-calcularlo/#:~:text=La%20Hora%20Solar%20Pico%2C%20es,que%20est%C3%A1%20transmitiendo%201000W%2Fm2..> [Último acceso: 16 02 2022].
- [1 GESTIOPOLIS, «GESTIOPOLIS,» 2022. [En línea]. Available:
4] <https://www.gestiopolis.com/angulo-inclinacion-paneles-solares-captura-radiacion-solar/>. [Último acceso: 17 05 2022].
- [1 ENERGIA SOLAR, «ENERGIA SOLAR,» 9 Agosto 2016. [En línea]. Available:
5] [https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/corriente-alterna#:~:text=La%20corriente%20alterna%20\(CA\)%20es,y%20negativo%20la%20otra%20mitad..](https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/corriente-alterna#:~:text=La%20corriente%20alterna%20(CA)%20es,y%20negativo%20la%20otra%20mitad..) [Último acceso: 15 Febrero 2022].
- [1 CONCEPTO, «CONCEPTO,» 15 Julio 2021. [En línea]. Available:
6] <https://concepto.de/corriente-continua/#:~:text=y%20corriente%20alterna,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20corriente%20continua%3F,largo%20de%20su%20estructura%20molecular..> [Último acceso: 15 Febrero 2022].
- [1 UPME, «INVIERTA Y GANE CON ENERGIA,» 2020.
7]
- [1 Wikipedia., (2014).. [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/La_Guajira.
8]
- [1 O. Planas, «Solar-Energy,» 9 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/corriente-alterna>. [Último acceso: 15 Marzo 2022].
- [2 E. C. Leskow, «CONCEPTO,» [En línea]. Available: <https://concepto.de/corriente-continua/>. [Último acceso: 15 Marzo 2022].
- [2 J. S. G. GARZÓN y R. G. GALLEGU, PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN
1] DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA POBLACIÓN WAYUU EN NAZARETH CORREGIMIENTO DEL MUNICIPIO DE URIBIA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA – COLOMBIA, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, 2013, p. 111.

- [2 C. Estupiñán, Población guajira, pobreza, desarrollo humano oportunidades., (2011).
2]
- [2 M. D. EDUCACIÓN, «Colombia una potencia en energías alternativas,» 2014. [En
3] línea]. Available: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>..
- [2 P. A. EDGAR y V. L. J. ALEXANDER, DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO
4] RESIDENCIAL CON ENERGÍA SOLAR, PARA SUMINISTRAR ENERGÍA A LA
RED ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN YOPAL-CASANARE,
YOPAL CASANARE: UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
“UNAD”, 2014.
- [2 M. Boxpell, de *SOLAR ELECTRICITY HANDBOOK*, 2011.
5]
- [2 T. P. Benito, INSTALACIÓN DE PÁNELES SOLARES TÉRMICOS, alfaomega,
6] 2008, p. 160.
- [2 SunFields, «SunFields - Distribuidor de material y equipos fotovoltaicos,» [En línea].
7] Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica/>. [Último acceso: 15 Marzo 2022].
- [2 ASOCIACION ANAE, «Monitores Energéticos,» [En línea]. Available:
8] <http://www.asociacion-anae.org/tienda/monitores-energeticos>.
- [2 A. Tecnologica, «Area Tecnologica,» [En línea]. Available:
9] <https://www.areatecnologia.com/corriente-continua-alterna.htm>.

9. ANEXOS



Anexo 1. Esquemático Eléctrico.
Autor: CAM

Eagle Plus 72 315-335 Watt POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001
certified factory.
IEC61215, IEC61730 certified products.



(4BB)



KEY FEATURES



4 Busbar Solar Cell:

4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



Extreme high efficiency module:

Through the internal nano-level reflection technology to improve the power output, Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 335Wp.



Extended PID Resistant:

Limited power degradation of Eagle Plus module caused by PID effect is guaranteed under extremely strict testing condition (85 C/85%RH, 500 hours) for mass production.



Low-light Performance:

Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



Severe Weather Resilience:

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



Durability against extreme environmental conditions:

High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

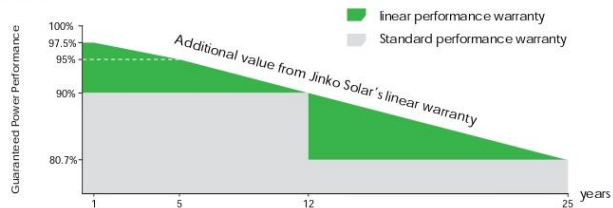


Temperature Coefficient:

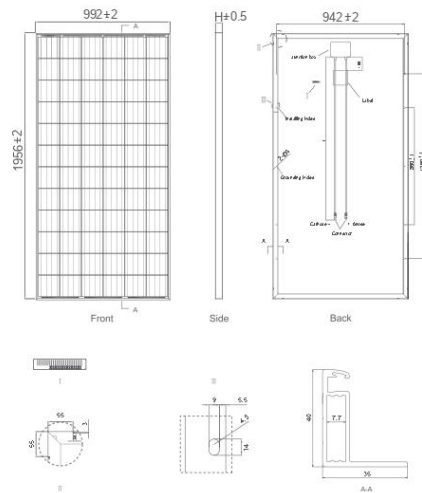
Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings

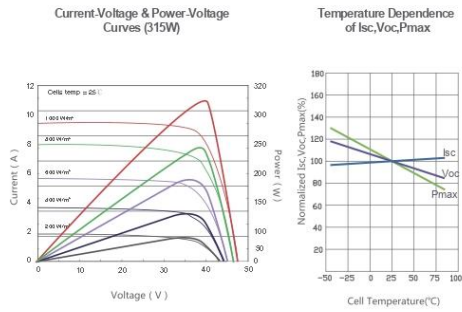


Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)

26pcs/box, 52pcs/pallet, 624 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline	156×156mm (6 inch)
No. of cells	72 (6×12)	
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)	
Weight	26.5 kg (58.4 lbs.)	
Front Glass	4.0mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Frame	Anodized Aluminium Alloy	
Junction Box	IP67 Rated	
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² , Length: 900mm or Customized Length	

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM315PP-72(Plus)		JKM320PP-72(Plus)		JKM325PP-72(Plus)		JKM330PP-72(Plus)		JKM335PP-72(Plus)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	325Wp	242Wp	330Wp	246Wp	335Wp	250Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V
Maximum Power Current (Imp)	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A	8.74A	6.97A	8.82A	7.02A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V	46.9V	44.2V	47.2V	44.4V
Short-circuit Current (Isc)	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A	9.14A	7.38A	9.18A	7.43A
Module Efficiency STC (%)	16.23%		16.49%		16.75%		17.01%		17.26%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-JKM-335PP-72(Plus)_1.0_rev2017

Anexo 2. Datasheet Jinko Solar (Panel).



Solar inverter

UNO-DM-1.2/2.0/3.0

TL-PLUS-Q

The UNO-DM-TL-PLUS-Q single-phase inverter family, with power ratings from 1.2 to 3.0 kW, is the optimal solution for residential installations.

From 1.2 to 3.0 kW

Technical data and types			
Type code	UNO-DM-1.2-TL-PLUS-Q	UNO-DM-2.0-TL-PLUS-Q	UNO-DM-3.0-TL-PLUS-Q
Input side			
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,dc}$)	600 V		
Start-up DC input voltage (V_{start})	120 V (adj. 120...150 V)	150 V (adj. 120...250 V)	150 V (adj. 120...250 V)
Operating DC input voltage range ($V_{smin}...V_{smax}$)	0.7 x $V_{start}...580$ V (min 90 V)		
Rated DC input voltage (V_{dc})	185 V	300 V	300 V
Rated DC input power (P_{dc})	1500 W	2500 W	3300 W
Number of independent MPPT	1	1	1
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{MPPTmax}$)	1500 W	2500 W	3300 W
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT at P_{dc}	100...530 V	210...530 V	320...530 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	N/A	N/A	N/A
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT at P_{dc} , max unbalance example	N/A	N/A	N/A
Maximum DC input current (I_{dcmax}) / for each MPPT ($I_{MPPTmax}$)	10.0 A	10.0 A	10.0 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	12.5 A	12.5 A	12.5 A
Number of DC input pairs for each MPPT	1		
DC connection type ¹⁾	Quick Fit PV Connector		
Input protection			
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source		
Input over voltage protection for each MPPT-varistor	Yes		
Photovoltaic array isolation control	According to local standard		
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	25 A / 600 V		
Output side			
AC grid connection type	Single-phase		
Rated AC power (P_{ac} @cosφ=1)	1200 W	2000 W	3000 W
Maximum AC output power (P_{acmax} @cosφ=1)	1200 W	2000 W	3000 W
Maximum apparent power (S_{max})	1200 VA	2000 VA	3000 VA
Rated AC grid voltage (V_{ac})	230 V		
AC voltage range ²⁾	180...264 V		
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	5.5 A	10.0 A	14.5 A
Contributory fault current	10.0 A	12.0 A	16.0 A
Rated output frequency (f) ³⁾	50/60 Hz		
Output frequency range ($f_{min}...f_{max}$) ³⁾	47...53/57...63 Hz		
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.1 - 1 (over/under excited)		
Total current harmonic distortion	< 3%		
AC connection type	Female connector from panel		
Output protection			
Anti-islanding protection	According to local standard		
Maximum external AC overcurrent protection	10.0 A	16.0 A	16.0 A
Output overvoltage protection - varistor	2 (L - N / L - PE)		