

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA  
ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDAS DE ESTRATOS 0 Y 1 DEL BARRIO EL  
PROGRESO EN LA CIUDAD DE CÚCUTA

Presentado por  
Milton Beltrán García  
Octaviano Sánchez Chávez

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
COORDINACIÓN DE POSGRADO  
CENTRO REGIONAL CÚCUTA  
COLOMBIA  
2018

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA  
ENERGÍA SOLAR EN VIVIENDAS DE ESTRATOS 0 Y 1 DEL BARRIO EL  
PROGRESO EN LA CIUDAD DE CÚCUTA

Proyecto de Grado presentado para optar al título de  
Especialistas en Gerencia de Proyectos

Director Proyecto:  
m.sc. Miguel Ángel Pérez

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
COORDINACIÓN DE POSGRADO  
CENTRO REGIONAL CÚCUTA  
COLOMBIA  
2018

## Dedicatoria

Dios no habría puesto un sueño en t  corazón..... Sin haber un plan destinado para que lo hicieras realidad...

A lo largo de nuestras vidas soñamos con cumplir cada uno de nuestros anhelos, aquellos anhelos que se ven reflejados en nuestra lucha constante por perseverar, por seguir adelante y nunca rendirnos, por dar mucho más de aquello que se nos exige, por levantarnos después de cada tropiezo, por tener una sonrisa a pesar de los malos momentos y sobre todo por nunca dejar de creer que el trabajo duro, el sacrificio y la dedicación al final siempre serán recompensados.

En este día quiero agradecer a Dios primeramente por ser mi guía en este camino, por llenarme de paciencia y sabiduría en cada momento y a mi hermosa madre, a la cual le agradezco todo el apoyo y toda la confianza brindada en todo este trayecto, la cual sin duda alguna me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos, que con su cariño y entrega incondicional me ha hecho entender que no hay nada imposible y que las cosas que se anhelan con el corazón sumado con el esfuerzo, el trabajo duro, la constancia y la dedicación siempre se hacen realidad, ya que en mi madre tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus grandiosos sentimientos junto con sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a amarla cada día más.....

Gracias Dios por concederme a la mejor de las mujeres..... MI MADRE

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer primeramente a Dios, por bendecirme y permitir que se hiciera realidad este sueño por el cual luche incansablemente, a mi hermosa madre por siempre estar ahí, apoyándome, regalándome su comprensión y cariño.

A mi ALMA MÁTER, por permitirme desarrollar mi proyecto de vida en cada uno de sus escenarios, por colocar a mi disposición todas aquellas herramientas necesarias para poder adquirir el conocimiento del cual hoy me siento orgulloso de poseer, y por darme la oportunidad de ser hoy un gran profesional.

A mi director de proyecto, Miguel ángel Pérez que por su experiencia, conocimientos, paciencia y motivación hizo posible la materialización de este proyecto.

A mis profesores y compañeros, quienes me acompañaron a lo largo del camino de mi vida universitaria, y quienes con sus conocimientos y enseñanzas hicieron que me formara aún más como persona y como profesional.

Son muchas las personas que han sido parte fundamental en mi vida profesional, a los que les agradezco profundamente su amistad, su apoyo, sus consejos y su presencia en aquellos momentos difíciles, unas se encuentran conmigo y otras en mis pensamientos, recuerdos y mi corazón, a todas esas personas sin importar en donde se encuentren quiero darles las gracias por haber sido parte de mi.....

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN .....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
OBJETIVOS .....	21
1. Objetivo general .....	21
2. Objetivos específicos.....	21
JUSTIFICACIÓN .....	22
MARCO TEÓRICO.....	23
1. Antecedentes .....	23
1.1. Otros antecedentes .....	28
2. Base teórica.....	32
2.1. Desarrollo Urbano .....	34
2.2. Fuente y transformaciones de energía solar .....	35
2.3. Energía solar térmica.....	35
2.4. Definiciones de términos básicos .....	35
A continuación, se definirán los principales temimos que hacen parte del estudio de factibilidad.....	36
2.5. Ventajas de las Energías Renovables .....	37
2.6. Desventajas de las Energías Renovables .....	38
2.7. Tecnologías del uso de energía solar .....	38
2.8. Célula solar .....	39
2.9. Esquema de un sistema de generación solar.....	41
.....	41
3. Base legal.....	45
3.1. Plan energético Nacional .....	45
3.2 Ley 812 de 2003. Artículo 118.....	47
3.3. Normas técnicas.....	47
MARCO METODOLÓGICO.....	54

1. Tipo de investigación.....	54
2. Población.....	54
3. La muestra.....	56
3.1. Esquema del Sistema Fotovoltaico estándar conectado .....	59
3.2. Esquema del Sistema Fotovoltaico estándar no conectado .....	60
RESULTADOS.....	61
1. Análisis de la zona de estudio.....	61
1.1. Ubicación geográfica.....	62
1.2. Clima.....	63
1.3. Radiacion Solar .....	65
1.4. Piso termico.....	66
1.5. Vías de Acceso .....	67
1.6. Situación Económica.....	69
1.6.1. Cobertura de servicios públicos Cúcuta norte de Santander .....	72
1.7. Declaración del alcance.....	73
2. Diseño de sistema Fotovoltaico Hibrido Estándar.....	75
2.1. Especificaciones técnicas .....	76
2.1.1. Topología del sistema.....	76
2.1.2. Carga Eléctrica .....	77
2.1.3. Características de la carga .....	78
2.1.4. Consumo eléctrico del sistema .....	79
2.2. Cálculos matemáticos del sistema.....	81
2.2.1. Calculo de irradiación solar.....	81
2.2.1.1. Calculo radiación solar sobre la superficie mes de julio.....	83
2.2.1.2. Calculo radiación solar sobre la superficie mes de diciembre.....	88
2.2.2. Calculo de paneles solares.....	92
2.2.2.1. Calculo de horas solares pico (HSP).....	93
2.2.2.2. Calculo de potencia del sistema fotovoltaico.....	93
2.2.2.3. Calculo de numero de paneles solares.....	94

2.2.2.4. Características Técnicas del panel solar. ....	94
2.2.3. Calculo del Regulador de carga.....	95
2.2.3.1. Características técnicas del regulador.....	95
2.2.4. Calculo de las Baterías. ....	96
2.2.4.1. Calculo de capacidad de los bancos de baterías.....	96
2.2.4.2. Calculo de cantidad de Baterías.....	96
2.2.5. Calculo del Inversor DC/AC.....	97
2.2.5.1. Calculo potencia del inversor.....	97
2.2.5.2. Características técnicas del inversor.....	98
2.3. Características de instalación.....	98
2.3.1. Tablero de distribución.....	98
2.3.2. Cableado del sistema fotovoltaico.....	98
2.3.3. Tubería para el cableado.....	99
2.3.4. Sistema de puesta a tierra.....	99
2.4. Esquemas de conexión del sistema fotovoltaico.....	100
2.4.1. Diagrama unifilar del sistema.....	100
2.4.2. Diagrama de conexión de paneles solares.....	102
2.4.3. Diagrama de conexión de Baterías.....	103
2.4.4. Diagrama de Conexión Regulador de Carga.....	104
2.4.5. Diagrama de Conexión del Inversor.....	105
3. Evaluación presupuestal.....	106
3.1. Costo del Proyecto.....	107
3.2. Beneficios sobre la producción de energía sobre recursos renovables.....	108
3.3. Resolución CREG 030 de 2018.....	110
3.4. Producción Anual Energética.....	111
3.5. Análisis económico.....	112
3.6. Flujo de Caja Inversión Directa.....	113
3.7. Sistema de facturación tarifaria para la energía eléctrica en Cúcuta.....	117
Cronograma de actividades.....	119
1. Cronograma de actividades del proyecto.....	119

2. Cronograma de ejecución del proyecto.....	121
Conclusiones .....	123
Recomendaciones .....	125
Referencias bibliográficas.....	127
Anexos .....	132

## Índice de tablas

Tabla 1: Experiencia de países con energía fotovoltaica .....	30
Tabla 2: Experiencia de países con energía solar .....	31
Tabla 3: Criterios para el modelo del diseño .....	57
Tabla 4: Especificaciones Sistema Fotovoltaico hibrido estándar conectado .....	58
Tabla 5: Especificaciones Sistema Fotovoltaico estándar no conectado .....	59
Tabla 6: Nomenclatura Barrio el Progreso .....	62
Tabla 7:Tabla climatológica Promedio Anual .....	64
Tabla 8: Tabla climatológica Promedio Mensual .....	64
Tabla 9:Declaración del alcance del proyecto .....	74
Tabla 10:Cargas eléctricas de los componentes .....	78
Tabla 11:Consumo promedio del sistema.....	80
Tabla 12:Costo del Sistema fotovoltaico Conectado a la red .....	107
Tabla 13: Costo del Sistema fotovoltaico sin conexión a la red.....	107
Tabla 14:Flujo de caja proyectado a 12 años para sistema autónomo en la ciudad de Cúcuta con tarifa de estrato 1 .....	114
Tabla 15:Costo Unitario tarifa de energía en Cúcuta .....	118

## Índice de figuras

Figura 1: Capacidad mundial instalada de potencia fotovoltaica. ....	33
Figura 2: Capacidad de energía eléctrica en Colombia. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 3: Célula Fotovoltaica .....	40
Figura 4: Esquema de instalación fotovoltaica .....	41
Figura 5: Elementos de Panel Fotovoltaico .....	42
Figura 6: Regulador de carga.....	43
Figura 7: Inversor.....	45
Figura 8: Comuna Noroccidental Barrio el progreso Vista satélite.....	55
Figura 9: Comuna Noroccidental Barrio el progreso Vista Mapa .....	55
Figura 10: Esquema del Sistema Fotovoltaico estándar conectado .....	59
Figura 11: Esquema del Sistema Fotovoltaico estándar no conectado.....	60
Figura 12: Georreferenciación Barrio El Progreso .....	62
Figura 13: Mapa de radiacion solar en colombia.....	65
Figura 14: Pisos termicos en colombia .....	66
Figura 15: Ruta 70 Cúcuta –Zulia.....	67
Figura 16: Anillo Vial Noroccidental .....	68
Figura 17 Av. 65 Vía de acceso Mirador Turístico del Cerro Jesús Nazareno.....	69
Figura 18: Barrio el Progreso Vías en mal estado .....	70
Figura 19: Barrio el Progreso viviendas inadecuadas... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 20: Barrio el Progreso invasión de terrenos .....	71
Figura 21: Topología sistema solar fotovoltaico no conectado .....	76
Figura 22: Topología sistema solar fotovoltaico conectado .....	77
Figura 23: Radiación Solar sobre superficies inclinadas .....	81
Figura 24: Sistemas de Coordenadas Celestes.....	82
Figura 25: Diagrama unifilar Sistema fotovoltaico no conectado .....	100

Figura 26: Diagrama unifilar Sistema fotovoltaico conectado .....	101
Figura 27: Conexión paneles solares .....	103
Figura 28: Diagrama de conexión de baterías .....	104
Figura 29: Diagrama de conexión a regulador.....	105
Figura 30: Diagrama de conexión al regulador .....	106
Figura 31: Cronograma de actividades del proyecto ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 32: Cronograma de ejecución del proyecto .....	121

## Índice de gráficos

Grafica 1: Viviendas con Servicios Públicos en Cúcuta.....	73
Grafica 2: Caja de flujo proyectado a 12 años para la ciudad de Cúcuta. ....	115

## Índice de anexos

ANEXO 1: Ciudades con más pobreza en 2016.....	132
ANEXO 2: Climatografía de las principales ciudades .....	133
ANEXO 3: Tablas de consumo eléctrico.....	134
ANEXO 4: Tabla de Angulo de inclinación fijo panel solar .....	136
ANEXO 5: Panel solar policristalino.....	137
ANEXO 6: Regulador de Carga MPPT .....	138
ANEXO 7: Especificaciones de Baterías de Terminal Frontal.....	140
ANEXO 8 Inversor de Carga de onda Senoidal Pura .....	147
ANEXO 9: Tarifas de Energía Mercado Regulado CENS .....	148

## Resumen

Este proyecto está enfocado en el desarrollo de un estudio de factibilidad del uso de energía solar como fuente de energía renovable para obtener electricidad que no afecte el medio ambiente, buena calidad y aun costo asequible dicho estudio será realizado en los estratos 0 y 1 Barrio el progreso de la ciudad de Cúcuta y los resultados estarán basados en características técnicas, presupuestales y pertinencia social, en primera instancia se describen a grandes rasgos el enfoque del proyecto, la problemática, justificación, los objetivos y el alcance del proyecto.

En la segunda parte se presenta la fundamentación teórica, que se realizara tomando en cuenta el análisis de los proyectos desarrollados anteriormente en este campo a nivel regional, nacional e internacional, seguido de esto mostraremos las bases teóricas en el ámbito técnico, económico y social del uso de energía fotovoltaica y el impacto que tendría en el desarrollo de la comunidad objeto de estudio, adicionalmente, se expresan los marcos legales y regulatorio que están definidos en Colombia y reglamentan el uso de sistemas generadores de energía con fuentes renovables.

Así mismo se define el tipo de investigación con que se desarrollará el proyecto, describiendo el tipo de población, a quien será dirigido este estudio seguidamente se observa el desarrollo de los objetivos iniciando con el análisis de la zona objeto de estudio, resaltando los aspectos importantes relacionados con la ubicación geográfica, el clima, la caracterización económica y las vías de acceso pertinentes para el diseño.

En cuanto al diseño se describen los parámetros que tendrá el sistema fotovoltaico, identificando los cálculos matemáticos necesarios para determinar si el sistema es el

adecuado según los requerimientos adicionado a esto la evaluación presupuestal que permitió definir el valor de puesta en funcionamiento del sistema.

En la parte Final, se encuentran las conclusiones y recomendaciones donde se obtienen las consideraciones finales tras culminar el desarrollo de este proyecto y se destacan los aspectos más importantes.

**Palabras clave**

Energía fotovoltaica, Potencial solar, Paneles Solares, desarrollo rural, sistema de generador de electricidad.

## **Abstract**

This project is focused on the development of a feasibility study of the use of solar energy as a source of renewable energy to obtain electricity that does not affect the environment, is of good quality and even affordable cost. This study will be carried out in strata 0 and 1. the progress of the city of Cucuta and the results will be based on technical, budgetary and social relevance characteristics. In the first instance, the focus of the project will be described, describing the problem, justification, the objectives and the scope of the project.

The second part presents the theoretical foundation, which will be carried out taking into account the analysis of previously developed projects in this field at regional, national and international level, followed by this we will show the theoretical bases in the technical, economic and social field of the use of photovoltaic energy and the impact it would have on the development of the community under study; additionally, the legal and regulatory frameworks that are defined in Colombia and regulate the use of energy generating systems with renewable sources are expressed.

It also defines the type of research with which the project will be developed, describing the type of population, to whom this study will be directed, followed by the development of the objectives, starting with the analysis of the area under study, highlighting the important aspects related to the geographic location, the climate, the economic characterization and the pertinent access roads for the design.

Regarding the design, the parameters that the photovoltaic system will have are described, identifying the main conditions necessary to determine if the system is adequate



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



according to the requirements, adding to this the budgetary evaluation that allowed to define the value of putting the system into operation.

In the Final part, there are the conclusions and recommendations where the final considerations are obtained after completing the development of this project and highlighting the most important aspects.

#### Keywords

Photovoltaic energy, Solar potential, Solar Panels, rural development, electricity generator system

## Introducción

Colombia es un país rico en recursos naturales, pero se destaca el recurso de la energía solar gracias a su ubicación en la zona ecuatorial cuenta con un potencial solar en determinados lugares del territorio nacional en consecuencia brindaría elementos fundamentales para convertirse en un gran generador de energía solar que al ser aprovechada adecuadamente es posible brindar energía eléctrica a casas o edificios con sistemas solares fotovoltaicos.

La energía eléctrica es un servicio de primera necesidad que mejora las condiciones de vida de las personas, también contribuye al desarrollo social y tecnológico, a medida que avanza la tecnología se vuelve indispensable este recurso el cual se usa en todos los ámbitos de la sociedad como educación, salud, industria en el entretenimiento etc. De allí la importancia de tener varias alternativas de recursos energéticos que permitan suplir la demanda y no afectar el medio ambiente.

El precio de la energía eléctrica en Colombia es costoso en todos los sectores tanto industrial, comercial o residencial, debido a varios factores entre ellos el aumento de demanda, falta de infraestructura, inversión por parte del estado, por costos porcentuales que se agregan al precio final, generando una cantidad de población de sitios apartados o con bajos recursos que no pueden acceder a este servicio y si lo hacen es en ilegalidad.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la factibilidad de utilizar un sistema de generación de energía fotovoltaica, como opción para suministro de energía eléctrica en

viviendas de bajos recursos, en el barrio el progreso de la ciudad de Cúcuta, utilizando herramientas que permitan realizar el estudio técnico y financiero.



**Uniminuto**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



El estudio técnico permitirá identificar los requerimientos necesarios para el diseño del sistema y el lugar donde se podría aplicar. Basado en el estudio anterior se evaluará la parte financiera que permitirá determinar el presupuesto necesario para llevar a cabo el proyecto.

### **Planteamiento del problema**

El barrio el progreso de la ciudad de Cúcuta está conformado por cerca de 3000 viviendas donde la mayoría de sus habitantes son de bajos recursos y poseen muchas necesidades entre ellas la carencia del servicio de energía eléctrica, el cual puede estar asociado por el alto costo, falta de inversión pública o infraestructura eléctrica insuficiente, para cubrir la demanda que día tras día aumenta. Esto representa una problemática basada en una necesidad de aportar opciones tecnológicas alternativas que ofrezca un servicio de energía eléctrica de calidad, con bajo costo y permita el desarrollo equilibrado y sostenible, aprovechando un recurso natural de libre acceso e ilimitado como la energía solar que para el caso de Cúcuta es abundante, adicionalmente esta problemática está enmarcada en la protección del medio ambiente con respecto a la contaminación que genera la producción de la energía eléctrica tradicional por hidroeléctrica.

Por otra parte, el barrio el progreso está en aumento de la población, debido a las familias que invaden los terrenos aledaños al anillo vial noroccidental, situación que representa una problemática, anteriormente expuesta.

## Objetivos

### 1. Objetivo general

Desarrollar un estudio de factibilidad del uso de energía solar como alternativa para mejorar la calidad de vida a los habitantes del barrio el progreso de la ciudad de Cúcuta.

### 2. Objetivos específicos

Identificar mediante un estudio de sitio los criterios para el diseño analizando el estado actual del servicio de energía en las viviendas del barrio el progreso de la comuna noroccidental de la ciudad de Cúcuta.

Realizar el diseño técnico con los parámetros identificados para el desarrollo de un sistema de generación de Energía Fotovoltaica.

Complementar el diseño mediante la definición presupuestal de la propuesta técnica en busca de ofrecer la mejor alternativa económica acorde a la capacidad de los integrantes de la comunidad objeto del presente estudio.

### **Justificación**

A través de este estudio daremos a conocer una opción eficiente, innovadora y amigable con el medio ambiente y que de alternativas que mejoren la calidad de vida a las familias de la comunidad del barrio el Progreso. Aprovechando el recurso energético solar ilimitado proyectaremos una solución fotovoltaica que se pueda diversificar con el actual suministro de energía comercial, con el fin de disminuir las tarifas de energía, proveer de energía eléctrica a habitantes que no cuenten con el servicio, disponer de un servicio eficiente y de bajo costo. Durante el estudio diseñaremos un sistema fotovoltaico con capacidad de 2kWh tipo híbrido conectado a la red pública con acumuladores, su capacidad está definida como estándar teniendo en cuenta la carga eléctrica de los electrodomésticos y el alumbrado de las viviendas del barrio el progreso, esta solución mejorará la calidad del servicio de energía eléctrica y dará un beneficio de bajo costo para este servicio público. Con esta opción generaremos conciencia en la utilización de recursos limpios y durables para mejorar entornos de vida.

## Marco Teórico

### 1. Antecedentes

El presente trabajo de investigación esta soportado en varios estudios que contribuyeron a la construcción de bases sólidas que muestran la importancia del cumplimiento de los objetivos. Desde esta óptica en el ámbito internacional, Hidalgo, J y Arévalo, H. (2016) presentaron su estudio llamado “análisis técnico y económico para la implementación de energía solar para viviendas de la urbanización Cataluña” desarrollado en Guayaquil Ecuador, “La finalidad de este proyecto, es enfocar el uso de la energía solar como recurso renovable en las viviendas, así mismo implementar otra forma de obtener electricidad con esta fuente de energía y así colaborar al medio ambiente, ya que este recurso no genera contaminación y por lo tanto el uso de energía eléctrica es limpia”(pág. 18).

A su vez Gacitúa, A (2011), propone es su proyecto “estudio de factibilidad del uso de energía solar en procesos de la gran minería del cobre” integrar el uso de energía solar y su conversión tanto térmica como eléctrica a los procesos mineros, desarrollando políticas regionales que impulsen y promuevan el uso de fuentes renovables de energía ampliando la matriz energética sin restar competitividad a la industria, y así de esta

manera generar nuevas fuentes de trabajo, capacitando a profesionales en el área, y por último catapultar a la industria minera chilena sustentable.



UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



“Durante los últimos años el precio de la electricidad en Chile ha experimentado fuertes alzas, incidiendo directamente en los costos de producción de la industria minera nacional y afectando su competitividad en el mercado mundial. Este incremento en los costos de la

electricidad se debe principalmente a la implementación de políticas energéticas que no prosperaron dentro de las cuales se encuentra la crisis experimentada en la importación de

gas natural en la última década, en donde se produjo un efecto combinado entre el reemplazo de gas natural por otros combustibles convencionales de mayor costo y el incremento generalizado del precio de éstos, particularmente en los años 2007 y 2008”.

Con respecto a lo anterior surge la necesidad de estudiar y analizar el desarrollo y la implementación de tecnologías que reflexionen sobre el uso de energías renovables no convencionales, obteniendo así seguridad en el suministro a precios más competitivos “Este trabajo consiste en un estudio de factibilidad de la utilización de energía solar para la producción de energía eléctrica necesaria para las operaciones unitarias de las faenas mineras del Norte Grande, focalizando el análisis en identificar las posibles barreras que afectan a este tipo de proyectos: técnicas, de entrada, económicas, políticas, ambientales y socioculturales” (Gacitúa, A (2011).

Por otra parte, en Ecuador Oña, R. (2005) desarrolló su proyecto llamado “diseño e implementación de un controlador de carga para un sistema fotovoltaico autónomo” en él

se presenta el proceso de diseño de un controlador de carga para baterías, para un sistema fotovoltaico autónomo en la situación de Ecuador con los recursos energéticos.



Pasando al ámbito Nacional, Díaz, J (2016), desarrolla una idea que consiste en crear “sistemas de energía fotovoltaica centrales solares pringamosal los pasos (Guamo Tolima) estudio de casos” en él se evalúa propuesta de implementar paneles solares para la población vereda Pringamoza, los Pasos, del Municipio del Guamo Tolima.

“Mediante una investigación exhaustiva de las condiciones climáticas de la región y la población a beneficiar, se procedió a realizar los diseños correspondientes para

el aprovechamiento energético y evaluar los costos beneficios de la implementación de esta propuesta tecnológica. A la hora de realizar los diseños correspondientes de los paneles solares, se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones; la radiación solar, fue uno de los ejes fundamentales para evaluar el diseño y las características de funcionamiento del sistema. Con los resultados obtenidos en esta investigación, se logra evidenciar el potencial energético de 1643 kW. Teniendo el potencial energético se decide utilizar paneles de 300 Watios, para captar la mayor cantidad de radiación solar y convertirla en energía eléctrica para satisfacer las necesidades de la comunidad. Se realiza el cálculo de Watios que demanda cada vivienda y da un resultado de 2828 Wh/Día, por tal razón se decide implementar 10 paneles solares que dan una capacidad de 3000

Wh/Día.

Así mismo en Colombia nace el proyecto llamado “Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia” por Toledo, C, (2013), en él se evalúa la energía solar fotovoltaica como solución de la dependencia energética basándose en las viviendas rurales en Colombia, realizando desde su instalación hasta su análisis de desempeño del sistema después de implementado.

“El sector rural ha aprendido a lo largo de la historia a afrontar la variabilidad del clima y muchas veces han adaptado los cultivos y sus prácticas agrícolas a nuevas condiciones. Pero la intensidad y la velocidad del cambio climático presentan

nuevos desafíos sin precedentes. Las zonas rurales serán las más afectadas, ya que dependen de actividades sensibles al clima y además tienen poca capacidad de adaptación. Se prevé un cambio gradual de temperaturas y lluvias, así como una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos que se traducen en malas cosechas, muerte del ganado y otras pérdidas de activos, lo cual representa una amenaza para la producción de alimentos, así como para el acceso a los recursos alimentarios, la estabilidad y la utilización de los mismos. En algunas regiones estos cambios pueden superar ampliamente la capacidad de adaptación de la población. (pág. 6).

Algo semejante ocurre en otro estudio realizado por Ladino R, (2011) en Bogotá DC, determinado “la energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia”, en esta investigación se recogen los resultados en torno a las características sociales, ambientales, económicas y de política, con relación al uso de la energía

fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural.



“El uso de energía en los espacios rurales se relaciona con el consumo de combustibles fósiles empleados en maquinaria, equipos agrícolas y como insumo doméstico en la cocción de alimentos. Estas aplicaciones basadas en la utilización de recursos naturales representan factores de riesgo ambiental y de salud, como la contaminación atmosférica o calentamiento global, debido al aumento del dióxido de carbono, uno de los gases responsables del efecto invernadero. Con el calentamiento global, los sectores rurales se verán seriamente afectados en la

agricultura por la evaporación de agua de la superficie de la tierra y el aumento de lluvias e inundaciones”.

Considerando que la energía es un factor fundamental para que pueda haber un desarrollo en las zonas rurales y urbanas, en Colombia se evidencian que en estas zonas hay problemas de abastecimiento de agua, baja cobertura de alumbrado público; las comunicaciones son escasas por no decir nulas, debido a estas circunstancias los índices de calidad de vida y desarrollo son bajos, de acuerdo a lo anterior mencionado el autor soporta su estudio exponiendo que “Es así que, con el desarrollo de programas y propuestas se busca generar proyectos que cubran estas falencias, mediante la utilización de energías alternativas (la eólica o la solar fotovoltaica), que pretenden de alguna manera, remediar algunos problemas de estas comunidades y contribuir con la disminución de efectos negativos ambientales y de salubridad, como la deforestación y la generación de gases de invernadero en las áreas rurales”. Ladino R, (2011), (pág. 25).

Igualmente, Granados, O, (2010) desarrolla su idea enfocada en un “sistema de

iluminación para viviendas de emergencia con base en energía solar fotovoltaica” El proyecto se basa en el uso de un sistema energético de iluminación para viviendas de emergencia, establecido en la utilización de energías alternativas, limpias y renovables,

como la energía solar fotovoltaica, que permite suplir la carencia o mejorar el suministro energético de este tipo de vivienda, incrementando así el nivel de calidad de vida de la población beneficiada y reduciendo los índices de pobreza que los afectan, generando al mismo tiempo un impacto positivo en el medio ambiente al no generar residuos que puedan agrandar el cambio climático que se está presentando actualmente.

### **1.1. Otros antecedentes**

El mayor uso de la energía solar fotovoltaica y energía eólica es la de electrificar viviendas aisladas de la red eléctrica convencional. Este tipo de energía es una alternativa óptima para satisfacer el consumo de una vivienda normal en cuestión de electricidad. Aprovechando la energía gratuita del sol y del viento, con los sistemas eólicos y fotovoltaicos podemos gestionar sin ruidos y sin gastos continuos en gas-oíl u otras fuentes de energía no renovables, nuestra propia energía eléctrica de manera limpia, autónoma y segura (Energreencol, 2017).

El interés por la energía solar en Colombia tiene sus comienzos en la crisis energética de la década de los setenta (1970), cuando las instituciones centran principalmente sus estudios en este campo de los sistemas de energía solar térmica y fotovoltaica, en aplicaciones como calentamiento de agua, secadores solares, sistemas climatizados.

En la cumbre realizada en la Isla Margarita, Venezuela (tiempo, 2017). Para la unión de los países suramericanos y el desarrollo de la energía solar se expuso la necesidad de que los gobiernos incentiven energías renovables, entre ellas la energía solar, que a mediano plazo puede conllevar soluciones energéticas sostenibles.

La electrificación rural en Latinoamérica y Colombia de acuerdo con (fonceca, 2010) En los años setenta, El Estado controla y es dueño de los servicios públicos domiciliarios y a su vez lanza programas de electrificación rural para mejorar la calidad de vida de la población rural; Las tarifas estaban subsidiadas, beneficiando a los estratos bajos; las empresas de energía eléctrica que contribuían con las conexiones en zonas de población dispersa aumentaron costos internos, originando una crisis económica más adelante.

las aplicaciones solares fotovoltaicas en zonas rurales y urbanas eran limitadas, generalmente para bombeo de agua en pequeñas comunidades rurales.

Más adelante en Colombia se va integrando a ciudades como una opción viable, pero la indiferencia gubernamental y la corrupción es un obstáculo que no deja tener proyección en el desarrollo de un país, una de las principales ciudades que incursiona en la utilización de la energía solar es Barranquilla el cual es un lugar perfecto para volverse en una capital de la energía limpia y llegue a tener el parque solar más grande de Colombia y de Latinoamérica. En esta ciudad se necesita generar 1000 megavatios.

COO de Tecnoglass, Daes, C, (2017) compartió el avance y desarrollo del proyecto en la construcción de los primeros 3 MW de energía solar sobre el área de techado de una de sus fábricas de vidrio con alta tecnología, en compañía del alcalde de Barranquilla, Alejandro Char.



en NASDAQ, no escatima en materia de riesgos y va más allá de la prudencia humana de un empresario en tiempos convulsos: ha planteado llegar a construir un parque solar de 1.000 MW, capacidad solo comparable con los 918 MW de TEBSA, la central termoeléctrica a gas más grande de Colombia, construida en 1995 en el municipio de Soledad, Atlántico(Ossa, 2017).

**Tabla 1**

*Experiencia de países con energía fotovoltaica*

Experiencia de países con energía fotovoltaica			
País	Documento	Año	Comentario
México	Estudio de caso: Selección de opciones de aprovechamiento energético para la comunidad rural de Tepisuac, Jalisco.	1997	Proyecto con 50 viviendas y una población de 300 personas. Viven en la pobreza, con prácticas de subsistencia.

Colombia	 <p>Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare.</p>	1999	 <p>Proyecto dirigido a la población rural de Casanare (40 escuelas y 2.000 viviendas), aislada de las zonas interconectadas de los corredores eléctricos.</p>
----------	--	------	--

*Nota.* Tomada de(Peralta, 2011)

**Tabla 2**

Experiencia de países con energía solar			
País	Documento	Año	Comentario
Cuba	Estudio de caso: selección de alternativas energéticas un proyecto de comunidad rural provincia de Cienfuegos.	1999	Proyecto para 30 viviendas, con una población de 200 personas. Conclusión: energía fotovoltaica para demanda eléctrica, bombeo de agua, iluminación. Energía solar térmica para la cocción de alimentos.
Colombia	Dotación de energía fotovoltaica a	1999	Proyecto dirigido a la población rural de Casanare

	escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare.	 (40 escuelas y 2.000 viviendas), aislada de las zonas interconectadas de los corredores eléctricos.
--	--	--

*r*  
*iencia de países con energía solar*

*Nota.* Tomada de(Peralta, 2011).

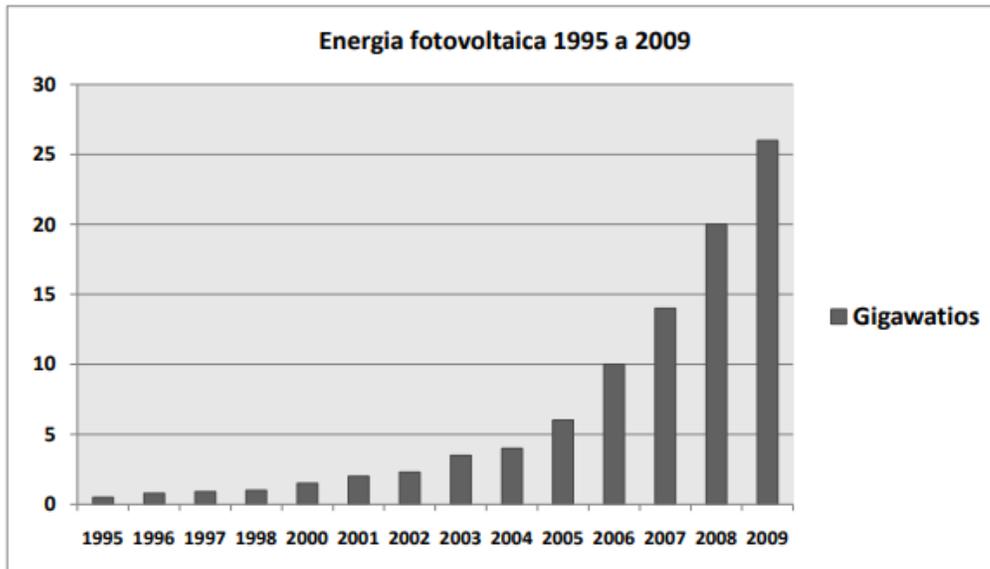
## 2. Base teórica

Es importante conocer como en latino América se ha incrementado la energía solar fotovoltaica y se ha convertido en una opción viable para la generación de energía, debido a los costos que cada día son más elevados en energía tradicional, la energía solar es de gran importancia para las personas que no tienen oportunidad de tener acceso a este servicio tengan una oportunidad para mejorar su calidad de vida.

Según la UPME Los sistemas solares fotovoltaicos para la generación de electricidad presentan un desarrollo en capacidad instalada como se muestra en la Figura 1; en el año

1995 la capacidad instalada fue de 0,5 GW, aumentando progresivamente a partir del año 2005 para llegar a 26 GW en el año 2009(Peralta, 2011).

***Figura 1. Capacidad mundial instalada de potencia fotovoltaica***



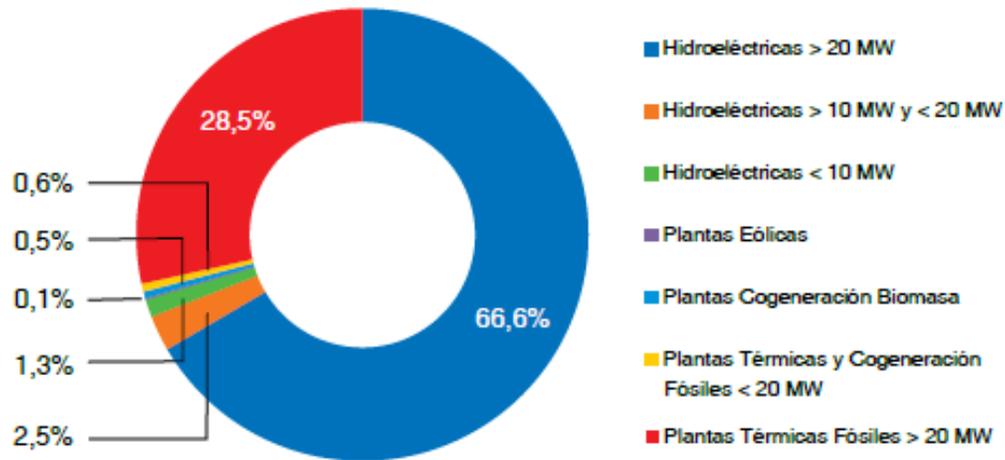
Fuente:(Peralta, 2011).

Dentro de los países que aportan a este desarrollo se encuentran China, la Unión Europea, Japón, Israel, India. En Latinoamérica Brasil posee 2,4Gw(Peralta, 2011).

En la cumbre iberoamericana de energía expreso que en Colombia presenta 15.000 sistemas fotovoltaicos con una capacidad instalada de 9 Mw 22 al año 2008. El potencial energético fotovoltaico colombiano es de 4,5 kWh / m<sup>2</sup>, debido a su ubicación geográfica, a la posición en la región andina y a la variedad de climas y temperaturas, lo cual permite que se implemente en diferentes partes del país con condiciones favorables para la utilización de las energías solar, térmica y fotovoltaica(Peralta, 2011).

*Figura 2. Capacidad de energía eléctrica en Colombia*

Total capacidad instalada: 15.645 MW



Fuente:(UPME, 2015).

En Colombia el mayor porcentaje de energía eléctrica consumida fue suministrada por la energía hidroeléctrica con un 70% de la generación total de energía renovable según el UPME 2015, a pesar de la gran cantidad de recursos naturales y las características ideales

para utilizar energía alterna como las energías renovables, en Colombia su porcentaje es muy bajo como se puede apreciar en la Figura 2 tomada del UPME 2015.

## 2.1. Desarrollo Urbano

El desarrollo Urbano implica un proceso de desencadenamiento de diferentes aspectos que lleven a la dignificación de la población, a través de políticas públicas que involucren conceptos sociales, económicos.

“El grado de urbanización en Colombia, el aporte de las ciudades al crecimiento económico y los impactos sociales positivos alrededor de la vivienda, la provisión de agua potable y saneamiento, y el desarrollo de sistemas de movilidad, con un marco adecuado de política, permitirán que esta locomotora sea fundamental para la disminución de la pobreza, el crecimiento económico sostenible y la generación de riqueza, con un mayor equilibrio regional”(DNP, 2015).

## **2.2. Fuente y transformaciones de energía solar**

Según Serway, la radiación solar es inagotable, cada segundo 1.340 julios de radiación electromagnética del sol, pasan perpendicularmente a través de un (1) m<sup>2</sup> en la parte superior de la atmósfera terrestre”; parte de esta energía es reflejada hacia el espacio y la otra llega a la superficie de la tierra, la cual de ser captada puede ser utilizada de manera eficiente. La energía del sol es la fuente de mayor cantidad de energía del planeta; es a través del proceso de fotosíntesis que se generan los combustibles fósiles, y lo que representa la mayor cantidad de energía disponible(Peralta, 2011).

## **2.3. Energía solar térmica.**

(Peralta, 2011) Afirma, La energía objeto de estudio es de temperatura por debajo de 1000 C, aunque por estos medios se alcanzan temperaturas de 6000 C. energía térmica se desarrolla por medio de la radiación solar, a través de placas absorbentes, aislamientos y carcasa. Se puede aplicar al calentamiento de agua la calefacción para invernaderos, las destilaciones y la desalinización de agua.

## **2.4. Definiciones de términos básicos**



**Celda Fotovoltaica:** Componente que convierte la luz del sol (fotones) en electricidad(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Conductor:** El conductor eléctrico es un material que brinda escasa resistencia al camino de la electricidad. En general son aleaciones con electrones de forma libre que ceden el movimiento de cargas. Para el paso de la energía eléctrica, así también como para cualquier instalación para utilizar en área doméstica o industrial, los mejores conductores son de oro y plata, pero exigido a su alto costo, los materiales en general son de cobre (de manera de cables de uno o diferentes hilos) o de aluminio(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Energía Eléctrica:** Cantidad de vatios hora (Wh) o kilovatios hora (kWh) que trabaja un aparato eléctrico durante un tiempo. Es decir, es la potencia de los equipos por el tiempo(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Energía Renovable:** Son aquellas fuentes de energía que no se agotan, con la particularidad que presumen un mínimo daño al ambiente(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Insolación:** Es la proporción de energía solar que llega a una superficie, medida en vatio/hora/metro cuadrado. La insolación que finaliza en la superficie terrestre puede ser directa o difusa(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Insolación directa:** Es la que proviene de forma directa del sol. Es la que acogemos cuando los rayos solares no se dispersan al pasar por la atmósfera terrestre (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Inversor:** El desempeño del inversor es de cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de salida de corriente alterna, con magnitud y frecuencia que desee el usuario (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Potencia eléctrica:** Es la capacidad nominal de los equipos eléctricos. La unidad de medida es el vatio (W), el kilovatio (kW) o el megavatio (Mw) (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016)

**Regulador de carga:** Se lo denomina unidad de control o control de carga. Dispositivo que maneja el flujo de corriente hasta la batería y de ahí hacia los dispositivos para protección de sobrecargas y sobre descargas (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Tensión eléctrica:** Es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre los bornes eléctricos de conexión, para que de esta manera la corriente eléctrica pase por dicha instalación. La unidad de medida es el voltio (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

## 2.5. Ventajas de las Energías Renovables

Según (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016) afirma ciertas ventajas y desventajas de las energías renovables mencionadas a continuación:

Optimizan la garantía del suministro energético, ya que favorecen a la variación y abastecimiento al utilizar recursos energéticos propios.

Las energías renovables son cumplidas con el medio ambiente, a discrepancia de las energías arrancadas del medio ambiente o la energía nuclear. Colaborar el progreso de actividades industriales y económicas a la altura regional tanto en lo que se representa al ciclo de inversión como a la de explotación.

## 2.6. Desventajas de las Energías Renovables

Dificultades de disponibilidad: No continuamente se dispone de ellas cuando es preciso su consumo. Requieren de almacenamiento.

La inversión preliminar forzosa puede, en determinados asuntos, hacer que el sistema no sea conveniente o que sean necesarios extensas etapas de amortización.

La internalización en los precios de sus ventajas sociales o medioambientales lograría que fuesen más competitivas con las energías convencionales.

## 2.7. Tecnologías del uso de energía solar

**Solar Pasiva:** Esta utiliza y combina material de construcción, proyecta y coloca una estructura para que los requisitos de iluminación, calefacción y enfriamiento sean mínimos (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Solar Térmica:** Esta energía utiliza la radiación solar en forma de calor y luz para emitir aire caliente, agua caliente o generar electricidad por el vapor (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Solar híbrida:** Mezcla la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se mezcla es una **híbrida** (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016). **Renovable:** Biomasa, eólica, no renovable: Combustible fósil (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Solar Eólica:** La utilización del recurso solar se da a cabo mediante el aire contenido dentro de una torre que en su base contiene aerogeneradores, en el transcurso del día esta torre es calentada por el sol, calentándose también el aire de adentro formando una corriente de aire ascendente dentro de la torre y la absorción que esta crea en la base de la torre ventila y enfría la edificación (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Solar Fotovoltaica:** La energía solar fotovoltaica genera electricidad, de forma indirecta, en el proceso de transformación a carbohidratos en la biomasa, pero el espectro de luz clara del sol puede aprovecharse para generar electricidad, por medio de celdas fotovoltaicas (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

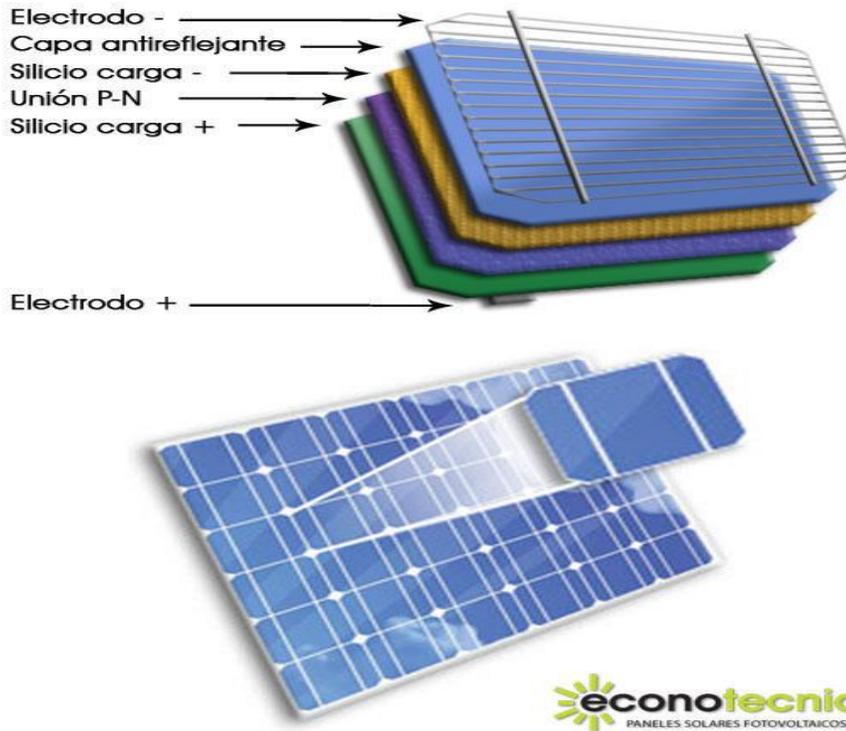
## 2.8. Célula solar

### Características básicas

La unidad principal de cualquier tipo de instalación de energía solar fotovoltaica es el generador, que se lo denomina célula solar. Se identifica por transformar en forma directa la electricidad de fotones que se originan de la luz del sol. Su función se basa en el efecto fotovoltaico. Esta célula solar actúa como un diodo: la parte que se encuentra exhibida a la radiación solar es la N, y la parte colocada en la franja de oscuridad, la P. Los terminales de conexión de la célula se encuentran sobre cada una de las partes del diodo: la parte de la cara que corresponde a la zona P se halla metalizada por completo (no recibe luz), por

otro lado, la zona N del silicio tiene un tipo de peine para que así la radiación solar llegue al semiconductor (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Figura 3. Célula Fotovoltaica**



Fuente: (Econotecnia, 2017)

### Tipos de células solares

**Silicio Mono cristalino:** es un material de silicio distinguido por una disposición ordenada y habitual de átomo, de forma que solo tiene una situación cristalina, es decir, todos los átomos están ubicados simétricamente. Se -Si (single cristal). Son de un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan provechos de hasta el 17% (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

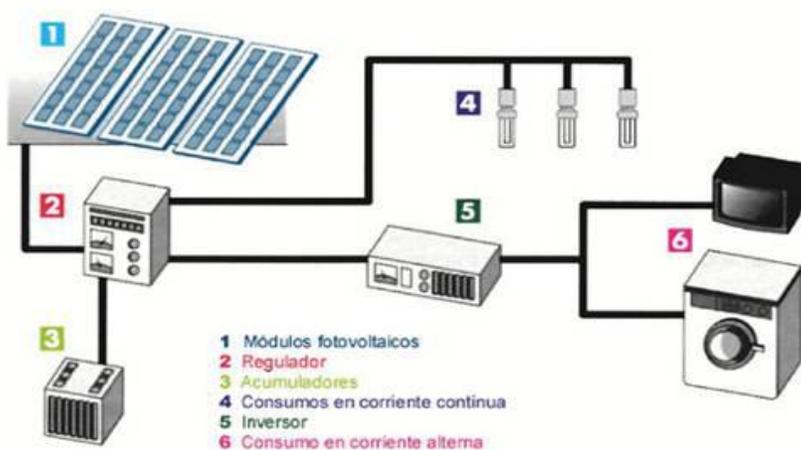


**Silicio policristalino:** Una muestra sobre otro sustrato, como una capa de 10-30 micrómetros y dimensión de grano entre 1 micrómetro y 1mm. Las orientaciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante la fase de degradación. Alcanzan rendimientos de hasta el 12% (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Silicio amorfo:** es un compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, situado sobre otra sustancia con un espesor de 1 micrómetro. No existe estructura cristalina de forma ordenada, y el silicio se ha situado sobre un soporte transparente en forma de una capa fina. Muestran un color marrón y gris oscuro. Las células de silicio amorfo (no cristalino) parecen tener unos aspectos de futuro muy tranquilizadoras. Esta tecnología admite disponer de células de muy estrecho espesor y elaboración más simple y barata, aunque con eficacia del 6-8%. Su primordial campo de aplicación en la actualidad se encuentra en la alimentación de relojes, calculadoras, etc. (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

## 2.9. Esquema de un sistema de generación solar

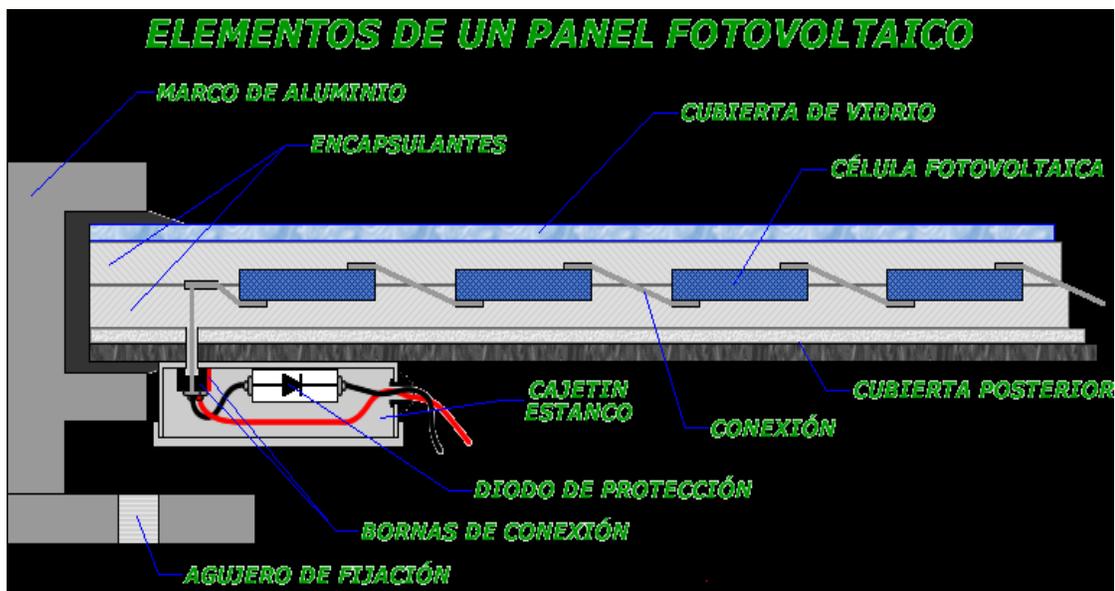
*Figura 4. Esquema de instalación fotovoltaica*



Fuente: (Teleobjetivo, 2017)

**Panel Solar:** El panel fotovoltaico está constituido por un grupo de células, enlazadas eléctricamente, encapsuladas, y acopladas sobre una estructura de apoyo. Suministra una salida de conexión, un voltaje continuo, y se diseña para valores determinados de voltaje, que determinara el voltaje en el que va a operar el sistema fotovoltaico solar(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

*Figura 5. Elementos de Panel Fotovoltaico*



Fuente: (Jaen, 2017)

**Potencia de la célula fotovoltaica:** La potencia que provee una célula de medida regular (ejemplo de 10 x 10 cm) es bastante reducida (en torno a 1 o 2 W), por lo que habitualmente será obligatorio tener que vincular muchas de ellas con el propósito de suministrar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico solar. Es de este acontecimiento donde proviene la definición de panel fotovoltaico(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Regulador de voltaje de carga:** Este dispositivo protege de sobre voltajes o sobre corrientes tanto en el panel solar como a la carga normalizando su nivelación de voltaje o interrumpiendo el servicio(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

El regulador de voltaje comprueba continuamente el estado de carga de las baterías y normaliza la potencia de la carga de estas para prolongar su vida rentable. También crea alarmas del estado de carga. Los reguladores de ahora incluyen microcontroladores para la buena misión de un sistema fotovoltaico. Su programa fabricado posibilita una inspección capaz de ajustarse a las diferentes situaciones de manera instantánea, autorizando la alteración manual de sus medidas de actividad para instalaciones exclusivas. Inclusive los hay que graban datos que admiten conocer cuál ha sido el progreso de la instalación durante un tiempo definitivo. Para esto, consideran los valores de voltaje, temperatura, intensidad de carga y descarga, y volumen del acumulador. Coexisten dos ejemplos de reguladores de carga, los lineales y los conmutados(Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

**Figura 6. Regulador de carga**



Fuente: (Wordpress, 2017)

**Batería o acumulador:** El oficio principal de las baterías en un sistema de generación solar fotovoltaico es la de almacenar la energía que se provoca durante las horas de luz para poder ser manejada en la noche o durante etapas extendidas de mal época, tres son los objetivos que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas (Hidalgo Aguilar & Arévalo Morales, 2016).

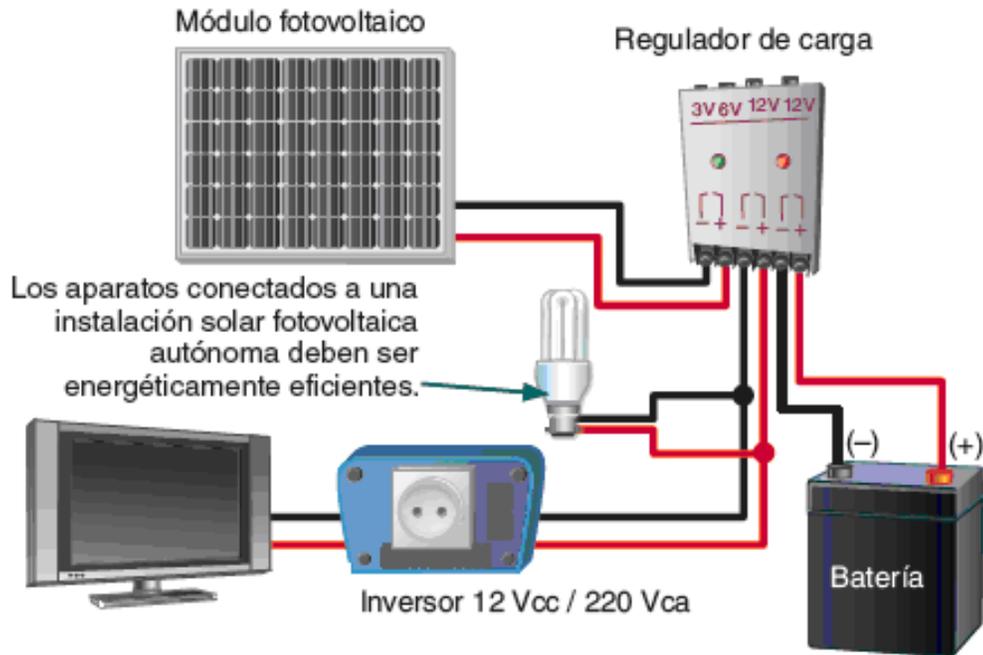
- Acumular energía durante un determinado número de días
- Suministrar una potencia instantánea alta.
- Establecer la tensión de trabajo de la instalación.

**Inversor:** Los equipos que convierten la corriente directa a corriente alterna son llamados inversores. El desempeño de un inversor es transformar un voltaje de ingreso C.D a un voltaje proporcionado de salida A.C, con capacidad y frecuencia deseada.

Las características deseables para un inversor DC-AC la podemos abreviar de la siguiente forma:

- **Alta eficiencia:** debe funcionar correctamente para un extenso rango de potencias.
- **Bajo consumo en vacío:** cuando no hay cargas conectadas.
- **Alta fiabilidad:** resistencia a los picos de arranque Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida: que debe ser conforme con la red eléctrica.

**Figura 7. Inversor**



Fuente:(Autoconsumos, 2017)

### 3. Base legal

#### 3.1. Plan energético Nacional

Este plan desarrollado por la UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética) tiene como objetivo central “maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país, y como objetivos específicos(UPME, 2015):

- Asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo.
- Consolidar integración energética regional.
- Consolidar esquemas de competencia en los mercados. 4. Formación de precios de mercado de los energéticos que aseguren competitividad.

Maximizar cobertura con desarrollo local. Se analizan adicionalmente cinco aspectos, que por su importancia son fundamentales para alcanzar los objetivos planteados(UPME, 2015):

- las fuentes no convencionales y el uso racional de la energía
- El medio ambiente y la salud pública.
- La ciencia y la tecnología
- El marco institucional y normativo,
- La información, la promoción y la capacitación.

### **3.2. Ley 812 de 2003. Artículo 118**

En esta Ley se consagra un fondo de energía social proveniente de las exportaciones de energía eléctrica a los países de la Comunidad Andina; dichos ingresos ayudan a cubrir hasta \$40 por kilovatio hora el valor de la energía eléctrica que llega a usuarios de áreas rurales de difícil acceso(MINMINAS, 2007).

### **3.3. Normas técnicas**

**GTC 114:** guía de especificaciones de sistemas fotovoltaicos para suministro de energía rural dispersa en Colombia.

Esta guía tiene en cuenta las características técnicas en la selección, instalación, operación y mantenimiento de la energía fotovoltaica, energía utilizada para la población rural dispersa en Colombia.

Esta norma establece algunas pautas sobre las especificaciones y características técnicas que se deberían tener en cuenta en el proceso de selección, instalación, operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos (SFV) que se emplean para suministrar energía a las zonas rurales presentes en Colombia

**NTC 2775:** Norma técnica colombiana para energía solar fotovoltaica, términos y definiciones.

Esta norma tiene por objeto establecer las principales definiciones utilizadas en las normas técnicas relativas a energía solar fotovoltaica, Esta norma sólo contiene definiciones referentes a sistemas fotovoltaicos, acordes con la simbología establecida en la norma NTC

1736, no incluye ningún tipo de clasificación de los sistemas fotovoltaicos, ni ningún tipo de especificación sobre los mismos.

Sólo define conceptos como arreglo fotovoltaico, batería, potencia pico, celda fotovoltaica, corriente de carga, eficiencia de conversión, oblea, respuesta espectral, silicio policristalino, entre otros términos muy generales.

**NTC 1736:** Energía solar. Definiciones y nomenclatura.

Esta norma define la nomenclatura para variables de radiación solar, parámetros meteorológicos, y parámetros de orientación y localización superficial. La norma lista las definiciones de conceptos generales (absorción, emitancia, reluctancia, etc.), conceptos de radiación y ángulos (afelio, ángulo de hora solar, declinación solar, flujo radiante, irradiación, etc.), y medición de la radiación (anillo de sombra, fotómetro, haliómetro, pirgeómetro, etc.).

También incluye una clasificación de los colectores solares, de sus tipos de instalaciones, así como definiciones y gráficas de sus principales componentes.

Esta norma se centra pues en los colectores solares, empleados para obtener energía térmica a partir de la energía solar, y no menciona nada específico de módulo fotovoltaicos.

**NTC 5287:** Norma técnica colombiana para baterías para sistemas solares de uso en fotovoltaicos, requisitos generales y métodos de ensayo.

Esta norma proporciona información general relativa a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típicos

relativa al tamaño de las baterías, al método de carga o al diseño de los sistemas solares fotovoltaicos.

**NTC 2959:** Norma técnica colombiana energía fotovoltaica. guía para caracterizar las baterías de almacenamiento para sistemas fotovoltaicos.

La presente norma tiene como objeto mostrar una metodología para la presentación de la información técnica relacionada con la selección de baterías para el almacenamiento de energía en sistemas fotovoltaicos. Además, se presenta un procedimiento para verificar la capacidad, eficiencia y duración de las baterías de acumulación. Se muestran algunos ensayos para la aplicación propia de los sistemas fotovoltaicos como: ensayo de capacidad y de eficiencia en amperios - hora y ensayos cíclicos.

**NTC 2883:** Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo.

La presente norma hace referencia a los requisitos establecidos para la calificación del diseño y la aprobación del tipo de módulos fotovoltaicos para aplicación terrestre y para la operación en largos periodos de tiempo en climas moderados (al aire libre), según lo define la norma IEC 60721-2-1. Y su uso principal es en módulos fotovoltaicos que utilicen tecnologías en silicio cristalino.

Se presenta una secuencia de ensayos para determinar las características eléctricas y térmicas del módulo fotovoltaico, algunos ensayos se ilustran a continuación: determinación de la potencia máxima, ensayo de aislamiento (no inferior a 400 Mega

ohmios), medición de los coeficientes de temperatura, desempeño a baja irradiación, ensayo de pre-condicionamiento térmico UV, ciclos térmicos, ensayo térmico del diodo *bypass*.



UNIMINUTO  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



**NTC 2050:** Norma técnica colombiana código eléctrico.

La presente norma hace referencia a la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basadas en parámetros aplicados y validados mundialmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas.

**NTC 4405:** Norma técnica colombiana de Evaluación de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, esta norma presenta una metodología para la evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos, reguladores y acumuladores. La presente norma cubre de los sistemas fotovoltaicos:

- Etapa de paneles o de módulos
- Etapa de regulación
- Etapa de acumulación.

Por otro lado, se contienen algunas definiciones referentes a sistemas solares como: área efectiva del panel, carga de un acumulador, celda fotovoltaica, eficiencia del panel o módulo, energía consumida, irradiación solar incidente, entre otras.

**NTC 5513:** dispositivos fotovoltaicos parte 1: medida de la característica intensidad tensión de los módulos fotovoltaicos.

Esta norma describe los procedimientos de medida de la característica corriente-voltaje (I-V) para celdas solares **UNIMINUTO** empleando luz natural o simulada.

Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



La norma establece requisitos generales para efectuar las medidas, como la calibración del dispositivo de referencia (aquel con el cual se efectúan las medidas de irradiancia), su

respuesta espectral, la precisión de  $\pm 1$  °C entre el dispositivo de referencia y la probeta, y las conexiones de ensayo.

**NTC 5678:** campos fotovoltaicos de silicio cristalino medida en el sitio de características i-v.

Esta norma describe los procedimientos de medida en sitio de las características de campos fotovoltaicos de silicio cristalino y la extrapolación de estos datos a condiciones estándar de medida o a otros valores de irradiación y temperatura.

Dichas medidas son útiles para determinar la potencia nominal, diferencias entre las características de los módulos en sitio y en laboratorio, y detectar la posible degradación de los módulos.

Se describen dos métodos para realizar la medida, según la norma IEC 60891: el método A, que permite determinar la temperatura efectiva de la unión  $T_j$  a partir de medidas directas de temperatura; y el procedimiento B, que permite deducir  $T_j$  a partir de datos de  $V_{oc}$  de subcampos medidos a distintos niveles de irradiancia.

Se describe el equipo necesario para llevar a cabo cada método y se describen detalladamente los procedimientos a seguir para cada método con sus respectivas fórmulas. La precisión de la potencia extrapolada no supera el  $\pm 5\%$ .

**NTC 5512:** ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos.



hora de evaluar la compatibilidad de los materiales usados en los módulos, así como la calidad y uniformidad de los recubrimientos protectores.

Antes de realizar el ensayo, se debe hacer una inspección visual, determinar la característica I-V (según norma IEC 60904-1) y realizar un ensayo de aislamiento según normas NTC 2883 o NTC 5464 (descritas más adelante).

La norma no define el procedimiento del ensayo, sino que determina que éste debe realizarse de acuerdo con las normas IEC 60068-1 e IEC 60068-2-11. Sin embargo, la norma incluye la norma IEC 60068-2-11 como anexo, en donde se explica todo lo concerniente al ensayo Ka de niebla salina.

**NTC 5509:** ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos (fv)

Esta norma define un ensayo que permite determinar la resistencia de un módulo fotovoltaico cuando es expuesto a radiación ultravioleta (UV). Particularmente, el ensayo permite determinar la resistencia de materiales como polímeros y capas protectoras.

**NTC 5509:** módulos fotovoltaicos de lámina delgada para uso terrestre. calificación del diseño y homologación.

Esa norma indica los requisitos, según la norma IEC 721-2-1, para la clasificación del diseño de los sistemas de módulos fotovoltaicos de lámina de delga, que son diseñados

principalmente para operar en largos periodos de tiempo y en climas moderados (al aire libre). La tecnología es la misma que en los módulos de silicio amorfo, pero también puede ser aplicable a otros módulos fotovoltaicos de lámina delgada.



Se presenta una secuencia de ensayos, basada en la norma IEC 1215, para calificar el diseño y aprobar los sistemas con módulos fotovoltaicos de lámina delgada. Algunos de los ensayos son: Funcionamiento a CEM, de aislamiento, medida de los coeficientes de temperatura, funcionamiento a baja irradiación, ensayo de luz UV, de ciclos térmico, de degradación inducida por luz, ensayo de fugas de corriente en mojado, entre otros. Además, con estos ensayos también se terminan las características eléctricas y térmicas del módulo fotovoltaico.

**NTC 5509:** sistemas fotovoltaicos terrestres. Generadores de potencia. Generalidades y guía.

Esta norma brinda una visión general de los sistemas fotovoltaicos (fv) terrestres generadores de potencia y de los elementos funcionales que los constituye.

**NTC 5627:** componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Calificación del diseño y ensayos ambientales.

La actual norma establece algunos requisitos para la clasificación del diseño, de los componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Se centra en componentes solares específicos tales como baterías, inversores (onduladores), controladores de carga, conjuntos de diodos, radiadores, limitadores de tensión, cajas de conexiones y dispositivos de rastreo del punto de máxima potencia, pero puede aplicarse a otros componentes complementarios del sistema, por otro lado, se

La norma también muestra una secuencia de ensayos para determinar las características de funcionamiento de cada componente, como: inspección visual, ensayo de funcionamiento, de comportamiento, de aislamiento, exposición a la intemperie, vibración, choque, radiación ultravioleta, húmeda – congelación, entre otros.

## **Marco metodológico**

### **1. Tipo de investigación**

De acuerdo con el problema planteado, y en función de sus objetivos se llevó a cabo una investigación bajo el modelo de Proyecto Factible, el cual consiste en un modelo operativo, descriptivo, analítico y evaluativo de una unidad de acción. También es de carácter cualitativo el cual permitirá conocer la cualidad de un determinado fenómeno descubriendo tantas como sea posible a través de la consulta a diferentes fuentes, en busca de realizar un estudio técnico esencial para evaluar un sistema de fotovoltaico adecuado, permitiendo aportar una solución a la carencia de energía eléctrica de calidad a una población determinada de bajos recursos.

### **2. Población**

La población donde se desarrollará el estudio es el barrio el progreso de la ciudad el Cúcuta, debido a la gran cantidad de habitantes de este sector que son bajos recursos y por tal razón presentan dificultad para adquirir o sostener los servicios de básicos de





Fuente:(Maps.com, 2018)

### 3. La muestra

En este trabajo se propondrá un sistema fotovoltaico estándar del tipo híbrido, que aplica como solución individual para viviendas urbanas que cumplan ciertos criterios (ver Tabla 3), la cantidad de paneles solares a utilizar estará relacionado con la radiación del barrio objeto de estudio, para el caso de viviendas que no cuenten con red comercial se determinara la cantidad de baterías la cual dependerá del consumo de energía de la vivienda.

En la Tabla 4, se observa las especificaciones del sistema fotovoltaico a diseñar con conexión a red comercial y en la Tabla 5, las especificaciones del sistema sin conexión a energía comercial este sistema tendrá la capacidad de generar energía eléctrica y soportar una carga de 2 kWh a 120 VAC, estará compuesto de elementos que cumplan la función de captar, acumular y convertir energía solar, suficientes para soportar la carga

eléctrica de viviendas urbanas del barrio el progreso, la carga eléctrica estaría definida por el sistema de alumbrado público. Los dispositivos usados comúnmente en viviendas residenciales como televisor, nevera, ventilador, etc.



El sistema es diseñado en base a las normas aplicadas en Colombia, el proyecto aplica para redes conectadas y no conectadas, con paneles solares fijos, en las Figuras se observan los Esquemas de la topología del sistema híbrido estándar conectado y no conectados.

**Tabla 3**

<b>Criterios para el modelo del diseño</b>		
<b>Criterio</b>	<b>Características</b>	<b>Especificación</b>
Ubicación	Barrio el progreso con viviendas conectadas o no conectadas	El sistema funcionara en modalidad de conectada a red comercial, en caso de que predio no cuente con red comercial el sistema funcionara con acumuladores o baterías

C r i t e r i o s	Usuarios	Cantidad de viviendas	Estará relacionado con los criterios de radiación, piso térmico.
	Recurso solar	Radiación solar kWh/m <sup>2</sup>	Especificación según mapa de radiación solar de Colombia (IDEAM)
	Piso térmico	Desempeño del sistema variara dependiendo del piso térmico	piso térmico cálido menor a 1000 msnm, piso templado mayor a 1000 msnm

*para el modelo del diseño*

Nota: Adaptado de (DNP.gov, 2016)

**Tabla 4**

*Especificaciones Sistema Fotovoltaico hibrido estándar conectado*

Especificaciones Sistema Fotovoltaico estándar conectado		
Tipo	Características	Cantidad
Potencia del sistema (W)	2000	N/A
Panel solar(Wp)	260	10
Distribución de paneles	10 paneles conectados en serie y paralelos para conseguir 24VDC	N/A
Inversor	2000W / 24Vdc / 120Vac de onda senoidal	1

Regulador	30Amp	1
-----------	-------	---

Nota: Adaptado de (DNP.gov, 2016)

**Tabla 5**

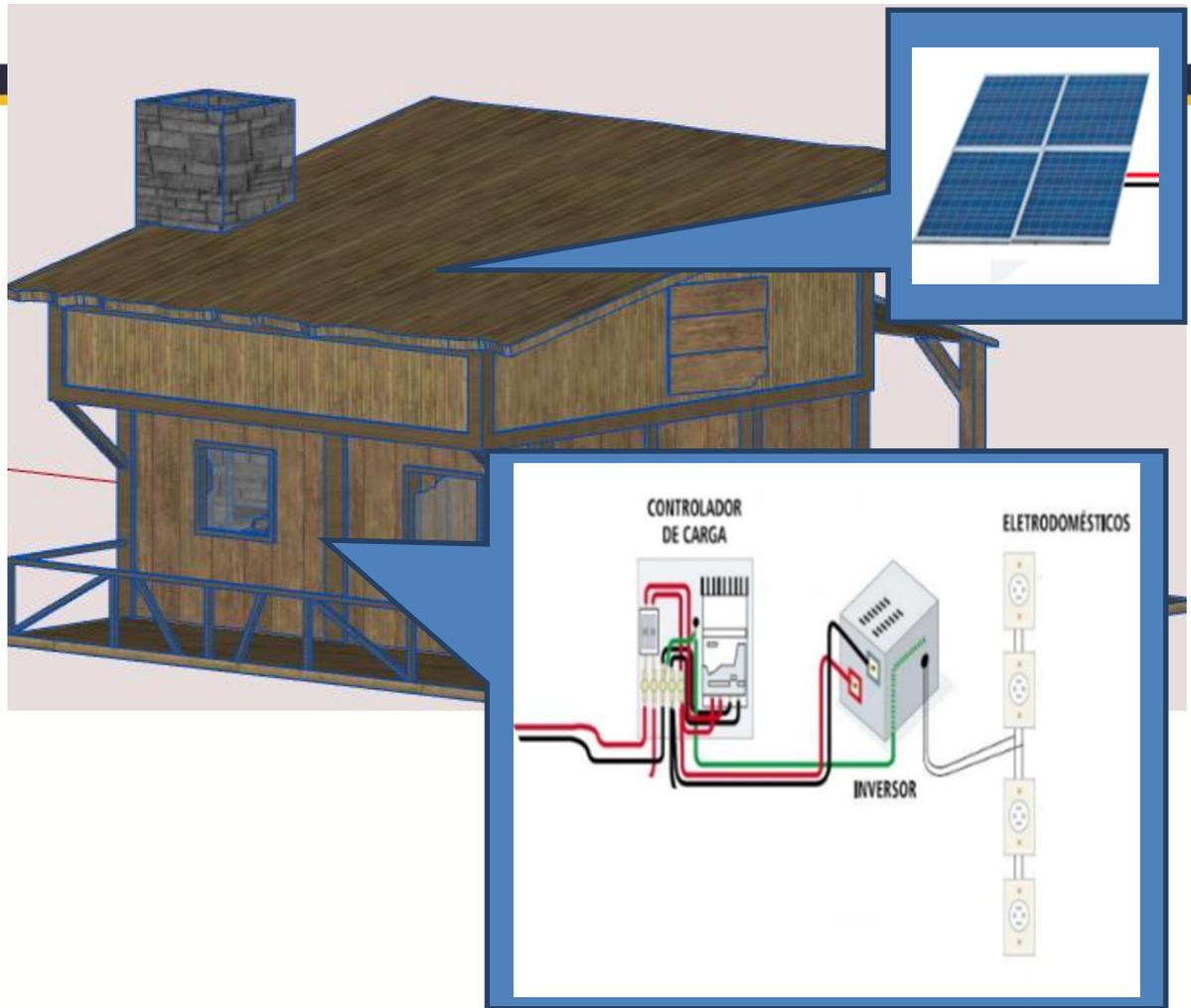
*Especificaciones Sistema Fotovoltaico estándar no conectado*

Especificaciones Sistema Fotovoltaico estándar no conectado		
Tipo	Características	Cantidad
Potencia del sistema (W)	2000	N/A
Panel solar(Wp)	200	10
Distribución de paneles	10 paneles conectados en serie y paralelos para conseguir 24VDC	N/A
Inversor	2000W / 24Vdc / 120Vac de onda senoidal pura	1
Regulador	30Amp	1
Baterías	155Ah- 12V	12
Bancos de baterías	Arreglo en serie a 24 V	2

Nota: Adaptado de (DNP.gov, 2016)

**3.1. Esquema del Sistema Fotovoltaico estándar conectado**

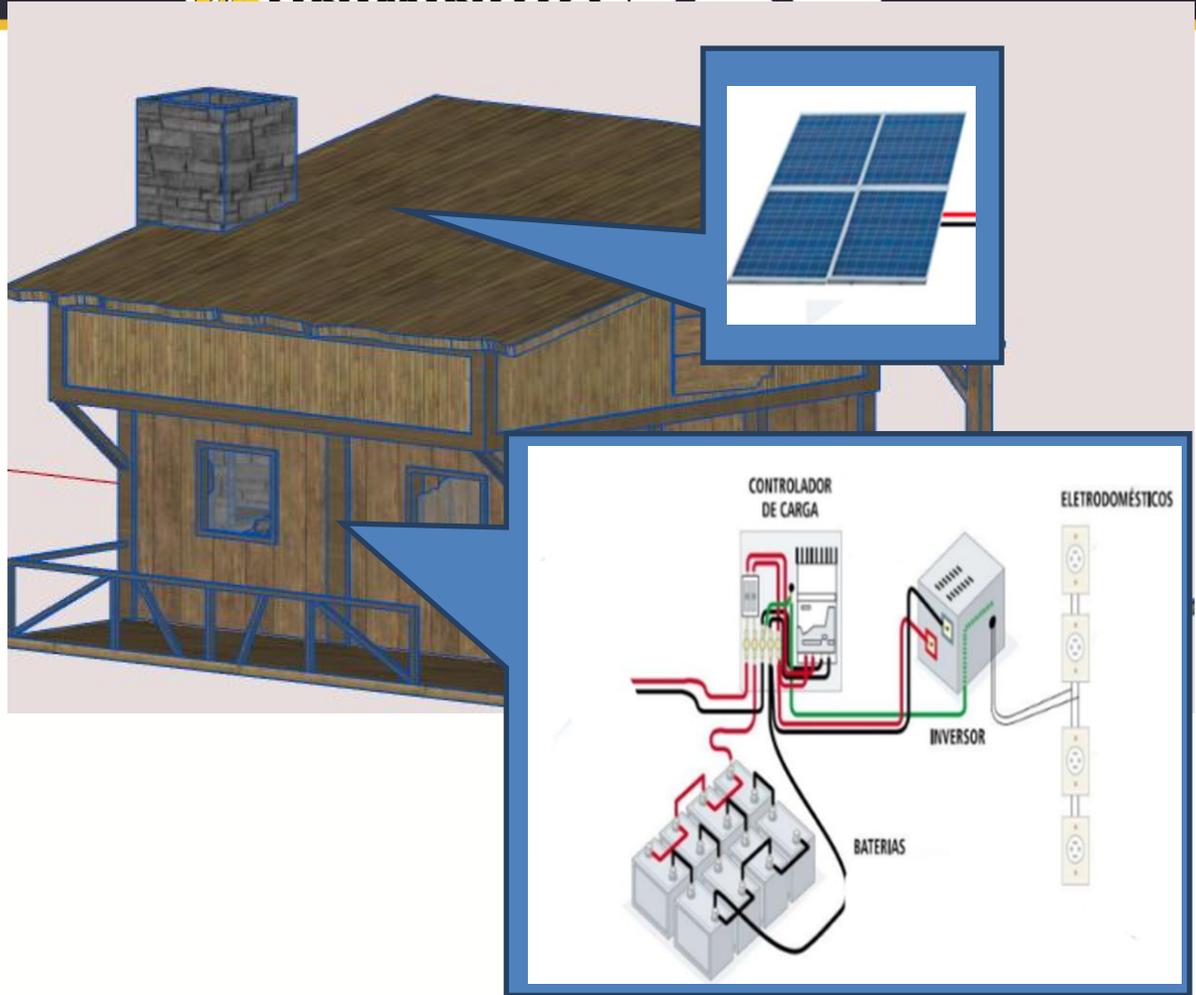
*Figura 10. Esquema del Sistema Fotovoltaico estándar conectado*



Fuente: Autor

### 3.2. Esquema del Sistema Fotovoltaico estándar no conectado

*Figura 11. Esquema del Sistema Fotovoltaico estándar no conectado*



Fuente: Autor

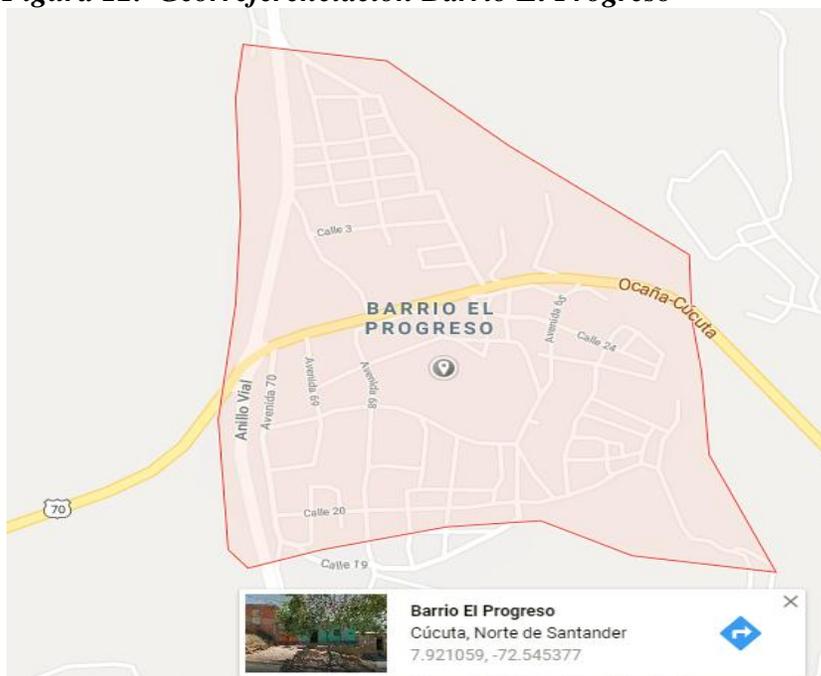
## Resultados

### 1. Análisis de la zona de estudio



El barrio el progreso se encuentra ubicado en la comuna Noroccidental en la ciudad de Cúcuta, en las coordenadas  $7^{\circ}55'16.0N$ -  $72^{\circ}32'43.4W$  sobre la avenida 70 y anillo vial occidental como se observa en la Figura 12, según la nomenclatura de Cúcuta, sus límites están entre la Avenida 69 entre calle 19 y 20 con Calle 24 entre Avenida 63 y 64(Datos.gov, 2018) como se observa Tabla 4 de direcciones.

**Figura 12. Georreferenciación Barrio El Progreso**



Fuente:(Maps.com, 2018)

**Tabla 6**

***Nomenclatura Barrio el Progreso***

Direcciones Barrio el Progreso Cúcuta		
Barrio	Dirección	Calles
El Progreso	Calle 24 entre Avenida 63 y 64	1
El Progreso	Avenida 67 Entre Calles 21 y 21A	1
El Progreso	Calle 21 Con Avenida 66 y 67A	2
El Progreso	Calle 21 Con Avenida 67A Y 68	1
El Progreso	Calle 20 entre Avenida 67 y 68	1 <sup>1</sup>
El Progreso	Avenida 68 entre calle 21 y 21A	1 <sup>1</sup>
El Progreso	Calle 21A entre Avenida 67 y 68	1 <sup>1</sup>
El Progreso	Avenida 68 Entre Calles 20 y 21	2 <sup>1</sup>
El Progreso	Avenida 65 entre calles 20 y 21	1 <sup>1</sup>
El Progreso	Calle 22B Entre Avenida 65 y 66	1 <sup>1</sup>
El Progreso	Avenida 69 entre calle 19 y 20	1 <sup>1</sup>
El Progreso	Avenida 69 entre calle 20 y 21	1
El Progreso	Avenida 70 entre calle 19 y 20	2
El Progreso	Calle 23 entre Avenida 64-65	1
El Progreso	Avenida 69 entre calle 21 y 22	1
El Progreso	Calle 23 Entre avenida 67A y 68	1
El Progreso	Calle 20 Con Avenida 66 y 67	2
El Progreso	Calle 24 entre Avenida 65 y 66	2
El Progreso	Calle 21 entre Avenida 69 y 70	1
El Progreso	Calle 22 con Avenida 67	2
El Progreso	Calle 20 entre Avenida 66 y 67	1
El Progreso	Calle 21 N°65-105	1

e(Datos.gov, 2018)

## 1.2. Clima

La ciudad de Cúcuta cuenta con clima cálido muy seco, las lluvias están divididas en dos temporadas, las secas en los meses de enero, febrero, junio, julio y agosto, y las temporadas de lluvias que comprende de marzo a junio y septiembre a diciembre, 878 mm es el promedio de lluvias anuales como se puede observar en la Tabla 7, la

climatológica de Promedio anual y más adelante los valores mensuales en la Tabla 8  
 Valores medidos por UNIMINUTO y la información suministrada por el IDEAM (IDEAM.gov, CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES, 1999).

**Tabla 7**

*Tabla climatológica Promedio Anual*

Climatológica Promedio Anual					
Temperatura			precipitación		Brillo solar
Min	Med	Max	Lluvias	Humedad	Horas
21° C	27° C	33° C	878mm	62-77%	185

*Nota.* Adaptada de (IDEAM.gov, CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES, 1999)

**Tabla 8**

*Tabla climatológica Promedio Mensual*

Climatológica Promedio Mensual							
Mes	Temperatura			Precipitación			Brillo solar
	Min	Med	Max	Lluvias (mm)	Días lluvias	Humedad (%)	Horas /Mes
Enero	16.6° C	21.2° C	30.3° C	31.6	7	75	208.2
Febrero	16.0° C	21.5° C	30.8° C	34.9	7	73	170.2
Marzo	18.0° C	22.1° C	31.0° C	66.9	9	74	159.9

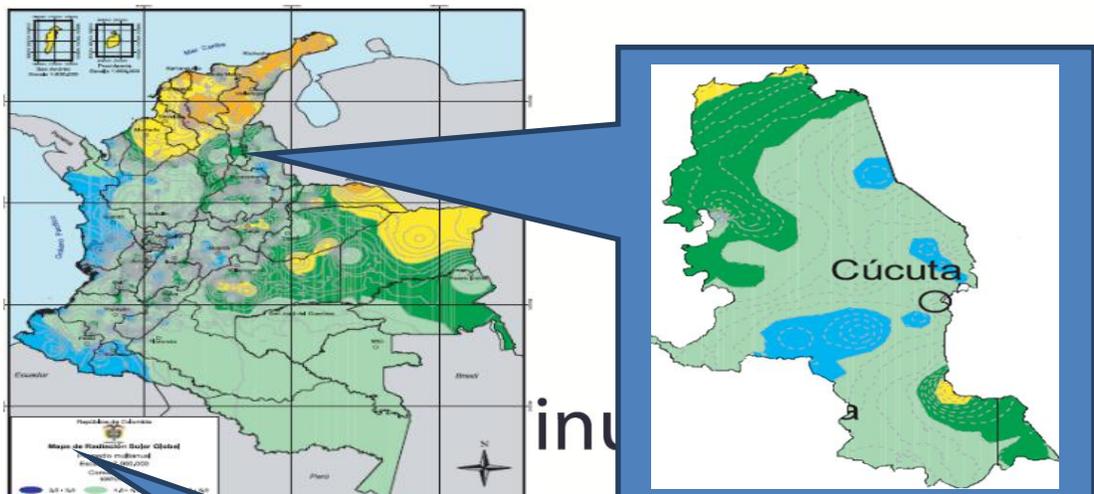
Abril	18.8° C	22.6° C	31.3° C	101.3	10	75	141
Mayo	19.0° C	23.1° C	31.9° C	111.9	12	71	179.6
Junio	17.4° C	23.8° C	32.5° C	39.6	13	63	171.7
Julio	19.0° C	23.5° C	32.6° C	37.8	14	62	199.7
Agosto	18.8° C	23.5° C	33.5° C	40.9	12	62	210.7
Septiembre	18.6° C	23.1° C	33.6° C	84.1	13	65	198.3
Octubre	18.8° C	22.4° C	33.2° C	147.7	15	73	192.6
Noviembre	18.0° C	22.2° C	30.9° C	119.8	13	78	190.0
Diciembre	16.8° C	21.4° C	29.7° C	72.3	9	79	191.3

*Nota.* Adaptada de (IDEAM.gov, CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES, 1999)

### 1.3. Radiacion Solar

Una de las condiciones importantes para realizar el diseño, es evaluar la radiacion solar que me permitira identificar el recurso solar en la zona objeto de estudio, este parametro esta definido en kWh/m<sup>2</sup>, y fue obtenido del mapa de radiacion solar de colombia suministrado por el IDEAM, el rango de ( kWh/m<sup>2</sup>) para el barrio el progreso es de 4.0 a 4.5, como se puede observar en la Figura 13.

**Figura 13. Mapa de radiacion solar en colombia**

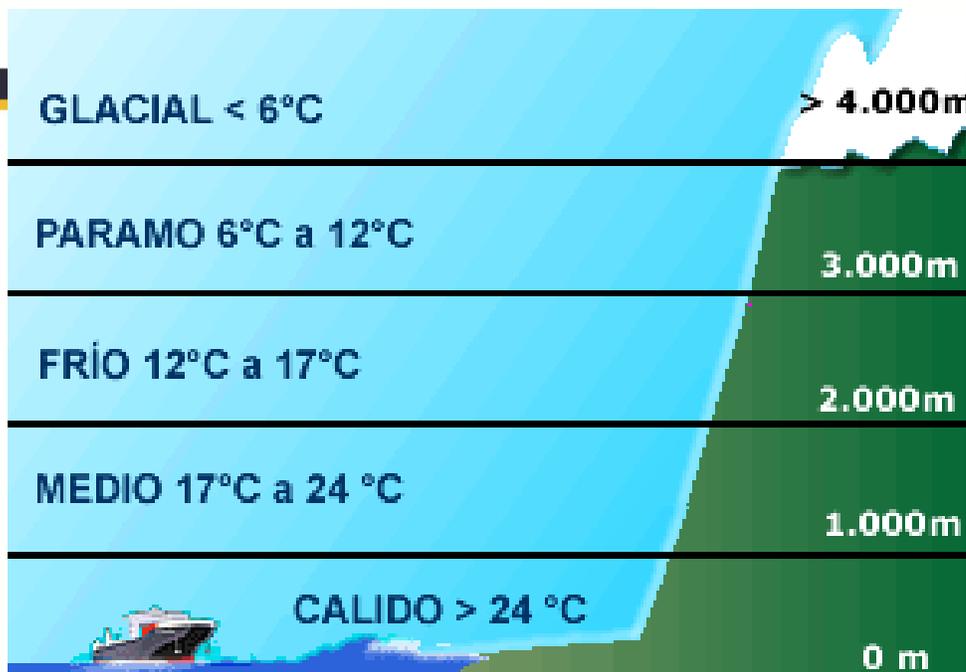


Fuente:(IDEAM.gov, CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES, 1999).

#### **1.4. Piso termico**

Para tener un mayor aprovechamiento del diseño se debe identificar si el lugar, o en este caso el barrio donde se realiza el estudio cuenta con un piso termico calido menor a 1000 msnm (metros de altura sobre el nivel del mar) o piso templado mayor a 1000 msnm, según la Figura , evaluando la informacion del clima del barrio el progreso de la Tabla 6, la temperatura oscila entre 21° C a 33° C, esto indica que se encuentra ubicado en el piso termico calido acontinuacion se observa los pisos termicos en colombia en la Figura 14.

*Figura 14. Pisos termicos en colombia*



Fuente: (Martinez, 2018)

### 1.5. Vías de Acceso

Las vías de acceso al barrio el progreso son por la ruta 70 Vía al municipio del Zulia y el anillo Vial Noroccidental, se puede acceder al barrio de forma vehicular la mayoría de sus calles principales están pavimentadas como la AV 65 la cual es una de las vías principales por donde ingresa el transporte público y es concurrida debido que es la vía de acceso al **MIRADOR TURÍSTICO DEL CERRO JESUS NAZARENO** al barrio se puede observar en la Figura 17.

*Figura 15. Ruta 70 Cúcuta –Zulia*



Fuente:(Maps.com, 2018)

*Figura 16. Anillo Vial Noroccidental*



Fuente:(Maps.com, 2018)

**Figura 17. Av. 65 Vía de acceso Mirador Turístico del Cerro Jesús Nazareno**



Fuente:(Maps.com, 2018)

**1.6. Situación Económica**

El barrio el progreso como muchos barrios de la ciudad de Cúcuta presentan altos índices de pobreza según el diagnóstico de pobreza entregado por el DANE (Rios, 2017), en el 2016 Cúcuta es la sexta ciudad con más pobreza a nivel nacional donde 40 de cada 100 habitantes no cuentan los recursos necesarios para cubrir los gastos básicos para vivir dignamente.

El Barrio el progreso, aunque pertenece al área urbana, queda en los límites de la ciudad en la vía hacia municipio del Zulia, el estrato socioeconómico es 1, tiene altos índices de pobreza, en sus viviendas, vías de acceso, transporte, en la Figura 18 algunas de sus vías en mal estado y en la Figura 19 las condiciones de las viviendas de los residentes.

***Figura 18. Barrio el Progreso Vías en mal estado***



Fuente:(Maps.com, 2018)

***Figura 19. Barrio el Progreso viviendas inadecuadas***



Fuente:(Maps.com, 2018)

En varias ocasiones centenares de familias invaden terrenos ubicados en el barrio el progreso sobre el anillo vial como sucedió en marzo del 2017 y fue desalojada por la secretaria de gobierno y policía nacional según el diario la opinión es fue la tercera vez que ocurría esta situación en este sector, en la Figura 20 se observa las viviendas provisionales adecuadas en los terrenos.

*Figura 20. Barrio el Progreso invasión de terrenos*



Fuente:(Caicedo, 2017).

### **1.6.1. Cobertura de servicios públicos Cúcuta Norte de Santander**

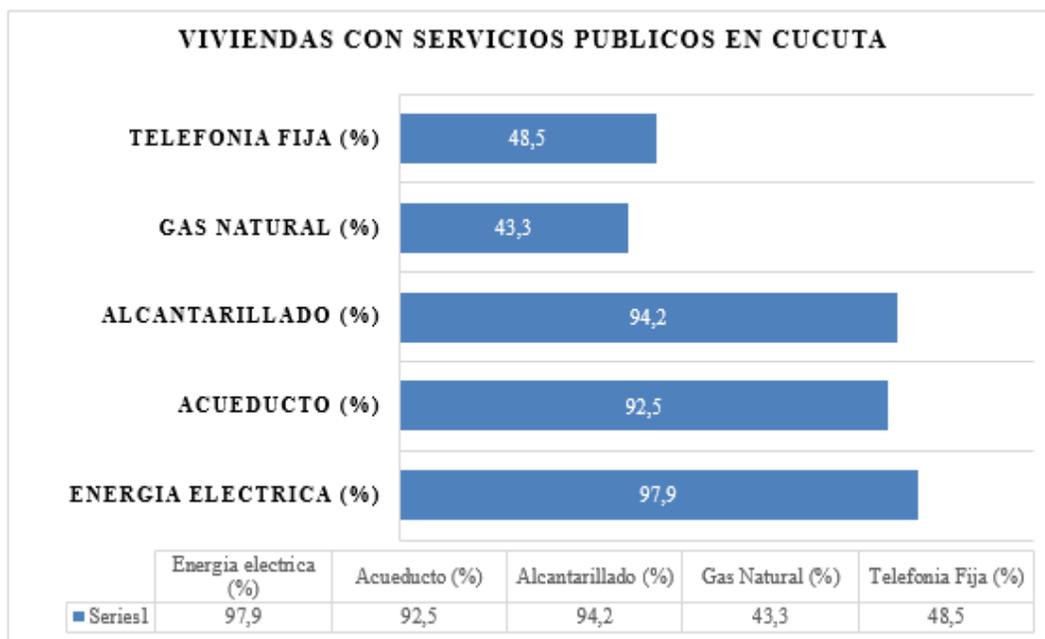
Los servicios públicos se relacionan con el desarrollo de la sociedad teniendo en cuenta factores importantes como calidad de vida, y el bienestar de los ciudadanos, deben suplir las necesidades de la comunidad de forma equitativa y de calidad.

En Colombia los servicios públicos están definidos por la ley 142 y 143 de 1994 donde se definen los términos para la prestación y comercialización de los servicios públicos domiciliarios como el de energía eléctrica, telefonía, acueducto y alcantarillado, gas natural, residuos y desechos sólidos, los servicios no domiciliarios como salud, seguridad pública, telefonía móvil, transporte público, turismo, servicios funerarios entre otros.

En Cúcuta el servicio energía eléctrica es suministrada por CENS centrales eléctricas de

Norte de Santander, el servicio de acueducto y alcantarillado, por AGUAS KPITAL S.A, la recolección de residuos sólidos por ASEO URBANO S.A.S, el servicio de gas natural por GASES DEL ORIENTE. S.A, para el tratamiento y disposición final de escombros se encarga la fundación salvemos al medio ambiente FUNAMBIENTE, con información obtenida del CENSO del 2005 por el DANE en la Grafica 4 se muestran los resultados de viviendas de Cúcuta con servicios de energía eléctrica, acueducto, alcantarillado, gas natural y telefonía.

**Grafica 1. Viviendas con Servicios Públicos en Cúcuta**



Fuente:(DANE, 2018)

### 1.7. Declaración del alcance

Tabla 9

Declaración del alcance del proyecto	
NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de la energía solar en viviendas de estratos 0 y 1 del barrio el progreso en la de la ciudad de Cúcuta.	EFES
<b>DESCRIPCIÓN DEL ALCANCE DEL PRODUCTO</b>	
3.El diseño fundamentado, según la normatividad colombiana para sistemas fotovoltaicos	3.No los planos de diseño fueron desarrollados en base a las normas técnicas y legales aplicadas en Colombia
4. El sistema fotovoltaico debe soportar una carga eléctrica de 2 kWh a 120 VAC.	4. La carga eléctrica está definida por los productos que describen su singularidad y el alumbrado interno de la vivienda.
1. El diseño del sistema fotovoltaico híbrido estándar se basará en un estudio de factibilidad que permitan de captar, acumular, convertir energía solar.	5. Se debe hacer estudio de sitio para verificar el estado actual de la zona de estudio y presupuesto, el costo de cálculos matemáticos para seleccionar los elementos adecuados del sistema
2. El sistema debe estar diseñado para operar con o sin energía comercial.	2. El sistema funcionara en modalidad de conectada a red comercial, en caso de que predio no cuente con red comercial el sistema funcionara con acumuladores o baterías
<b>Criterios de aceptación del producto: especificaciones o requisitos de rendimiento, funcionalidad, etc., que deben cumplirse antes que se acepte el producto del proyecto.</b>	
<b>CONCEPTOS</b>	<b>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN</b>
1. TÉCNICOS	Aprobación por parte del director del proyecto
2. DE CALIDAD	Aprobación del cumplimiento de las

	especificaciones para el diseño, según las técnicas y legales cumpliendo los requerimientos funcionales y no funcionales.
3. ADMINISTRATIVOS	El estudio de factibilidad debe ser avalado por el director y el evaluador cumpliendo todos los requisitos exigidos.
4. SOCIALES	Entrega del documento terminado cumpliendo con todos los objetivos propuestos.

*Nota.* Adaptada de FGPR020- Versión 4.0 (PMI)

<b>ENTREGABLES DEL PROYECTO: PRODUCTOS ENTREGABLES INTERMEDIOS Y FINALES QUE SE GENERARÁN EN CADA FASE DEL PROYECTO.</b>	
<b>FASE DEL PROYECTO</b>	<b>PRODUCTOS ENTREGABLES</b>
1.0 Gestión del proyecto	Proyecto gestionado.
2.0 Estudio de sitio	Análisis de sitio objeto de estudio terminado.
3.0 Diseño del sistema	Diseño de sistema fotovoltaico terminado.
4.0 Presupuesto	Presupuesto del diseño y ejecución del proyecto terminado
5.0 Cronograma	Cronograma de actividades del proyecto terminado
6.0 Conclusiones y sugerencias	Conclusiones y sugerencias terminados
7.0 Entrega de proyecto	Documento de entrega terminado

*Nota.* Adaptada de FGPR020- Versión 4.0

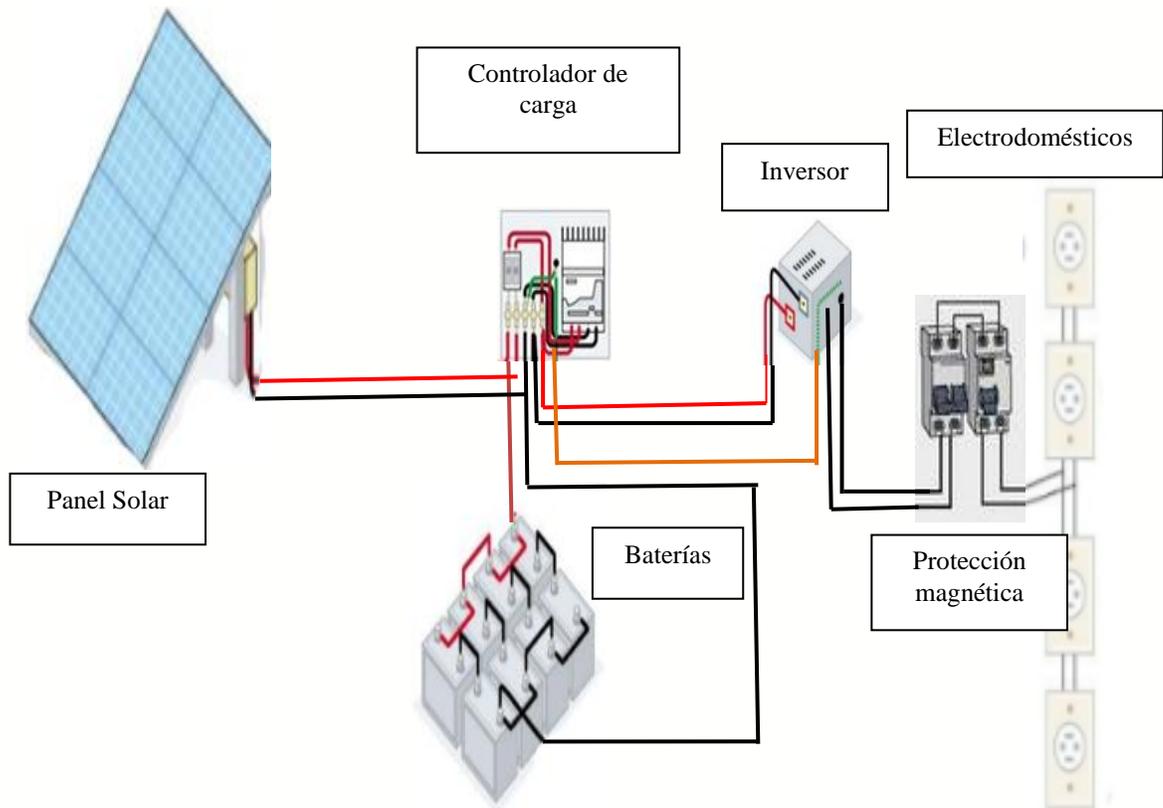
## 2. Diseño de sistema Fotovoltaico Híbrido Estándar

## 2.1. Especificaciones técnicas

### 2.1.1. Topología del sistema

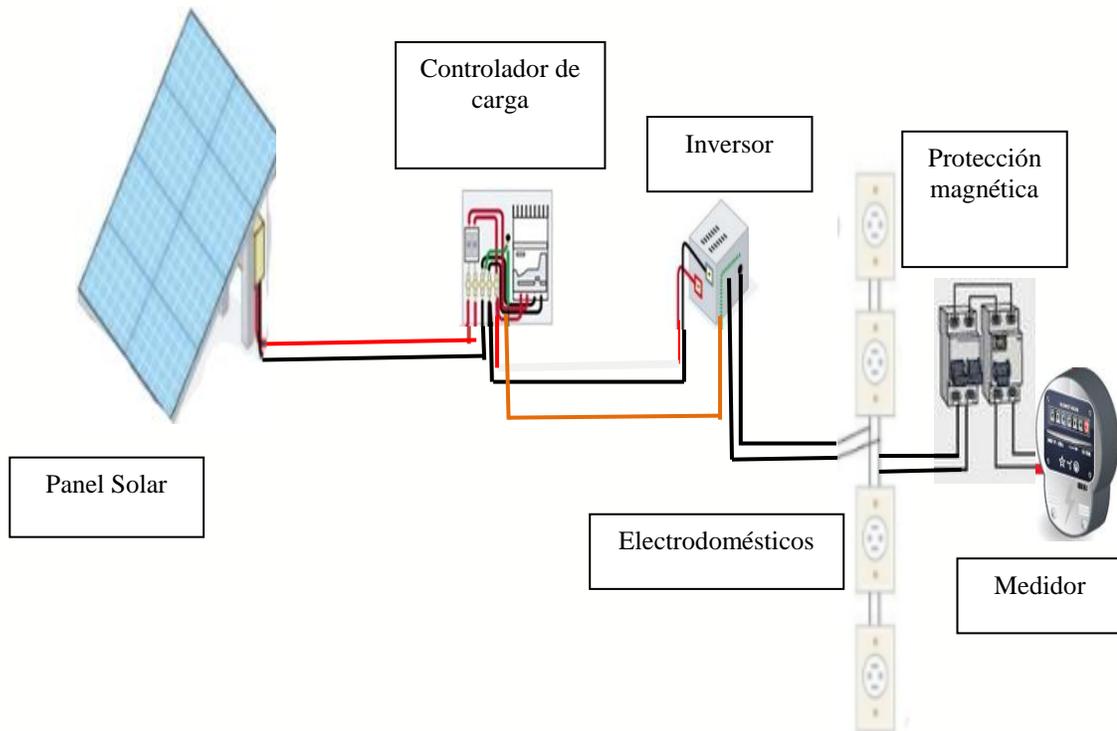
El diseño de sistema constara de paneles solares, Controlador de carga inversor de DC/AC, Caja de Distribución, breaker totalizador como protección, cableado eléctrico, tubería, baterías (en caso de que vivienda no cuente con red comercial), en la Figura se observa la topología de la red conectada y la topología de una red no conectada.

*Figura 21. Topología sistema solar fotovoltaico no conectado*



Fuente: adaptado de (Solar.com, 2018)

*Figura 22. Topología sistema solar fotovoltaico conectado*



Fuente: adaptado de (Solar.com, 2018)

### 2.1.2. Carga Eléctrica



- Potencia del sistema
- Carga: residencial
- Frecuencia: 60 Hz
- Voltaje: VAC
- Distribución eléctrica: monofásica

### 2.1.3. Características de la carga

El sistema fotovoltaico deberá asumir la carga de los elementos eléctricos electrodomésticos y alumbrado de las viviendas de la zona objeto de estudio, la información de las cargas eléctricas fue tomada de EPM ver ANEXO 3, a continuación, en la Tabla 10 se relacionan las cargas usadas generalmente en viviendas de estratos 0.

**Tabla 10**

#### *Cargas eléctricas de los componentes*

Cargas eléctricas de componentes		
Equipo	Potencia (W)	Potencia (kW)
Bombillos ahorradores (3)	75	0.075
Televisor	150	0.15
Nevera	180	0.18
Lavadora	750	0.75
Ventilador	200	0.2
Licuadora	400	0.4
Computador	120	0.12
Cargador con celular conectado	12	0.012
Cargador con celular desconectado	5	0.005
Total	1842	1.8

#### 2.1.4. Consumo eléctrico del sistema

El consumo eléctrico requerido se debe calcular dependiendo el tiempo al que se quiera determinar dicho consumo, la carga de todos los elementos se da en kW/h y para obtener la demanda se debe multiplicar la potencia por el tiempo deseado, a continuación, se observan las fórmulas utilizadas para el cálculo del consumo eléctrico hora, día y mes, y en la Tabla 11, se relacionan los valores del consumo promedio del sistema.

- Consumo eléctrico del equipo kWh

$$C_{kWh} = P * t$$

Donde:

$C_{kWh}$ : Consumo electrico por elemento en (kWh)

$P$ : Potencia en kW del elemento

$t$ : Tiempo de uso del elemento para este caso 1 hora

- Consumo eléctrico del equipo kWd (diario)



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



$$C_{kWd} = P * t$$

$C_{kWd}$ : Consumo eléctrico por elemento en (kWd)

$P$ : Potencia en kW del elemento

$t$ : Tiempo de uso del elemento (cantidad de horas)

- Consumo eléctrico del equipo kWm (mensual)

$$C_{kWm} = C_{kWd} * t$$

- $C_{kWm}$ : Consumo eléctrico por elemento en (kWm)
- $C_{kWd}$ : Consumo eléctrico por elemento en (kWd)
- $t$ : Tiempo de uso del elemento en el mes (30 días)

**Tabla 11**

*Consumo promedio del sistema*

Consumo promedio del sistema				
Equipo	Potencia (kWh)	Horas de uso al día (h)	Consumo eléctrico Diario (kWd)	Consumo eléctrico mensual (kWm)
Bombillos ahorradores (3)	0.075	6	0,45	13.5

Televisor	0.15	6	0,9	27
Nevera	0.16	12	2,16	64.8
Lavadora	0.75	1	0.75	22.5
Ventilador	0.2	8	1.6	48
Licuada	0.4	0.5	0.2	6
Computador	0.12	5	0.6	18
Cargador con celular conectado	0.012	3	0.036	1.08
Cargador con celular desconectado	0.005	0.5	0.0025	0.075
Total	1.8	42	6,70	201

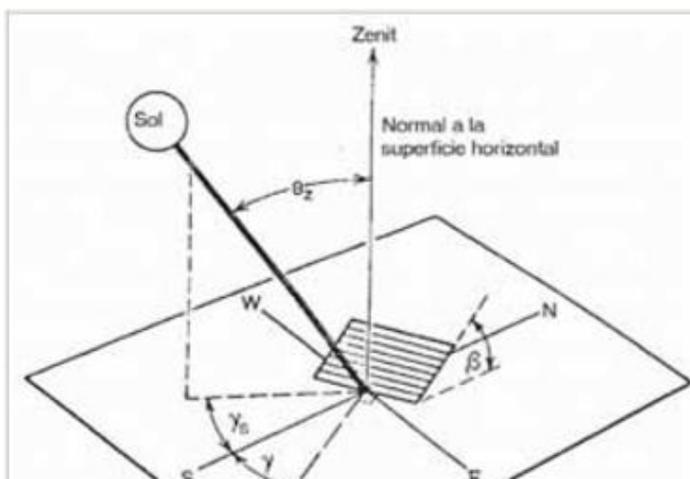
**Nota.** Adaptada de(EPM.com, 2018)

## 2.2. Cálculos matemáticos del sistema

### 2.2.1. Calculo de irradiación solar

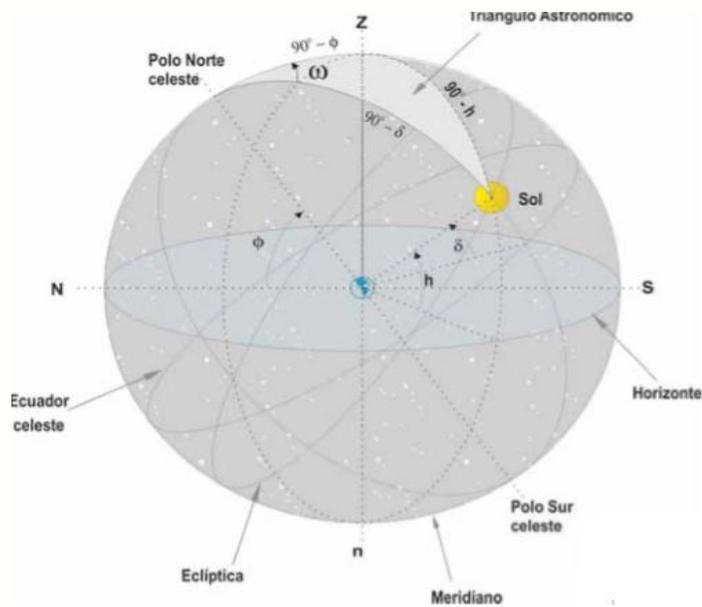
El cálculo de irradiación solar, que tendrán los paneles solare en el barrio el progreso, se realizara este cálculo en el mes de julio y diciembre teniendo en cuenta la variación anual de la declinación del sol, respecto al plano del ecuador, el modelo matemático para hallar estos valores, están basados en el “Atlas de Radiación Solar de Colombia” según, (IDEAM.gov, Atlas de radiacion de colombia, 2018), se encuentra la información teórica, utilizada para este cálculo.

**Figura 23. Radiación Solar sobre superficies inclinadas**



Fuente:(UPME.gov, 2018)

*Figura 24. Sistemas de Coordenadas Celestes*



Fuente:(UPME.gov, 2018)

○  $\omega$ : Ángulo horario

- O: Punto del observador
- Polo Norte: Sol
- Polo Norte:  $Z - \text{Polo Sur} = \text{Meridiano del lugar}$
- n: Nadir
- $\emptyset$ : Latitud
- Z: zenit
- h: Altura solar
- Az: Azimut solar



- $\gamma$ : Ángulo azimut sobre la superficie
- $\delta$ : Declinación
- $\theta$ : Ángulo de incidencia formado por el haz de radiación sobre una superficie y la normal a la superficie.

### 2.2.1.1. *Calculo radiación solar sobre la superficie mes de julio*

Para calcular la radiación solar sobre la superficie, del panel solar fotovoltaico, se tomará un Angulo de inclinación fijo de  $15^\circ$  (ver ANEXO 4) teniendo en cuenta la latitud del barrio el progreso  $7^\circ 55' 16.0N$ .

- $\beta = 15^\circ$  (ángulo de inclinación)
  - $\phi = 7, 55^\circ$  (Latitud barrio el progreso)
  - $nd = 182$  (número de días a mes de julio)
  - $\gamma = 0$
- Calculo de posición angular de la tierra

$$\alpha = 2\pi (nd - 1) / 365$$

$$\alpha = 3.115$$



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



- Cálculo del ángulo de inclinación de la tierra

$$\delta = (0,006918 - 0,399912 \cos \alpha + 0,070257 \operatorname{sen} \alpha - \\ + 0,000907 \operatorname{sen}^2 \alpha - 0,002697 \cos^3 \alpha \\ + 0,00148 \operatorname{sen} 3\alpha) (180/\pi)$$

Reemplazando a:

$$\delta = (0,006918 - 0,399912 \cos(3.115) + 0,070257 \operatorname{sen}(3.115) - \\ 0,006758 \cos^2(3.115) + 0,000907 \operatorname{sen}^2(3.115) - \\ 0,002697 \cos^3(3.115) + 0,00148 \operatorname{sen} 3(3.115)) \left(\frac{180}{\pi}\right)$$

$$\delta = 23.1731^\circ$$

- Cálculo de ángulo horario

$$\cos W_s = -\tan \phi \cdot \tan \delta$$

$$\cos W_s = -\tan(7,55) \cdot \tan(23.1731)$$

$$\cos W_s = -0.0453$$

$$W_s = \cos^{-1}(-0.0453)$$

$$W_s = 102.8909^\circ$$

- Cálculo de ángulo de puesta

$$\cos W_{sp} = -\tan(7,55 - 15) \cdot \tan(23,1731)$$

$$\cos W_{sp} = 0.0447$$

$$W_{sp} = \cos^{-1}(-0.0453)$$

$$W_{sp} = 97.1477^\circ$$

- Calculo de proporción de radiación entre superficie horizontal e inclinada

$$\overline{Rb} = \frac{(\cos(\theta - \beta) \cos \delta \sin \omega + (\pi/180) \omega \sin(\theta - \beta) \sin \delta)}{(\cos \theta \cos \delta \sin \omega + (\pi/180) \omega \sin \delta \sin \theta)}$$

$$\overline{Rb} = \frac{(\cos(7.55 - 15) \cos(23,1731) \sin(97.1477) + (\pi/180)(97.1477) \sin(7.55 - 15) \sin(23,1731))}{(\cos(7,55) \cos(23,1731) \sin(97.1477) + (\frac{\pi}{180}) (97.1477) \sin(23,1731) \sin(7.55))}$$

$$\overline{Rb} = 0.8579$$

- Calculo de la radiación solar diaria fuera de la atmosfera terrestre

$$H_o(n) = \frac{24}{\pi} \bar{I}_0 \left(\frac{R_o}{R}\right)^2 (\cos \theta \cos \delta \sin \omega + (2\pi/360) \omega \sin \delta \sin \theta)$$

Donde:

$$\left(\frac{R_o}{R}\right)^2 = \text{Relacion de distancia solar}$$

$$\bar{I}_0 = 1367 \frac{W}{m^2} \text{ constante solar}$$

$$\left(\frac{R_o}{R}\right)^2 = 1.00011 - 0.034221 \cos(3.115) + 0.00128 \operatorname{sen}(3.115) + 0.000719 \cos^2(3.115) + 0.000077 \operatorname{sen}^2(3.115)$$

$$\left(\frac{R_o}{R}\right)^2 = 1.0350$$

Reemplazando:

$$H_o(n) = \frac{24}{\pi} * 1367 * 1.0350 * (\cos(7.55) \cos(23,1731) \operatorname{sen}(97.1477) + \left(\frac{2\pi}{360}\right) (97.1477) \operatorname{sen}(23,1731) \operatorname{sen}(7.55))$$

$$H_o(n) = 10.74 \frac{kW}{m^2}$$

- Cálculo del índice de claridad

$\bar{H}$  = radiación solar mes de julio en Cúcuta es de  $5.0 \frac{kW}{m^2}$  dato tomado del mapa de radiación solar de Colombia.

$$K_t = \frac{\bar{H}}{H_o}$$

$$K_t = \frac{5.0 \frac{kW}{m^2}}{10.74 \frac{kW}{m^2}}$$

$$K_t = 0.465$$



- Calculo relación solar difusa y la radiación solar media diaria

$$\frac{\bar{H}_d}{H} = 1.188 - 2.272K_t + 9.473K_t^2 - 21.865 K_t^3 + 14.648K_t^4$$

$$\frac{\bar{H}_d}{H} = 1.188 - 2.272(0.465) + 9.473(0.465)^2 - 21.865 (0.465)^3 + 14.648(0.465)^4$$

$$\frac{\bar{H}_d}{H} = 0.666$$

- Calculo relación solar global inclinada diaria y la radiación global horizontal diaria.

$$\bar{R} = \left[ \frac{(\bar{H} - \bar{H}_d)}{\bar{H}} \right] * \bar{R}_b + \frac{\bar{H}_d}{H} * \frac{1 + \cos\beta}{2} + r \left( \frac{1 - \cos\beta}{2} \right)$$

Donde r: reluctancia de la superficie =0.025

$$\bar{R} = [1 - 0.666] * 0.85579 + 0.666 * \frac{1 + \cos(15)}{2} + 0.025 \left( \frac{1 - \cos(15)}{2} \right)$$

$$\bar{R} = 0.8117$$

- Calculo radiación global diaria promedio mensual sobre una superficie inclinada.

$$\bar{H}_{(\beta)} = \bar{R} * \bar{H}$$

Donde:

$$\bar{H} = 5.0 \frac{kW}{m^2}$$

$$\bar{R} = 0.8117$$

$$\bar{H}_{(15)} = 4.05 \frac{kW}{m^2}$$

### 2.2.1.2. Calculo radiación solar sobre la superficie mes de diciembre

- $\beta = 15^\circ$  (ángulo de inclinación)
- $\varphi = 7,55^\circ$  (Latitud barrio el progreso)
- $nd = 336$  (número de días a mes de diciembre)
- $\gamma = 0$

- Calculo de posición angular de la tierra

$$\alpha = 2\pi (nd - 1) / 365$$

$$\alpha = 5.76$$

- Calculo del ángulo de inclinación de la tierra

$$\delta = (0,006918 - 0,399912 \cos \alpha + 0,070257 \operatorname{sen} \alpha - 0,006758 \cos^2 \alpha + 0,000907 \operatorname{sen}^2 \alpha - 0,002697 \cos^3 \alpha + 0,00148 \operatorname{sen} 3\alpha) (180/\pi)$$

Reemplazando  $\alpha$

$$\delta = (0,006918 - 0,399912 \cos(5.76) + 0,070257 \operatorname{sen}(5.76) - 0,006758 \cos^2(5.76) + 0,000907 \operatorname{sen}^2(5.76) - 0,002697 \cos^3(5.76) + 0,00148 \operatorname{sen} 3(5.76)) (180/\pi)$$

$$\delta = -21.4713^\circ$$

- Calculo de ángulo horario

$$\cos W_s = -\tan \varphi \cdot \tan \delta$$

$$\cos W_s = -\tan(7,55) \cdot \tan(-21.4713)$$

$$\cos W_s = 0.04389$$

$$W_s = \cos^{-1}(-0.0453)$$

$$W_s = 97.2045^\circ$$

- Calculo de ángulo de puesta



$$\cos W_{sp} = -\tan(\phi - \beta) \cdot \tan \delta$$

$$\cos W_{sp} = -\tan(7,55 - 15) \cdot \tan(-21.4713)$$

$$\cos W_{sp} = -0.0433$$

$$W_{sp} = \cos^{-1}(-0.0433)$$

$$W_{sp} = 102.7580^\circ$$

- Calculo de proporción de radiación entre superficie horizontal e inclinada

$$\overline{Rb} = \frac{(\cos(\phi - \beta) \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin(\phi - \beta) \sin \delta)}{(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin \delta \sin \phi)}$$

$$\overline{Rb} = \frac{(\cos(7.55 - 15) \cos(-21.4713) \sin(97.2045) + (\pi/180)(97.2045) \sin(7.55 - 15) \sin(-21.4713))}{(\cos(7.55) \cos(-21.4713) \sin(97.2045) + (\frac{\pi}{180})(97.2045) \sin(-21.4713) \sin(7.55))}$$

$$\overline{Rb} = 1.5987$$

- Calculo de la radiación solar diaria fuera de la atmosfera terrestre

$$H_o(n) = \frac{24}{\pi} \bar{I}_0 \left(\frac{R_o}{R}\right)^2 (\cos \phi \cos \delta \sin \omega + (2\pi/360) \omega \sin \delta \sin \phi)$$

Donde:

$$\left(\frac{R_o}{R}\right)^2 = \text{Relacion de distancia solar}$$

$$\bar{I}_0 = 1367 \frac{W}{m^2} \text{ constante solar}$$

$$\left(\frac{R_o}{R}\right)^2 = 1.00011 - 0.034221\cos\alpha + 0.00128\sin\alpha + 0.000719\cos 2\alpha +$$

$$\left(\frac{R_o}{R}\right)^2 = 1.00011 - 0.034221\cos(5.76) + 0.00128\sin(5.76) +$$

$$0.000719\cos 2(5.76) + 0.000077\sin 2(5.76)$$

$$\left(\frac{R_o}{R}\right)^2 = 0.9701$$

Reemplazando:

$$H_o(n) = \frac{24}{\pi} * 1367 * 0.9701 * (\cos(7.55)\cos(-21.4713)\sin(97.2045) +$$

$$\left(\frac{2\pi}{360}\right)(97.2045)\sin(-21.4713)\sin(7.55))$$

$$H_o(n) = 8.44 \frac{kW}{m^2}$$

- Cálculo del índice de claridad

$\bar{H}$ = radiación solar mes de julio en Cúcuta es de  $3.5 \frac{kW}{m^2}$  dato tomado del mapa de radiación solar de Colombia.

$$K_t = \frac{\bar{H}}{H_o}$$

$$K_t = \frac{3.5 \frac{kW}{m^2}}{8.44 \frac{kW}{m^2}}$$

$$K_t = 0.414$$

- Cálculo relación solar difusa y radiación solar media diaria



$$\frac{\bar{H}_d}{H} = 1.188 - 2.272K_t + 9.473K_t^2 - 21.865 K_t^3 + 14.648K_t^4$$

$$\frac{\bar{H}_d}{H} = 1.188 - 2.272(0.414) + 9.473(0.414)^2 - 21.865 (0.414)^3 + 14.648(0.414)^4$$

$$\frac{\bar{H}_d}{H} = 0.749$$

- Cálculo relación solar global inclinada diaria y la radiación global horizontal diaria

$$\bar{R} = \left[ \frac{(\bar{H} - \bar{H}_d)}{\bar{H}} \right] * \bar{R}_b + \frac{\bar{H}_d}{H} * \frac{1 + \cos\beta}{2} + r \left( \frac{1 - \cos\beta}{2} \right)$$

Donde r: reflectancia de la superficie = 0.025

$$\bar{R} = [1 - 0.749] * 1.5987 + 0.749 * \left( \frac{1 + \cos(15)}{2} \right) + 0.025 \left( \frac{1 - \cos(15)}{2} \right)$$

$$\bar{R} = 1.1379$$

- Cálculo radiación global diaria promedio mensual sobre una superficie inclinada

$$\bar{H}_{(\beta)} = \bar{R} * \bar{H}$$

Donde:

$$\bar{H} = 3.5 \frac{kW}{m^2}$$

$$\bar{R} = 1.1379$$

$3.98 \frac{kW}{m^2}$  es el valor de la radiación solar durante 1 día del mes de diciembre con un panel solar con inclinación de  $15^\circ$ .

### 2.2.2. Cálculo de paneles solares

Para realizar para determinar el tipo y la cantidad de paneles con que operara el sistema se deben hacer los cálculos con los siguientes datos:

*$P_s$  = potencia del sistema fotovoltaico que sera de 2 kWh*

*$C_{kWh}$  = Consumo diario de energia calculado en el punto (2.1.4)*

$$C_{kWh} = 6.70 \text{ kWh}$$

*$\bar{H}_{(15)}$  = Nivel de irradiacion calculado en el punto (2.2.1.1)*

$$\bar{H}_{(15)} = 4.05 \frac{kW}{m^2}$$

*$I_p$  = Inclinacion de los paneles  $15^\circ$*

$\eta$  = eficiencia del sistema compuesta de los elementos instalados la eficiencia total se determina de multiplicar la eficiencia del controlador de carga, baterías e inversor como se observa la siguiente formula:

$$\eta = \eta_r * \eta_i * \eta_B$$

Donde:

$$\eta_r = 0.95$$

$$\eta_i = 0.85$$

$$\eta_b = 0.99$$

Datos extraídos de las características de los componentes, suministrados por el fabricante.

$$\eta = 0.95 * 0.85 * 0.99$$

$$\eta = 0.80$$

UNIMINUTO  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



El sistema contará con panel solar de tipo policristalino, debido a sus características en generación de carga en temperaturas elevadas, con alta eficiencia y pérdidas por degradación de la luz en menor, como en la Cúcuta posee una radiación solar ideal para este tipo de sistema.

#### **2.2.2.1. Cálculo de horas solares pico (HSP)**

Las horas solares pico me permitirá definir el tiempo en horas de determinada irradiancia solar constante a  $1000 \frac{W}{m^2}$ , tomando la irradiancia calculada anteriormente en el punto

$$(2.2.1.1) \bar{H}_{(15)} = 4.05 \frac{kW}{m^2}$$

$$HSP = \frac{\bar{H}_{(15)}}{1000 \frac{W}{m^2}}$$

$$HSP = \frac{4.05 \frac{kW}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} = 4.05h$$

#### **2.2.2.2. Cálculo de potencia del sistema fotovoltaico**

Después de hallado (HSP) se calcula la potencia que debe generar el sistema fotovoltaico teniendo en cuenta las pérdidas, el consumo diario de energía calculado ( $C_{kWd}$ ) y la eficiencia del sistema ( $\eta$ ).

$$P_{Sc} = \frac{C_{kWd}/HSP}{\eta}$$

$$P_{Sc} = \frac{6.70 \text{ kWh}/4.05h}{0.79}$$

$$P_{Sc} = 2.09 \text{ kw}$$

### 2.2.2.3. *Calculo de numero de paneles solares.*

Para determinar el número de paneles que tendrá el sistema se requiere la potencia máxima del panel solar, esta información la suministra el fabricante del elemento para este diseño se tomará la potencia de un panel solar policristalino de 200W.

$$N_{paneles} = \frac{2090w}{200w}$$

$$N_{paneles} = 10$$

### 2.2.2.4. *Características Técnicas del panel solar.*

Basados en los cálculos realizados se tomó como referencia un panel solar comercial que cumpliera las especificaciones del diseño en el (ANEXO 5) se encuentran más detalladas dichas especificaciones técnicas.

- Tipo de panel: Policristalino
- $N_{paneles} = 10$
- WP: 200 W

- V: 12Vdc

- $N_{celdas} = 72$



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



- Voltaje a máxima Potencia (Vmp): 18.78.56 Vdc
- Corriente a máxima Potencia (Imp): 10,65A
- Voltaje de circuito abierto (Voc): 22,54 Vdc
- Corriente de corto circuito (Isc): 11.72 A
- Dimensiones: 13.30 x 990 x 35 mm
- Peso: 15,5 kg

### 2.2.3. Cálculo del Regulador de carga

Para tener un mayor aprovechamiento del regulador de carga el cálculo del controlador de carga se realiza a partir de los datos del panel solar, se usó un controlador tipo MPPT a 70A se tomó como referencia un regulador comercial con las características requeridas (ver ANEXO 6), debido a la cantidad de celdas de los paneles solares y la potencia a generar.

$$P_{Sc} = (2 * V_{oc}) * (8 * I_{sc})$$

$$P_{Sc} = (2 * 22.54) * (8 * 11.72)$$

$$P_{Sc} = 4226W$$

#### 2.2.3.1. Características técnicas del regulador

- Voltaje del sistema nominal: 12V, 24V, 48V detección automática.
- Corriente de carga nominal: 70A (amperios).
- Máximo voltaje en circuito abierto: 150V.
- Potencia de entrada máxima en paneles: 2000W
- Medidas: 185 x 250 x 95mm.
- Peso: 3 Kg.

#### 2.2.4. Cálculo de las Baterías.

El sistema fotovoltaico híbrido con acumuladores será para viviendas que no cuenten con red comercial, razón por la cual las baterías a usar para este tipo de casos deben ser de buena calidad y con características que permitan mayor duración de autonomía, las baterías serán de 12V a 155AH en gel con ciclo de vida de 10 años a temperatura recomendada de 25° C, en el (ANEXO 7) se observan las especificaciones técnicas al detalle del tipo de baterías que cumplen con los requerimientos del sistema, a continuación se calculará la cantidad y la capacidad de los acumuladores del sistema.

##### 2.2.4.1. Cálculo de capacidad de los bancos de baterías

$$C_{B.baterias} = \frac{\text{carga electrica diaria} * \text{dias de autonomia}}{\text{Profundidad de descarga} * \text{Tension del sistema}}$$

Donde:

$$C_{kwd} = 6.70kWh \text{ Carga electrica diaria del sistema}$$

$$P_d = 70\% \text{ Profundidad de descarga para baterias en Gel}$$

$$T_s = 12Vdc \text{ Tension del sistema}$$

$$C_{B.baterias} = \frac{6700Wh * 1}{0.7 * 12Vdc}$$

$$C_{B.baterias} = 797.5 \text{ Ah}$$

##### 2.2.4.2. Cálculo de cantidad de Baterías

Teniendo la capacidad (Ah), se procede con determinar la cantidad de baterías para armar los bancos de baterías que asumirán la autonomía de la carga eléctrica.

$$N_{\text{baterias}} = \frac{C_{B.\text{baterias}}}{C_{\text{Bateria}}}$$

Donde:  $C_{\text{Bateria}}$  = es la carga de las baterías



$$N_{\text{baterias}} = \frac{797.5 \text{ Ah}}{155 \text{ Ah}}$$

$$N_{\text{baterias}} = 2 \text{ conectadas en paralelo}$$

Para este sistema contara con 6 bancos de baterías en paralelo con arreglo de 2 baterías en serie.

### 2.2.5. Calculo del Inversor DC/AC

El sistema contara con un inversor de 3000W a 24V de onda senoidal pura se usó este tipo de onda debido que es adecuado para alimentar todo tipo de cargas, ideal para el funcionamiento de electrodomésticos como Neveras, lavadoras, microondas etc., es recomendable utilizar un inversor con capacidad 30% o 50% mayor a la carga que soportara

el sistema se tomó como referencia un inversor comercial adecuado para el diseño ver (ANEXO 8).

#### 2.2.5.1. Calculo potencia del inversor

Para calcular la potencia del inversor se requiere la potencia máxima que tendrá el sistema el cuales de 2kWh, el factor de seguridad dato suministrado por el fabricante del elemento.

Entonces:

$$F_s = 0.9$$

$$P_{\text{Inv}} = (2Kw * 09)$$

$$P_{Inv} = 1.8kW$$

### 2.2.5.2. Características técnicas del inversor

- Potencia = 3 kW con 30% más de la potencia máxima del sistema
- Voltaje de la carga: 120 Vac
- Voltaje de entrada: 24 Vdc
- Frecuencia: 60 Hz
- Forma de onda de salida: onda pura

## 2.3. Características de instalación

### 2.3.1. Tablero de distribución

El tablero de distribución estará compuesto de un breaker totalizador de 30A monofásico y para protección de las demás cargas breaker de 15amp, para tomas y alumbrado estos tipos de breaker son adecuados para este tipo de sistemas fotovoltaicos.

### 2.3.2. Cableado del sistema fotovoltaico.

El tipo cableado diámetro calibre estarán definidos de acuerdo con la norma técnica colombiana NTC 2050 (código eléctrico).

El cableado entre el panel solar y regulador de carga debe soportar una carga de 60A con caída de tensión de 0.72V para este tipo de carga se debe utilizar cableado de cobre del tipo AWG (American wire cage) # 2/0 con calibre de  $67.43mm^2$  según NTC 2050.

El cableado entre el regulador de carga y las baterías también soportara una carga de 60A el cable a utilizar es de cobre tipo AWG (American wire cage) # 2/0 con calibre de  $67.43mm^2$  según NTC 2050.

El cableado entre las baterías y el inversor para sistema sin conexión a red comercial se usará el mismo tipo de cable AWG #2/0 calibre  $67.43mm^2$ .

El cableado entre el inversor y el tablero de distribución debe soportar una carga de 20A con caída de tensión de 1.10V para este tipo de carga se debe utilizar cableado de cobre del tipo AWG (American wire cage) # 8 con calibre de  $8.36mm^2$  según NTC 2050.

### **2.3.3. Tubería para el cableado**

La tubería que se utilizará para el cableado de energía será tipo PVC como lo indica la NTC 2050 el calibre de la tubería será de 2 pulgadas para las conexiones con cable 2/0 AWG #2/0 calibre  $67.43mm^2$ , y 1 pulgada para el cableado, AWG # 8 calibre  $8.36mm^2$ .

### **2.3.4. Sistema de puesta a tierra**

El sistema debe ponerse a tierra tomando un único punto el cual se denomina la tierra del sistema, todas las partes metálicas del sistema fotovoltaico tales como (paneles, cajas, controladores, inversores, tomacorrientes, tablero de distribución etc. Se deben conectar, aun cable de cobre electrolítico aislado de color verde amarillo, este debe recorrer toda la instalación junto a los conductores de energía y conectarse a un electrodo vertical o barra de cobre enterrada al suelo el cual debe ser de fácil excavación (eliseosebastian.com, 2018).

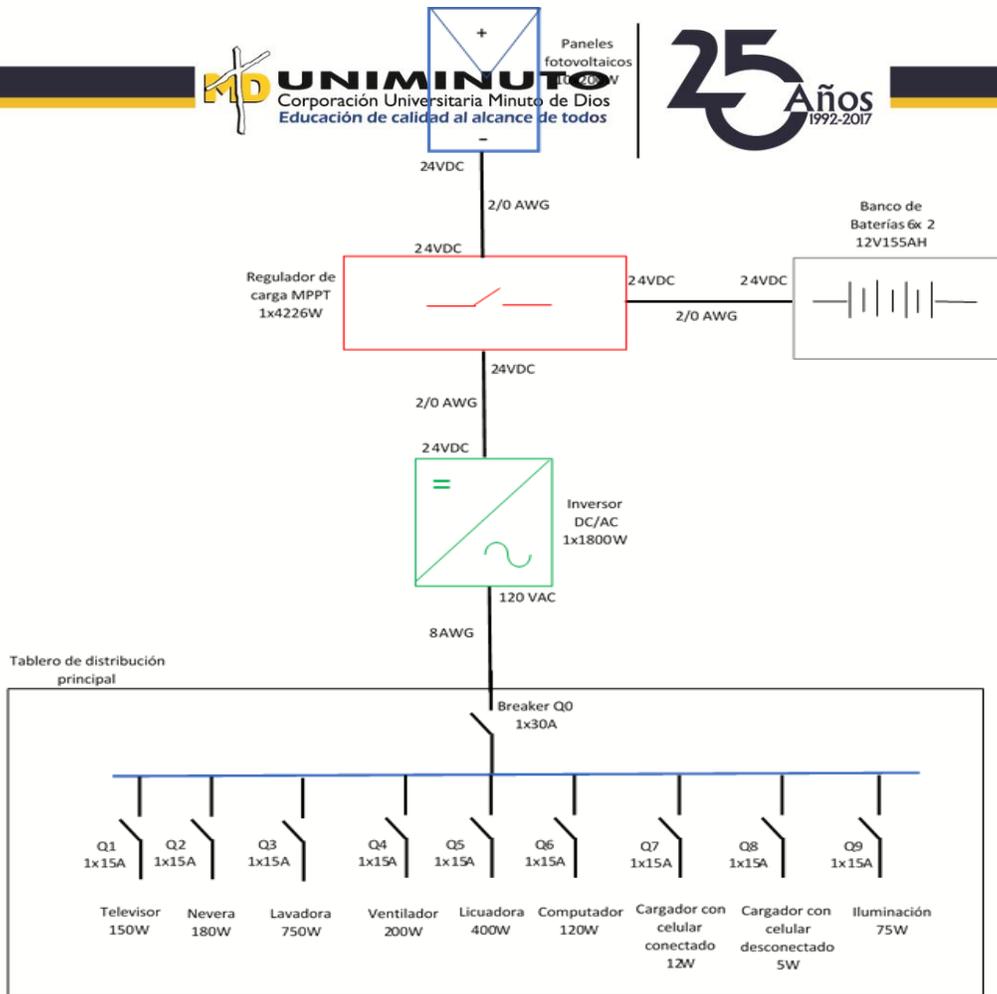
La importancia de las líneas de tierra en un sistema fotovoltaico radica en que aseguran cinco veces más la duración de las instalaciones fotovoltaicas, adicionalmente genera estabilidad durante la vida útil, sin contar el peligro que puede representar una descarga eléctrica a una persona que puede ocasionar la muerte dependiendo del tiempo de contacto, de la magnitud de la descarga (eliseosebastian.com, 2018).

## **2.4. Esquemas de conexión del sistema fotovoltaico.**

### **2.4.1. Diagrama unifilar del sistema.**

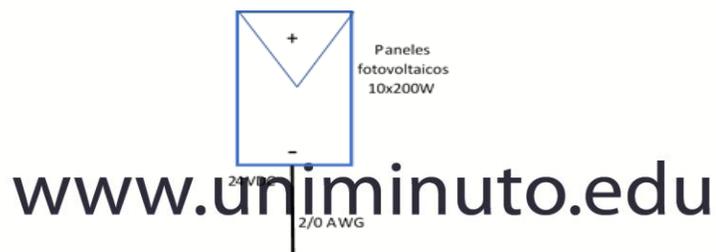
La representación gráfica de los elementos que conformaran el sistema fotovoltaico es el resultado de los cálculos realizados e identificación de los elementos funcionales y no funcionales, en el plano se visualizan las conexiones y las características de cada una de partes que hacen parte del diseño en la Figura 25 se observa el diagrama unifilar de un sistema no conectado, en la Figura 26 el diagrama de un sistema conectado.

*Figura 25. Diagrama unifilar Sistema fotovoltaico no conectado*



Fuente: Autor

Figura 26. Diagrama unifilar Sistema fotovoltaico conectado

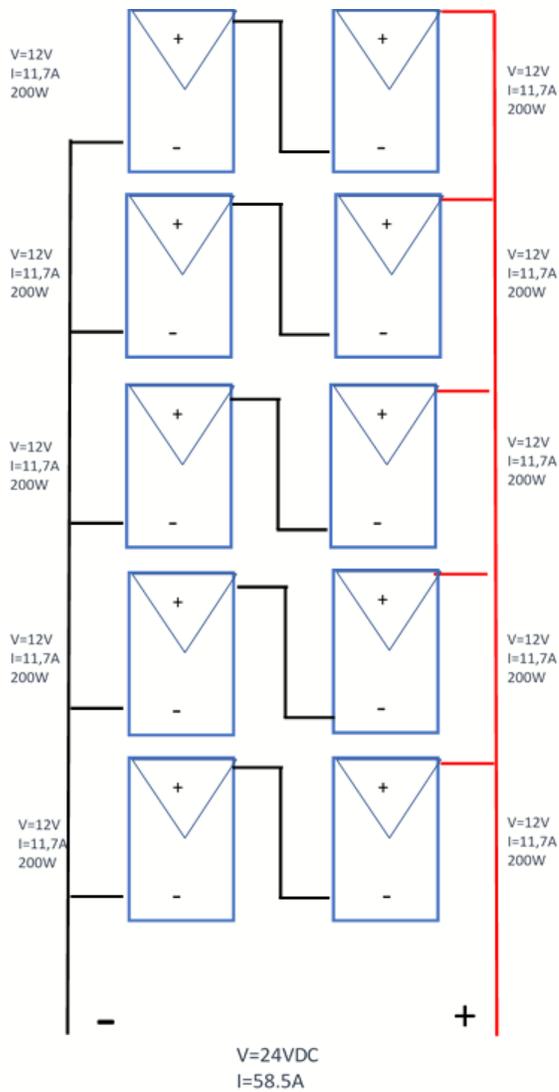


Fuente: Autor

#### **2.4.2. Diagrama de conexión de paneles solares**

Las conexiones de los paneles solares son en serie y paralelo, con 10 paneles de 200w en pares de 12V en (serie) para formar una tensión de 24VDC con el fin optimizar la eficiencia

energética del sistema, posteriormente se conectan los pares en paralelo para obtener la corriente deseada como se observa en la Figura27.

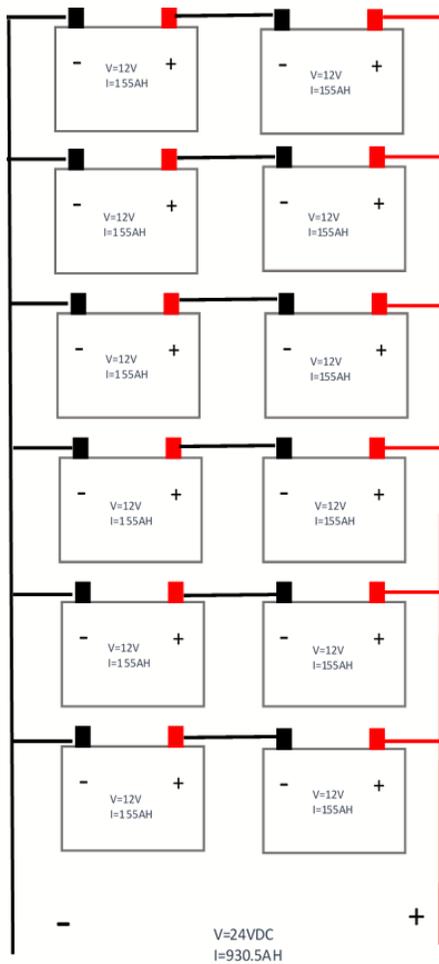


Fuente: Autor

### 2.4.3. Diagrama de conexión de Baterías

El sistema constará de 12 baterías de 12V 155AH, cada banco se conecta en serie para obtener una salida de doble tensión de 24VDC, con el mismo amperaje, los bancos se conectarán en paralelo, aumentando la capacidad de carga que va a almacenarse en la Figura 28 se observa la conexión de las baterías.

**Figura 28. Diagrama de conexión de baterías**

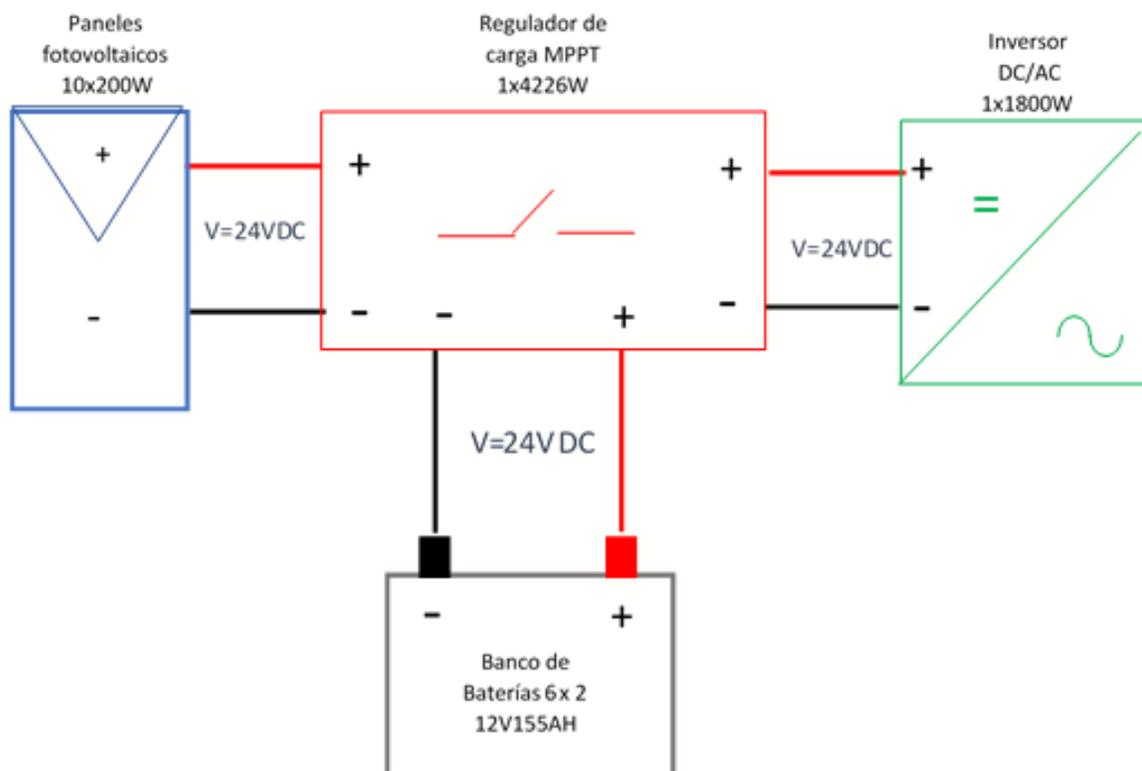


Fuente: Autor

#### 2.4.4. Diagrama de Conexión Regulador de Carga

Las conexiones del regulador de carga de 24VDC de entrada de los paneles solares, y salida hacia las baterías y el inversor como se observa en el diagrama de la Figura 29.

Figura 29. Diagrama de conexión a regulador

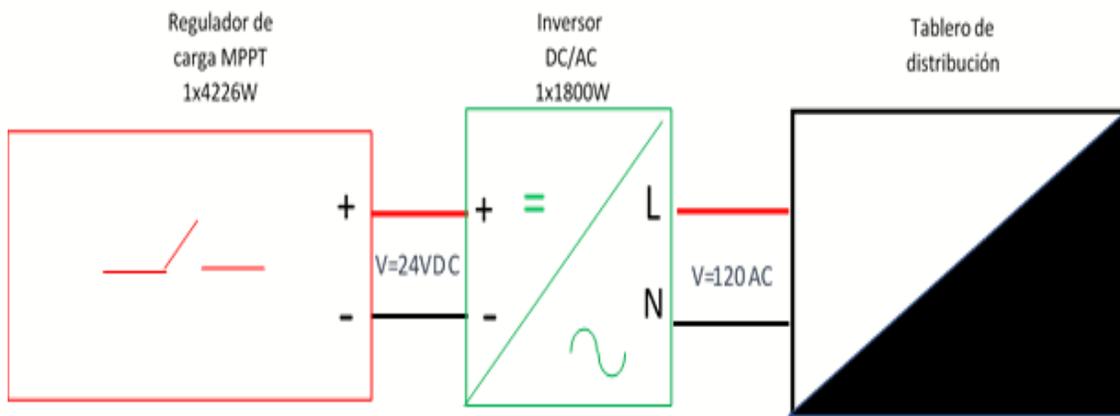


Fuente: Autor

#### 2.4.5. Diagrama de Conexión del Inversor

Las conexiones del inversor se hacen a la salida de 24VDC del regulador y salida en de voltaje 120VAC al tablero de distribución donde estar las cargas de la vivienda en la Figura 30 se observa las conexiones del inversor.

**Figura 30. Diagrama de conexión al regulador**



Fuente: Autor

### 3. Evaluación presupuestal

A continuación, se presenta el presupuesto para construcción del sistema, por concepto de costos de los equipos, materiales referentes a instalaciones eléctricas y elementos pasivos, en caso del montaje con relación a la estructura y finalmente la adecuación o mano de obra de instalación del sistema en la vivienda.

**Tabla 12*****Costo del Sistema fotovoltaico Conectado a la red***

<b>Costos del Sistema Fovoltvaico conectado a la red</b>			
Elementos	Cantidad	Valor Unitario (\$COP)	Valor Total (\$COP)
Paneles Solares	10	\$700.000,00	\$7.000.000,00
Inversor 3KWA	1	\$1.200.000,00	\$1.200.000,00
Regulador 30A	1	\$160.000,00	\$160.000,00
Materiales, Accesorios	1	\$2.500.000,00	\$2.500.000,00
<b>Instalación y puesta en funcionamiento</b>			
Instalación De Paneles Solares	10	\$20.000,00	\$200.000,00
Instalación De regulador de carga	1	\$50.000,00	\$50.000,00
Instalación De Inversor	1	\$80.000,00	\$80.000,00
Instalación SPT	1	\$350.000,00	\$350.000,00
Instalación acometida residencial eléctrica	1	\$350.000,00	\$350.000,00
Valor Total			\$11.890.000,00

Fuente: Autor

Tabla 13

Costos del Sistema Fotovoltaico Autónomo			
Elementos	Cantidad	Valor Unitario (\$COP)	Valor Total (\$COP)
Paneles Solares	10	\$700.000,00	\$7.000.000,00
Inversor 3KWA	1	\$1.200.000,00	\$1.200.000,00
Regulador 30A	1	\$70.000,00	\$70.000,00
Baterías 12v 155AH	12	\$656.000,00	\$7.872.000,00
Materiales, Accesorios	1	\$ 2.500.000,00	\$2.500.000,00
Instalación y puesta en funcionamiento			
Instalación De Paneles Solares	10	\$20.000,00	\$200.000,00
Instalación De regulador de carga	1	\$50.000,00	\$50.000,00
Instalación De Inversor	1	\$80.000,00	\$80.000,00
Instalación de Bancos de Baterías	6	\$120.000,00	\$720.000,00
Instalación SPT	1	\$350.000,00	\$350.000,00
Instalación acometida residencial eléctrica	1	\$350.000,00	\$350.000,00
Valor Total			\$20.392.000,00

Fuente: Autor

El costo del Proyecto está dado en términos de costos unitarios con valores en pesos colombianos (\$COP), el costo por concepto de mantenimiento del sistema fotovoltaico es muy bajo debido a la simpleza, de su instalación, razón por la cual no se tendrá en cuenta en el presupuesto, en la Tabla se observa los costos de construcción del proyecto.

### 3.2. Beneficios sobre la producción de energía sobre recursos renovables



A la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de FNCE (Fuentes no convencionales de energía), la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada, el valor a deducir por este concepto, en ningún caso podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente determinada antes de restar el valor de la inversión (Secretarías Senado.gov.co, 2018).

Artículo 14 de la ley 1715 de 2014 para todos los usuarios, comerciales y pequeños industriales que implementen sistemas basados en FNCE, se les aplicará el beneficio de depreciarse aceleradamente en un periodo de 5 años y no 10 años como lo estipula el estatuto tributario nacional colombiano (Bitar & Chamas, 2017).

(Incentivo contable depreciación acelerada de activos). La actividad de generación a partir de FNCE, gozará del régimen de depreciación acelerada.

La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la pre-inversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para ese fin, a partir de la vigencia de la presente ley. Para estos efectos, la tasa anual de depreciación será no mayor de veinte por ciento (20%) como tasa global anual. La tasa podrá ser variada anualmente por el titular

del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en este artículo, excepto en UNIMINUTO que a ley autorice porcentajes globales mayores (Secretaría Senado.gov.co, 2018).



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



### 3.3. Resolución CREG 030 de 2018

En materia de beneficios para los hogares que produzcan energía a partir de fuentes limpias tiene ya concepto la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) que ha estipulado las reglas para que los usuarios del servicio de energía eléctrica en el país puedan producir energía y venderla al Sistema Interconectado Nacional.

Mediante la Resolución **CREG 030 de 2018**, autogeneración a pequeña escala (hasta un megavatio) y generación distribuida, que permite a todos los usuarios de todos los estratos comerciales y pequeños industriales, produzcan energía para suplir sus necesidades y vender los excedentes al sistema interconectado de energía comercial.

Esto representa un cambio en el servicio de energía eléctrica y complementa una serie de decisiones regulatorias que la Comisión ha tomado en el marco de Ley 1715 de 2014 sobre fuentes no convencionales de energía renovable. El usuario que desee generar energía, además de venderla también podrá ahorrar en la factura (CREG.gov.co, 2018).

La autogeneración se define como la actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía y, en el caso de quienes generan a pequeña escala, los principales incentivos se dan a quien emplea fuentes no convencionales de energía renovables, tales como la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica y la solar, entre otras (CREG.gov.co, 2018).

### 3.4. Producción Anual Energética

Es necesario estimar el potencial de producción energética anual de sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta factores como la potencia del sistema, radiación solar de la zona de irradiación, dicha estimación se realiza con el objetivo de obtener el ahorro de tipo monetario proyectado anualmente (Bitar & Chamas, 2017), a continuación, en la siguiente ecuación se calculará el promedio de la producción energética anual.

$$P_{Ea} \frac{kWh}{año} = \frac{P_s * e * R_s}{H_{pr}} * 365$$

Donde:

$P_{Ea}$ : Producción anual energética ( $\frac{kWh}{año}$ )

$P_s$ : Potencia del sistema fotovoltaico (2 kW)

$e$ : Eficiencia del sistema solar  $e = 1 - \%$  pérdidas diferido de la eficiencia de los equipos total del sistema 20%,

$R_s$ : radiación solar  $\frac{kWh}{m^2}$  dato suministrado por el mapa de radiación de Colombia

$H_{pr}$ : Irradiación solar en condiciones nominales  $1000 \frac{w}{m^2}$

$$P_{Ea} = \frac{(2 \text{ Kw})(1-20\%)(4,5 \frac{Kwh}{m^2 * dia})}{1 \frac{kw}{m^2}} * \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}}$$

$$P_{Ea} = 3285 \frac{Kwh}{año}$$

### 3.5. Análisis económico

Mediante la producción de energía por el sistema se validará el retorno de la inversión para consideración del ahorro sobre lo sustentado en este proyecto.

Según lo estipulado por el DANE el costo de vida en últimos 10 años tiene un promedio de 4,12% en el IPC(Dane.gov.co, 2018), este valor es un gran factor para el manejo económico del país incluyendo la generación y distribución de la energía eléctrica en todo el territorio nacional.

Teniendo en cuenta que el desempeño de los paneles solares disminuye conforme pasa tiempo y el fabricante del elemento garantiza un 80% de su potencia nominal al año 25, aplicando la ecuación de producción anual (Bitar & Chamas, 2017).

$$D_i[\%] = (1 + G_r i) * 100$$

Donde:

$D_i$ = Porcentaje del desempeño de la potencia del panel en el año  $i$

$G_r$ = Gradiente obtenido a partir de la ecuación lineal de los datos de garantía por desempeño del panel solar (25 años equivalentes al 80% de desempeño del panel) obtenido a partir de la ficha técnica utilizando la ecuación lineal y obteniendo las constantes de la siguiente manera:

$$y(x) = mx + b$$

Donde:

$$y(0) = 1, y(25) = 0,8$$

$$m = G_r = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0,8 - 1}{25 - 0} = -0,008$$

ahorro anual se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_{i \text{ anual}} [\text{\$COP}] = P_{Ea} * D_i * CU_{VN} * I_a$$

Donde:

$A_{i \text{ anual}}$  = Ahorros monetarios por producción energética anual.

$P_{Ea}$  = Producción energética anual.

$CU_{VN}$  = costo unitario de prestación del servicio de energía eléctrica.

$I_a$  = Inflación anual.

### 3.6. Flujo de Caja Inversión Directa

En este estudio de factibilidad contempla el análisis de retorno de inversión para el sistema de generación de energía fotovoltaico en la ciudad de Cúcuta, igualmente su costo tarifario actual en la zona que equivale a costo unitario \$kWh (Cu) 481.83 estrato en la zona (1,2) esta tarifa recibe un subsidio decretado por el ministerio de minas y energía de un 20% de costo de servicio (CU) para subsidiar los servicios de personas de menos ingresos y el cual se aplica por pasar el rango dispuesto por la GREC sobre el consumo de subsistencia estratos 1,2,3 lo cual se estipula \$kWh (Cu) 385.46, sobre todos estos factores se realiza el flujo de caja (Ver Tabla 14) proyectado para los próximos 12 años.

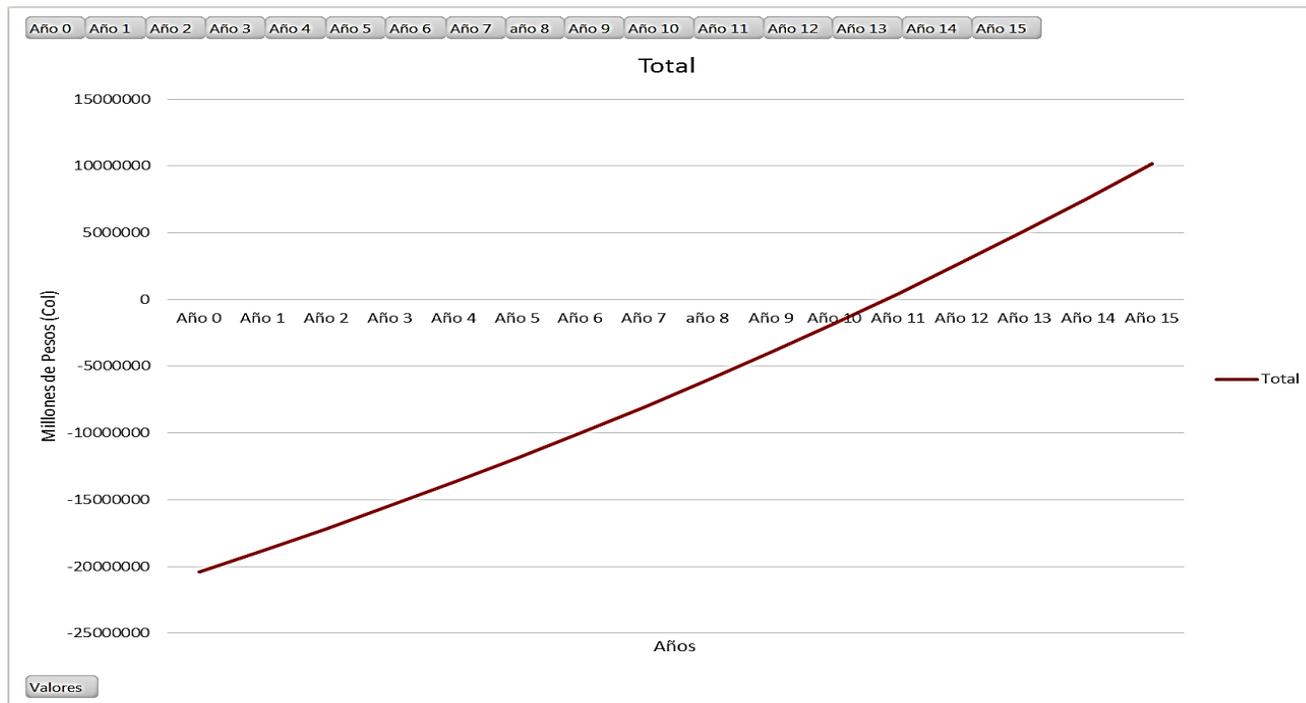
**Tabla 14**

*Flujo de caja proyectado a 12 años para sistema autónomo en la ciudad de Cúcuta con tarifa de estrato 1*

<b>Flujo De Caja</b>													
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Precio kWh/Año (COP)	481,83	502,07	523,15	545,13	568,02	591,88	616,74	642,64	669,63	697,76	727,06	757,60	789,42
Desempeño Panel (%)	100%	99%	98%	98%	97%	96%	95%	94%	94%	93%	92%	92%	92%
Generación Anual kWh/Año	3285	3263,98	3242,95	3221,93	3200,90	3179,88	3158,86	3137,83	3116,81	3095,78	3074,76	3053,74	3032,71
Ahorro Anual (COP)		1582811,6	1638734,2	1696562,2	1756357,1	1818182,0	1882102,0	1948184,0	2016496,9	2087111,4	2160100,5	2235539,0	2313503,9
CAPEX	20392000												
flujo de caja operativo (COP)	20392000	1582811,6	1638734,2	1696562,2	1756357,1	1818182,0	1882102,0	1948184,0	2016496,9	2087111,4	2160100,5	2235539,0	2313503,9
flujo de caja acumulado(COP)	20392000	18809188,5	17170454,3	15473892,0	13717534,9	11899352,9	10017250,9	8069066,8	6052569,9	3965458,5	1805358,0	-430181,0	-2743684,9
VPN @6.53(COP) a 10 años	\$ 2.313.500,00												
TIR	3,4%												
Payback(años)	10 años												

Fuente: Autor

**Grafica 2. Caja de flujo proyectado a 12 años para la ciudad de Cúcuta**



Fuente: Autor

Para la realización del flujo de caja se tuvo en cuenta la producción anual energética del sistema calculado en el punto 3.4, desde el inicio de operación el cual sería el año (0) se evidencia que el sistema fotovoltaico genera 3285 Kwh/año, igualmente se relaciona el descenso en la eficiencia considerable en los paneles del sistema, sin embargo, se refleja un ahorro incrementado año tras año por la proyección del costo de vida de acuerdo con el IPC promedio que es del (4,2%).

Ahora bien, teniendo en cuenta la inversión inicial de COP\$20.392.000, se impacta la proyección *one time* en el flujo de caja, con la finalidad de evaluar el proyecto se emplearon herramientas tales como el cálculo de valor presente neto para entender si cumple el objetivo básico financiero para maximizar la inversión total. En nuestra proyección de VPN se pondero, El WACC (del inglés Weighted Average Cost of Capital) o (costo promedio ponderado de capital) del 5,77% para la industria de Energía Renovables dato obtenido de NYU Stern School of Busines, (Stern.nyu.edu, 2018), se tuvo un VPN de COP \$ 2.313.500 indicando que dicha inversión tendría un efecto positivo en el usuario, obteniendo un incremento equivalente de dicho monto.

Igualmente se evalúa la viabilidad del proyecto en términos de retorno de inversión, obteniendo una tasa interna de retorno del 3,4 % con un payback de 10 años, aunque es un tiempo largo el proyecto está sustentado para operar con una eficiencia mayor del 90% los primeros 25 años, de esta forma se considera que es una opción viable para mejorar la calidad de vida de los residentes del sector, además, una alternativa para que los entes públicos subsidien y financien proyectos limpios y gratuitos a los más vulnerables de la ciudad.

### 3.7. Sistema de facturación tarifaria para la energía eléctrica en Cúcuta

Para calcular el costo del servicio de energía la CREG (CREG.gov.co, 2018), se encarga de asignar los valores dependiendo de la empresa y la demanda con el “costo unitario de prestación del servicio de energía eléctrica ( $CUv_N$ ) el cual se determina de acuerdo con las siguientes variables:

$$CUv_N = G + R + T + D_N + Cv + PR_N \left[ \frac{\$COP}{kWh} \right]$$

- G = corresponde al costo de compra de energía por parte del comercializador y representa el costo de producción de energía, independientemente del sitio donde sea generada.
- T = con este valor se paga el transporte de energía desde las plantas de generación hasta las redes regionales de transmisión.
- D = valor que se paga por transportar la energía desde las subestaciones del Sistema de Transmisión Nacional hasta el usuario final.
- Cv = remunera el margen de comercializar la energía e incluye los costos variables de la actividad de comercialización, asociados con la atención de los usuarios tales como facturación, lectura, atención, reclamos, etc.
- PR = costos de pérdidas de energía, transporte y reducción de estas.
- R = costos por restricciones y servicios asociados con la generación.

**Tabla 15**

*Costo Unitario tarifa de energía en Cúcuta*

Costo Unitario tarifa de energía CENS en Cúcuta marzo 2018 Estratos (1,2)	
Variables	Precios
Generación	\$177,31
Transmisión	\$ 32,01
Distribución	\$ 147,13
Costo Variable	\$ 56,85
Perd. Reconocidas	\$ 34,43
Restricciones	\$34,10
Total	\$481.83

Fuente: Autor

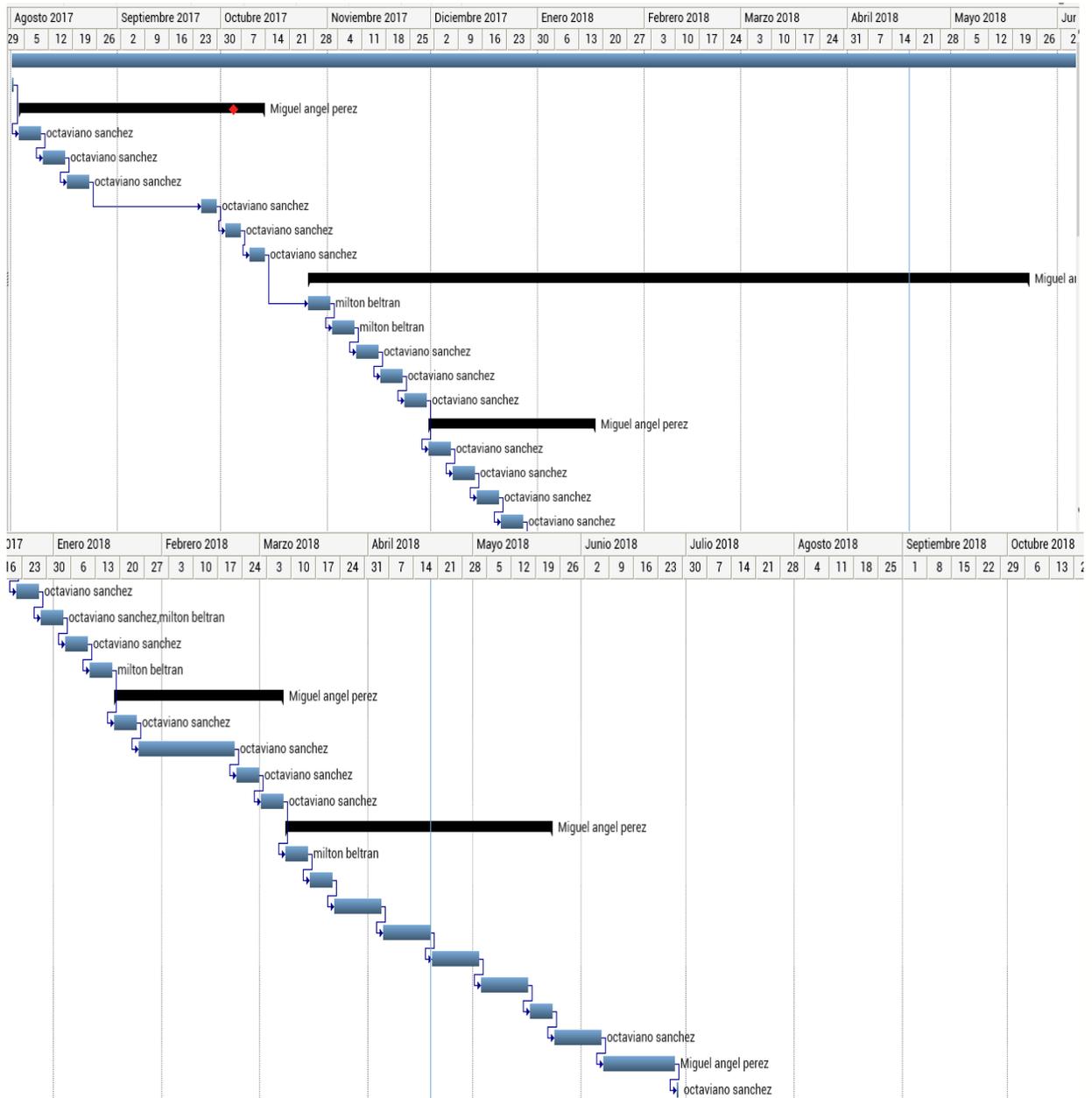
En la Tabla 15, se observa el Costo Unitario tarifa de energía en Cúcuta, basado en los valores ofrecidos por parte del proveedor de energía eléctrica de Norte de Santander CENS (Centrales Eléctricas de Norte de Santander).

## Cronograma de actividades

### 1. Cronograma de actividades del proyecto

**Figura 31. Cronograma de actividades del proyecto**

Nombre	Duración	Inicio	Fin	Recursos
Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de la energía solar en viviendas de estratos 0 y 1 del barrio el progreso en la de la ciudad de Cúcuta.	239días?	08/01/2017	06/29/2018	
Inicio del Proyecto	1día?	08/01/2017	08/01/2017	
<b>Marco referencial</b>	52días?	<b>08/03/2017</b>	<b>10/13/2017</b>	<b>Miguel angel perez</b>
Introducción	5días?	08/03/2017	08/09/2017	2 octaviano sanchez
Planteamiento del problema	5días?	08/10/2017	08/16/2017	4 octaviano sanchez
Justificación	5días?	08/17/2017	08/23/2017	5 octaviano sanchez
Objetivos	5días?	09/25/2017	09/29/2017	6 octaviano sanchez
Marco teórico	5días?	10/02/2017	10/06/2017	7 octaviano sanchez
Marco metodológico	5días?	10/09/2017	10/13/2017	8 octaviano sanchez
<b>Resultado a entregar</b>	150días?	<b>10/26/2017</b>	<b>05/23/2018</b>	<b>Miguel angel perez</b>
Levantamiento de Información y recolección de datos	5días?	10/26/2017	11/01/2017	9 milton beltran
Documentación y comprensión de la teoría vinculada a los sistemas fotovoltaicos	5días?	11/02/2017	11/08/2017	11 milton beltran
Extracción de información referente a la radiación solar en las diferentes áreas geográficas de Cucuta	5días?	11/09/2017	11/15/2017	12 octaviano sanchez
Extracción de información referente a las leyes gubernamentales que incentivan la implementación de energías renovables	5días?	11/16/2017	11/22/2017	13 octaviano sanchez
Identificación de la zona de estudio	5días?	11/23/2017	11/29/2017	14 octaviano sanchez
<b>Análisis de los datos y diagnóstico de la situación actual</b>	35días?	<b>11/30/2017</b>	<b>01/17/2018</b>	<b>Miguel angel perez</b>
Análisis de la zona de estudio	5días?	11/30/2017	12/06/2017	15 octaviano sanchez
ubicacion geografica	5días?	12/07/2017	12/13/2017	17 octaviano sanchez
Clima	5días?	12/14/2017	12/20/2017	18 octaviano sanchez
Vías de acceso	5días?	12/21/2017	12/27/2017	19 octaviano sanchez
Situación Económica	5días?	12/28/2017	01/03/2018	20 octaviano sanchez,
Cobertura de servicios públicos Cúcuta norte de Santander	5días?	01/04/2018	01/10/2018	21 octaviano sanchez
Declaración del alcance	5días?	01/11/2018	01/17/2018	22 milton beltran
<b>Diseño de sistema Fotovoltaico Híbrido Estándar</b>	35días?	<b>01/18/2018</b>	<b>03/07/2018</b>	<b>Miguel angel perez</b>
Especificaciones técnicas	5días?	01/18/2018	01/24/2018	23 octaviano sanchez
Cálculos matemáticos del sistema	20días?	01/25/2018	02/21/2018	25 octaviano sanchez
Características de instalación	5días?	02/22/2018	02/28/2018	26 octaviano sanchez
Esquemas de conexión del sistema fotovoltaico	5días?	03/01/2018	03/07/2018	27 octaviano sanchez
<b>Evaluación presupuestal</b>	55días?	<b>03/08/2018</b>	<b>05/23/2018</b>	<b>Miguel angel perez</b>
Costo del proyecto	5días?	03/08/2018	03/14/2018	28 milton beltran
Beneficios sobre la producción de energía sobre recursos renovable	5días?	03/15/2018	03/21/2018	30
Resolución CREG 030 de 2018	10días?	03/22/2018	04/04/2018	31
Producción Anual Energética	10días?	04/05/2018	04/18/2018	32
Análisis económico	10días?	04/19/2018	05/02/2018	33
Flujo de Caja Inversión Directa	10días?	05/03/2018	05/16/2018	34
Sistema de facturación tarifaria para la energía eléctrica en Cucuta	5días?	05/17/2018	05/23/2018	35
Conclusiones y recomendaciones	10días?	05/24/2018	06/06/2018	36 octaviano sanchez
Revision del Proyecto	15días?	06/07/2018	06/27/2018	37 Miguel angel perez
Entrega del documento	1día?	06/28/2018	06/28/2018	38 octaviano sanchez
Fin del proyecto	1día?	06/29/2018	06/29/2018	

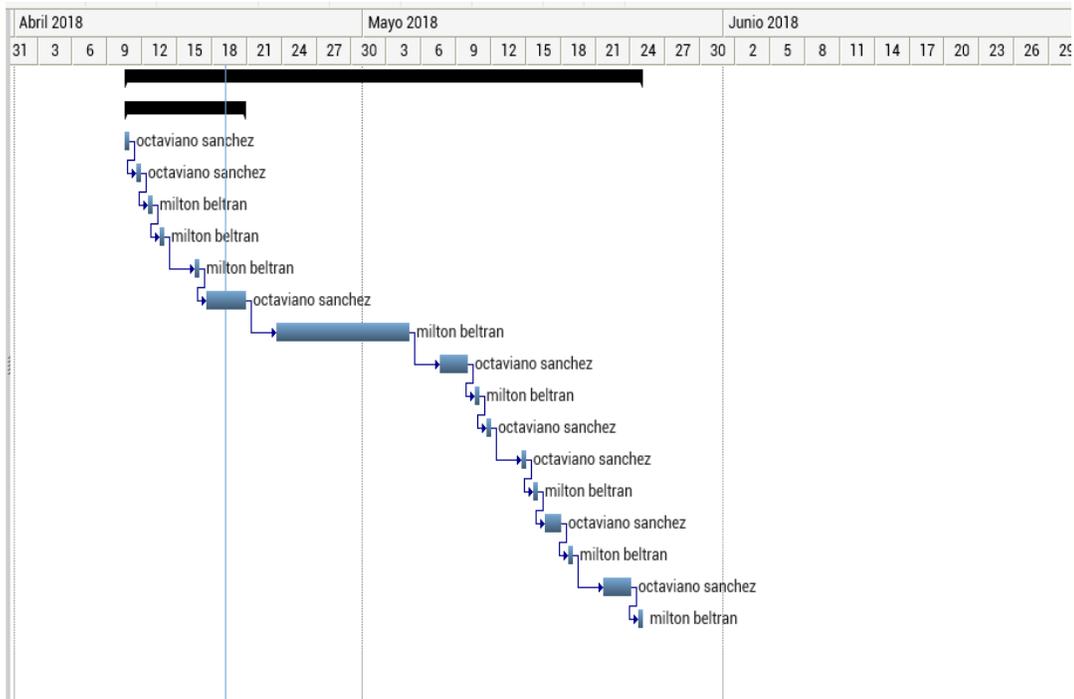


Fuente: Autor

## 2. Cronograma de ejecución del proyecto

**Figura 32. Cronograma de ejecución del proyecto**

		Nombre	Duración	Inicio	Fin	Prede	Recursos
1		☐ Cronograma de ejecución del proyecto	33 días?	04/10/2018	05/24/2018		
2		☐ Estudio de sitio	9 días?	04/10/2018	04/20/2018		
3		Inspección de vivienda	1 día?	04/10/2018	04/10/2018		octaviano sanchez
4		Registro fotografico	1 día?	04/11/2018	04/11/2018	3	octaviano sanchez
5		Registro en video	1 día?	04/12/2018	04/12/2018	4	milton beltran
6		Toma de medidas (cableados, ubicacion de equipos)	1 día?	04/13/2018	04/13/2018	5	milton beltran
7		Medicion de cargas electricas	1 día?	04/16/2018	04/16/2018	6	milton beltran
8		Levantamiento de plano	4 días?	04/17/2018	04/20/2018	7	octaviano sanchez
9		Compra de equipos y materiales	10 días?	04/23/2018	05/04/2018	8	milton beltran
10		Traslado de equipos al sitio de instalacion	3 días?	05/07/2018	05/09/2018	9	octaviano sanchez
11		Instalación de Paneles Solares	1 día?	05/10/2018	05/10/2018	10	milton beltran
12		Instalación de Regulador de Carga	1 día?	05/11/2018	05/11/2018	11	octaviano sanchez
13		Instalación de Inversor	1 día?	05/14/2018	05/14/2018	12	octaviano sanchez
14		Instalación de Bancos de baterías	1 día?	05/15/2018	05/15/2018	13	milton beltran
15		Realizar instalación Acometida residencial eléctrica	2 días?	05/16/2018	05/17/2018	14	octaviano sanchez
16		Instalación de sistema de puesta a tierra	1 día?	05/18/2018	05/18/2018	15	milton beltran
17		Pruebas de funcionamiento	3 días?	05/21/2018	05/23/2018	16	octaviano sanchez
18		Entrega de sistema operando	1 día?	05/24/2018	05/24/2018	17	milton beltran



Fuente: Autor

## Conclusiones

El éxito para que la eficiencia de un sistema fotovoltaico sea alta, radica en el cuidado y conocimiento básico del funcionamiento de cada componente, igualmente su buen uso y la manipulación en manos especializadas asegura una larga vida operacional.

Un sistema fotovoltaico, está compuesto de paneles solares, un regulador de carga, un inversor, acumuladores, aunque este último elemento es opcional y generalmente se utiliza en sitios donde no se cuenta con red comercial, cada uno de estos componentes cuenta con características particulares y junto con la interacción con otros elementos activos y pasivos permiten ofrecer una solución efectiva a las necesidades que se requieran.

Los criterios para elaborar el diseño están definidos por los usuarios, las cargas que soportara el sistema, la caracterización de la zona de estudio cumple un papel fundamental debido que permite identificar parámetros importantes como la irradiación solar que incide en el lugar, y el comportamiento climático, esto con el fin de tener una visión clara del recurso solar, para el caso del barrio el progreso es bastante abundante durante todo el año pero en mayor intensidad en el mes de julio, la inclinación de los paneles a 15° valor identificado por los pisos térmicos la orientación de forma horizontal con la línea ecuatorial.

Los cálculos matemáticos del sistema fotovoltaico son fundamentales en la etapa de diseño porque basados en los resultados se puede saber si el diseño es adecuado para cumplir los requerimientos del sistema, también se puede tener un valor aproximado de la capacidad máxima que podrá soportar el sistema y el desempeño que tendrá, adicionalmente los parámetros para realizar los cálculos estarán definidos por las características del equipamiento suministrados por el fabricante y por la caracterización del lugar en donde se realizará el diseño.

La mayoría de los fabricantes ya ofrecen un tiempo de duración mayor a 25 años, tiempo considerable donde su retorno de inversión es posible, además cada vez la capacitación y conocimiento de los sistemas fotovoltaicos están disponibles en herramientas tecnológicas y centros de educación, debido a esto se garantiza una obra de mano calificada, económica y asequible para sus futuros mantenimientos preventivos o correctivos.

El sistema tendrá una capacidad de 2kW estará compuesto con un regulador de carga tipo MPPT de 4kW, un inversor de 3kW, 10 paneles solares de 200W a 12V, con acumuladores de 12V 155AH, las baterías para los sitios que no cuenten con red comercial.

Estos sistemas se pueden ampliar dependiendo de la necesidad de la demanda que puede ser incrementada con el tiempo, una gran ventaja es que se puede realizar a un costo razonable y sencillo.

Damos una opción para que sea evaluada y revisada por los mandatarios que disponen de recursos públicos y deben invertir en la mejora de vida y bienestar de la calidad de vida de las familias menos favorecidas y que no disponen de un servicio básico como lo es la energía eléctrica, ya sea por costo o por cobertura.

Por medio de este estudio, se evalúa la importancia que tiene los sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica y su gran influencia en el mundo actual, convirtiéndose en una gran alternativa limpia y amigable para satisfacer el consumo desbordado de este recurso y el cual es el resultado de una gran demanda que día a día crecen exponencialmente y que está poniendo en riesgo la calidad del ecosistema que se ve afectado por los métodos convencionales que actualmente usamos.

## Recomendaciones

Aplicar este proyecto en la práctica daría un gran aporte para el desarrollo del uso de energías renovables que contribuyen a la protección del medio ambiente.

Realizar mantenimiento preventivo al sistema fotovoltaico al menos una vez al año, esta actividad es bastante sencilla debido a la simpleza del sistema, dentro de la rutina es limpiar los paneles con un paño limpio, ajuste de conexiones eléctricas, estado de la estructura de soporte, medición limpieza de sulfatación de las baterías, verificación del sistema de puesta a tierra.

Se debe realizar la instalación con mano de obra calificado y herramienta que cumpla con las normas dieléctricas para una mayor protección, manipular los equipos sin conocimiento podría afectar su funcionamiento y tener un alto riesgo para la integridad de la persona.

Es de gran importancia la capacitación de funcionamiento para las familias beneficiadas ya que esto aumentara su rendimiento y un buen uso del sistema y el cual elevara el tiempo de operación.

Para la ejecución del proyecto como se propone, se recomienda que los componentes se compren desde su país de origen ya que se beneficiaría por su adquisición al por mayor y de los beneficios arancelarios que se tienen con países por medio de tratados de libre comercio.

Para el sistema fotovoltaico conectado a la red se recomienda tener acumuladores para el caso que falla la red como respaldo para soportar la carga de la vivienda.



**UNIMINUTO**  
Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



Si se va a realizar un sistema interconectado a la red lo indicado es avisar a la empresa de energía para conocer normas que rigen para la manipulación de equipos de medición comercial como la RETIE.

Una buena elección en las marcas y fabricantes maximizan la eficiencia de los sistemas, por esta razón se recomienda que se avalen los procesos de calidad internación y certificaciones internacionales o nacionales, ya que nos garantizan durabilidad y un buen desempeño.

## Referencias bibliográficas

- 2.exide.com. (31 de 03 de 2018). *Marathon Baterias* . Obtenido de <http://www2.exide.com/br/pt/product-solutions/network-power/product/marathon-ft.aspx>
- ambientesoluciones.com. (01 de 04 de 2018). *Inversor de carga* . Obtenido de [https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos\\_mo.php?it=5124](https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos_mo.php?it=5124)
- antusol.webcindario.com. (30 de 3 de 2018). *Energía Solar*. Obtenido de <http://antusol.webcindario.com/instalacion.html>
- Arias, C. A. (01 de 09 de 2013). *Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia*. Obtenido de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3780/tfm285.pdf;sequence=1>
- Autoconsumos. (17 de 09 de 2017). *Autoconsumos.com*. Obtenido de <http://www.autoconsumosi.com/wp-content/uploads/partes.bmp>
- autosolar.com. (31 de 03 de 2018). *Regulador Ecosolar MPPT 40A 12V/24V/48V con pantalla*. Obtenido de [https://autosolar.es/pdf/MPPT-150V-45A\\_a\\_150V-100A.pdf](https://autosolar.es/pdf/MPPT-150V-45A_a_150V-100A.pdf)
- Bitar, S., & Chamas, F. (30 de 01 de 2017). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COMO FUENTE DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE COLOMBIA* . Obtenido de <http://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1572/MBA00499.pdf?sequence=1>

Caicedo, M. (20 de 4 de 2017). *La Opinion.com*. Obtenido de

<https://www.laopinion.com.co/Opinion/El-Tu-los-invasores-no-le-temen-la-alcaldia-131881#OP>



Corporación Universitaria Minuto de Dios  
Educación de calidad al alcance de todos



Cens.com.co. (18 de 04 de 2018). *Tarifas de energía*. Obtenido de

<http://www.cens.com.co/clientes/Nuestrosservicios/Tarifasdeenergía.aspx>

colombia, A. (2017). Energías renovables. *Amcham colombia Business Mail*, 32.

CREG.gov.co. (02 de 03 de 2018). *reglas para que usuarios puedan producir y vender energía eléctrica al Sistema Interconectado Nacional*. Obtenido de

<http://www.creg.gov.co/index.php/es/noticias/1571-boletin082018>

DANE. (11 de 02 de 2018). *DANE.gov.co*. Obtenido de

[http://www.dane.gov.co/files/censos/resultados/prest\\_NBI\\_100708.pdf](http://www.dane.gov.co/files/censos/resultados/prest_NBI_100708.pdf)

Dane.gov.co. (17 de 04 de 2018). *Indice de Precios al Consumidor (IPC)*. Obtenido de

<http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>

Datos.gov. (24 de 01 de 2018). *Datos abiertos*. Obtenido de

<https://www.datos.gov.co/Funci-n-p-blica/Cucuta-Nomenclatura/43n2-pgkx>

Díaz, C. O. (30 de 03 de 2010). *Sistema de iluminación para viviendas de emergencia con base en energía solar fotovoltaica*. Obtenido de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/4200/tesis64.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DNP. (22 de 10 de 2015). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de

<https://www.dnp.gov.co/programas/vivienda-agua-y-desarrollo-urbano/desarrollo-urbano/Paginas/el-desarrollo-urbano-en-el-pnd.aspx>

DNP.gov. (22 de 08 de 2016). *proyectostipo.dnp.gov.co*. Obtenido de

<https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/Celdas/ptceldas.pdf>

Econotecnia. (17 de 09 de 2017). *Econotecnia.com*. Obtenido de

[http://econotecnia.com/uploads/celula\\_fotovoltaica.jpg](http://econotecnia.com/uploads/celula_fotovoltaica.jpg)

eliseosebastian.com. (01 de 04 de 2018). *paneles fotovoltaicos y lineas de puesta a tierra*. Obtenido de <http://www.eliseosebastian.com/paneles-fotovoltaicos-con-linea-a-tierra/>

Energreencol. (17 de 09 de 2017). *Energreencol*. Obtenido de [http://www.energreencol.com/energia\\_solar/index.htm](http://www.energreencol.com/energia_solar/index.htm)

EPM.com. (29 de 03 de 2018). *Uso inteligente de la energía eléctrica*. Obtenido de [https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco\\_de\\_recomendaciones\\_uso\\_inteligente\\_energia\\_electricamarzo\\_27.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo_27.pdf)

fonceca, C. (26 de 12 de 2010). *Ideam.gov.co*. Obtenido de <http://www2.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/4generacion.pdf>

Hidalgo Aguilar, J., & Arévalo Morales, H. (01 de 03 de 2016). *Análisis técnico y económico para la implementación de energía solar para viviendas de la urbanización Cataluña*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5394>

IDEAM.gov. (04 de 10 de 1999). *CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>

IDEAM.gov. (30 de 03 de 2018). *Atlas de radiacion de colombia*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion?inheritRedirect=true>

Jaen, U. d. (17 de 09 de 2017). *Ujaen.es*. Obtenido de [http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/](http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/)

Maps.com, G. (22 de 01 de 2018). *GOOGLE MAPS*. Obtenido de <https://www.google.com.co/maps/@7.9215793,-72.5441601,2111m/data=!3m1!1e3>

Martinez, A. (22 de 03 de 2018). *todacolombia.com*. Obtenido de <http://www.todacolombia.com/geografia-colombia/pisos-termicos.html>

MINMINAS. (29 de 05 de 2007). *MINMINAS.gov.co*. Obtenido de

<http://www.minminas.gov.co>  
  
monsolar.com. (31 de 03 de 2018). *Polycrystalline Solar Panel*. Obtenido de

<https://www.monsolar.com/panel-solar-12v-72-cel.html>

Ossa, M. d. (06 de 03 de 2017). *Las Dos orillas*. Obtenido de

<https://www.las2orillas.co/barranquilla-capital-la-energia-solar-colombia/>

Peralta, R. E. (30 de 03 de 2011). *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia*. Obtenido de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf;sequence=1>

Polit, R. O. (15 de 05 de 2005). *Diseño E Implementación De Un Controlador De Carga Para Un Sistema Fotovoltaico Autónomo*. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/515/1/T-ESPE-027549.pdf>

Rios, J. (23 de 03 de 2017). *La Opinion* . Obtenido de

<https://www.laopinion.com.co/economia/40-de-los-habitantes-de-cucuta-son-pobres-130248#OP>

Riviera, R. A. (01 de 12 de 2011). *Estudio de factibilidad del uso de energía solar en procesos de la gran minería del cobre*. Obtenido de

[http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-gacitua\\_rr/html/index-frames.html](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-gacitua_rr/html/index-frames.html)

Rojas, J. G. (24 de 11 de 2016). *Sistemas de energía fotovoltaica centrales solares pringamosal los pasos (guamo tolima) - estudio de casos*. Obtenido de

<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15461/1/DIAZROJASJOSEGUILLERMO2016.pdf>

Secretariassenado.gov.co. (27 de 02 de 2018). *LEY 1715 DE 2014*. Obtenido de

[http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)

Solar.com, T. E. (26 de 03 de 2018). *Sistemas aislados (offgrid)*. Obtenido de

<http://t8menergiasolar.com.br/sistemas-isolados-off-grid/>

Stern.nyu.edu. (05 de 01 de 2018). *NYU Stem School of Business*. Obtenido de

[http://pages.stern.nyu.edu/~lminuto/News/Welcome\\_Page/datafile/wacc.htm](http://pages.stern.nyu.edu/~lminuto/News/Welcome_Page/datafile/wacc.htm)

Teleobjetivo. (17 de 09 de 2017). *Teleobjetivo.com*. Obtenido de

<https://www.teleobjetivo.org/wpcontent/uploads/2012/05/fotovoltaica-funcionamiento1.jpg>

tiempo, E. (18 de 04 de 2017). *El tiempo.com*. Obtenido de

[www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3518381](http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3518381)

UPME. (30 de 01 de 2015). *Plan energetico nacional*. Obtenido de

[http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN\\_IdearioEnergetico2050.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf)

UPME.gov. (30 de 03 de 2018). *Atlas de Radiacion solar*. Obtenido de

[http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/9-Apendice\\_C.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/9-Apendice_C.pdf)

UPME2011. (11 de 11 de 2011). *Planeación Minero energetico*. Recuperado el 25 de 08 de 2017, de

[http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION\\_ENERGIAS\\_RENOVANLES\\_WEB.pdf#search=integracion%20de%20energia%20renovable](http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf#search=integracion%20de%20energia%20renovable)

Wikipedia. (15 de 01 de 2018). *Cucuta*. Obtenido de

<https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%BAcuta>

Wikipedia.org. (19 de 07 de 2017). *Comuna de Atalaya (Cúcuta)*. Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Comuna\\_de\\_Atalaya\\_\(C%C3%BAcuta\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Comuna_de_Atalaya_(C%C3%BAcuta))

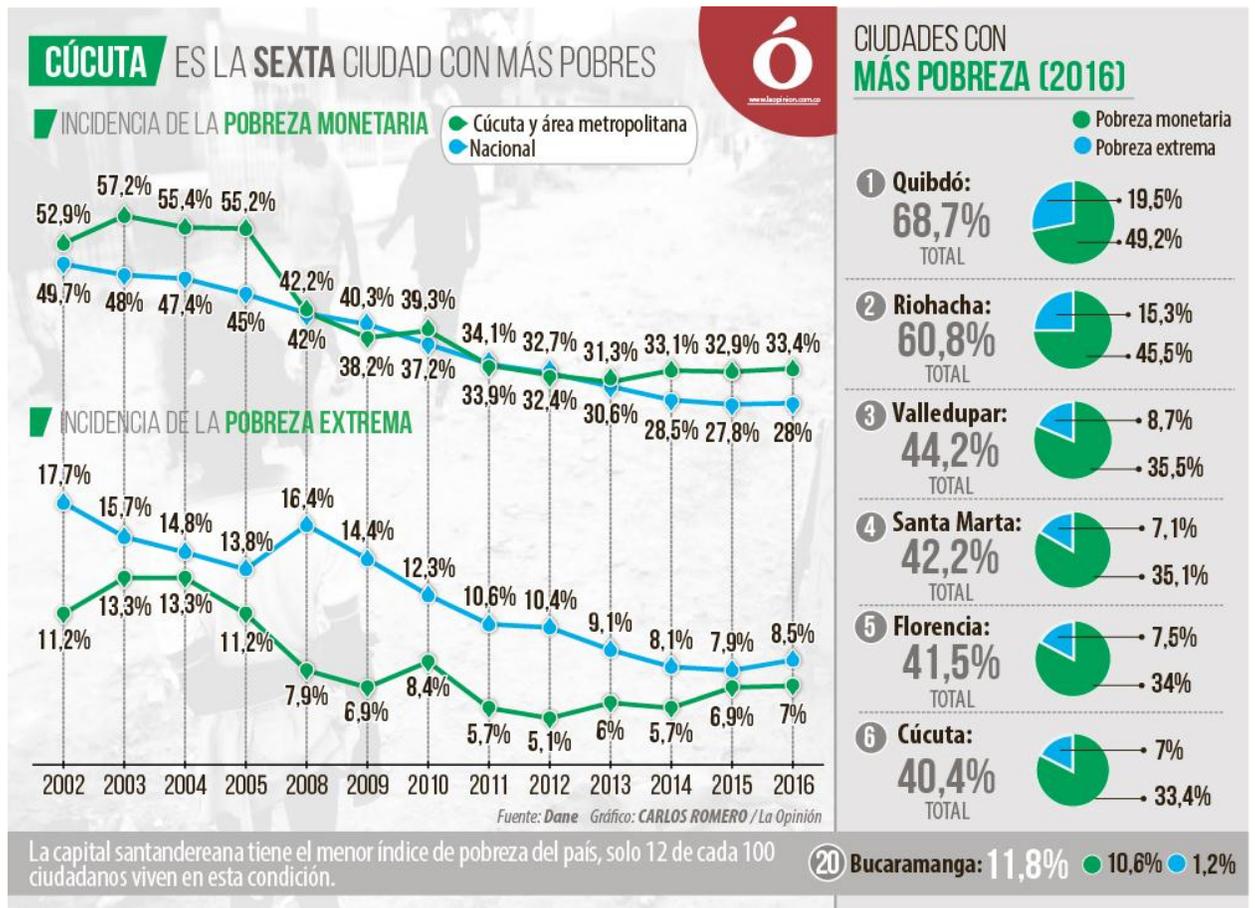
Wordpress. (17 de 09 de 2017). *Wordpress.com*. Obtenido de

[https://cleanpress.files.wordpress.com/2010/04/regulador12a\\_2.jpg](https://cleanpress.files.wordpress.com/2010/04/regulador12a_2.jpg)

## Anexos

### ANEXO 1

#### Ciudades con más pobreza en 2016

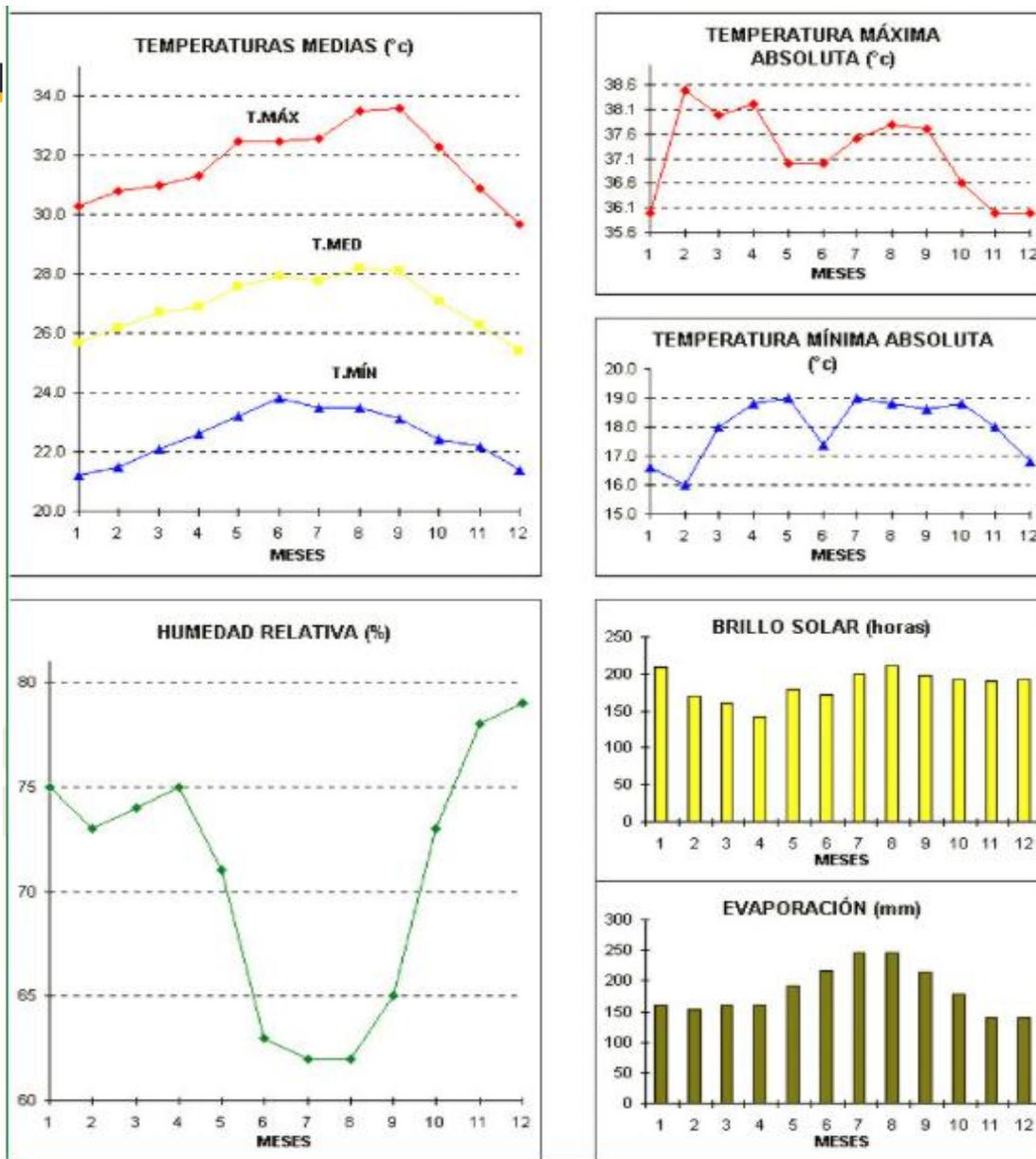


Fuente:(Rios, 2017)



## **ANEXO 2**

*Climatografía de las principales ciudades*



Fuente:(IDEAM.gov, CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES, 1999)

### ANEXO 3

*Tablas de consumo eléctrico*

Tu consumo de energía depende de dos cosas: Los vatios de potencia de tus electrodomésticos y el tiempo que los utilizas.					
	Electrodoméstico	Vatios de potencia	Equivalencia en kW	Tiempo de uso en horas al mes	Consumo en kWh mes
Iluminación	Bombillo 100 vatios	100	0,1	120	12
	Bombillo 60 vatios	60	0,06	120	7,2
	Bombillo ahorrador 25 vatios	25	0,025	120	3
	Bombillo ahorrador 15 vatios	15	0,015	120	1,8
	Bombillo LED	7	0,007	120	0,84
	Instalación navideña de 100 luces LED	9	0,009	180	1,62
Electrodomésticos que producen calor	Parrilla grande en alto	1.800	1,8	30	54
	Parrilla pequeña en alto	1.500	1,5	30	45
	Tina 20 galones	1.500	1,5	15	22,5
	Ducha eléctrica	1.500	1,5	7	10,5
	Parrilla grande en bajo	450	0,45	30	13,5
	Plancha de ropa	1.000	1	12	12
	Horno estufa	3.300	3,3	1	3,3
	Olla arrocera	600	0,6	15	9
	Cafetera	900	0,9	10	9
	Secador de pelo	1.500	1,5	4	6
	Plancha para el pelo	1.000	1	4	4
	Tostadora	500	0,5	0,5	0,25
Electrónicos	Televisor LCD de 20 pulgadas	150	0,15	180	27
	Televisor de 20 pulgadas	75	0,075	180	13,5
	Horno microondas	1.000	1	10	10
	Equipo de sonido	150	0,15	60	9
	Computador de mesa	140	0,14	60	8,4
	Computador portátil	120	0,12	60	7,2

	Videojuegos	36	0,036	120	4,32
	Grabadora	14	0,014	180	2,52
	Radio	10	0,01	180	1,8
	Radio reloj digital	2	0,002	720	1,44
	DVD	30	0,03	4	0,12
	Cargador con celular conectado	12	0,012	16	0,192
	Cargador sin celular conectado	5	0,005	16	0,08
Electrodomésticos que funcionan con motor	Nevera	180	0,18	300	54
	Ventilador	100	0,1	360	36
	Lavadora	750	0,75	12	9
	Licuadora	400	0,4	15	6
	Batidora	200	0,2	1	0,2
	Picatodo	500	0,5	1	0,5
	Afeitadora eléctrica	15	0,015	4	0,06
	Máquina de coser	100	0,1	2	0,2
	Aspiradora	1.000	1	2	2

Fuente:(EPM.com, 2018)



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

Fuente: (antusol.webcindario.com, 2018)

## ANEXO 5

### Panel solar policristalino



MÁS VISTAS

## Panel Solar 12V y 200W SCL poliristalino

★★★★★ 6 Opiniones

Este panel solar ofrece la mayor potencia del mercado en los módulos fotovoltaicos de 12 voltios. Sus 72 células policristalinas son capaces de entregar una potencia máxima de 200 vatios, considerablemente mayor a otros paneles solares de 12 voltios.

La configuración de las células solares es de 2 cadenas en paralelo de 36 células solares en serie, lo que le ofrece a este panel de 12V una  $V_{mp}$ : 18,78V, corriente  $I_{mp}$ : 10,65A y potencia: 200Wp

Este panel solar se puede utilizar en todo tipo de instalaciones aisladas, siendo especialmente recomendables en instalaciones solares aisladas a 12 voltios en baterías o en caso de que se requiera optimizar el poco espacio disponible en el tejado.

### Características técnicas

#### Comportamiento bajo condiciones Standard de prueba (STC)

Potencia en el punto de máx. potencia	(Pmax)	200Wp
Tensión en vacío	(Uoc)	22,54V
Tensión a potencia máxima	(Umpp)	18,78V
Corriente de cortocircuito	(Isc)	11,72A
Corriente a potencia máxima	(Impp)	10,65A

#### Materiales Empleados

Células por módulo	72 (6x12) policristalinas
Conectores	MC4
Cableado	Longitud 1000mm

#### Parámetros Térmicos característicos

NOCT	47 C° +/-2°C
TC Isc	0,05 %/C
TC Uoc	-0,38 %/C

#### Medidas

Longitud	1330 mm
Ancho	990 mm
Altura	35 mm
Peso	15,5 kg

Fuente: (monsolar.com, 2018)

Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV  
MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

www.victronenergy.com



Controlador de carga solar  
MPPT 150/70-Tr



**Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)**  
Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

**Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial**  
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

**Excepcional eficiencia de conversión**  
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

**Algoritmo de carga flexible**  
Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

**Amplia protección electrónica**  
Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.  
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

**Sensor de temperatura interna**  
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

**Opciones de datos en pantalla en tiempo real**  
- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android  
consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"  
- Panel ColorControl

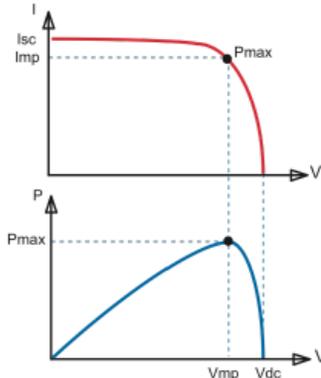


Fuente:(autosolar.com, 2018)

## Regulador de Carga MPPT



Controlador de carga solar  
MPPT 150/70-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

### Curva inferior:

Potencia de salida  $P = I \times V$  como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98 %				
Autoconsumo	10 mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95 %, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
<b>CARCASE</b>					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 2)	35 mm <sup>2</sup> /AWG2 (modelos Tr), o conectores Dual MC4 (modelos MC4)				
Bornes de batería	35 mm <sup>2</sup> / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5 kg	
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 215 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 245 x 295 x 103 mm	
<b>ESTÁNDARES</b>					
Seguridad	EN/IEC 62109				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.					
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.					
2) Modelos MC4: se necesitarán varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares					

Fuente:(autosolar.com, 2018)

## ANEXO 8

### Especificaciones de Baterías de Terminal Frontal

## Características de Alto Desempeño de la Línea MARATHON®

- Envoltorio y cubierta reforzados con retardante de fuego, conforme a la norma UL94 V-0, con un nivel de pérdida en ignición del 28%.
- Reductor de chispa integrado, soldado en la cubierta mediante ultrasonido.
- Diseño patentado de "Pared Lateral tipo Diamante" para mantener la integridad estructural a mayores temperaturas de operación.\*
- La unión del envoltorio con la cubierta está sellada térmicamente para garantizar un sello a prueba de fugas.
- Tecnología de Tapete de Vidrio Absorbente de Alta Compresión (AGM) para lograr una eficiencia de más del 99% en la recombinación.
- Diseño de placa positiva con alto contenido de estaño, calcio, plata y plomo, que ofrece una máxima vida de servicio en flotación; una vida útil del diseño de 10 años a 25°C (77°F).
- Terminales de Aleación de Cobre\* Accesibles desde el Frente y Protector de Polo de "Encendido/Apagado Sencillo".
- Ventilación confiable unidireccional con sello de seguridad automático.
- Asas de Manejo Integradas\*
- Diseño de celda múltiple para instalación más rápida y menos mantenimiento.

\* 90-155 AH

## Aplicaciones

La línea de baterías MARATHON® incorpora la avanzada tecnología VRLA de GNB, diseñada para ofrecer una vida prolongada y alto rendimiento en:

### Telecomunicaciones

- Distribución de Energía Eléctrica
- PCS
- Celular
- Banda Ancha

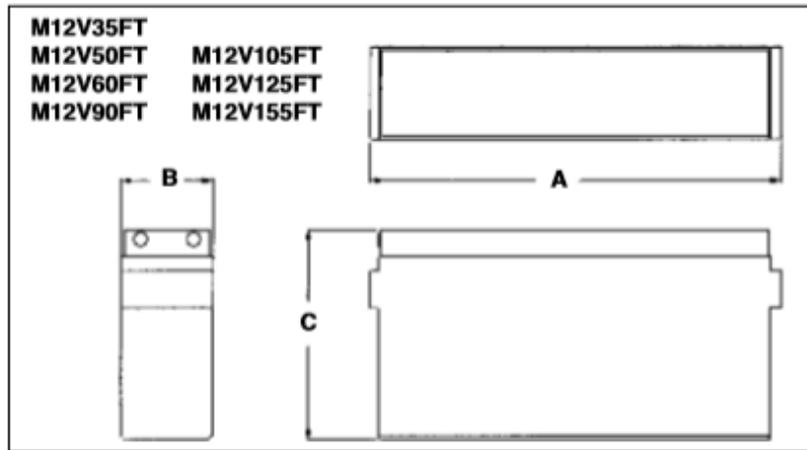
### Servicio Eléctrico

- Energía para Control de Transmisión de Electricidad
- Comunicaciones



**Especificaciones de la Terminal Frontal MARATHON®**

Número de Modelo	Voltajes	Capacidad (AH)		Dimensiones Nominales						Peso Nominal	
		8hr To 1.75 VPC @ 25°C	10hr To 1.80 VPC @ 20°C	Pulgadas			Milímetros			lbs.	Kg
				A	B	C	A	B	C		
M12V35FT	12	35	35	11.02	4.21	7.44	280	107	189	31	14.0
M12V50FT	12	48	47	11.02	4.21	9.09	280	107	231	40	18.0
M12V60FT	12	60	59	11.02	4.21	10.35	280	107	263	51	23.0
M12V90FT	12	86	86	15.55	4.13	10.63	395	105	270	70	31.5
M12V105FT	12	104	100	20.12	4.33	9.38	511	110	238	79	35.8
M12V125FT	12	125	121	22.00	4.90	11.15	559	124	283	105	47.6
M12V155FT	12	155	150	22.00	4.90	11.15	559	124	283	119	53.8



**Carga y Voltaje de Flotación**

Se recomienda la carga con Voltaje Constante.

Voltaje recomendado de flotación: 2.27 VPC a 25°C (77°F)

Rango del voltaje de flotación: 2.25 a 2.30 VPC a 25°C (77°F)

Voltaje de Ecuilibración: 2.35 VPC por 24 horas o 2.40 VPC por 12 horas

NOTA: El diseño y/o las especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso. Si tiene preguntas, comuníquese con su representante local de ventas GNB para obtener más información.

**Datos Eléctricos de la Terminal Frontal MARATHON®**

Número de Modelo	Amperaje de la Corriente en Corto Circuito	Resistencia Interna (micro-ohmios)
M12V35FT	1300	12.8
M12V50FT	1700	9.2
M12V60FT	2100	7.8
M12V90FT	2358	4.5
M12V105FT	3125	4.0
M12V125FT	3814	3.2
M12V155FT	3883	3.0

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.75 Final VPC	M12V3SFT	1.6	3.0	3.6	3.9	4.4	5.0	5.7	6.7	8.0	10.3	12.1	14.6	18.8	26.9	44.7
	M12V50FT	2.1	4.0	4.8	5.3	5.9	6.6	7.6	9.0	10.8	13.7	16.0	19.4	24.7	34.8	61.9
	M12V60FT	2.7	5.1	6.1	6.7	7.5	8.4	9.6	11.2	13.3	16.8	19.5	23.3	29.4	40.7	69.8
	M12V90FT	4.1	7.6	8.9	9.7	10.8	12.1	13.9	16.2	19.8	25.4	29.8	36.2	46.3	65.3	110.2
	M12V105FT	4.7	8.9	10.6	11.7	13.0	14.5	16.5	19.2	23.1	29.2	33.9	40.8	51.6	71.8	118.4
	M12V125FT	5.7	10.8	12.7	14.0	15.6	17.6	20.3	24.0	29.4	38.1	43.7	51.8	65.3	90.4	145.3
	M12V155FT	7.0	13.3	15.7	17.4	19.4	21.7	24.7	28.8	34.8	44.4	51.7	62.4	77.7	105.8	179.4

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.78 Final VPC	M12V35FT	1.6	3.0	3.5	3.9	4.3	4.9	5.6	6.5	7.9	10.2	12.0	14.6	18.8	26.8	44.3
	M12V50FT	2.1	4.0	4.8	5.2	5.8	6.6	7.5	8.8	10.7	13.6	15.9	19.1	24.4	34.3	61.6
	M12V60FT	2.7	5.1	6.0	6.6	7.4	8.3	9.6	11.0	13.2	16.7	19.3	23.1	29.1	40.3	69.0
	M12V90FT	4.1	7.5	8.8	9.6	10.7	12.0	13.7	16.1	19.6	25.2	29.6	35.9	45.9	64.9	108.9
	M12V105FT	4.6	8.8	10.4	11.5	12.8	14.4	16.4	19.0	22.8	28.9	33.6	40.3	51.0	71.1	115.1
	M12V125FT	5.7	10.7	12.6	13.9	15.4	17.4	20.1	23.7	29.0	37.7	43.3	51.2	64.4	88.9	139.8
	M12V155FT	6.9	13.1	15.5	17.1	19.1	21.5	24.4	28.5	34.4	43.9	51.2	61.9	76.9	104.4	176.4

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.80 Final VPC	M12V35FT	1.6	3.0	3.5	3.9	4.3	4.8	5.5	6.5	7.9	10.2	11.9	14.5	18.7	26.7	43.9
	M12V50FT	2.1	4.0	4.8	5.2	5.7	6.5	7.5	8.8	10.6	13.5	15.7	19.0	24.2	34.0	61.1
	M12V60FT	2.7	5.0	6.0	6.6	7.3	8.3	9.5	11.0	13.1	16.5	19.2	22.9	28.9	40.2	68.4
	M12V90FT	4.1	7.5	8.8	9.6	10.6	12.0	13.7	16.0	19.5	25.1	29.4	35.7	45.6	64.3	107.3
	M12V105FT	4.6	8.7	10.3	11.4	12.7	14.3	16.2	18.9	22.7	28.7	33.3	40.0	50.6	70.5	112.9
	M12V125FT	5.6	10.6	12.5	13.8	15.3	17.3	19.9	23.5	28.8	37.4	42.9	50.8	63.7	87.8	136.3
	M12V155FT	6.9	13.0	15.4	17.0	19.0	21.3	24.2	28.3	34.2	43.6	50.9	61.5	76.1	102.9	172.4

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.81 Final VPC	M12V35FT	1.6	3.0	3.5	3.8	4.2	4.8	5.5	6.4	7.8	10.1	11.8	14.4	18.5	26.5	43.4
	M12V50FT	2.1	3.9	4.6	5.1	5.7	6.4	7.4	8.6	10.5	13.4	15.7	18.9	24.0	33.7	60.3
	M12V60FT	2.7	5.0	5.9	6.5	7.3	8.2	9.5	10.8	13.0	16.5	19.1	23.0	28.9	40.0	67.6
	M12V90FT	4.0	7.4	8.7	9.5	10.6	11.9	13.6	15.9	19.3	24.9	29.2	35.4	45.1	63.5	105.9
	M12V105FT	4.6	8.7	10.2	11.3	12.6	14.2	16.1	18.7	22.5	28.5	33.0	39.6	50.1	69.8	111.2
	M12V125FT	5.6	10.5	12.4	13.6	15.2	17.2	19.7	23.3	28.5	37.1	42.5	50.2	63.0	86.6	133.6
	M12V155FT	6.8	12.9	15.3	16.9	18.9	21.1	24.0	28.0	33.9	43.2	50.5	61.0	75.4	101.5	169.0

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.83 Final VPC	M12V35FT	1.6	2.9	3.4	3.8	4.2	4.7	5.4	6.3	7.7	10.0	11.7	14.2	18.3	26.1	42.5
	M12V50FT	2.1	3.9	4.6	5.0	5.6	6.3	7.2	8.5	10.4	13.3	15.5	18.7	23.7	33.2	58.8
	M12V60FT	2.6	4.9	5.8	6.4	7.1	8.1	9.3	10.7	12.8	16.2	18.8	22.6	28.6	39.9	66.0
	M12V90FT	4.0	7.4	8.6	9.4	10.5	11.8	13.4	15.7	19.1	24.6	28.7	34.9	44.4	62.5	103.3
	M12V105FT	4.5	8.5	10.1	11.1	12.4	14.0	15.9	18.5	22.2	28.0	32.5	38.9	49.2	68.4	107.9
	M12V125FT	5.5	10.3	12.2	13.4	14.9	16.8	19.4	22.8	28.0	36.3	41.6	49.2	61.5	84.3	128.4

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.85 Final VPC	M12V35FT	1.6	2.9	3.4	3.7	4.1	4.6	5.3	6.2	7.6	9.8	11.5	14.0	18.0	25.8	41.6
	M12V50FT	2.0	3.8	4.5	4.9	5.5	6.2	7.1	8.3	10.2	13.2	15.3	18.5	23.5	32.7	57.2
	M12V60FT	2.6	4.9	5.7	6.3	7.0	7.9	9.1	10.5	12.6	15.9	18.5	22.2	28.1	39.2	64.0
	M12V90FT	4.0	7.3	8.5	9.3	10.3	11.6	13.2	15.5	18.8	24.2	28.2	34.0	43.4	61.0	100.3
	M12V105FT	4.5	8.4	9.9	10.9	12.2	13.8	15.7	18.2	21.8	27.5	31.9	38.2	48.3	67.1	105.7
	M12V125FT	5.4	10.2	12.0	13.2	14.7	16.5	19.0	22.4	27.4	35.6	40.8	48.1	60.1	82.1	123.5
	M12V155FT	6.6	12.5	14.9	16.4	18.3	20.4	23.3	27.1	32.8	41.8	48.8	58.9	72.2	96.2	155.9

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.87 Final VPC	M12V35FT	1.5	2.8	3.3	3.6	4.0	4.5	5.1	6.0	7.3	9.4	11.1	13.5	17.4	24.7	39.9
	M12V50FT	2.0	3.7	4.3	4.8	5.3	6.0	6.8	8.1	9.8	12.7	14.8	17.9	22.6	31.6	54.6
	M12V60FT	2.5	4.7	5.6	6.1	6.8	7.7	8.8	10.2	12.2	15.5	18.0	21.5	27.3	38.0	61.9
	M12V90FT	3.8	7.0	8.2	9.0	10.0	11.3	12.9	15.2	18.5	23.8	27.5	32.9	41.8	58.9	95.6
	M12V105FT	4.3	8.2	9.7	10.7	11.9	13.4	15.3	17.7	21.2	26.7	31.0	37.1	46.8	64.9	101.5
	M12V125FT	5.3	9.8	11.6	12.7	14.2	16.0	18.3	21.6	26.4	34.2	39.3	46.6	58.6	80.8	119.3
	M12V155FT	6.4	12.2	14.4	15.9	17.7	19.8	22.6	26.3	31.7	40.4	47.1	56.9	69.7	92.8	141.6

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.90 Final VPC	M12V35FT	1.4	2.6	3.1	3.4	3.8	4.2	4.9	5.7	6.9	8.9	10.5	12.7	16.3	23.2	37.4
	M12V50FT	1.9	3.5	4.1	4.5	5.0	5.6	6.5	7.6	9.3	12.1	14.2	17.2	21.7	30.1	50.9
	M12V60FT	2.4	4.5	5.3	5.8	6.5	7.3	8.4	9.7	11.6	14.7	17.1	20.5	26.0	36.2	58.9
	M12V90FT	3.6	6.7	7.9	8.7	9.6	10.8	12.4	14.6	17.8	22.3	26.0	31.3	39.7	55.6	89.3
	M12V105FT	4.1	7.8	9.2	10.2	11.3	12.8	14.7	17.0	20.3	25.6	29.6	35.4	44.6	61.6	95.0
	M12V125FT	5.0	9.3	11.0	12.1	13.4	15.1	17.3	20.4	24.9	32.2	37.0	43.9	54.9	75.2	109.1
	M12V155FT	6.1	11.7	13.8	15.2	17.0	18.9	21.5	25.0	30.2	38.4	44.7	53.9	65.7	87.0	126.4

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.92 Final VPC	M12V35FT	1.4	2.5	2.9	3.2	3.6	4.0	4.6	5.4	6.5	8.4	9.8	11.9	15.3	21.7	34.9
	M12V50FT	1.8	3.3	3.9	4.3	4.7	5.3	6.1	7.2	8.8	11.4	13.3	16.2	20.5	28.4	47.5
	M12V60FT	2.3	4.2	5.0	5.5	6.1	6.8	7.9	9.2	10.9	13.8	16.0	19.2	24.2	33.6	54.5
	M12V90FT	3.4	6.4	7.5	8.2	9.1	10.3	11.8	13.9	16.6	21.1	24.5	29.4	37.3	52.0	83.6
	M12V105FT	3.9	7.4	8.7	9.6	10.7	12.1	13.9	16.4	19.5	24.4	28.2	33.6	42.1	57.9	89.1
	M12V125FT	4.7	8.8	10.5	11.5	12.6	14.2	16.4	19.3	23.6	30.3	34.8	41.2	51.2	69.8	95.1
	M12V155FT	5.8	11.0	13.0	14.3	15.9	18.0	20.5	23.9	28.7	36.4	42.3	50.8	61.9	81.7	112.6

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.94 Final VPC	M12V35FT	1.3	2.4	2.8	3.0	3.4	3.8	4.3	5.0	6.1	7.8	9.2	11.1	14.3	20.2	32.7
	M12V50FT	1.7	3.1	3.7	4.0	4.5	5.1	5.8	6.8	8.3	10.7	12.5	15.0	19.0	26.5	44.4
	M12V60FT	2.1	4.0	4.7	5.1	5.7	6.4	7.4	8.6	10.3	12.9	14.9	17.8	22.5	31.1	50.5
	M12V90FT	3.3	6.0	7.1	7.8	8.6	9.7	11.1	13.1	15.9	20.1	23.2	27.6	34.9	48.5	78.3
	M12V105FT	3.7	7.0	8.3	9.1	10.1	11.4	13.1	15.5	18.6	23.2	26.7	31.8	39.7	54.3	82.8
	M12V125FT	4.4	8.3	9.8	10.8	11.9	13.3	15.3	18.0	22.0	28.0	32.1	38.0	47.3	64.4	80.7
	M12V155FT	5.5	10.3	12.2	13.4	14.9	16.9	19.4	22.7	27.3	34.7	40.2	48.0	58.3	76.7	98.6

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.75 Final VPC	M12V35FT	3.3	6.1	7.1	7.8	8.6	9.7	11.1	13.0	15.8	20.2	23.7	28.8	36.6	51.5	82.1
	M12V50FT	4.1	8.0	9.5	10.5	11.8	13.4	15.6	17.9	21.7	27.6	32.2	38.9	49.6	69.9	113.2
	M12V60FT	5.3	10.1	11.9	13.2	14.7	16.6	18.7	21.8	26.1	33.1	38.4	46.2	58.5	81.6	144.2
	M12V90FT	8.0	15.1	17.9	19.7	22.0	24.9	27.9	32.4	39.1	49.4	57.3	68.9	87.8	123.9	204.0
	M12V105FT	8.9	16.9	20.0	22.0	24.6	27.8	31.2	36.2	43.5	55.2	64.1	77.0	97.6	136.2	221.0
	M12V125FT	11.3	22.2	26.6	28.5	31.3	34.8	39.4	45.6	54.6	68.3	79.1	94.6	119.2	165.3	267.2
	M12V155FT	13.7	26.1	30.9	34.0	38.0	42.3	47.8	55.2	66.1	82.9	96.1	115.2	144.9	200.3	326.6

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.78 Final VPC	M12V35FT	3.3	6.0	7.0	7.7	8.6	9.6	11.0	12.9	15.6	20.0	23.5	28.5	36.3	51.0	82.1
	M12V50FT	4.1	7.9	9.4	10.4	11.7	13.3	15.4	17.8	21.5	27.4	32.0	38.6	49.2	69.3	111.4
	M12V60FT	5.2	10.0	11.8	13.1	14.6	16.5	18.6	21.6	25.9	32.8	38.1	45.7	57.9	80.6	142.2
	M12V90FT	7.9	15.0	17.7	19.5	21.8	24.6	27.7	32.3	38.8	49.3	57.2	68.7	87.4	122.7	201.2
	M12V105FT	8.8	16.8	19.8	21.8	24.3	27.5	30.9	35.9	43.1	54.7	63.5	76.3	96.7	135.0	217.6
	M12V125FT	11.2	22.0	26.3	28.3	31.1	34.6	39.1	45.3	54.1	68.2	78.9	94.3	118.7	164.3	265.3
	M12V155FT	13.6	25.9	30.6	33.8	37.7	41.8	47.3	54.7	65.5	82.5	95.5	114.2	143.9	199.3	323.6

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.80 Final VPC	M12V35FT	3.3	6.0	7.0	7.7	8.5	9.5	10.9	12.8	15.5	19.9	23.3	28.3	36.1	50.7	81.4
	M12V50FT	4.1	7.9	9.4	10.4	11.6	13.2	15.3	17.7	21.4	27.3	31.8	38.4	49.0	69.0	110.6
	M12V60FT	5.2	9.9	11.8	13.0	14.5	16.4	18.5	21.5	25.8	32.6	37.8	45.4	57.4	80.0	140.8
	M12V90FT	7.8	14.8	17.6	19.4	21.6	24.4	27.6	32.1	38.6	49.0	57.0	68.6	87.1	122.0	198.5
	M12V105FT	8.8	16.7	19.7	21.7	24.2	27.4	30.7	35.7	42.9	54.3	63.1	75.8	96.0	134.0	214.6
	M12V125FT	11.1	21.9	26.1	28.2	30.9	34.4	38.9	45.0	53.8	67.8	78.4	93.7	118.0	163.2	263.3
	M12V155FT	13.5	25.7	30.5	33.6	37.5	41.5	46.9	54.3	64.9	81.8	94.7	113.2	142.6	197.3	318.5

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.81 Final VPC	M12V35FT	3.2	5.9	6.9	7.6	8.4	9.5	10.8	12.7	15.4	19.8	23.2	28.1	35.8	50.3	80.7
	M12V50FT	4.1	7.8	9.3	10.3	11.6	13.1	15.2	17.6	21.2	27.1	31.6	38.1	48.6	68.3	109.5
	M12V60FT	5.2	9.9	11.7	12.9	14.4	16.3	18.4	21.4	25.6	32.4	37.6	45.0	56.9	79.2	139.2
	M12V90FT	7.8	14.8	17.5	19.3	21.5	24.3	27.4	31.9	38.4	48.7	56.6	68.1	86.5	121.0	196.1
	M12V105FT	8.8	16.5	19.6	21.6	24.0	27.2	30.5	35.5	42.6	53.9	62.6	75.2	95.2	132.9	211.9
	M12V125FT	11.1	21.7	25.9	28.1	30.7	34.2	38.6	44.7	53.4	67.2	77.8	93.0	116.8	161.2	260.0
	M12V155FT	13.5	25.6	30.3	33.4	37.2	41.2	46.6	53.9	64.5	81.1	93.8	112.2	141.2	195.2	314.0

	Número de Modelo	Horas														
		24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
1.83 Final VPC	M12V35FT	3.2	5.8	6.8	7.5	8.3	9.3	10.7	12.5	15.2	19.5	22.8	27.7	35.3	49.6	79.3
	M12V50FT	4.0	7.8	9.2	10.2	11.4	12.9	14.9	17.4	20.9	26.7	31.1	37.5	47.7	67.0	107.3
	M12V60FT	5.1	9.7	11.5	12.7	14.1	16.0	18.2	21.1	25.3	31.9	37.0	44.3	55.9	77.6	136.1
	M12V90FT	7.7	14.7	17.4	19.1	21.3	24.1	27.2	31.7	38.1	48.3	56.2	67.5	85.6	119.7	192.2
	M12V105FT	8.6	16.3	19.3	21.3	23.7	26.8	30.3	35.0	42.0	53.2	61.7	74.1	93.8	130.7	209.1
	M12V125FT	10.9	21.4	25.5	27.7	30.4	33.8	38.2	44.1	52.7	66.3	76.6	91.5	115.0	158.8	255.9
	M12V155FT	13.3	25.2	29.8	32.9	36.7	40.7	46.0	53.2	63.5	79.8	92.3	110.2	138.5	191.1	305.2

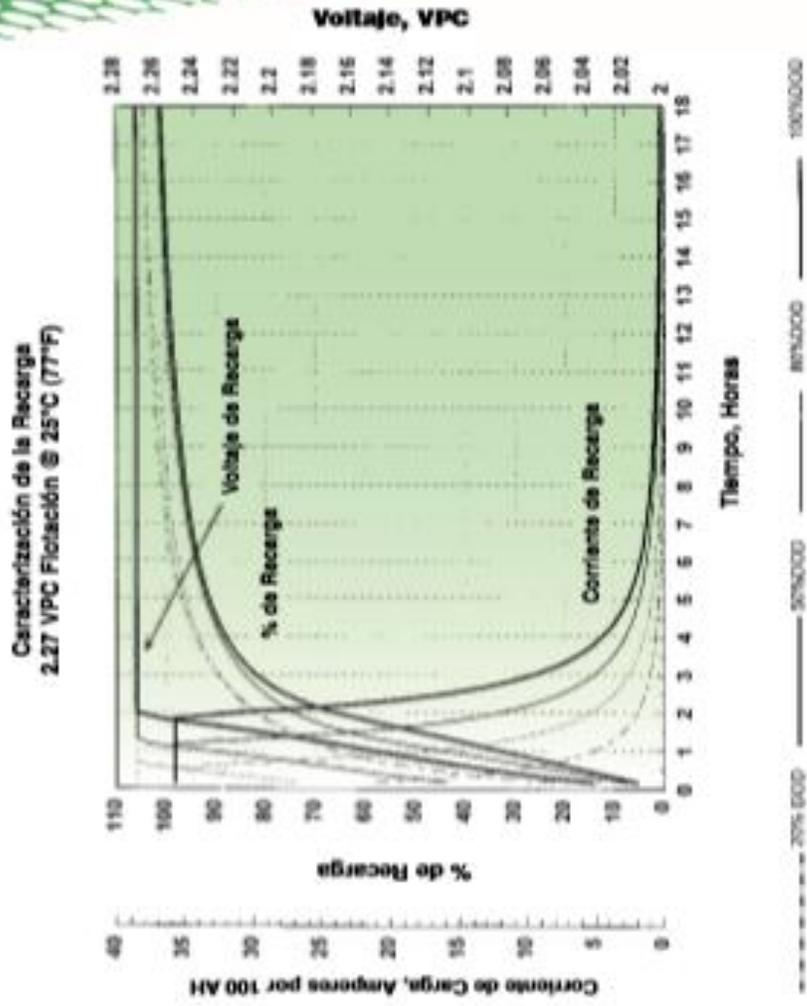
1.85 Final VPC	M12V35FT	3.2	5.8	6.8	7.4	8.2	9.2	10.5	12.3	15.0	19.2	22.5	27.3	34.7	48.8	77.9
	M12V50FT	4.0	7.7	9.1	10.0	11.2	12.6	14.6	17.1	20.7	26.3	30.6	36.9	46.8	65.6	105.0
	M12V60FT	5.0	9.6	11.3	12.5	13.9	15.8	18.0	20.8	24.9	31.4	36.4	43.5	54.9	76.1	133.1
	M12V90FT	7.6	14.5	17.2	18.9	21.1	23.9	27.0	31.3	37.6	47.7	55.5	66.6	84.4	117.8	187.6
	M12V105FT	8.6	16.1	19.0	20.9	23.2	26.2	30.0	34.5	41.4	52.4	60.8	72.9	92.2	128.4	204.8
	M12V125FT	10.8	20.9	24.9	27.5	29.9	33.2	37.6	43.4	51.9	65.2	75.4	90.0	113.2	156.3	251.2
	M12V155FT	13.1	24.9	29.4	32.4	36.2	40.2	45.4	52.5	62.6	78.6	90.7	108.2	135.8	187.1	296.7

Número de Modelo	Horas														
	24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
M12V35FT	3.1	5.6	6.6	7.2	7.9	8.9	10.2	11.9	14.5	18.6	21.7	26.4	33.5	47.0	75.3
M12V50FT	4.0	7.5	8.8	9.7	10.8	12.1	13.9	16.4	20.0	25.9	30.1	36.3	45.8	62.8	100.9
M12V60FT	4.9	9.3	11.0	12.1	13.5	15.3	17.3	20.1	24.1	30.5	35.5	42.6	53.9	75.2	125.2
M12V90FT	7.4	14.1	16.7	18.4	20.5	23.2	26.3	30.5	36.6	46.3	53.7	64.5	81.6	113.7	181.4
M12V105FT	8.4	15.6	18.4	20.3	22.6	25.5	29.3	33.7	40.4	51.0	59.2	71.0	89.7	124.7	197.6
M12V125FT	10.5	20.3	24.1	26.7	29.1	32.3	36.5	42.2	50.4	63.2	73.1	87.2	109.5	150.9	241.8
M12V155FT	12.8	24.2	28.6	31.5	35.1	39.2	44.2	51.0	60.8	76.1	87.8	104.6	131.0	180.0	282.3

Número de Modelo	Horas														
	24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
M12V35FT	2.9	5.3	6.3	6.8	7.6	8.5	9.7	11.4	13.8	17.6	20.6	25.0	31.7	44.4	71.5
M12V50FT	3.9	7.2	8.4	9.3	10.3	11.6	13.3	15.6	19.0	24.6	28.9	35.2	43.8	59.5	95.0
M12V60FT	4.7	8.9	10.5	11.6	12.9	14.6	16.8	19.1	22.9	29.0	33.6	40.4	51.1	71.2	117.5
M12V90FT	7.2	13.6	16.0	17.7	19.7	22.3	25.4	29.4	35.2	44.5	51.5	61.8	78.0	108.2	172.1
M12V105FT	8.0	15.0	17.7	19.4	21.6	24.4	28.0	32.3	38.7	48.9	56.7	68.0	85.8	119.2	187.4
M12V125FT	10.0	19.3	23.0	25.4	28.4	31.1	34.9	40.3	48.0	60.2	69.5	82.9	103.9	143.0	228.2
M12V155FT	12.3	23.2	27.5	30.3	33.7	37.6	42.3	48.8	58.0	72.4	83.7	100.0	124.2	168.5	262.1

Número de Modelo	Horas														
	24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
M12V35FT	2.8	5.1	5.9	6.5	7.2	8.0	9.2	10.7	13.0	16.6	19.4	23.5	29.9	41.8	67.6
M12V50FT	3.7	6.8	8.0	8.8	9.8	11.0	12.6	14.8	18.0	23.2	27.3	33.2	41.6	56.1	89.0
M12V60FT	4.4	8.4	9.9	10.9	12.2	13.8	15.8	18.2	21.8	27.4	31.8	38.0	48.0	66.5	109.1
M12V90FT	6.8	12.9	15.3	16.8	18.7	21.2	24.4	28.2	33.7	42.4	49.1	58.7	74.0	102.3	162.2
M12V105FT	7.6	14.2	16.8	18.4	20.5	23.1	26.5	31.2	36.9	46.5	53.8	64.4	81.2	112.5	177.1
M12V125FT	9.5	18.3	21.7	24.0	26.9	29.7	33.3	38.4	45.6	57.1	65.8	78.4	98.0	134.5	213.7
M12V155FT	11.7	22.1	26.1	28.7	31.9	35.7	40.4	46.6	55.6	69.8	80.6	96.1	118.2	158.3	243.1

Número de Modelo	Horas														
	24 hr	12 hr	10 hr	9 hr	8 hr	7 hr	6 hr	5 hr	4 hr	3 hr	2.5 hr	2 hr	1.5 hr	1 hr	0.5 hr
M12V35FT	2.7	4.8	5.6	6.1	6.8	7.6	8.7	10.1	12.2	15.7	18.3	22.1	28.1	39.2	63.8
M12V50FT	3.5	6.5	7.6	8.3	9.2	10.4	11.9	14.0	17.0	21.8	25.6	31.2	39.4	52.7	83.3
M12V60FT	4.2	7.9	9.3	10.3	11.4	12.9	14.9	17.3	20.6	25.9	29.9	35.7	44.9	61.8	101.1
M12V90FT	6.5	12.3	14.5	16.0	17.8	20.1	23.1	26.9	32.1	40.4	46.7	55.7	69.9	96.5	152.7
M12V105FT	7.2	13.5	15.9	17.4	19.4	21.8	25.1	29.5	35.1	44.1	51.0	60.9	76.6	105.8	167.2
M12V125FT	8.9	17.2	20.5	22.6	25.3	28.7	31.7	36.4	43.3	54.0	62.2	73.8	92.2	126.0	200.3
M12V155FT	11.2	20.9	24.7	27.1	30.2	34.1	38.5	44.5	53.0	66.5	76.8	91.6	112.1	149.0	226.2



Fuente: (2.exide.com, 2018)

**ANEXO 9**

## INVERSORES DE CARGA



### INVERSOR/CARGADOR 24V - 3000W ONDA PURA

Referencia: ASE0455 - Inversor/cargador 24v - 3000w onda pura tipo nema

Tiempo de entrega: A CONVENIR

[Solicitar asesoría especializada](#)

Inversores-cargadores de respuesta automática e inmediata para respaldo de energía en aplicaciones tales como, equipos de computación, iluminación, motores de portones, equipos de sonido, sistemas de seguridad, equipos de radio, televisores y monitores etc.; gracias a los cuales se puede disponer de la energía almacenada en baterías (selladas o abiertas) para mantener las operaciones cuando falla el suministro eléctrico.

### **DESCRIPCIÓN:**

- Potencia de Salida: 3000 W
- Entrada de Voltaje DC: 24V
- Tensión nominal de salida de CA: 110V AC
- Frecuencia: 60 Hz
- Forma de onda de salida: Onda Pura
- Transferencia Automática
- Tiempo de respaldo ajustable a cada requerimiento
- No emite gases ni ruidos molestos
- Capacidad para manejar potencias pico del doble de la capacidad nominal

Fuente:(ambientesoluciones.com, 2018)

## ANEXO 10



 Grupo eprg	<b>Fecha de publicación 15 de Marzo 2018</b>					
	<b>TARIFAS DE ENERGÍA MERCADO REGULADO: \$/kWh</b>					
<b>COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO- CU en \$/kWh</b>						
Componentes Cuv	1-2,CENS	1-2 Compartido	1-2,Particular	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
<b>G</b>	\$ 177.31	\$ 177.31	\$ 177.31	\$ 177.31	\$ 177.31	\$ 177.31
<b>T</b>	\$ 32.01	\$ 32.01	\$ 32.01	\$ 32.01	\$ 32.01	\$ 32.01
<b>DtUN</b>	\$ 182.29	\$ 164.71	\$ 147.13	\$ 110.86	\$ 50.58	\$ 21.07
<b>Δ Dt *</b>	-\$ 3.30	-\$ 3.30	-\$ 3.30	-\$ 0.70	-\$ 0.70	\$ 0.00
<b>Cv</b>	\$ 56.85	\$ 56.85	\$ 56.85	\$ 56.85	\$ 56.85	\$ 56.85
<b>PR</b>	\$ 34.43	\$ 34.43	\$ 34.43	\$ 9.62	\$ 10.36	\$ 4.89
<b>R</b>	\$ 34.10	\$ 34.10	\$ 34.10	\$ 34.10	\$ 34.10	\$ 34.10
<b>CUv</b>	\$ 516.99	\$ 499.41	\$ 481.83	\$ 420.75	\$ 361.21	\$ 326.23
<b>TARIFA SERVICIO: RESIDENCIAL</b>						
ESTRATO	CENS	Compartido	Usuario	CENS	Compartido	Usuario
	Menor CS			Mayor CS		
<b>1</b>	\$ 212.53	\$ 214.97	\$ 198.88	\$ 516.99	\$ 499.41	\$ 481.83
<b>2</b>	\$ 265.66	\$ 268.71	\$ 248.59	\$ 516.99	\$ 499.41	\$ 481.83
<b>3</b>	\$ 439.44	\$ 424.50	\$ 409.56	\$ 516.99	\$ 499.41	\$ 481.83
<b>4</b>	\$ 516.99	\$ 499.41	\$ 481.83	\$ 516.99	\$ 499.41	\$ 481.83
<b>5</b>	\$ 620.39	\$ 599.30	\$ 578.20	\$ 620.39	\$ 599.30	\$ 578.20
<b>6</b>	\$ 620.39	\$ 599.30	\$ 578.20	\$ 620.39	\$ 599.30	\$ 578.20
<b>CS= Consumo de subsistencia Estratos 1, 2 y 3</b> a) Altura inferior a 1.000 metros: 173 kWh-mes b) Altura superior a 1.000 metros: 130 kWh-mes						
<b>TARIFA SERVICIO: NO RESIDENCIAL</b>						
NIVEL	COMERCIAL E INDUSTRIAL			SERVICIO: OFICIAL		
	CENS	Compartido	Usuario	CENS	Compartido	Usuario
<b>1</b>	\$ 620.39	\$ 599.30	\$ 578.20	\$ 516.99	\$ 499.41	\$ 481.83
<b>2</b>			\$ 504.91			\$ 420.75
<b>3</b>			\$ 433.45			\$ 361.21
COSTO UNITARIO FIJO, CUf PARA TODOS LOS USUARIOS: 0 \$ / FACTURA (*) INCENTIVO POR CALIDAD INCLUIDO EN EL DtUN CONTRIBUCIÓN PARA LA CLASE DE SERVICIO NO RESIDENCIAL: 20%, EXCEPTO SECTOR OFICIAL Y EN EL SECTOR INDUSTRIAL SEGÚN DECRETOS 2915/11 y 4955/11 RESOLUCIONES CREG 079/97, 001/07, 019/07, 119/07, 168/08, 017/08, 097/08, 133/08, 135/08, 166/08, 122/09, 171/09, 173/11, 158/15, 180/14, 199/15						
<b>Para el mes de Febrero el Costo base de comercialización (Cf) es de \$7,627</b>						

Fuente:(Cens.com.co, 2018)