	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN		FECHA	26/02/2023
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR: CARLOS ALBERTO BELTRAN PEÑARANDA

FACULTAD: INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTROMECHANICA

DIRECTOR: *M.Sc.* GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TRABAJO DIRIGIDO): “DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ILUMINACIÓN LOCAL CON MÓDULO WIFI PARA CARGA DE DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL PARQUE VIRGILIO BARCO DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.”

Debido a la necesidad que presentan las personas del barrio Virgilio Barco, respecto a su situación económica actual, se vio la necesidad de realizar un proyecto de investigación el cual les generara un sin gran número de beneficios como lo es el acceso a internet y carga de dispositivos móviles por medio de un sistema solar fotovoltaico, el cual generara un gran impacto tecnológico, social y de desarrollo en la comunidad de la ciudad de Cúcuta.

PALABRAS CLAVES:

DISEÑO FOTOVOLTAICO

ILUMINACION LED

MODULO WIFI

AISLADO

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 131

PLANOS:2

CD ROOM: X

ILUSTRACIONES:35

DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA  
ILUMINACIÓN LOCAL CON MÓDULO WIFI PARA CARGA DE DISPOSITIVOS  
MÓVILES EN EL PARQUE VIRGILIO BARCO DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.

CARLOS ALBERTO BELTRAN PEÑARANDA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTA DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
SAN JOSE DE CÚCUTA

2022

DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA  
ILUMINACIÓN LOCAL CON MÓDULO WIFI PARA CARGA DE DISPOSITIVOS  
MÓVILES EN EL PARQUE VIRGILIO BARCO DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.

Presentado por:

CARLOS ALBERTO BELTRAN PEÑARANDA

COD: 1090360

Anteproyecto de grado presentado como requisito para optar el título de ingeniero  
electromecánico

Director

Especialista Ing. Gloria Esmeralda Sandoval Martínez

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO  
MODALIDAD TRABAJO INVESTIGATIVO**

**FECHA:** 15 de noviembre de 2022

**HORA:** 10:00 A.M.

**LUGAR:** SD 303 UFPS

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:** "DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ILUMINACIÓN LOCAL CON MÓDULO WIFI PARA CARGA DE DISPOSITIVOS MÓVILES EN EL PARQUE VIRGILIO BARCO DE LA CIUDAD DE CÚCUTA."


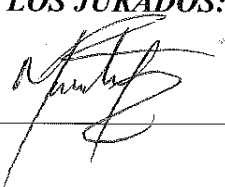
**JURADOS** Mg: JESUS HERNANDO ORDOÑEZ CORREA  
Mg: MARIO JOAQUIN ILLERA BUSTOS

**DIRECTOR:** Mg: GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTÍNEZ

**APROBADA**

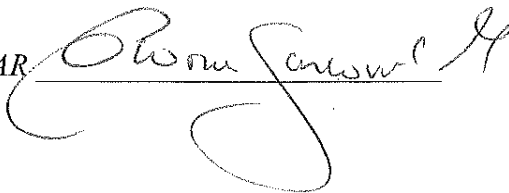
<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE:</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CALIFICACION</b>
CARLOS ALBERTO BELTRÁN PEÑARANDA	1090360	4.2

**FIRMA DE LOS JURADOS:**



**VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR**

Mayerline Ch.



## **Resumen**

El presente trabajo de grado es una investigación que trata del diseño de un sistema fotovoltaico aislado para alimentación eléctrica del sistemas de iluminación led, así como el sistema de conectividad y carga de dispositivos móviles ubicado en el barrio Virgilio Barco de la Ciudad de Cúcuta, la realización de este proyecto inició con la valoración del sistema de iluminación presente en el parque y el sistema de conectividad a cargo de la empresa de energía CENS, llevando a cabo el desarrollo de cada una de las actividades propuestas con su metodología lo cual permitió el desarrollo del mismo.

Primeramente, se realizó el estudio del recurso solar en Cúcuta, con los resultados obtenidos de las distintas fuentes de información climatológicas, seguidamente se desarrolló el estudio de cargas en el sistema de iluminación y el de conexión con la carga de dispositivos móviles lo cual permitió realizar el dimensionamiento del sistema solar, hallando los componentes de cada sistema propuesto. Ya con dichos resultados se pudo determinar el estudio económico de todo el sistema y su viabilidad.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	13
1.PROBLEMA.....	14
1.1.    TITULO .....	14
1.2.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.3.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.4.    OBJETIVOS .....	15
1.4.1.  Objetivo General .....	15
1.4.2.  Objetivos Específicos.....	15
1.5.    JUSTIFICACIÓN .....	15
1.6.    ALCANCE.....	17
2.MARCO REFERENCIAL .....	17
2.1.    ANTECEDENTES .....	17
2.2.    MARCO TEÓRICO.....	22
2.2.1  Proceso de dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	22
2.2.2.  EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN .....	33
2.3.MARCO CONCEPTUAL.....	35
2.3.1.  Energía solar.....	35

2.3.1.2 Métodos de aprovechamiento de la energía solar. ....	35
2.3.1.2.1 Métodos directos. ....	35
2.3.1.2.2 Métodos indirectos. ....	35
2.3.2 Energía solar fotovoltaica. ....	35
2.3.3 Sistemas fotovoltaicos. ....	36
2.3.3.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos. ....	36
2.3.3.1.1 Sistemas conectados a la red. ....	36
2.3.3.1.2 Sistemas autónomos. ....	37
2.3.3.2 Componentes de una instalación solar fotovoltaica. ....	38
2.3.3.2.1 La célula solar ....	38
2.3.3.2.2 Placa fotovoltaica ....	39
2.3.3.2.2.1 Conexión y agrupación de paneles. ....	40
2.3.3.2.2.1.1 Conexión en paralelo. ....	40
2.3.3.2.2.1.2 Conexión en serie ....	41
2.3.3.2.2.1.3 Conexión en serie/paralelo. ....	41
2.3.3.2.2.2 Principales parámetros de los paneles solares. ....	41
2.3.3.2.2.2.1 El regulador ....	42
2.3.3.2.2.2.2 Baterías. ....	43
2.4.MARCO CONTEXTUAL ....	44

2.5.MARCO LEGAL .....	44
3.DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	48
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	50
3.2. ANALISIS DE LA INVESTIGACION.....	50
3.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR EN LA CIUDAD DE CÚCUTA. ....	51
3.3.1. RADIACIÓN SOLAR .....	51
3.4. ANALISIS DEL ESTUDIO DE LAS CARGAS .....	56
3.4.1. CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA .....	57
3.5. DIMENSIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	59
3.5.1. LÁMPARA LED.....	59
3.5.2. SISTEMA POSTE E ILUMINARIA .....	60
3.5.3. SISTEMA CONECTIVIDAD.....	72
3.5.4. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES.....	86
3.5.5. SELECCIÓN DE CONDUCTORES .....	87
3.5.6. PUESTA A TIERRA, SELECCIÓN ELECTRODO EQUIPOTENCIAL.....	95
3.5.7. PERDIDAS POR MÉTODO TEÓRICO .....	98
3.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA .....	100
3.6.2. INGRESOS .....	102



3.6.3. PRECIO DE LA ENERGÍA. ....	102
3.6.4. ANÁLISIS DE TARIFA DE ENERGÍA DE CENS GRUPO EPM.....	103
3.6.5. GASTOS OPERACIONALES .....	108
3.6.6. DEPRECIACIÓN.....	110
3.6.7. FLUJO DE CAJA REAL .....	114
3.6.8. EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN .....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	sistema conectado a red .....	37
Figura 2	Sistema autónomo.....	38
Figura 3	Célula solar .....	39
Figura 4	Panel solar.....	40
Figura 5	Panel solar.....	42
Figura 6	Acumulador .....	43
Figura 7	Ubicación del parque, Avenida 1A entre calles 24 y 24a, Cúcuta, Norte de Santander.....	44
Figura 8	Diagrama de flujo sistema fotovoltaico autónomo .....	50
Figura 9	Análisis estadístico de la radiación solar en la ciudad de Cúcuta.....	52
Figura 10	RADIACION SOLAR EN COLOMBIA .....	53
Figura 11	Promedios mensuales de radiación en distintas ciudades de Colombia. ....	54
Figura 12	Fichas técnicas ECO- Street IP60.....	60
Figura 13	Panel solar SPECVL250 W especificaciones técnicas .....	63
Figura 14	Batería de litio LFPO4 150 Ah-12V.....	66
Figura 15	Regulador de carga VICTRON MPPT 75/15 – 12V .....	68

Figura 16	Sistema de iluminación fotovoltaico. ....	69
Figura 17	Sistema de iluminación fotovoltaico .....	70
Figura 18	Esquema unifilar sistema de iluminación fotovoltaica .....	71
Figura 19	Panel solar RT6E-150-170M-1.....	74
Figura 20	Batería LIFEPO4 200 Ah 12V .....	75
Figura 21	Regular de carga PS-MPPT-25M 12v .....	78
Figura 22	Topología de la instalación fotovoltaica.....	79
Figura 23	Diagrama unifilar del sistema de conectividad y carga. ....	80
Figura 24	Diseño 3D Quisco solar .....	81
Figura 25	Diseño estructural del Quiosco solar (vista frontal) .....	82
Figura 26	Diseño estructural del Quiosco solar (vista superior interna).....	83
Figura 27	Diseño estructural del Quiosco solar (vista lateral) .....	84
Figura 28	Diseño estructural del Quiosco solar (vista superior).....	85
Figura 30	PV XLPE 2000V 90°C SR marca Centelsa.....	88
Figura 31	Capacidad de corriente en conductores aislados .....	90
Figura 32	Factores de corrección de temperatura .....	91
Figura 33	Calibre conductor puesta a tierra. ....	92
Figura 34	Requisitos para electrodos de puesta a tierra .....	96
Figura 35	Depreciacion .....	111

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Radiación promedio en Cúcuta .....	55
Tabla 2	Características de ubicación parque Virgilio Barco.....	56
Tabla 3	Cuadro de cargas.....	58
Tabla 4	Características técnicas modulo fotovoltaico seleccionado.....	62
Tabla 5	Características técnicas batería seleccionada.....	65
Tabla 6	Características técnicas modulo fotovoltaico seleccionado .....	73
Tabla 7	Características técnicas batería seleccionada .....	75
Tabla 8	Inversión del proyecto.....	101
Tabla 9	Tarifas de energía año 2018.....	103
Tabla 13	Tarifas de energía año 2022 .....	106
Tabla 14	Ahorros.....	107
Tabla 16	Depreciación anual del sistema.....	113
Tabla 17	Flujo de caja .....	115
Tabla 18	Retorno de inversión .....	117
Tabla 19	VPN-TIR.....	120

## INTRODUCCIÓN

El uso de los recursos naturales es una tendencia que hoy en día está tomando un papel muy importante y necesario en la sociedad, el uso de las energías renovables ha permitido el tener conciencia de lo conveniente que es su uso para mitigar uno de los grandes problemas de contaminación como lo es el efecto de invernadero, ocasionado por la alta emisión de gases contaminantes en todo el mundo.

Son muchos los países que hoy en día han tomado dicha opción con el uso de energías renovables, energías limpias y otorgadas por la naturaleza, entre los cuales se encuentra Colombia, desde hace un tiempo el gobierno nacional trabajando con el ministerio de minas y energía, la comisión reguladora de energía y gas (CREG), aprueban el uso de energías renovables a través de la Ley 1715 de 2014, regulando la integración de las energías renovables no convencionales al sistema de energía nacional.

Este proyecto presenta un diseño en el cual se hace uso de la energía eléctrica no convencional como lo es la energía fotovoltaica otorgada por el sol, desarrollado en el parque del barrio Virgilio Barco, permitiendo a la comunidad la buena iluminación, conectividad a red WIFI y carga de sus dispositivos móviles con el uso amigable de los recursos naturales, fomentando el uso de las energías renovables y desarrollo regional.

## **1. PROBLEMA**

### **1.1. TITULO**

Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para iluminación local con módulo WIFI para carga de dispositivos móviles en el parque Virgilio Barco de la ciudad de Cúcuta.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El barrio Virgilio Barco, ubicado en la comuna 6 de la ciudad de Cúcuta con más de 2.000 habitantes, padres, madres, hijos, estudiantes, trabajadores, amas de casa pertenecientes al estrato socioeconómico 1, presentan dificultades en posibilidad de un progreso económico.

La causa de dicho problema radica en falta de recursos que le otorgue un beneficio en el desarrollo educativo, en la búsqueda de empleo y todos aquellos factores que posibiliten un mejoramiento en el desarrollo económico de las personas.

La consecuencia que se puede presentar si dicha problemática no es resuelta, es que todas estas personas no podrán gozar de una mejor calidad de vida, no podrán tener un bienestar económico y tampoco tendrán mayores posibilidades de salir adelante.

Es necesario generar un sistema el cual le pueda otorgar a los habitantes del barrio Virgilio Barco un sin gran número de beneficios a todos en general, que les genere mayores oportunidades laborales, en la educación y les permita tener un mejoramiento en su economía.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es viable el desarrollo de un sistema fotovoltaico aislado para la iluminación local con módulo WIFI para carga de dispositivos móviles en el parque Virgilio Barco de la ciudad de Cúcuta que otorgue un mejoramiento en calidad de vida de la comunidad del barrio Virgilio Barco?

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema solar fotovoltaico para atender la demanda energética de iluminación local y un módulo WIFI en el parque Virgilio Barco de la ciudad de Cúcuta.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Identificar variables climatológicas que estimulen el desarrollo del proyecto fotovoltaico aislado en la ciudad.
- Analizar el estudio de las cargas instaladas en la iluminación y módulo WIFI para dimensionamiento del sistema.
- 
- Dimensionar el sistema fotovoltaico a partir de la caracterización de los elementos que lo conforman.
- Realizar la evaluación del sistema propuesto técnica y económicamente.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN**

En el presente trabajo, se dio una alternativa a la problemática que presentaban los habitantes del barrio Virgilio Barco respecto a su desarrollo económico, la cual no les

permitía gozar de una mejor calidad de vida debido a la falta de recursos que limitaban el progreso de la comunidad.

Con dicho proyecto se otorga a la comunidad recursos los cuales ayudan a las personas a dar solución a los problemas que presentan, como lo es el acceso a internet, por medio de un módulo WIFI, el cual es ubicado en el parque central del barrio para beneficio de toda la comunidad.

Se realizó un diseño solar fotovoltaico para generar la energía requerida por el sistema de iluminación y módulo WIFI, aprovechando las características climatológicas de la ciudad de Cúcuta, las cuales según datos otorgados por el IDEAM, el promedio mensual de radiación global es 4,0-4,5 kWh/m<sup>2</sup> en la ciudad, siendo un factor positivo en el desarrollo de este proyecto con la implementación de la energía proporcionada por el sol, energía limpia e inagotable como lo es la generación de energía fotovoltaica.

El aporte de dicho proyecto es un respaldo en la demanda energética y económica del país, aportando de esta manera a un mayor desarrollo en la ciudad de Cúcuta, así mismo contribuye a la reducción de agentes contaminantes al medio ambiente. Por otro lado, la implementación de este sistema fotovoltaico beneficia a los residentes del barrio Virgilio Barco, otorgándoles un lugar agradable y cómodo donde podrán compartir e interactuar con los demás miembros de la comunidad, tener acceso a internet, y cargar sus dispositivos móviles, aprovechando de esta forma la disponibilidad de nuevas tecnologías y favoreciendo la reducción en los costos demandados por alumbrado público, así como mayores oportunidades para su desarrollo económico.



## **1.6. ALCANCE**

El desarrollo del proyecto manifiesto el estado físico y técnico del sistema de iluminación, conectividad y carga de dispositivos móviles en el parque ubicado en

la AV 1B con CLL 25 del barrio Virgilio Barco, con el diseño de un quiosco solar que beneficia a la comunidad de la comuna 6.

Se realizó la caracterización de acuerdo al diseño y cada uno de los elementos que lo componen, así como el estudio económico de dicho proyecto de investigación para su buen funcionamiento con energía otorgada por el sol.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1. ANTECEDENTES**

El uso de los recursos renovables es uno de los pilares importantes en la obtención de las energías alternativas, las cuales se ubican hoy en día como una de las tendencias a nivel mundial que más se han puesto en práctica durante los últimos años para la generación de la electricidad, contando con el desarrollo de múltiples tecnologías modernas encaminadas al mantenimiento de la sostenibilidad del planeta por medio del uso de energías más limpias y amigables.

Actualmente el uso de la tecnología fotovoltaica se encuentra en su máximo esplendor siendo esta una de las formas alternativas más competentes en la generación de energía, ya que se encuentra basada en la captación de las radiaciones solares por medio del empleo de

dispositivos altamente especializados, con el fin de lograr un aprovechamiento de las mismas para posteriormente ser transformadas en electricidad y así de esta forma ser destinada en diferentes usos tanto a nivel doméstico, industrial y recreativo.

Son muchos los estudios y trabajos que se han realizado con respecto a sistemas fotovoltaicos:

Como el estudio realizado por Emilio (2018) titulado “Diseño y simulación de un cargador de dispositivos móviles a partir de energía solar fotovoltaica” realizado en España, cuyo objetivo fue realizar el diseño y la simulación de un sistema basado en energía solar que permitiera realizar una carga de un dispositivo móvil en cualquier momento sin la necesidad de conectarlo a la red eléctrica, para su desarrollo fue necesario implementar el modelo de un módulo solar el cual fue diseñado mediante una serie de bloques en Matlab Simulink, al cual se le otorgaron todas las características eléctricas, variaciones de temperatura e irradiación a un bloque principal que fue llamado panel solar modelo; de igual forma se creó un segundo bloque el cual permitiera conocer del punto de máxima potencia (MPPT) para dar un mayor rendimiento posible, finalmente un bloque de un convertidor Buck (DC/DC) para el control del lazo abierto y cerrado del sistema; cabe resaltar que para el desarrollo de este modelo se consideraron las limitaciones del sistema y la elección de los diferentes componentes que lo forman.

Igualmente el estudio elaborado en Perú por Pantoja Velasquez (2017) titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo de 6 kW para electrificación rural de las granjas ganaderas Santa Elena – Cañete” se pudo concluir que de los sistemas de generación de

energía limpia renovable actualmente el más sencillo de construir es el sistema fotovoltaico, a pesar de sus altos valores en los equipos, por otra parte para el diseño realizado en este proyecto el periodo que se tardaría en la recuperación el valor de la inversión inicial sería de ocho años, con una tasa de retorno de la inversión del 29,74% efectivo anual lo cual lo hace que tenga rentabilidad económica, se destaca que dentro del análisis de costos para el diseño y la construcción del sistema fotovoltaico se incluyeron los materiales, equipos, herramientas y mano de obra para su ejecución.

Otros de los estudios realizados en Suramérica es el titulado “Energías alternativas para el barrio Alma fuerte, diseño e implementación de iluminación LED por medio de energía solar fotovoltaica” estudio realizado por Morales Aragon (2016) donde se pretendía diseñar e implementar un sistema de iluminación LED por medio de energía solar fotovoltaica para promover el desarrollo sustentable del barrio Alma fuerte, donde luego de la aplicación de encuestas 108 de sus habitantes se llegó a la conclusión que la utilización de esta tecnología avanzada puede ser utilizada en barrios con escasos recursos económicos ya que esto ayudara a mejorar su calidad de vida, ya que contarían con espacios iluminados, de igual forma al ser esta una técnica sana causaría un efecto positivo para la protección del medio ambiente.

A nivel nacional también se han realizado estudios con respecto a sistemas fotovoltaicos, como el realizado por Rojas Baez (2018) titulado “Diseño de un sistema fotovoltaico para la iluminación perimetral del centro de entrenamiento bossa nova” el cual tenía como objetivo principal realizar el diseño fotovoltaico para la alimentación de la iluminación

perimetral del centro de entrenamiento Bosanova, buscando la integración de las energías renovables para contribuir al cuidado del medio ambiente y servir como estrategia de explicación de la generación fotovoltaica, en donde se obtuvieron los siguientes aspectos: fue necesaria la creación de tres tipos de sistemas fotovoltaicos (aislado, interconectado a la red e híbrido) que debían contar con un sistema de almacenamiento debido a que la energía sería utilizada en horas nocturnas, además se determinaron los materiales para su implementación, por medio de un análisis financiero, se conoció el costo por la generación de cada kilovatio, a través de un software de modelamiento en 3D se identificó la zona para la ubicación de los paneles.

Del mismo modo Salas Reyes y sus colaboradores (2018) en su estudio “Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada” realizado en Colombia año 2018, se obtuvieron como principales resultados obtenidos que para el diseño de un sistema de este tipo es primordial un análisis de disponibilidad solar en el lugar de la instalación con el fin de dimensionar adecuadamente todos sus componentes y que este debe ser apto para funcionar de forma eficiente supliendo la corriente adecuada para mover las cargas tenidas en cuenta en el diseño, en cuanto al análisis económico indica que se deben tener en cuenta los diferentes incentivos tributarios para que estos proyectos puedan ser viables y se pueda recuperar su inversión en el menor tiempo posible

Así mismo en el estudio elaborado en Bogotá, año 2017 por GUZMÁN CORTÉS & MAYA LÓPEZ (2017) denominado “Diseño e implementación de nodos WIFI alimentados por energía solar para apoyo de nodos de telemetría” se encontró que se logró establecer un

modelo de alimentación solar, interconexión inalámbrica los cuales cada 18-20 metros se hace necesario la instalación de un nuevo nodo de interconexión para hacer más fiable el sistema, mas autónomo y con mayor continuidad de funcionamiento destacándose que la tasa de transferencia de datos y el aprovechamiento del ancho de banda depende directamente de la distancia en la que se encuentren los nodos WIFI; además de ellos se presentaron ventajas adicionales como un sistema de iluminación local, y el soporte de redes inalámbricas para el acceso al público.

De igual manera BUITRAGO MESA & RUBIO PUERTO (2015) en su estudio denominado “Diseño de un quiosco solar para recargar dispositivos electrónicos como alternativa de ahorro de consumo de energía en la universidad libre, sede bosque popular”

realizado en la ciudad de Bogotá, año 2015, para su desarrollo se aplicaron encuestas a los estudiantes identificándose el número de equipos y la frecuencia de carga para conocer demanda de kWh/día para el 10% de la población, también se desarrolló del modelo de angstrom estimándose la oferta de energía obteniéndose una radiación solar de 3,98 kWh/m<sup>2</sup>; finalmente se planteó el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica tales como: inclinación, altura, rendimiento del panel solar, ubicación y materiales de diseño. De igual forma como beneficios se reflejó una reducción en los impactos negativos en la universidad ya que las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes perjudiciales para la atmósfera disminuirían.

En el departamento de Norte Santander igualmente se han realizado trabajos con energías alternativas como el “Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la generación de energía eléctrica en escuelas rurales de Norte de Santander” estudio realizado 2017 en Norte

de Santander por Cardozo Sarmiento & Sánchez Mojica (2017), el cual tenía como objetivo diseñar y establecer el presupuesto de sistemas fotovoltaicos aislado para ser implementados en escuelas rurales del municipio de Sardinata, en su ejecución se fijaron las capacidades en corriente, voltaje y potencia de los componentes del sistema fotovoltaico en donde se evidencia que es viable desarrollar este sistema en dichas escuelas ya que por su ubicación geográfica se cuenta con buenas condiciones de radiación solar, en cuanto al mantenimiento de dicho sistema sería entre 8 y 10 años posteriores a su realización otorgando con ello independencia energética a las escuelas durante este periodo de tiempo.

Gracias a la información presentada en los anteriores proyectos, sirvió como guía al análisis y desarrollo en la realización del proyecto de investigación.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Proceso de dimensionamiento del sistema fotovoltaico**

Haciendo uso de varias fuentes referentes entre trabajos de grado, libros, artículos de investigación, blogs técnicos y educativos se consideró una información completa de términos, componentes, cálculos y pautas para el diseño y dimensionamiento del sistema de generación.

Para la selección y dimensionamiento de los componentes de un sistema fotovoltaico fue conveniente el siguiente procedimiento (PANTOJA VELASQUEZ, 2017):

### a) **Inclinación de paneles**

Es necesaria la ubicación óptima de los módulos fotovoltaicos para conseguir una mayor radiación solar anual. La cual se determina de la siguiente forma:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 [\Phi] \quad (1)$$

Donde:

$\beta$ : ángulo de inclinación óptima (°).

$\Phi$ : latitud del lugar, sin signo (°)

### b) **Demanda energética**

Para la demanda de energía se debe tener en cuenta el número de elementos usados en el sistema, realizando el análisis de los implementos como cantidad, características y tiempo de uso. La ecuación presentada para el cálculo de dicha demanda es:

$$W_d = P_n * n * t \quad (2)$$

Dónde:

$P_n$ : Potencia de la carga (W).

$n$ : Número de elementos conectados.

$t$ : horas de funcionamiento al día (h).

### c) **Energía Disponible.**

En este paso Pantoja sugirió realizar la determinación de la radiación global promedio disponible en la zona, con la determinación de la potencia de radiación promedio en el lugar.

#### **d) Dimensionado del generador fotovoltaico**

En este paso con los datos obtenidos en los ítems anteriores se determina el panel necesario en el sistema fotovoltaico mediante la siguiente ecuación:

$$P_{Fv} = \frac{Ed}{n_{sist} * RB} \quad (3)$$

$P_{Fv}$ : Potencia del generador fotovoltaico, (KW).

$Ed$ : Consumo diario total, (KW).

$n_{sist}$ : Rendimiento medio del sistema.

$RB$ : Valor promedio mensual de la irradiación diaria sobre el módulo fotovoltaico con un ángulo de inclinación  $B_{opt}$ .

El rendimiento de trabajo tiene en cuenta pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioramiento de los paneles fotovoltaicos (normalmente 0,7- 0,9).

Con esta información de la potencia se halla el tipo de panel necesario a instalar en el sistema fotovoltaico. (PANTOJA ,2017)

#### **e) Dimensionado del banco de energía**

El tamaño de la batería depende de la confiabilidad del suministro de potencia. Para dicho dimensionamiento es necesario hallar la capacidad necesaria del banco:

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{(\text{energía necesaria} * \text{días de autonomía})}{(\text{voltaje} * \text{profundidad de descarga de la batería})} \quad (3)$$



La profundidad de descarga dependía del tipo de batería elegido. Estos valores oscilan entre 0,5 a 0,8. Dichos valores serán consultados en las características técnicas dependiendo del modelo y fabricante. Se elegirá una batería que tolere una descarga de hasta un 60% (0,6).

Se debe tener en cuenta el anexo del 20% de pérdidas por temperatura, rendimiento de los equipos etc.

#### **f) Dimensionado del regulador de carga**

La corriente a la entrada del regulador es la corriente  $I_{sc}$  corriente de corto circuito del panel solar y se determina por la ecuación (4):

$$I_{regulador} = I_{sc} * 1,25 \quad (4)$$

La corriente a la salida del regulador era:

$$I_{sal-reg} = \frac{1,25P_{DC}}{V_{BAT}} \quad (5)$$

Dónde:

$P_{DC}$ : Potencia DC del sistema

$V_{BAT}$ : voltaje de las baterías

#### **g) Pérdidas por polvo y suciedad**

Son producidas debido a la acumulación de polvo y suciedad en los módulos. Pueden ser reducidas con un buen mantenimiento del sistema.

Pueden ir desde un 2% al 8% dependiendo del tipo de mantenimiento que se realice y condiciones del medio.

### **h) Pérdidas por temperatura**

La temperatura en los módulos puede ser superior a los 25°C; las pérdidas se estiman en un 4% por cada 10°C dependiendo de la tecnología de fabricación según fichas técnicas. Son calculadas a partir de la temperatura de operación nominal de las células fotovoltaicas del panel utilizado que proporciona el fabricante y los datos de irradiación y temperatura ambiente del lugar de instalación.

Pueden variar desde un 3% en lugares con temperaturas ambiente baja, a más de un 10% en lugares con temperaturas ambiente alta. Un valor típico sería un 6%.

$$: Pt = 1 - Tc \cdot \left[ \left( Ta + G \cdot \left( \frac{T_{ONG} - 20}{800} \right) \right) - 25 \right]$$

Donde  $Pt$ : Factor de pérdidas por temperatura

$Tc$ : Coeficiente de temperatura

$Ta$ : Temperatura ambiente

$G$ : Radiación promedio por metro cuadrado

$T_{ONG}$ : Temperatura de operación nominal de la celda.

### **i) Pérdidas por reflectancias angulares y espectrales**

No toda la luz solar que incide en el generador es el normalizado todo el día, ni incide perpendicularmente sobre el generador, produciéndose unas pérdidas que van del 1% al 4% siendo las más habituales las situadas en torno al 4%.

### **j) Pérdidas eléctricas en el cableado**

A la circular corriente por los conductores en estos se generan pérdidas de potencia por efecto joule. Dichas pérdidas están relacionadas con el porcentaje de caída de tensión utilizado en el cálculo de la sección de los conductores. Es algo muy importante al momento

del calcular la sección de los conductores con el porcentaje de caída de tensión máxima utilizado.

#### **k) Pérdidas por eficiencia del inversor**

Vienen dadas por su fabricante en las hojas técnicas de los productos las dependen del régimen de carga porque hay unas pérdidas constantes, que son las pérdidas en vacío, a las que hay que sumar las pérdidas producidas al circular la corriente que produce caídas de tensión en los semiconductores y pérdidas por efecto joule, debidas a la resistencia eléctrica de los componentes del inversor.

#### **l) Pérdidas por sombreado**

Se expresan como porcentaje de la radiación solar global que no incide sobre el generador por obstáculo alguno.

#### **m) Pérdidas por aspectos no considerados**

Son aquellas pérdidas generadas al momento de realizar algún tipo de mantenimiento, por averías o mal funcionamiento, disminución del rendimiento de los generadores a bajas irradiancias, etc.

#### **n) Potencia necesaria de los paneles**

Esta ecuación necesaria que se debe producir desde los módulos fotovoltaicos.

$$: P = \frac{E}{P_{dis} \cdot P_{pol} \cdot P_{ref} \cdot P_{tem} \cdot P_{ele} \cdot \eta_{inv} \cdot P_{pmp} \cdot P_{som} \cdot P_{noc} \cdot P_{deg} \cdot \#hps} \quad (6)$$

Donde:

*P*: Potencia necesaria de los paneles solares (W)

*E*: Energía eléctrica (Wh)

*Pdis: Perdidas por dispersión*

*Ppol: Perdidas por polvo*

*Pref: Perdidas por reflectancias*

*Ptem: Perdidas por temperatura*

*Pele: Perdidas eléctricas*

*$\eta_{inv}$ : Eficiencia en el inversor*

*Ppmp: Perdidas por no seguimiento del punto de maxima potencia*

*Psom: Perdidas por sombras*

*Pnoc: Perdidas por aspectos no considerados*

*Pdeg: Perdidas por degradación*

*#hps: Número horas pico solares*

#### **o) Dispositivos de protección DC**

Según la NTC 2050 en su artículo 690-8-a la capacidad de corriente de los conductores y la corriente nominal o ajuste de disparo de los dispositivos de protección contra sobre corriente en un circuito de un sistema solar fotovoltaico no debe ser menor al 125% de la corriente calculada según el apartado B de dicha sección

Cálculo de la corriente del circuito. La corriente para un tipo individual de circuito se debe calcular como sigue:

1) Circuitos de la fuente fotovoltaica. Es la suma de la corriente nominal de cortocircuito de los módulos en paralelo.

2) Circuito de salida fotovoltaica. Es la corriente nominal de cortocircuito de la fuente de alimentación fotovoltaica.

3) Circuito de salida del inversor. Es la corriente nominal de salida del inversor o de la unidad de acondicionamiento de energía.

#### p) AMPACIDAD

De acuerdo con la Norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2012, el término **Ampacidad** significa “corriente máxima que un conductor puede transportar, bajo condiciones de uso sin exceder su rango de temperatura”. Esta es determinada con ecuación (9)

$$A_C = \frac{I_{panel-controlador}}{F_C * F_{AG}} \quad (9)$$

Dónde:

$F_C$  = factor de corrección por temperatura

$F_{AG}$  = factor de agrupamiento

### **2.2.1.1. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se establece el costo de los recursos necesarios para la ejecución del plan, los precios totales de operación del proceso beneficioso y el costo de las ganancias que se aspira recibir en el lapso de vida eficaz. El análisis se realiza solo una vez que existe un mercado potencial que el plan logre cubrir y una vez que tecnológicamente fue definido posible.

### **2.2.1.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS**

Los primordiales criterios que se al momento de evaluar un plan son:

#### **2.2.1.2.1. Inversión en el Plan.**

Es el aporte de capital para obtener una ganancia futura, por consiguiente, es una iniciativa de acción que, desde la implementación de los recursos accesibles, estima viable obtener ganancias.

#### **2.2.1.2.2. Costos de Operación.**

Se refiere al dinero desembolsado para el desarrollo de las ocupaciones del plan, con el propósito de conservar un activo en su condición que existe o a modificarlo para que vuelva a estar en condiciones apropiadas de trabajo.

### **2.2.1.3. INVERSIONES DEL PROYECTO**

#### **2.2.1.3.1. Inversión Inicial.**

Para proyectos de generación de energía fotovoltaica la inversión inicial está dada por los recursos que conforman el sistema: Paneles solares, inversores, cableado y las obras civiles correctas para implementar el sistema.

### **2.2.1.3.2. Costo Unitario de la Inversión Inicial.**

El costo unitario es el que se recibe de dividir la porción total de la inversión sobre la carga a cubrir, comúnmente se labora con la carga diaria la cual se usa para equiparar diferentes inversiones.

### **2.2.1.4. INGRESOS**

Las ganancias del plan se representan por el dinero que se ahorra en el pago de la factura de la energía.

#### **2.2.1.4.1. Costo de la Energía.**

Dependiendo del tipo de comprador que compra la energía, las tarifas de energía son planas o cambiantes, y permanecen establecidas por la organización prestadora del servicio de energía. Se determina con las ecuaciones de la 10 a la 12.

$$\text{Ahorro mensual} = \text{costo kWh(Sistema)} * \text{Días del mes (10)}.$$

$$\text{Ahorro anual} = \text{ahorro mensual} * 12 \quad (11)$$

$$\text{Ahorro acumulado} = \text{ahorro anual por vida útil SF (12)}$$

### **2.2.1.5. COSTOS OPERACIONALES**

Pese a que por el procedimiento de plazo de recuperación de la inversión, se puede calcular la época en el que se pagaría, se debería considerar que el sistema adicionalmente incurre en precios del dinero.

#### **2.2.1.5.1. Precios por operación y mantenimiento.**

Los sistemas fotovoltaicos poseen un precio de mantenimiento, bastante bajo, no obstante, se tienen que continuar ciertas pautas para aseverarse que el sistema funcione

correctamente a lo largo de toda su historia eficaz y no tener pérdidas de producción por pequeños fallos.

Para efectos económicos, se puede calcular que el precio anual de las tareas de mantenimiento elementales para el perfecto desempeño de la instalación solar fotovoltaica, es de un 0,7% de los precios iniciales de la instalación, se estiman implementando la ecuación 13.

$$\text{costo anual } O y M = \text{inversión inicial} * 0.7\% \quad (13)$$

#### **2.2.1.5.2. Depreciación.**

Es un criterio por medio del cual la contabilidad reconoce la pérdida del costo de la inversión fungible. Los activos pierden costo por conceptos de edad, uso y obsolescencia a lo largo de su historia eficaz. Esta pérdida de costo de los activos se “traduce en costo” por medio de la depreciación.

Para el cálculo de la Depreciación, tienen la posibilidad de usar diferentes procedimientos como la línea recta, la reducción de saldos, la suma de los dígitos (depreciación acelerada) y procedimiento de unidades de producción entre otros.

Se recomienda usar el procedimiento de la suma de los dígitos del año, este es un procedimiento de depreciación apresurada que busca decidir una más grande proporcionalidad de depreciación en los primeros años de vida eficaz del activo. En la Ley 1715 del 2014, se establece la probabilidad de depreciar aceleradamente los activos del plan, con una tasa anual de depreciación máxima del 20%.

Para hacer este procedimiento se sugiere:

1. Año: enumerar los años de vida eficaz, y finalmente sumar los dígitos.



2. Inverso: enumerar los años de vida eficaz al inverso (de último año al primero)
3. Elemento de depreciación (FD): dividir cada dígito de la columna INVERSO por el resultado de la suma de los años de vida eficaz
4. Depreciación anual: multiplicar el FD por el costo inicial de la inversión
5. Costo Residual: Costo Residual anterior menos la depreciación del año
6. Depreciación Acumulada: sumar la depreciación de todos los años

### **2.2.2. EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN**

La inversión en un sistema fotovoltaico se debería evaluar según los criterios básicos de evaluación financiera.

Los indicadores a considerar para este plan son los próximos:

#### **2.2.2.1. Retorno de la Inversión**

El lapso de recuperación o retorno de la inversión estático, es la época que un plan tarda en regresar los fondos que se le asignaron, siendo un indicador de peligro, debido a que cuanto más grande tarde en recuperarse la inversión, más grande va a ser la incertidumbre, y perjudicará la productividad del mismo.

#### **2.2.2.2. VPN (Valor Presente Neto).**

Es quien establece si el plan es posible a partir de la perspectiva económico, pone en pesos presente las ganancias (+) y los egresos (-).

Si el  $VPN > 0$ , El proyecto es viable. El proyecto generara ganancias y la inversión se acepta.

- Si el  $VPN < 0$ , El proyecto no es viable, los ingresos son menores que los Egresos. El proyecto genera pérdidas, la inversión se rechaza.

Si el VPN=0, Los ingresos son iguales a los egresos, es indiferente el proyecto.

La ecuación (14) permite calcular el Valor Presente Neto:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (14)$$

Dónde:

$V_t$ : Representa los flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$ : Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n: Es el número de períodos considerado.

k: la tasa de descuento (la tasa de rendimiento que se podría ganar en una inversión en los mercados financieros con un riesgo similar).

### **2.2.2.3. TIR (Tasa Interna de Retorno).**

Es la tasa en la que los flujos de acceso y de salida de un plan traídos a costo presente se igualan, es la tasa en la cual el VPN se iguala a cero.

La tasa interna de retorno es la tasa de productividad del plan y es quien instituye la viabilidad en los proyectos de inversión, se calcular implementando la ecuación (15)

$$VPN = \frac{\sum R_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (15)$$

t: tiempo del flujo de caja

i: tasa de descuento TIR una vez que el costo presente es cero

Rt: el flujo neto de efectivo.

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

Los siguientes conceptos se realizaron en base al libro del autor (Diaz, s.f) titulado “instalaciones solares fotovoltaicas”, unidad 1. Componentes de una instalación solar fotovoltaica.

### **2.3.1. Energía solar**

Es la energía obtenida a través de la radiación electromagnética emitida por el sol.

#### **2.3.1.2 Métodos de aprovechamiento de la energía solar.**

Son varios los métodos en los cuales se hace uso del aprovechamiento de la energía solar para la generación de la energía eléctrica, entre los cuales se encuentran:

##### **2.3.1.2.1 Métodos directos.**

Es la conversión que se hace directamente de la energía solar (luz solar) a energía eléctrica, por medio de las células solares.

##### **2.3.1.2.2 Métodos indirectos.**

Método en el cual es necesario la utilización de otro medio para la transformación de energía solar a energía eléctrica, ejemplo de ello el ciclo termodinámico convencional, en el cual se calienta un fluido por medio de la energía solar para generar vapor, el cual por medio del movimiento de una turbina generara energía eléctrica.

### **2.3.2 Energía solar fotovoltaica.**

La energía solar fotovoltaica es aquella que transforma la energía entregada por el sol en energía eléctrica de una forma directa, haciendo uso de dispositivos llamados celdas o

paneles solares. Siendo la energía solar una fuente de energía renovable, limpia e inagotable que suministra el sol.

El uso de la energía solar fotovoltaica se ve reflejado en un sin gran número de aplicaciones relacionadas con la demanda energética necesaria en un sistema, ya sea iluminación, ventilación, refrigeración, movimiento de motores y todas aquellas aplicaciones que involucre el uso de energía eléctrica.

### **2.3.3 Sistemas fotovoltaicos.**

Los sistemas fotovoltaicos son aquellos equipos e implementos eléctricos y electrónicos que permiten la generación de energía eléctrica a partir de radiación solar, los cuales dependen del tipo de aplicación que sean utilizados.

#### **2.3.3.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos.**

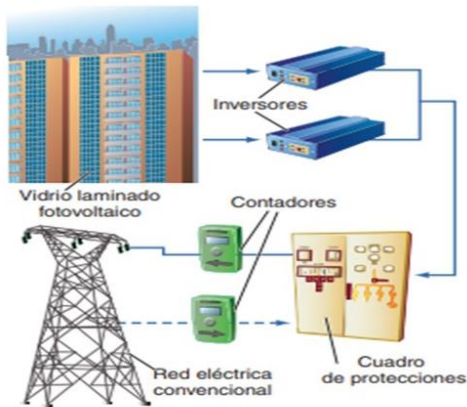
Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse en tres grupos dependiendo del tipo de aplicación.

##### **2.3.3.1.1 Sistemas conectados a la red.**

Como su nombre lo indica son sistemas que llevan una conexión junto con la red eléctrica cuya función es producir energía eléctrica e inyectarla a la red en condiciones adecuadas. La energía que produce este sistema es consumida por la carga requerida, y la sobrante es mandada a la red eléctrica para su respectiva distribución a otro sistema que necesite de demanda eléctrica.

**Figura 1**

sistema conectado a red



Nota. (Diaz, s.f)

### 2.3.3.1.2 Sistemas autónomos.

Son aquellos sistemas que producen energía eléctrica con el propósito de satisfacer la demanda de cargas eléctricas no conectadas a la red. Sistemas auto sostenibles que hacen uso de acumuladores o batería para abastecer la demanda en casos en el cual la generación sea inferior al consumo.

Ya que no existe conexión a la red este sistema debe funcionar como fuentes de tensión. Pueden ser usados en aplicaciones especiales como por ejemplo satélites de comunicaciones o estaciones espaciales.

**Figura 2**

Sistema autónomo



Nota. (Diaz, s.f)

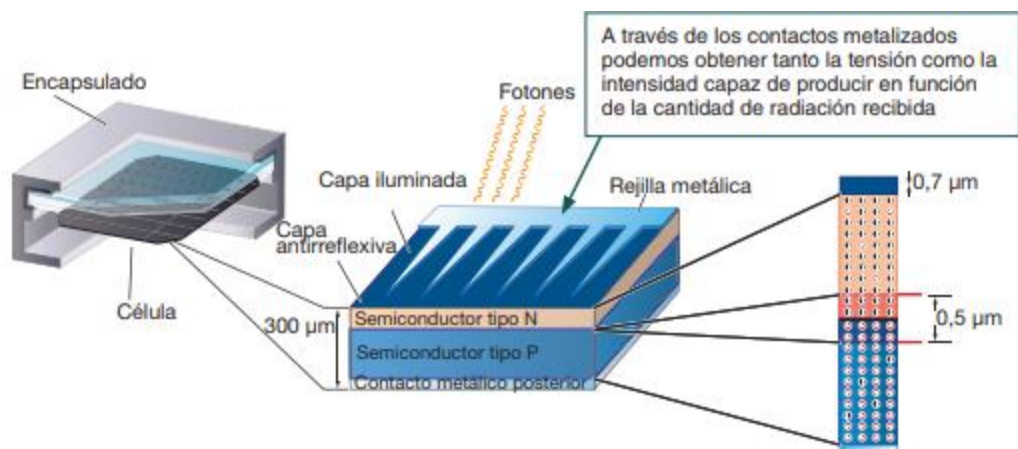
### 2.3.3.2 Componentes de una instalación solar fotovoltaica.

#### 2.3.3.2.1 La célula solar

Es la encargada de la generación de energía a través del efecto fotovoltaico, siendo el elemento principal de todo sistema fotovoltaico. La producción de corriente depende de la irradiancia (nivel de iluminación).

**Figura 3**

Célula solar



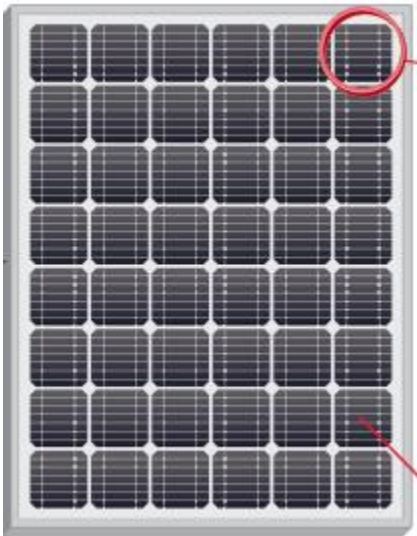
Nota. (Diaz, s.f)

### 2.3.3.2.2 Placa fotovoltaica

También llamada panel solar, constituida por un conjunto de células fotovoltaicas las cuales se encuentran interconectadas eléctricamente entre sí para el aumento de la generación de electricidad en corriente continua. Para su mayor rendimiento se busca un mayor aprovechamiento del sol de acuerdo a su ubicación y latitud. Su diseño está basado en valores fijos de tensión (6V, 12V, 24V...) lo cual ya a determinar al tipo de tensión de diseño.

**Figura 4**

Panel solar



Nota. (Diaz, s.f)

**2.3.3.2.2.1 Conexión y agrupación de paneles**

La conexión existente entre varios paneles formando una agrupación, depende del tipo de aplicación y potencia de instalación, para obtener los niveles de tensión y corriente adecuados al diseño. Existen tres tipos de conexión de paneles solares.

**2.3.3.2.2.1.1 Conexión en paralelo**

Es la conexión en la cual se conectan todos los polos positivos y por separado los polos negativos de los paneles fotovoltaicos. Según lo establecido los paneles deben ser de iguales características y el objetivo principal de dicha conexión radica en el aumento de la



corriente genera, la cual viene siendo la suma de los módulos conectados y mantener el nivel de tensión de salida.

#### **2.3.3.2.2.1.2 Conexión en serie**

En esta conexión se conecta el polo positivo de un módulo con el polo negativo del otro módulo fotovoltaico. El tipo de tensión obtenido será la suma de las tensiones de los módulos conectados y la corriente generada será la misma.

#### **2.3.3.2.2.1.3 Conexión en serie/paralelo**

En dicha conexión se integran las conexiones en serie y paralelo para generar los requisitos exigido por la demanda eléctrica requerida.

#### **2.3.3.2.2.2 Principales parámetros de los paneles solares**

A la hora de hacer uso de los paneles solares es indispensable la interpretación de las fichas técnicas que entregan los fabricantes, de ellas dependen el buen uso y funcionamiento de los mismos. En este tipo de tablas existen parámetros muy importantes a la hora de usar estos tipos de paneles como lo son los valores de tensión e intensidad y potencia máxima, esto dependiendo del tipo de radiación suministrada al panel solar.

El fabricante además de esta información, da la descripción del aspecto típico del panel como: peso, medida y materiales con los que se encuentra constituido, los cuales serán importantes en el diseño para los soportes del mismo.

Otro parámetro importante es el coeficiente de temperatura, esta información proporciona el valor de la variación en los paneles al aumentar la temperatura en el mismo.

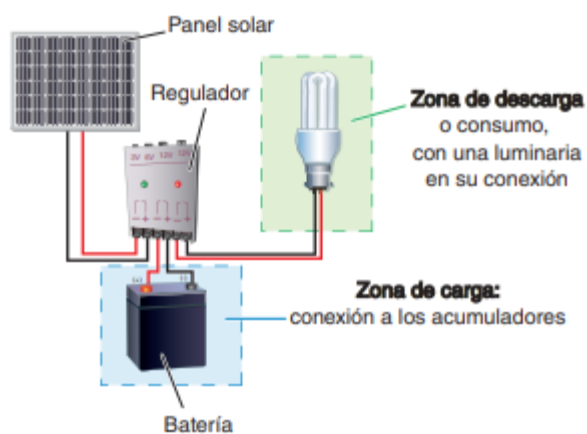
### 2.3.3.2.2.1 El regulador

El regulador es un elemento indispensable en el diseño de sistemas fotovoltaicos ya que se encarga de evitar cargas y sobredescargas en la batería para un mayor ciclo de vida de la misma, de manera que se encuentre siempre dentro de las condiciones correctas de funcionamiento.

Otra de sus funciones radica en la limitación del paso de corriente para que nunca se sobrecargue la batería. Detecta y se encarga de medir el voltaje constantemente en la batería llevando control en la misma.

**Figura 5**

Panel solar



Nota. (Diaz, s.f)

### 2.3.3.2.2.2 Baterías

En sistemas autónomos fotovoltaicos es necesaria la utilización de acumuladores de energía eléctrica, lo cuales se encargarán del almacenamiento de energía requerida en momentos en que el generador no pueda entregar la energía demandada por la carga,

debido a variaciones como: duración de la noche, nubosidad, estaciones del año entre otros factores.

Funciones de los acumuladores.

- Almacenamiento de energía por cantidad de días.
- Encargada de proporcionar la potencia instantánea elevada.
- Mantener la tensión de trabajo del sistema.

**Figura 6**

Acumulador



Fuente. (Diaz, s.f)

## 2.4. MARCO CONTEXTUAL

El proyecto se llevó a cabo en el parque ubicado en la AV 1A entre calles 24 y 24a del barrio Virgilio Barco, el cual presento una superficie total de 2,981 m<sup>2</sup>.

### Figura 7

Ubicación del parque, Avenida 1A entre calles 24 y 24a, Cúcuta, Norte de Santander



Nota: (Google Maps)

## 2.5. MARCO LEGAL

(LEY 1715 DE 2014, 2014)

En esta ley su objetivo es promover el uso de energías renovables en Colombia. Legislación que compromete con el desarrollo y uso de energías no convencionales, integración al sistema eléctrico, zonas no interconectadas y otro tipo de medio necesario

que contribuya al desarrollo económico sostenible que permita una reducción de los agentes contaminantes y la seguridad en el abastecimiento en la demanda energética del país.

Tiene como finalidad el establecimiento del marco legal e instrumentos para incentivar el aprovechamiento del uso de energías renovables.

En el ámbito de aplicación la ley cubre a todos los agentes públicos y privados interviniendo en el desarrollo y aprovechamiento de las energías renovables.

Así mismo incentivar a la inversión de proyectos que relacionen el uso de dichas energías EL ICONTEC respecto a los sistemas fotovoltaicos ha publicado un gran número de normas en la conversión de energía lumínica (energía solar) en energía eléctrica. (Álvarez, 2012)

#### **EL RETIE y las instalaciones fotovoltaicas.**

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas establece en su sección 20.22 que toda instalación de paneles solares fotovoltaicos debe cumplir con el certificado de conformidad del producto expedido por un organismo de certificación acreditado. Declarando así que toda instalación y montaje estará a cargo por un profesional competente conforme a la sección 690 de la NTC 2050. (NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050, 1998)

#### **NTC 2050 sección 690. Requisitos técnicos para instalaciones fotovoltaicas.**

En esta sección se establecen los requisitos técnicos exigibles en instalaciones eléctricas y montajes de sistemas fotovoltaicos.

##### **a) GENERALIDADES**

Constituido por las secciones 690-1 hasta la sección 690-2 en las cuales presentan los siguientes ítems.

Alcance: se da la disponibilidad de sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica incluyendo circuitos, unidades de regulación y controladores de los sistemas los cuales pueden estar conectados o no a la red y la disposición de tener o no acumuladores.

Definición: conceptos relacionados con los sistemas fotovoltaicos.

Otras secciones: cuando los sistemas fotovoltaicos se encuentren conectados a otras fuentes de generación se debe aplicar el uso de la sección 705.

Instalación: comprende la adición de generación además de la entregada por la acometida, la separación de los conductores de diferentes sistemas, identificación de equipos y la conexión de módulos.

Detección e interrupción de fallas a tierra: aplicación de la conexión equipotencial al sistema fotovoltaico para protección de descargas eléctricas accidentales.

#### **b) REQUISITOS DE LOS CIRCUITOS**

Constituido por las secciones 690-7 hasta la sección 690-9 presentan los requisitos que deben cumplir los circuitos en el sistema fotovoltaico.

Tensión máxima: Presenta las limitaciones de la tensión nominal de los circuitos ramales c.c. según el sistema a implementar.

Dimensionamiento y corriente de circuitos: comprende la capacidad de corriente demandada por el sistema fotovoltaico y su conexión equipotencial para protección contra sobrecorrientes que se puedan presentar el cual no debe ser inferior al 125% del cálculo de la corriente. Cuando se presente un sistema con salida de varias tensiones y tengan en común

un conductor de retorno, la capacidad permitida para el conductor debe ser mayor a la suma de las corrientes nominales de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes presentes en los circuitos de salida individuales.

Protección contra sobrecorrientes: presenta la normatividad para la implementación de protección contra sobrecorrientes en circuito, equipos, transformadores los cuales deben estar debidamente certificados y tener los valores adecuados de tensión, corriente y capacidad nominal de interrupción.

#### **c) MEDIOS DE DESCONEJIÓN**

Constituido por las secciones 690-13 a 690-18

Constituye las desconexiones que debe haber entre los conductores portadores de corriente en una edificación o estructura instalado en un lugar accesible, no debe ser instalado en cuarto de baño, rotulados permanentes para su respectiva identificación.

Igualmente, la normatividad va aplicada a los equipos del sistema fotovoltaico como baterías, inversores, controladores de carga.

En desconexión de conductores no puestos a tierra debe consistir en interruptores accionables manuales o automáticos, igualmente se debe hacer uso de la desconexión de un conjunto o parte de un conjunto.

#### **d) MÉTODOS DE ALAMBRADO**

Constituido por las secciones 690-31 a 690-32.

Los métodos permitidos para alambrado comprenden todo lo relacionado con los tipos de cables y conexiones flexibles permitidas las cuales deben cumplir con las normas, así mismo como la interconexión según lo establecido y certificado para dicha acción.

Los conectores igualmente deben cumplir con requisitos como configuración, resguardo, tipo, miembro de puesta a tierra e interrupción del circuito.

**e) PUESTA A TIERRA**

Comprende la utilización de sistemas de puesta a tierra para protección del sistema fotovoltaico.

**f) ROTULADO**

La rotulación de los sistemas fotovoltaicos es importante para la eficaz identificación de la polaridad de los cables o terminales, valores nominales de corriente, voltaje y potencia demandadas.

**g) CONEXIÓN A OTRAS FUENTES DE ENERGÍA**

Al haber pérdida de tensión se debe hacer uso de la desconexión mientras se reitera el sistema. Presenta las interconexiones desbalanceadas en los inversores monofásicos y trifásicos, el punto de conexión para la salida de un generador fotovoltaico del lado de suministro y lado de la carga.

**h) BATERÍAS DE ACUMULADORES**

Relacionado con la normatividad de instalación de baterías, como la limitación de corriente, estado de carga, puesta a tierra y sus respectivas interconexiones.

### **3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

El desarrollo de la propuesta de investigación se realizó de acuerdo al cumplimiento y realización de los objetivos planteados en el proyecto, siguiendo la metodología planteada anteriormente para el desarrollo de cada uno de ellos con sus respectivas actividades, con

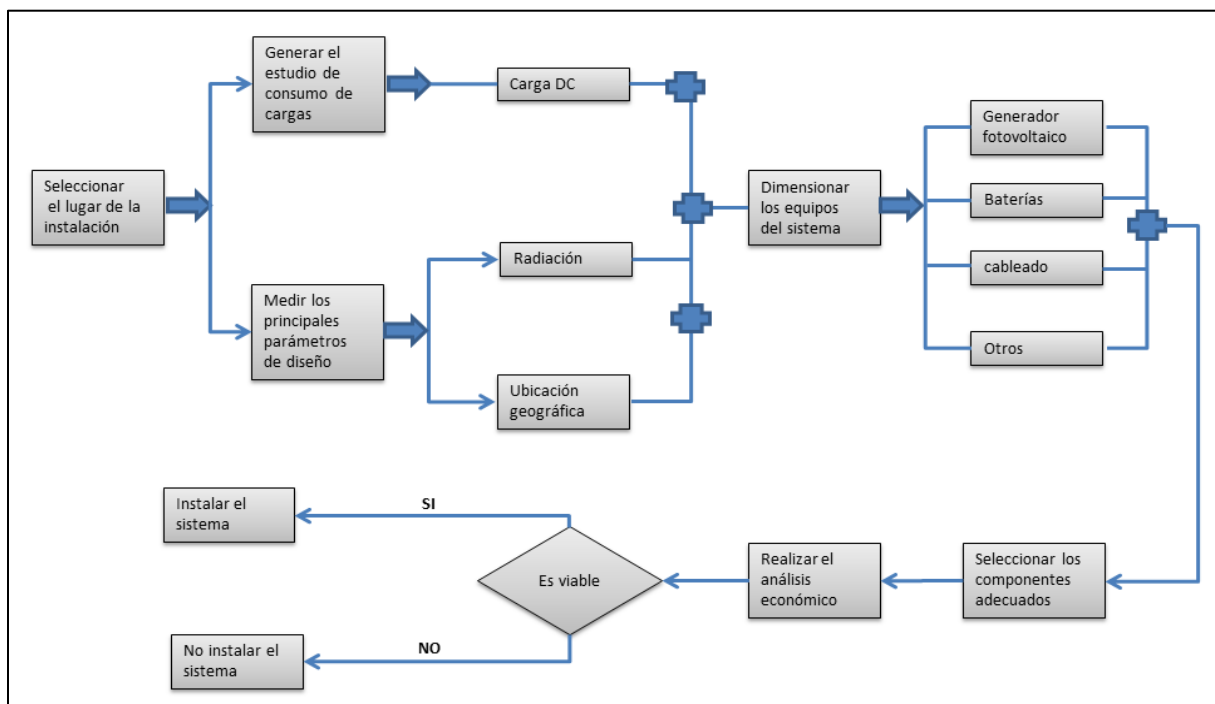


la ayuda de fuentes de información recolectadas a través de su desarrollo como lo fueron las fuente de datos de estaciones meteorológicas, artículos de investigación, trabajos de grado, libros, asesoría de expertos y la toma de datos. Con el objetivo de cumplir con la finalidad de dar cumplimiento eficientemente al objetivo general y dar solución al problema planteado.

Para dicho desarrollo se tuvo en cuenta el diagrama de flujo de la Figura 8, en el cual se planteó el procedimiento a seguir para el desarrollo del proyecto y su viabilidad.

**Figura 8**

Diagrama de flujo sistema fotovoltaico autónomo



Nota: Elaboración propia

### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada fue investigación documental y descriptiva, en la cual se hizo uso de documentos y se describió el funcionamiento del sistema a dimensionar. (Baptista María, Sampieri Roberto, 2010).

### 3.2. ANALISIS DE LA INVESTIGACION

Toda la información recopilada para el desarrollo del proyecto fue analizada y contrastada cualitativamente, de manera que la directora y asesores de la universidad lo cual brindó

instrucciones efectivas para la solución del problema planteado en el logro de las metas establecidas.

### **3.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR EN LA CIUDAD DE CÚCUTA.**

La recolección de datos meteorológicos en la ciudad de Cúcuta se realizó con la utilización de los datos de radiación promedio global otorgados por el IDEAM (instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales) junto con la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) en lo cual se cuenta con 37 estaciones ubicadas alrededor de Colombia las cuales dan información de la radiación solar otorgados en su página web en línea (Atlas de radiación solar), los cuales presentan los datos promedios de radiación Wh/m<sup>2</sup> por día a través de los meses del año en cada departamento del país. Además del uso de trabajos de grado y estudios realizados de sistemas fotovoltaicos en la ciudad de Cúcuta.

#### **3.3.1. RADIACIÓN SOLAR**

La información sobre este recurso se recopiló de diversas fuentes dedicadas al estudio del potencial de la energía solar fotovoltaica con el fin de comprender su comportamiento y permitirnos enfocarnos en cómo afecta el área de estudio.

Se inició con la evaluación del recurso solar en la ciudad de Cúcuta, haciendo uso del análisis estadístico de la radiación solar realizado en la ciudad de Cúcuta (Sepúlveda, W. C., Pineda, M. G. G., & Mora, S. B. S. 2018. Análisis estadístico de la radiación solar en la ciudad de Cúcuta. *Entre ciencia e ingeniería*, 12(23)). Documento en el cual se redactó

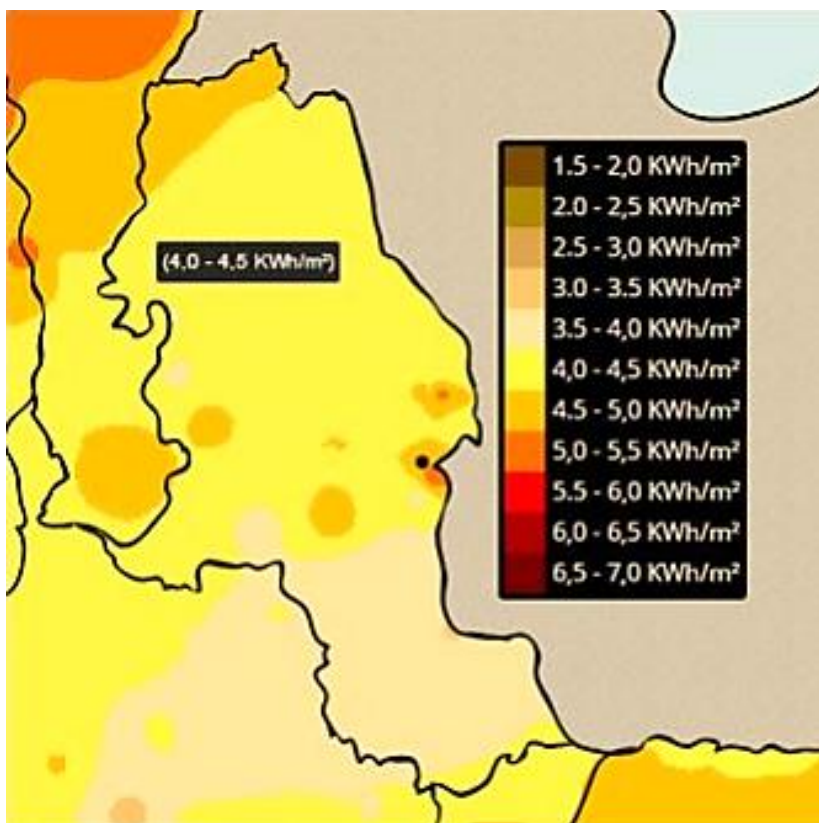
una base de datos realizado por los ejecutores de la radiación solar promedio en Cúcuta y la viabilidad del aprovechamiento de dicho recurso en la ciudad.

### Figura 9

Análisis estadístico de la radiación solar en la ciudad de Cúcuta

<b>Mes</b>	<b>Hora Solar Pico (h)</b>
Enero	5.036
Febrero	5.129
Marzo	4.709
Abril	5.092
Mayo	5.429
Junio	5.471
Julio	5.483
Agosto	5.810
Septiembre	6.179
Octubre	5.580
Noviembre	5.253
Diciembre	4.761

Nota. (Sepúlveda, W. C., Pineda, M. G. G., & Mora, S. B. S. 2018. Entre ciencia e ingeniería, 12(23)).

**Figura 10****RADIACION SOLAR EN COLOMBIA**

Nota. Fuente: IDEAM

Por otro lado se evaluó el recurso de radiación solar en la ciudad de Cúcuta, datos otorgados por el IDEAM en su página web titulada “Atlas de Radiación Solar de Colombia” datos mensuales de la radiación mensual en cada uno de los departamentos de Colombia.

Según los datos obtenidos la radiación promedio en el departamento Norte de Santander estaba entre (4,0 – 4,5 KWh/m<sup>2</sup>), lo cual era un factor positivo para la generación de energía fotovoltaica en el departamento.

**Figura 11**

Promedios mensuales de radiación en distintas ciudades de Colombia.

Municipio	Entidad	Valor promedio (Wh/m <sup>2</sup> por día)												Promedio Anual
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Medellín	IDEAM (conv.)	4382,6	4409,5	4295,7	4165,2	4050,5	4321,6	4668,1	4605,7	4595,1	4419,0	3958,3	4149,4	4335,1
Arauca	IDEAM (conv.)	5156,3	4484,1	4617,1	4371,2	4292,6	4204,0	4299,1	4416,1	4895,9	4702,5	4786,5	5212,4	4619,8
Puerto Inirida	IDEAM (SUTRON)	4500,1	4327,1	3939,4	4140,2	3634,7	3628,7	3542,4	3891,2	4257,1	4117,2	4079,2	4202,1	4021,6
Neiva	IDEAM (conv.)	4836,0	4700,4	4590,5	4628,9	4552,2	4550,1	4509,7	4656,6	4785,1	4782,3	4607,8	4618,0	4651,5
Riohacha	IDEAM (conv.)	5202,8	5556,0	5761,0	5898,3	5618,0	5975,8	6237,6	6045,2	5832,8	5247,8	4977,5	4916,6	5605,8
Santa Marta	IDEAM (aut.)	5539,4	5904,8	5855,5	5756,4	5698,0	5402,9	5370,9	5201,1	5325,3	4721,4	4787,3	5301,5	5405,4
Villavicencio	IDEAM (conv.)	4784,9	4514,5	4337,1	4565,8	4699,2	4650,1	4542,9	4993,2	5307,6	5286,1	4747,4	4580,0	4750,7
Pasto	IDEAM (aut.)	3749,1	3499,2	3497,4	3668,8	3685,8	3715,9	3897,4	4006,3	4124,7	3888,8	3765,2	3415,0	3742,8
Cúcuta	IDEAM (conv.)	4277,9	4116,4	4177,9	4104,3	4539,4	4498,7	4632,6	4747,4	4932,2	4757,2	4374,1	4167,3	4443,8
Armenia	IDEAM (aut.)	3918,2	3837,4	3918,7	3857,4	3691,3	3866,7	4265,8	4175,5	4333,9	3893,8	3879,2	3567,8	3933,8
Pereira	IDEAM (conv.)	4279,4	4406,3	4283,9	4099,7	3805,1	3940,5	4243,6	4362,0	4273,2	4338,6	4183,3	4315,4	4210,9
San Andrés	IDEAM (conv.)	4422,2	5166,1	5733,2	5957,6	5025,4	4705,8	4914,2	4868,8	4753,2	4430,9	3747,8	4094,5	4818,3
Sincelejo	IDEAM (aut.)	4843,9	4986,3	4733,4	4420,1	3860,0	4411,8	4600,9	4354,3	4233,7	3929,5	3733,4	4309,1	4368,0
Ibagué	IDEAM (conv.)	4615,6	4578,8	4621,2	4651,4	4627,9	4717,9	4896,1	4986,2	4846,8	4679,7	4404,6	4332,7	4663,2
Cali	IDEAM (aut.)	4385,4	4360,8	4373,0	4303,9	4138,2	4299,1	4628,5	4643,8	4631,4	4256,1	3998,5	3971,9	4332,6

Nota: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales (IDEAM)

Según los datos otorgados por el IDEM en promedios mensuales de irradiación global media recibida en superficie para las principales ciudades del país (Wh/m<sup>2</sup> por día) en Cúcuta, el mes en el cual se presentó menor radiación promedio solar era en el mes de Abril con 4104,3 Wh/m<sup>2</sup> que equivalía a 4,104 kWh/m<sup>2</sup> por día. Para efectos de cálculos de diseños con energía fotovoltaica, fue necesario trabajar con el valor del mes más desfavorable, el cual en dicho caso fue el mes de abril, o sea 4.104 kWh/m<sup>2</sup> /día.

La Tabla 1. Hizo referencia a los datos mensuales de radiación global en la ciudad de Cúcuta, en los cuales se puede visualizar el mes de radiación promedio de cada uno de los meses del año, en el cual se evidencia igualmente el mes de mayor radiación como lo es el mes de abril, y los de mayor radiación igualmente.

**Tabla 1**

Radiación promedio en Cúcuta

MES	RADIACIÓN PROMEDIO (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	4,277
Febrero	4,116
Marzo	4,177
<b>Abril</b>	<b>4,104</b>
Mayo	4,539
Junio	4,498
Julio	4,632
Agosto	4,747
Septiembre	4,932
Octubre	4,757
Noviembre	4,374
Diciembre	4,167
Promedio anual	<b>4,443</b>

*Nota:* Elaboración propia, datos IDEAM

### 3.3.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA UBICACIÓN DEL SISTEMA.

Con la ayuda de los datos obtenidos de la ubicación del parque en la ciudad de Cúcuta de la página web google maps se pudo realizar la Tabla 2. En la cual se presentaban las características de la ubicación donde se iba a realizar el proyecto fotovoltaico en la ciudad de Cúcuta.

**Tabla 2**

Características de ubicación parque Virgilio Barco.

Características	Valor
Latitud (°)	7.94053°
Longitud (°)	-
	72.4993456
Irradiación mes menor ( <i>kWh m2</i> <i>/Día</i> )	4.104
Hora solar pico (HSP)	5.335
Temperatura ambiente máxima (°C)	35
Temperatura ambiente mínima (°C)	22

*Nota:* Elaboración propia.

### 3.4. ANALISIS DEL ESTUDIO DE LAS CARGAS

Una vez determinado el recurso solar con el cual se contaba en la ciudad de Cúcuta, se procedió a realizar conteo del número y tipo de luminarias necesarias para la iluminación



del parque y se tomó en cuenta el número de dispositivos móviles que se iban a conectar al tiempo para su respectiva carga, en lo cual se decidió que fueran 6 los dispositivos móviles que se podían conectar para carga. Ya con esta información se determinó la cantidad de potencia que cada circuito requería.

El parque Virgilio Barco contaba con un sistema de iluminación ya instalado a cargo de centrales eléctricas (CENS GRUPO EPM), dicho sistema de iluminación estaba conformado por un conjunto de 8 luminarias LED de 60W que se encargaban de la iluminación de todo el parque, por otro lado, no se contaba con un sistema de conexión a red WIFI.

#### **3.4.1. CONSUMO DIARIO DE ENERGÍA**

El sistema de iluminación por ser alumbrado público estimaba una intensidad de 12 horas por día, de 6am a 6 pm. Ya con el análisis de los elementos de consumo de energía se procedió a determinar el consumo diario de energía de dichos elementos.

El consumo de energía diaria (Wd), el cual se media en Wh/día, fue calculado de acuerdo a la ecuación (2) planteada en la sección 2.2.1, el cual permitió realizar el cuadro de cargas de la Tabla 3.

$$W_d = P_n * n * t \quad (2)$$

Dónde:

$P_n$ : Potencia de la carga (W).

$n$ : Número de elementos conectados.

$t$ : horas de funcionamiento al día (h).

**Tabla 3**

Cuadro de cargas

Equipos	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Energía necesaria (kWh/día )	Energía necesaria margen de seguridad 25%
Luminarias	60	8	12	5.76	7.2
Cargador dispositivos móviles	5	6	18	0.54	0.675
Router	18	1	24	0.432	0.54
<b>Total</b>				<b>6.73</b>	<b>8.41</b>

*Nota:* elaboración propia

El consumo de energía diario para el sistema en total fue de 8,41 KWh/día, en el cual se consideró un margen de seguridad del 25% según la normatividad NTC 2050.

La Tabla 3. Hizo referencia al cuadro de cargas de cada uno de los elementos del sistema de diseño en los cuales se encontraban el sistema de iluminación con 8 lámparas led de 60 W, un sistema para carga de 6 dispositivos móviles con entrada USB y el Router para el sistema de conectividad.

Se tuvo en cuenta que en dicho proyecto investigativo el sistema de iluminación fue independiente en cada poste con su sistema solar e iluminaria, en dicho caso se realizó el cálculo para un solo poste y posteriormente fue igual en cada uno de los demás. Para el sistema de conectividad y carga si quedo en un solo sistema el cual fue realizado con el diseño de un quiosco solar.

Para dichos sistemas la tensión seleccionada fue de 12 Vdc

### **3.5. DIMENSIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Una vez realizado el cuadro de cargas del sistema de iluminación, así como el del módulo WIFI se determinó la cantidad necesaria de elementos para el correcto funcionamiento del sistema.

#### **3.5.1. LÁMPARA LED**

Se hizo selección de una lámpara led con las características necesarias del sistema de iluminación ya mencionado. De lo cual se seleccionó la luminaria led ECO- Street IP60 de potencia 60 W-12V la cual contaba con características ideales para el uso en alumbrado público lo cual se podía ver en sus fichas técnica de la Figura 12.

Figura 12

Fichas técnicas ECO- Street IP60

**LED ECO-Street 60W/IP65** 



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Modelo	Potencia	Flujo luminoso
ECO-SL-03	60W	7200lm

Grado IP: IP65 | Ángulo de Apertura: Asimétrica | IRC: 70 Ra | Marca y tipo de LED: Philips SMD 3030 | Voltaje: 12V | Vida Útil: 50.000h | Garantía: 2 Años

Encendido con Luz Ambiente: <2 Lux (100 a 2000) | Apagado con Luz Ambiente: >10 Lux (2000 a 10000)

Temperatura de Color: 6.500K Luz Blanca

**DESCRIPCIÓN GENERAL**

Las luminarias LED ECO-Street IP65 de ecolite® son ideales para aplicaciones de altura. Proporcionan una iluminación uniforme en zonas amplias y son usadas en espacios como parques, parques industriales, bodegas, unidades residenciales y fábricas. Brindan una iluminación uniforme en zonas amplias y su grado de protección IP65 les permite resistir la intemperie (humedad, lluvia y polvo). Construidas bajo altos estándares de calidad y certificadas bajo el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, lo que garantiza una iluminación confiable y eficiente para sus proyectos.

- Diseño hermético a prueba de agua IP65
- Bajo consumo de energía
- Chasis en aluminio que garantiza la correcta disipación de calor
- Eficiente driver multivoltaje que mantiene estable la corriente en el producto

**ESTRUCTURA Y DIMENSIONES**



430mm  
150mm  
55mm

Poste metálico  
Max 55mm  
Min 45mm

Sensor Fotoeléctrico

No. LED 60Chips  
Philips SMD 3030

Nota: Fabricante.

### 3.5.2. SISTEMA POSTE E ILUMINARIA

Primeramente se inició con el estudio en el sistema de iluminación led en lo cual con los datos obtenidos en la Tabla 3 del cuadro de cargas, se determinó la energía que consumía

una luminaria en el transcurso de su funcionamiento (12 horas al día ) , lo cual era de 900 (Wh/día).

### 3.5.2.1. PANEL FOTOVOLTAICO

Teniendo ya el cuadro de cargas se procedió a determinar la potencia del generador fotovoltaico, el tamaño de este era muy importante porque debía asegurar que aunque se estuviera en el mes en el cual la radiación solar era mínima (abril) este debía, por lo muy bajo, igualar a la demanda que se tenía de carga.

Para dicho proceso se hizo uso de la ecuación (3) propuesta en la sección 2.2.1.

$$P_{Fv} = \frac{Ed}{n_{sist} * RB} = \frac{900}{4,104 * 0,9} = 244W \quad (3) \text{Escriba aquí la ecuación.}$$

Habiendo fijado la tensión de nuestro sistema de baterías con un valor de 12v, se procedió a la selección del panel fotovoltaico que contaba con dichas características de potencia y voltaje.

Ya con la potencia que se calculó se seleccionó el panel solar policristalino SPECVL250 W con las siguientes características ver Tabla 4 disponible en el mercado.

**Tabla 4**

Características técnicas modulo fotovoltaico seleccionado.

<b>Características</b>	
Pmax	350
Potencia nominal	W
Uoc	37.2
Tensión en circuito abierto.	V
Isc	8.8 A
Intensidad de cortocircuito	
Umpp	30.3
Tensiona nominal	V
Impp	8.26
Corriente nominal	A
Pnom	17.01
Eficiencia del modulo	%

*Nota:* Fichas técnicas.

El modelo que se eligió fue el SPECVL250 W, que se destacó por su buen rendimiento, el cual alcanzaba una eficiencia del 17.01 % que en paneles era adecuada. Otro factor importante fue su bajo costo comparados con otros y su disponibilidad en el mercado era fácil de adquirir.

Se solicitaron cotizaciones de los elementos fotovoltaicos a los proveedores de sistemas solares de los cuales, de acuerdo a características como vida útil, eficiencia, calidad y precio fueron elegidos los más adecuados para el sistema fotovoltaico.

### Figura 13

#### Panel solar SPECVL250 W especificaciones técnicas

ESPECIFICACIONES GENERALES		DIBUJO TÉCNICO			
Célula	156 x 156 mm				
Número de células	60				
Peso del módulo	18 kg				
Dimensiones	1640 x 992 x 40 mm				
Material de la célula	Silicio policristalino				
Tipo de portada	Vidrio templado, recubierto, 3,2 mm ancho				
Material del marco	Aleación de aluminio				
Especificaciones- Temperatura (STC)					
Coefficiente de temperatura P <sub>mpp</sub>	-0.44%/°C				
Coefficiente de temperatura U <sub>oc</sub> , porcentual	-0.36%/°C				
Coefficiente de temperatura I <sub>sc</sub> , porcentual	0.05%/°C				
NOCT	47±3°C				
ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS (STC)					
Potencia nominal P <sub>max</sub>	240 Wp	245 Wp	250 Wp	255 Wp	
Tensión en circuito abierto U <sub>oc</sub>	36.90 V	37.10 V	37.20 V	37.62 V	
Tensión nominal U <sub>mpp</sub>	29.80 V	30.10 V	30.30 V	30.36 V	
Corriente nominal I <sub>mpp</sub>	8.06 A	8.14 A	8.26 A	8.40 A	
Intensidad en cortocircuito I <sub>sc</sub>	8.62 A	8.69 A	8.80 A	8.88 A	
Eficiencia del módulo (P <sub>nom</sub> ) %	14.756%	16.06%	17.01%	17.01%	
Tolerancia en %	0 hasta + ~ 3%				
Tensión máxima del sistema	DC 1000V				
Resistencia de corriente inversa	16 A				
Clase de aplicación	A				
Reducción del grado de eficiencia de 1000 W/m <sup>2</sup> a 200 W/m <sup>2</sup> según EN 60904-1	0 - 5%				
Clase de protección-tipo	II / IP65				
Cable	4 mm <sup>2</sup> ; PV1-F, conducción solar				
Tipo de enchufe	compatible con MC4				
Caja de conexión	6 diodos bypass				
GARANTÍA Y CERTIFICADOS					
Garantía del producto	10 años de garantía				
Garantía de rendimiento 1	10 años de un 90% de la potencia nominal				
Garantía de rendimiento 2	25 años de un 80% de la potencia nominal				

Nota. Fabricante.

### 3.5.2.2. BATERIAS

Una vez seleccionado el panel solar requerido se determinó la batería necesaria para el almacenamiento del sistema, haciendo uso de la Ecuación (4) de sección 2.2.1

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{(\text{energía necesaria} * \text{días de autonomía})}{(\text{voltaje} * \text{profundidad de descarga de la batería})} \quad (4)$$

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{(900 * 1)}{(12 * 0.6)} = 125Ah$$

$$\text{Capacidad de la batería} = 125 \text{ Ah} * 1.20 = 150Ah$$

# Baterías = 1

Habiendo fijado la tensión de nuestro sistema de baterías con un valor de 12v, se procedió a la selección de la batería que contaba con las características indicadas en la Tabla 5.

Se seleccionó la batería de litio en el mercado **LFPO4 150 Ah-12V**

Se debe resaltar que, en periodos de autonomía cortos, alargan la vida de las baterías dando así al sistema mayor fiabilidad.



**Tabla 5**

Características técnicas batería seleccionada.

<b>Características</b>	
Voltaje nominal	12.8v
Capacidad nominal	150 Ah
Eficiencia de carga	100% @0.2 C
Peso	17 kg
Dimensiones	483*170*240mm

*Nota.* Fichas técnicas.

**Figura 14**

Batería de litio LFPO4 150 Ah-12V.

<b>Electrical Characteristics</b>	Nominal Voltage	12.8V
	Nominal Capacity	150Ah
	Energy	1920Wh
	Terminal	M8
	Cycle Life	>2000cycles @1C
	Months Self Discharge	<3%
	Efficiency of Charge	100 % @0.2C
	Efficiency of Discharge	96 ~99% @0.5C
<b>Standard Charge</b>	Charge Voltage	14.6-15.2V
	Charge Mode	0.2C to 13.6V, then 13.6V, charge current to 0.02C(CC/CV)
	Charge Current	45A
	Max. Charge Current	100A
	Charge Cut-off Voltage	14.6V ± 0.2
<b>Standard Discharge</b>	Continuous Current	75A
	Max continuous discharge current	100A
	Discharge Cut-off Voltage	10V
<b>Environmental</b>	Charge Temperature	0 °C to 45 °C (32 F to 113 F) @60 ± 25 % Relative Humidity
	Discharge Temperature	-20 °C to 60 °C (-4F to 140 F) @60 ± 25 % Relative Humidity
	Storage Temperature	0 °C to 40 °C (32 F to 104 F) @60 ± 25 % Relative Humidity
	Water Dust Resistance	IP21
<b>Mechanical</b>	Cell & Method	32650, 4S25P
	Plastic Case	ABS
	Dimensions (in./mm.)	483*170*240mm (Customized)
	Weight (lbs./kg.)	Approx:17.0Kg (37.47bs)
	Gravimetric specific energy	113WH/KG
	Bluetooth (optional)	/
	SOC (optional)	LED

*Nota:* Fabricante.

### 3.5.2.3. REGULADOR DE CARGA

Con la determinación del módulo fotovoltaico y batería se procedió a determinar el regulador para controlar el estado de carga de las baterías.

Para ello fue necesario el uso de las fichas técnicas del módulo fotovoltaico seleccionado SPECVL250W-12V, el cual indicaba una corriente de corto circuito  $I_{SC} = 8,80 A$ , por tanto se tuvo, que con el uso de la ecuación (5) indicadas en la sección 2.2.1.

$$I_{regulador} = I_{sc} * 1,25 \quad (5)$$

$$I_{regulador} = 8,80A * 1,25 = 11 A$$

La corriente a la salida del regulador fue:

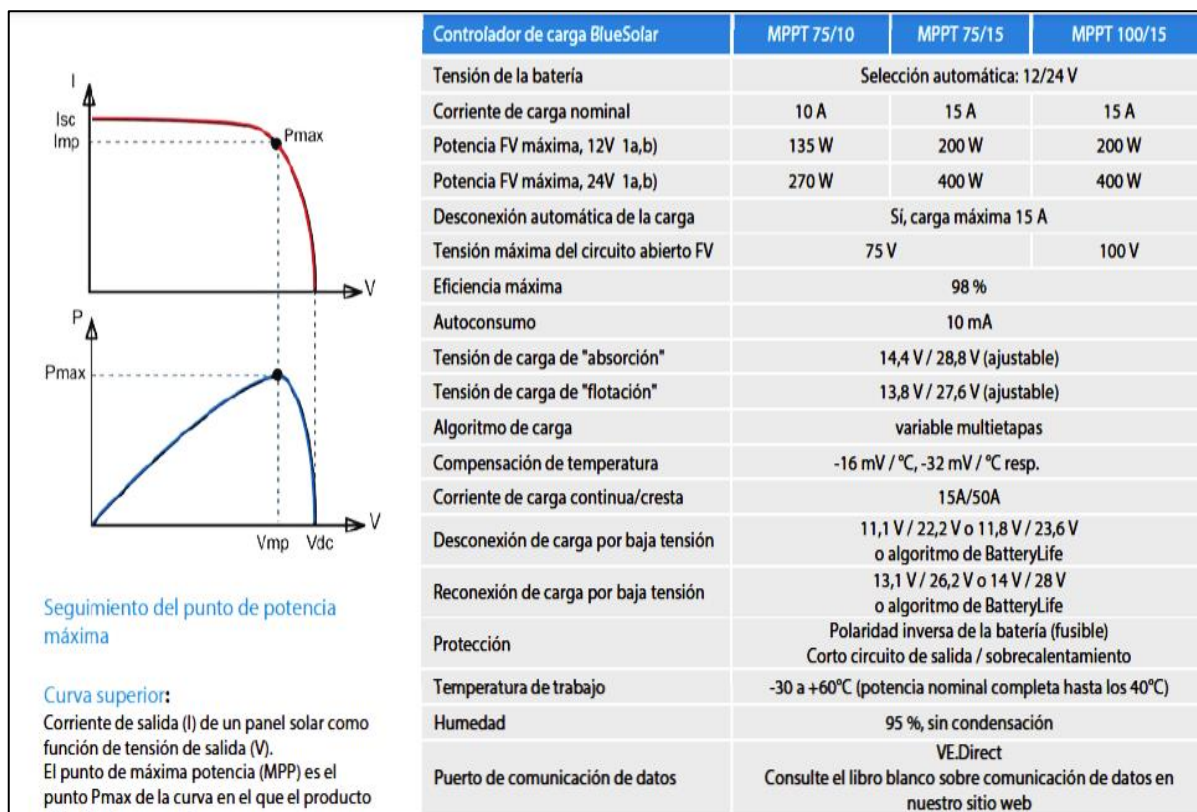
$$I_{sal-reg} = \frac{1.25P_{DC}}{V_{BAT}} \quad (6)$$

$$I_{sal-reg} = \frac{1.25(60)}{12} = 6,25 A$$

Con los datos calculados de la corriente del regulador requerido se hizo selección del de un regulador con una corriente superior cercana a la determina la cual fue de 11 A, con lo cual se seleccionó el regulador de carga VICTRON MPPT 75/15 – 12V. El cual tenía las características descritas en la Figura 15.

Figura 15

## Regulador de carga VICTRON MPPT 75/15 – 12V.



*Nota:* Fabricante.

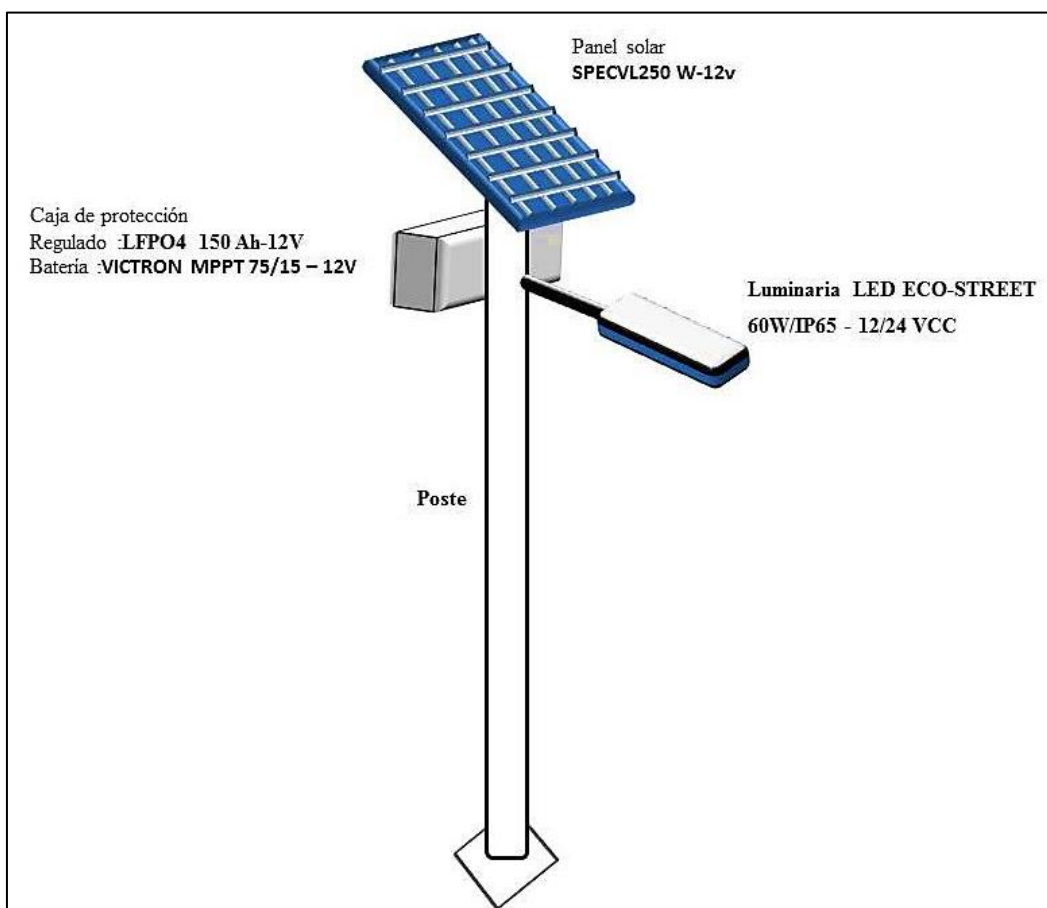
### 3.5.2.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Ya determinado el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el poste de iluminación se realizó el diseño de cómo iba a quedar el conjunto de elementos fotovoltaicos con su diagrama unifilar y topología del sistema.

El la Figura 16 se presentó el diseño del poste-iluminaria.

**Figura 16**

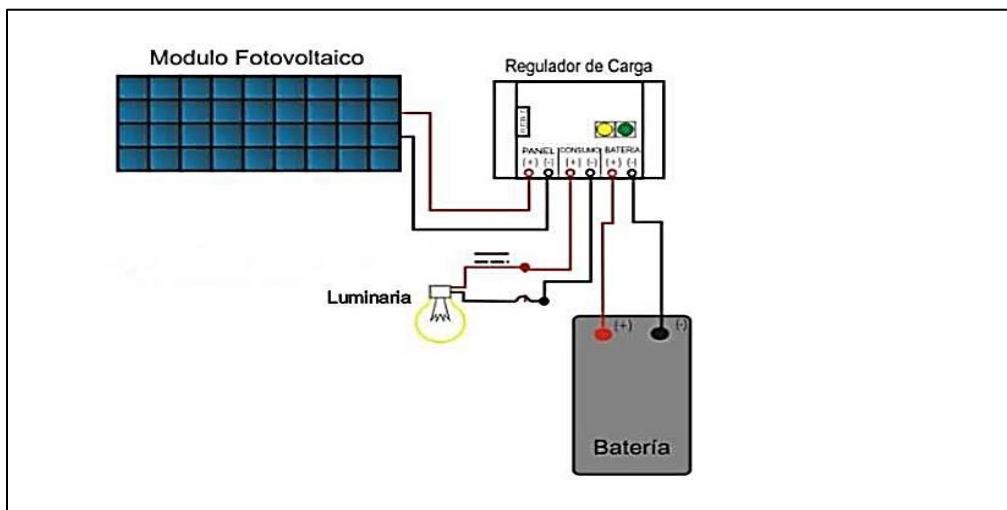
Sistema de iluminación fotovoltaico.



*Nota:* Elaboración propia

**Figura17**

Sistema de iluminación fotovoltaico

*Nota:* elaboración propia.



### 3.5.3. SISTEMA CONECTIVIDAD

Para el sistema de conectividad se tuvo en cuenta la carga hallada en tabla N° 3 (cuadro de cargas) determinada en la sección 3.4.1 anteriormente con valor de 1215 Wh/día, en la cual era el conjunto del sistema de conexión y carga de dispositivos móviles.

#### 3.5.3.1. PANEL FOTOVOLTAICO

Para la determinación de los paneles solares fotovoltaico necesarios para abastecer la demanda de energía necesaria en el quiosco solar se hizo uso de la ecuación (3) indicada en la sección 2.2.1

$$P_G = \frac{1215}{4,104 * 0,9} = 329 \text{ W}$$

Una vez se determinó el valor teórico del módulo se seleccionó el panel solar fotovoltaico disponible en el mercado, en lo cual se seleccionó el panel policristalino de potencia 170 W

#### **RT6E-150-170M-1.**

Para hallar el número de paneles necesarios con dicho panel de selección se procedió a utilizar la ecuación (6)

$$N_{PANELES} = \frac{PP_G}{P_{PANEL SELEC}} \quad (6)$$

$$N_{PANELES} = \frac{330W}{170W} = 2$$

Lo cual dio como resultado el uso de dos módulos fotovoltaicos para atender la demanda de energía requerida por el sistema de conexión y carga de dispositivos.



**Tabla 6**

Características técnicas modulo fotovoltaico seleccionado

<b>Características</b>	
Pmax	750 W
Potencia nominal	
Uoc	24.31
Tensión en circuito abierto.	V
Isc	9.2 A
Intensidad de cortocircuito	
Umpp	19.59V
Tensiona nominal	
Impp	8.68 A
Corriente nominal	
Pnom %	17.17
Eficiencia del modulo	%

*Nota.* Fichas técnicas

**Figura 19**

Panel solar RT6E-150-170M-1

<b>ELECTRICAL DATA(STC)</b>					
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	150W	155W	160W	165W	170W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	22.51V	22.8V	23.21V	23.33V	23.26V
Short Circuit Current-Isc(A)	8.75A	8.89A	8.98A	9.16A	9.18A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	18.4V	18.45V	18.6V	18.94V	19.32V
Maximum Power Current-Imp(A)	8.75A	8.89A	8.98A	9.16A	9.18A
Module Efficiency (%)	15.13%	15.63%	16.14%	16.64%	17.02%

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

<b>ELECTRICAL DATA(NOCT)</b>					
Maximum Power-Pmax (Wp)	110.97W	114.67W	118.37W	122.06W	125.76W
Open Circuit Voltage-Voc (V)	20.9V	21.16V	21.54V	21.66V	21.59V
Short Circuit Current-Isc (A)	7.1A	7.22A	7.29A	7.44A	7.45A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	16.99V	17.04V	17.18V	17.49V	17.84V
Maximum Power Current-Imp(A)	6.52A	6.72A	6.88A	6.97A	7.04A

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

<b>MECHANICAL DATA</b>	
Solar cells	Mono-crystalline 156x156mm, 4 or 5 Bus bars
Cell configuration	36 cells(4x9)
Module dimensions	1487x666x35mm
Weight	11.5KGS
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP65 or IP67, 6 Diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (IEC)/12AWG(UL),900mm
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging	2pcs/carton box

*Nota.* Fabricante

### 3.5.3.2. BATERIAS

Una vez seleccionado el panel solar requerido se determinó la batería necesaria para el almacenamiento del sistema, haciendo uso de la ecuación (4) de sección 2.2.1

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{(1215 * 1)}{(12 * 0,6)} = 168,7\text{Ah}$$

$$168,7 \text{ Ah} * 1.20 = 200 \text{ Ah}$$

$$\# \text{ BATERIAS} = 1$$

Una vez determinado el valor necesario de la batería se buscó la más cercana al valor calculado el cual fue de 200AH.

Se hizo selección de la batería **LIFEPO4 200 Ah 12V** la cual contaba con una capacidad de 200 Ah y voltaje de trabajo 12v. En la Tabla 5 se pudo apreciar las características técnicas de la batería seleccionada.

**Tabla 7**

Características técnicas batería seleccionada.

<b>Características</b>	
Voltaje nominal	12.8v
Capacidad nominal	200 Ah
Eficiencia de carga	100% @0.2 C
Peso	23 kg
Dimensiones	522*244*218mm

*Nota. Elaboración propia*

**Figura 20**

## Batería LIFEPO4 200 Ah 12V

<b>Electrical Characteristics</b>	Nominal Voltage	12.8V
	Nominal Capacity	200Ah
	Energy	2560Wh
	Terminal	M8
	Cycle Life	>2000cycles @1C
	Months Self Discharge	<3%
	Efficiency of Charge	100 % @0.2C
	Efficiency of Discharge	96 ~99% @0.5C
<b>Standard Charge</b>	Charge Voltage	14.6-15.2V
	Charge Mode	0.2C to 13.6V, then 13.6V, charge current to 0.02C(CC/CV)
	Charge Current	60A
	Max. Charge Current	100A
<b>Standard Discharge</b>	Charge Cut-off Voltage	14.6V ± 0.2
	Continuous Current	100A
	Max continuous discharge current	100A
<b>Environmental</b>	Discharge Cut-off Voltage	10V
	Charge Temperature	0 °Cto 45 °C(32 F to 113 F) @60 ± 25 % Relative Humidity
	Discharge Temperature	-20 °Cto 60 °C(-4F to 140 F) @60 ± 25 % Relative Humidity
	Storage Temperature	0 °Cto 40 °C(32 F to 104 F) @60 ± 25 % Relative Humidity
<b>Mechanical</b>	Water Dust Resistance	IP21
	Cell & Method	Square cell 3.2V100Ah ETC, 4S*2P
	Plastic Case	ABS
	Dimensions (in./mm.)	522*240*218mm (Customized)
	Weight (lbs./kg.)	Approx: 23.5Kg (51.82lbs)
	Gravimetric specific energy	111.3WH/KG
	Bluetooth (optional)	/
LCD display (optional)	/	

Nota. Fichas técnicas.

### 3.5.3.3. REGULADOR DE CARGA

Con la ayuda de las fichas técnicas del generador fotovoltaico seleccionado RT6E-170M- se todo en cuenta la corriente de cortocircuito del mismo la cual era  $I_{SC} = 9,18A$  , siendo esta la corriente de entrada al regulador haciendo uso de la ecuación (5). Ya que se usaron dos paneles se realizó el múltiplo de dicha corriente por un factor de 2.

La corriente a la entrada del regulador es de:

$$I_{regulador} = I_{PANEL} * 2 * 1,25 \quad (5)$$

$$I_{regulador} = 9,18 * 2 * 1,25 = 23 A$$

La corriente a la salida del regulador es:

$$I_{sal-reg} = \frac{1.25P_{DC}}{V_{BAT}}$$

$$I_{sal-reg} = \frac{1.25(23)}{12} = 3,02A$$

Una vez determinado el valor necesario de corriente del inversor se seleccionó el inversor que cumpliera con las características suficientes para dicho sistema el cual fue de 25 A- 12v.

Se selecciona el regulador de carga **PS-MPPT-25M 12v**

**Figura 21**

Regular de carga PS-MPPT-25M 12v

<b>Eléctricas</b>	<b>PS-MPPT-25, PS-MPPT-25M</b>	<b>PS-MPPT-40, PS-MPPT-40M</b>
Corriente de batería máxima	25 Amperios	40 Amperios
Capacidad de carga de corriente	25 Amperios	30 Amperios
Voltaje de circuito abierto (Voc) de energía fotovoltaica máx.	120 V (sin daño a la unidad)	
Voltaje de batería nominal	12 V o 24 V	
Potencia operacional nominal máx.*		
Batería de 12 voltios	350 W @ 45 °C	550 W @ 45 °C
Batería de 24 voltios	700 W @ 60 °C	1100 W @ 60 °C
Eficiencia máxima	98%	
Rango del voltaje de la batería	10-35 V	
Precisión del voltaje	<= 0.1% +/- 50 mV	
Autoconsumo	normal: 0.6 W; máximo: 1 W	
Indicadores LED	(1) estatus, (3) estado de carga de las baterías	
Protección contra sobretensiones transitorias	solar, batería, carga	
<b>Ambientales</b>		
Rango de temperatura de funcionamiento	-40 °C a +60 °C	
Rango de temperatura de funcionamiento del medidor	-20 °C a +60 °C	
Temperatura de almacenaje	-40 °C a +80 °C	
Humedad	100% sin condensación	
Tropicalización	Revestimiento de conformación, terminales con clasificación marina	

*Nota.* Fabricante.

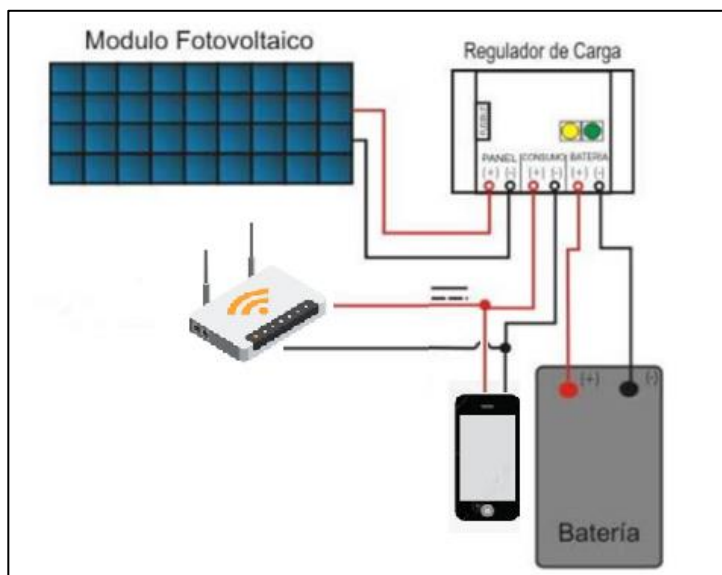
### 3.5.3.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA DE CONECTIVIDAD.

Para el diseño del quiosco solar se tomó en cuenta un lugar cómodo en el cual las personas llegaran no solo a cargar sus dispositivos móviles sino a interactuar en la red. Dicho sitio contaba con asientos y techo el cual protegía del sol y la lluvia a sus visitantes.

Dicho sistema fue realizado con su diseño estructural, diagrama unifilar y topología eléctrica

**Figura 22**

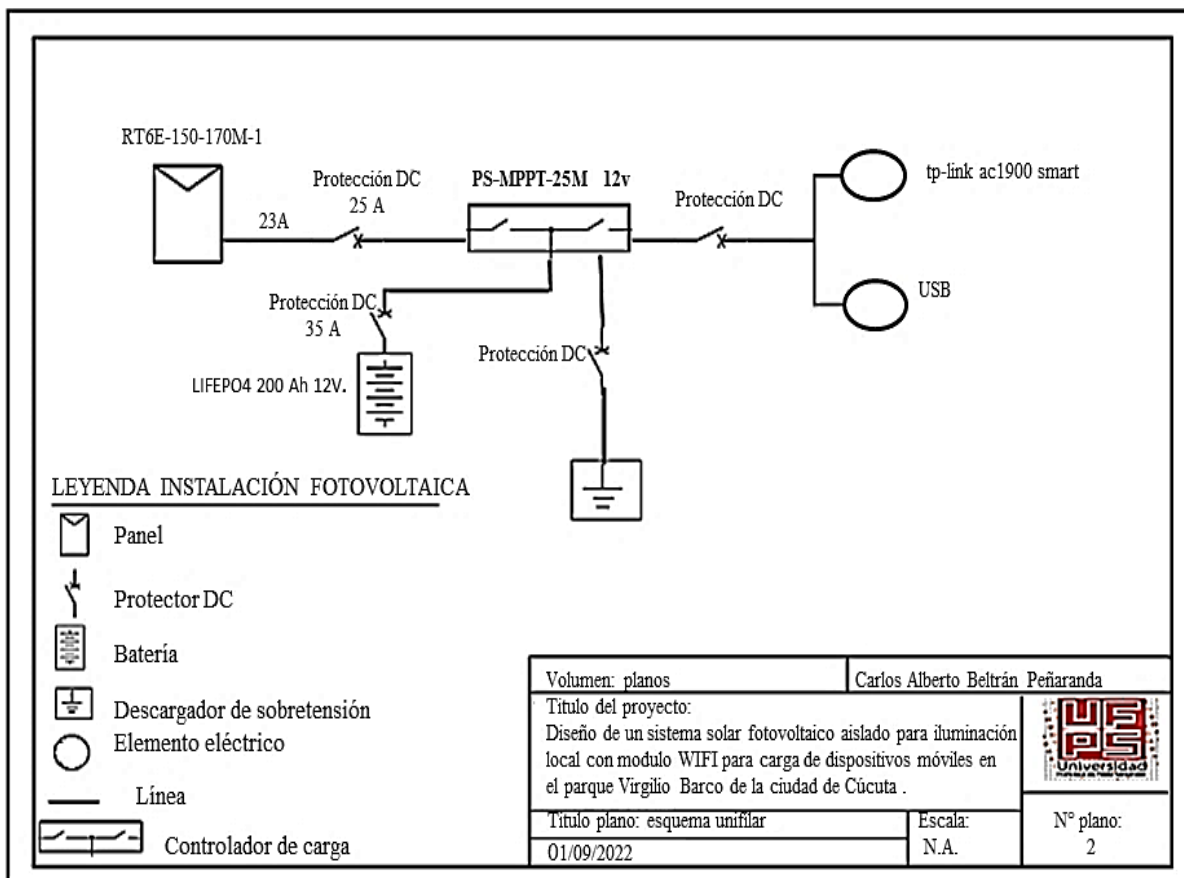
Topología de la instalación fotovoltaica.



*Nota:* elaboración propia.

**Figura 23**

Diagrama unifilar del sistema de conectividad y carga.



*Nota.* Elaboración propia.



**Figura 24**

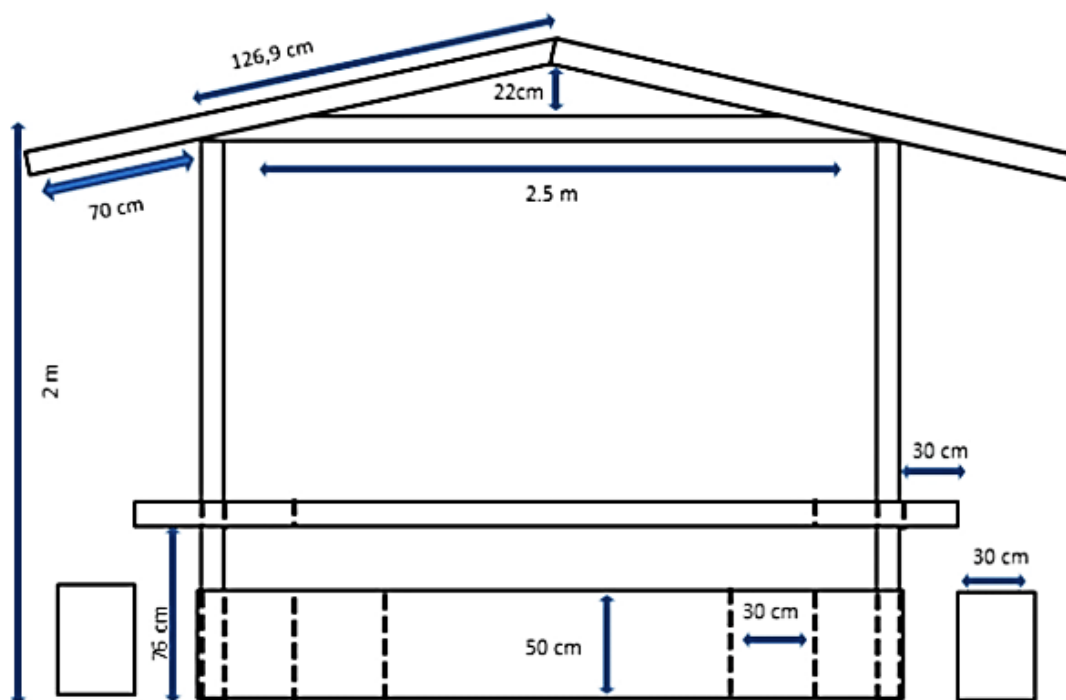
Diseño 3D Quisco solar



*Nota:* Elaboración propia.

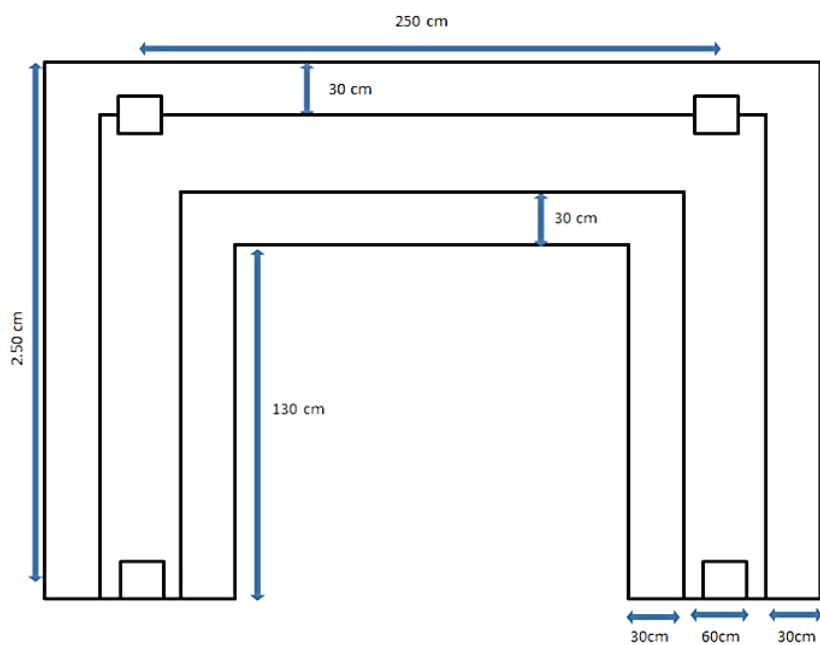
**Figura 25**

Diseño estructural del Quiosco solar (vista frontal)

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 26**

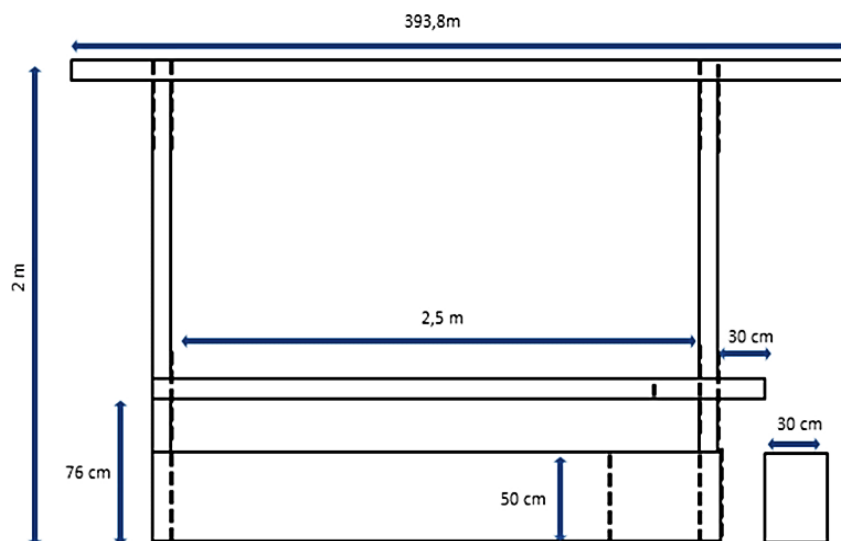
Diseño estructural del Quiosco solar (vista superior interna)



*Nota:* Elaboración propia

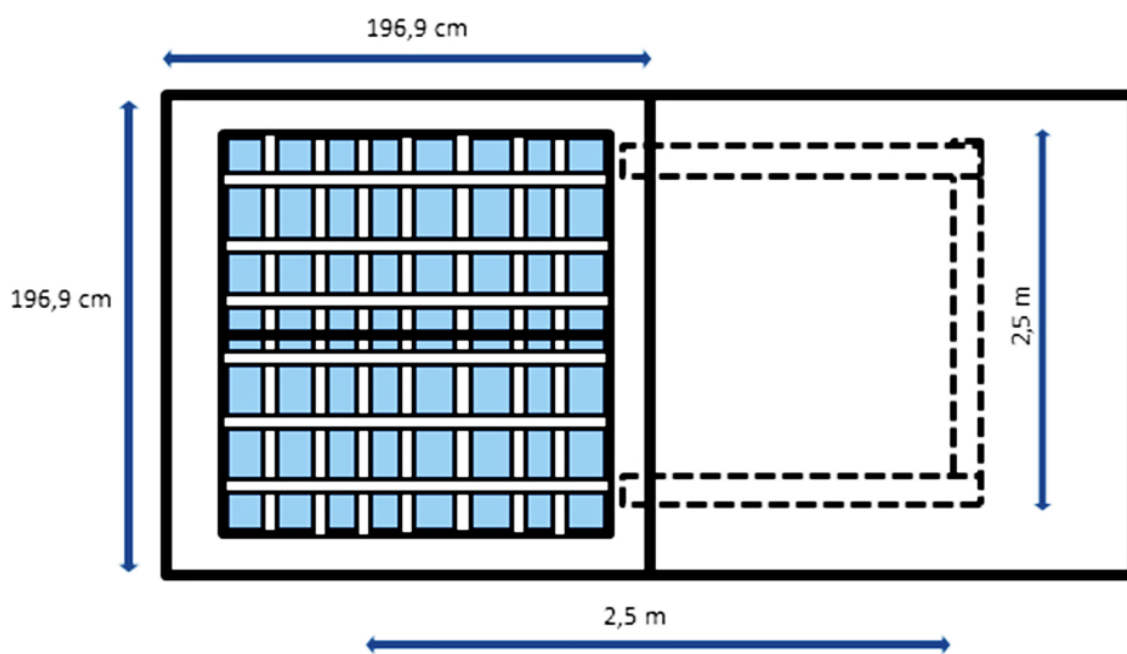
**Figura 27**

Diseño estructural del Quiosco solar (vista lateral)

*Nota:* Elaboración propia

**Figura 28**

Diseño estructural del Quiosco solar (vista superior)

*Nota:* Elaboración propia

### 3.5.4. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Para aprovechar de forma óptima el recurso solar los paneles debían estar ubicados de modo que estos aprovecharan al máximo la energía del sol en el día. Este aprovechamiento dependía de la posición del sol, siendo la inclinación de los paneles solares lo importante en dicho aprovechamiento. El ángulo de inclinación óptimo se obtuvo haciendo uso de la ecuación (1).

Con los datos obtenidos en google maps según la ubicación del lugar a realizar el proyecto se tomaron los datos.

Latitud: 7.94053°

Longitud: -72.4993486

Reemplazando en la ecuación se obtuvo:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 |7.94053| \quad (1)$$

$$\beta_{opt} = 9.8$$

Por lo que el ángulo óptimo para esta instalación fue de 9.8° hacia el sur ya que Colombia está ubicado al norte del meridiano, de igual manera la UPME recomendaba una inclinación mínima de 10° para evitar la acumulación de polvo y partículas en los paneles solares.

### 3.5.5. SELECCIÓN DE CONDUCTORES

Para garantizar que los conductores eléctricos soportaran las condiciones de operación de los sistemas fotovoltaicos se tuvo en cuenta las normas planteadas en el RETIE (NTC 2050) en su sección 690, se han crearon normas como la UL 4703 “PHOTOVOLTAIC WIRE”, la norma TÜV 2-PfG-1940/12.11 y la norma EN 50618. La norma UL 4703 las cuales indicaban:

“Esta norma cubre lo relacionado con conductores fotovoltaico sencillo, aislado y recubierto de forma integral o no integral, resistente a la luz solar y clasificado 90 °C, 105 °C, 125 °C, o 150 °C seco y 90 °C húmedo, 600, 1000, o 2000 V para cableado de interconexión de sistemas fotovoltaicos de energía conectados a tierra y no conectados a tierra, según lo descrito en el Artículo 690, Parte IV, Métodos de Cableado, y otras secciones aplicables del Código Eléctrico Nacional (National Electrical Code - NEC), NFPA 70”.

Al momento de hacer selección del cableado a utilizar en el sistema fotovoltaico se debió saber cuál era la intensidad máxima de corriente que pasaba por el conductor y la longitud de dicho cable.

Al tener longitudes largas de cables se debía tener en cuenta que la sección igualmente debe ser grande para contrarrestar la caída de tensión que se genera en dicho tramo.

Ya que el sistema que se iba a realizar era muy compacto (todos los elementos se encontraban cerca de sí) no era necesario el uso de tramos largos de cableado.

Se determinaron los conductores en cada uno de los tramos del sistema fotovoltaico tales como panel-controlador de carga, controlador de carga- baterías. Para este diseño se utilizó cable fotovoltaico tipo PV XLPE 2000V 90°C SR marca Centelsa, con valores de capacidad de corriente corresponden a los descritos en la tabla 310.16 de la NTC 2050.

**Figura 30**

PV XLPE 2000V 90°C SR marca Centelsa

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO TIPO PV XLPE 2000V 90°C SR					
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro total aproximado	Peso total aproximado
AWG/kcmil	mm <sup>2</sup>		mm	mm	Kg/Km
14	2,08	7	1,91	6,0	47
12	3,31	7	1,91	6,5	62
10	5,26	7	1,91	7,1	84
8	8,37	7	2,16	8,3	126
6	13,30	7	2,16	9,2	177
4	21,15	7	2,16	10,4	260
2	33,62	7	2,16	11,9	386
1	42,41	19	2,67	14,2	510
1/0	53,48	19	2,67	15,2	602
2/0	67,43	19	2,67	16,4	739
3/0	85,01	19	2,67	17,6	912
4/0	107,2	19	2,67	19,1	1128
250	126,7	37	3,05	21,0	1346
300	152,0	37	3,05	22,4	1592
350	177,3	37	3,05	23,6	1837
400	202,7	37	3,05	24,8	2081
500	253,4	37	3,05	26,9	2567
600	304,0	61	3,43	29,7	3085
750	380,0	61	3,43	32,3	3810
1000	506,7	61	3,43	36,1	5011

*Nota:* Centelsa, cables para el aprovechamiento de la energía solar

### 3.5.5.1. SELECCIÓN CONDUCTORES SISTEMA ILUMINACIÓN

Se determinó los calibres de los conductores de acuerdo a las secciones como:

- Panel solar- regulador de carga



- Regulador de carga – baterías

### 3.5.5.1.1. CONDUCTORES PANEL SOLAR–CONTROLADOR

La corriente que iba a circular por dicho tramo, era la corriente en corto circuito del panel solar, la cual se obtuvo de las fichas técnicas del panel a utilizar en dicha sección.

Dónde:

$I_{SC}$  = corriente de cortocircuito del panel solar

$$I_{panel-controlador} = 8,8 \text{ A}$$

Según la NTC 2050 en su sección 690.8 “Dimensionamiento y corriente de los circuitos” para calcular la corriente del circuito se debe usar un factor del 1,25.(8)

$$I_{panel-controlador} = 8,8 \text{ A} * 1.25 \quad (8)$$

$$I_{panel-controlador} = 11 \text{ A}$$

Al dimensionar la capacidad que debía tener el cable necesario se utilizaron los factores de corrección por temperatura y agrupamiento de las tablas 310-16 a 310-19 de la NTC 2050 en los cuales se definieron dos factores principales de corrección.

Figura 31

## Capacidad de corriente en conductores aislados

Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2.000 V nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30°C.

Calibre mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre AWG o kcmils
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

Nota. tabla 310-16 de la NTC 2050

**Figura 32**

Factores de corrección de temperatura

FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temp. ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30°C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de los siguientes						Temp. ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	61-70
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	71-80

*Nota.* tabla 310-19 NTC 2050

Para la temperatura promedio en la ciudad de Cúcuta (32°C) el factor de corrección por temperatura fue de 0.96, teniendo en cuenta que solo se hacía uso de un solo elemento por tramo la canalización solo alojaba 1 polo positivo y uno negativo, por lo que el factor de corrección por agrupación de conductores era 1. De esta forma se calculó la **Ampacidad** (conducción de corriente del cable) por medio de la ecuación (9) de la sección 2.2.1

$$A_{panel-controlador} = \frac{11}{0,96*1} \quad (9)$$

$$A_{panel-controlador} = 11,45 \text{ A}$$

Según en la tabla 310.16 de la NTC2050 y la Figura 32 se hizo selección del conductor un cable 14 AWG tipo PV XLPE 2000V 90°C SR y una protección de 12 A.

Para selección del calibre del conductor de puesta a tierra se hizo uso la tabla 250-95 de la NTC2050, donde el conductor se seleccionó teniendo en cuenta el valor de corriente de la protección, para este tramo se utilizó un calibre 14 AWG fotovoltaico tipo PV XLPE 2000V 90°C SR.

### Figura 33

Calibre conductor puesta a tierra.

Tabla 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil	mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2.000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2.500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3.000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4.000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5.000	354,69	700 kcmil	608,04	1.200 kcmil
6.000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil

Nota. Fuente: tabla 250-95 de la NTC2050

### 3.5.5.1.2. CONDUCTORES CONTROLADOR-BATERIAS

Al momento de calcular el conductor necesario en este tramo se tuvo en cuenta la corriente nominal del controlador de carga las cuales fueron halladas de las fichas técnicas del controlador seleccionado anteriormente.

$$I_{nominal-controlador} = 15 * 1.25A$$

$$I_{nominal-controlador} = 18.8 A$$

$$A_{panel-controlador} = \frac{18.8}{0.96*1}$$

$$A_{panel-controlador} = 19A$$

De los datos en la tabla 310.16 de la NTC2050 se hará uso un conductor un cable 14 AWG para los conductores positivo y negativo, en dicho caso una protección de 20 A.

De la tabla 310.16 de la NTC2050 se usara un conductor de cable 12 AWG para los conductores positivo y negativo, una protección de 20 A.

### 3.5.5.2. SELECCIÓN CONDUCTORES SISTEMA CONECTIVIDAD

Para dichos cálculos se realizó el mismo procedimiento al sistema de iluminación en cada uno de los tramos en el cual se determinaron cada uno de los tramos del sistema fotovoltaicos como paneles, baterías y reguladores.

#### 3.5.5.2.1. PANEL SOLAR – CONTROLADOR

La corriente que circulaba por dicho tramo, era la corriente en corto circuito del panel solar, la cual se obtuvo de las fichas técnicas del panel seleccionado.

Dónde:

$I_{SC}$  = corriente de cortocircuito del panel solar

$$I_{panel-controlador} = 9,18 * 2 * 1,25A$$

$$I_{panel-controlador} = 23 A$$

$$A_{panel-controlador} = \frac{23}{0,96 * 1}$$

$$A_{panel-controlador} = 23,9A$$

Según en la tabla 310.16 de la NTC2050 y la tabla 4 se hizo selección del conductor un cable 14 AWG tipo PV XLPE 2000V 90°C SR y una protección de 25 A.

Para selección del calibre del conductor de puesta a tierra se hizo uso la tabla 250-95 de la NTC2050, donde el conductor se seleccionó teniendo en cuenta el valor de corriente de la protección, para este tramo se utilizó un calibre 10 AWG fotovoltaico tipo PV XLPE 2000V 90°C SR.

### 3.5.5.2.2. CONTROLADOR-BATERIAS

Al momento de calcular el conductor en dicho tramo fue necesario tener en cuenta la corriente nominal del controlador de carga con lo cual se determinó de las fichas técnicas del fabricante.

$$I_{nominal-controlador} = 25 * 1.25A$$

$$I_{nominal-controlador} = 31.2 A$$

$$A_{panel-controlador} = \frac{31.2}{0,96 * 1}$$

$$A_{panel-controlador} = 32,5A$$

De los datos en la tabla 310.16 de la NTC2050 se hizo uso un conductor un cable 10 AWG para los conductores positivo y negativo, en dicho caso una protección de 35 A.

Para selección del calibre del conductor de puesta a tierra se hizo uso de la tabla 250-95 de la NTC2050, donde el conductor se seleccionó teniendo en cuenta el valor de corriente de la protección, para este tramo se utilizó un calibre 10 AWG fotovoltaico tipo PV XLPE 2000V 90°C SR.

### **3.5.6. PUESTA A TIERRA, SELECCIÓN ELECTRODO EQUIPOTENCIAL**

Para dichos sistemas autónomos igualmente fue necesaria la instalación de sistema de puestas a tierra.

#### **3.5.6.1. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA.**

Para cumplir con el Retie se hizo obligatorio que los electrodos de puesta tierra cumplieran con los requisitos estipulados en la tabla 23 del Retie.

**Figura 34**

Requisitos para electrodos de puesta a tierra

Tipo de Electrodo	Materiales	Dimensiones Mínimas			
		Diámetro mm	Area mm <sup>2</sup>	Espesor mm	Recubrimiento μm
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			100
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fieje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable	Cobre	1,8 para cada hilo	25		
	Cobre estañado	1,8 para cada hilo	25		
Placa	Cobre		20000	1,5	
	Acero inoxidable		20000	6	

*Nota.* Tabla 23 del artículo 15 del Retie

Por tal razón, se seleccionó una varilla de cobre 12,7 mm de diámetro y una longitud de 2,40m.

### **Cálculo de caída de tensión en conductores.**

La sección de cableado es muy importante ya que se relaciona con la seguridad y el rendimiento del sistema. Si los cables no tienen el tamaño correcto, el sistema corre el riesgo de sufrir daños importantes o incluso un incendio. Se calcula mediante la ecuación (16) ya que el material es cobre

$$.S_{CC} = \frac{2 * L * I_{CCO}}{\gamma * \Delta V} \quad (16)$$



Dónde  $S_{cc}$  es la sección del cable en  $mm^2$  para corriente continua,  $L$  la longitud del tramo (m),

$I_{cco}$  el 125% de la corriente de corto circuito de operación (A) según código eléctrico colombiano (norma NTC 2050) y  $\Delta V$  la caída de tensión (V) que no debe exceder el 5% del voltaje de operación de acuerdo con la misma norma y  $Y$  es la conductividad del cobre a  $70\text{ }^\circ\text{C}$  ( $m\ \Omega * mm^2$ ) [

Después de haber realizado el cálculo de la sección del cable para el tramo a corriente continua, se obtuvo como resultado que la sección de los cables en el sistema de iluminación y el módulo fotovoltaico fue de:

$$\Delta V = 0.6 \text{ Permitida.}$$

### **Sistema iluminación:**

Tramo panel – controlador: 1 AWG

$$\Delta V = \frac{2 * L * I_{cco}}{Y * S_{cc}}$$

$$\Delta V = \frac{2 * 2 * 11}{56 * 2.08} = 0.18 \text{ V}$$

Controlador – batería: 14 AWG

$$\Delta V = \frac{2 * 1 * 18.8}{56 * 2.08} = 0.32 \text{ V}$$

**Sistema conectividad:**

Tramo panel – controlador: 14 AWG

$$\Delta V = \frac{2 * 1 * 23}{56 * 2.08} = 0.39 \text{ V}$$

Controlador – batería: 12 AWG

$$\Delta V = \frac{2 * 1 * 31.2}{56 * 3.3} = 0.33 \text{ V}$$

Se pudo evidenciar que las caídas de tensión no sobrepasan el límite permitido.

**3.5.7. PERDIDAS POR MÉTODO TEÓRICO**

Como se describió anteriormente existen varios tipos de pérdidas en el sistema fotovoltaico, el sistema se diseñó con un porcentaje de margen de seguridad propuesta por la norma NTC 2050 pero igualmente se determinarán de forma teórica.

*Pérdidas por polvo y suciedad*

$$P_{pol} = 1 - 5\% = 0,95$$

*Pérdidas por reflectancias angulares y espectrales*

$$P_{pol} = 1 - 3\% = 0,97$$

*Perdidas por temperatura*

Tomando la ecuación. Se procede a realizar el cálculo:

$$Pt = 1 - Tc \cdot \left[ \left( Ta + G \cdot \left( \frac{T_{ONG} - 20}{800} \right) \right) - 25 \right]$$

El coeficiente de temperatura es de 0,44%/°C

Siendo el promedio de temperatura ambiente en la ciudad de Cúcuta de 30°C

La radiación promedio por metro cuadrado es de 1000 W/m<sup>2</sup>

La temperatura de operación nominal de la celda es de 45°C

$$Pt = 1 - 0,0041 \cdot \left[ \left( 30 + 1000 \cdot \left( \frac{45 - 20}{800} \right) \right) - 25 \right] = 0,85$$

*Perdidas eléctricas en el cableado*

$$Pele = 1 - 1.5\% = 0,98$$

*Perdidas por sombreado*

$$Psom = 1 - 2\% = 0,98$$

*Perdidas por degradación de los módulos*

$$Pdeg = 1 - 2\% = 0,98$$

Con dichos datos se procede a determinar la potencia necesaria en el generador inicialmente ya determinada.

$$P = \frac{E}{Pdis \cdot Ppol \cdot Pref \cdot Ptem \cdot Pele \cdot \eta_{inv} \cdot Ppmp \cdot Psom \cdot Pnoc \cdot Pdeg \cdot \#hps}$$

$$P = \frac{720}{0,98 * 0,98 * 0,98 * 0,85 * 0,97 * 0,95 * 0,95 * 4,104}$$

$$P = 235.97 \text{ W}$$

Como se pudo observar el resultado obtenido es cercano al valor calculado inicialmente con el margen de seguridad del 25% según la norma NTC 205 con el cual se trabajó,  $P = 244W$ .

### **3.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA**

Una vez dimensionados cada uno de los elementos del sistema, se desarrolló el estudio económico del sistema y su viabilidad. Se tomó en cuenta el precio, calidad y vida útil de dichos elementos que conforman el sistema fotovoltaico.

De acuerdo al dimensionamiento de los elementos del sistema fotovoltaico, se seleccionaron en el mercado los materiales de cada uno de los sistemas que pudieron suplir la energía demandada por la carga, el costo total de los elementos necesarios para el proyecto de investigación y el valor de los ingresos que este podía llegar a generar en el periodo de vida útil.

Dichos datos del estudio financiero, son los que permitieron determinar la viabilidad económica del proyecto.

#### **3.6.1. INVERSIÓN INICIAL**

Se llevó a cabo la sumatoria de los componentes necesarios en el sistema fotovoltaico para asegurar un buen funcionamiento del mismo.

En la Tabla 6 se presentaron los precios de los elementos utilizados en la generación de proyecto ya consultados según su precio por las diferentes cotizaciones solicitadas a las distribuidoras de elementos fotovoltaicos en Colombia.

**Tabla 8**

Inversión del proyecto

<b>ARTICULO</b>	<b>CANTI</b>	<b>PRECI</b>	<b>PRECIO</b>
PANEL SOLAR 250W	8	\$	\$ 4.400.000
PANEL SOLAR 170W	2	\$394.400	\$394.400
REGULADOR 15 A	1	\$ 73.500	\$ 73.500
REGULADOR 25 A	1	\$ 85.750	\$ 85.750
BATERIA 150 Ah	8	\$	\$ 6.400.000
BATERIA 200 Ah	1	\$1.050.4	\$1.050.450
ROUTER	1	\$150.000	\$150.000
LAMPARA LED	8	\$	\$1.120.000
CONVERTIDOR DC-DC	1	\$50.000	\$50.000
CONECTORES Y PROTECCIONES			\$400.000
CAJA DE PROTECCIÓN	9	\$100.000	\$900.000
ESTRUCTURA	1	\$4.000.0	\$4.000.000
MANO DE OBRA			\$5.000.000
<b>Valor total de la inversión</b>			<b>\$24.024.10</b>

*Nota.* Elaboración propia

### 3.6.2. INGRESOS

Los ingresos del proyecto eran aquello que se ahorraba en el pago de la factura de energía.

### 3.6.3. PRECIO DE LA ENERGÍA.

Para dicho caso el precio o tarifa de energía era la otorgada por la empresa de energía CENS GRUPO EPM, en lo cual se veía reflejada en sus tarifas mensuales la variación porcentual de dicho precio, dependiendo del estrato y tipo de servicio.

Como resultado de establecer un sistema fotovoltaico el cual cubría una demanda energética deducida como valor de referencia, el resultado que se esperaba era que los costos por pago a CENS de suministro eléctrico disminuyeran, lo cual significaba un

ahorro que se iría acumulando a través del periodo de vida útil del sistema. Para la determinación de estos ahorros se hizo uso de las ecuaciones de la 10 a la 12

$$\text{Ahorro mensual} = \text{costo kWh(Sistema)} * \text{Días del mes} \quad (10).$$

$$\text{Ahorro anual} = \text{ahorro mensual} * 12 \quad (11)$$

$$\text{Ahorro acumulado} = \text{ahorro anual por vida útil SF} \quad (12)$$

Usando los datos de la Tabla 3 (cuadro de cargas), se tiene que:

$$\text{Energía real día} = \text{kWh}$$

$$\text{Ahorro anual} = 8.41 * 365 = 3.069,65 \text{ kWh}$$

$$\text{Ahorro acumulado} = 3.069,65 * 25 = 76.741,25 \text{ kWh}$$

Se esperaba que el sistema solar fotovoltaico produjera 76.741,25 kWh durante su vida útil (25 años) para la satisfacción de la iluminación, zona WIFI y carga de dispositivos móviles.

#### **3.6.4. ANÁLISIS DE TARIFA DE ENERGÍA DE CENS GRUPO EPM.**

Para determinación del ahorro que generaría el proyecto durante su vida útil fue necesario analizar el costo de las tarifas de energía (kWh) que entrega la empresa.

**Tabla 9**

Tarifas de energía año 2018

<b>2018</b>	<b>\$/</b>
ENERO	490.0
FEBRERO	494.0
MARZO	517.0
ABRIL	508.9
MAYO	503.4
JUNIO	516.8
JULIO	521.3
AGOSTO	519.3
SEPTIEMBRE	523.2
OCTUBRE	521.8
NOVIEMBRE	523.0
DICIEMBRE	530.5
<b>PROMEDIO</b>	<b>513.7</b>

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 10**

Tarifas de energía año 2019

<b>2019</b>	<b>\$/ kWh</b>
ENERO	523.7
FEBRERO	531.4
MARZO	550.9
ABRIL	542
MAYO	519.6
JUNIO	523.3
JULIO	522.8
AGOSTO	534
SEPTIEMBRE	535
OCTUBRE	546.6
NOVIEMBRE	556.1
DICIEMBRE	533
<b>PROMEDIO</b>	<b>534.5</b>

*Nota.* Elaboración propia



**Tabla 11**

Tarifas de energía año 2020

<b>2020</b>	<b>\$/ kWh</b>
ENERO	538.9
FEBRERO	596.4
MARZO	596.4
ABRIL	596.4
MAYO	596.4
JUNIO	596.4
JULIO	596.4
AGOSTO	596.4
SEPTIEMBRE	596.4
OCTUBRE	596.4
NOVIEMBRE	596.4
DICIEMBRE	596.4
<b>PROMEDIO</b>	<b>596.4</b>

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 12**

Tarifas de energía año 2021

<b>2021</b>	<b>\$/ kWh</b>
ENERO	597.6
FEBRERO	601.2
MARZO	604.8
ABRIL	608.5
MAYO	612.1
JUNIO	615.8
JULIO	619.5
AGOSTO	623.2
SEPTIEMBRE	627
OCTUBRE	630.7
NOVIEMBRE	634.5
DICIEMBRE	638.3
<b>PROMEDIO</b>	<b>617.3</b>

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 13**

Tarifas de energía año 2022

<b>2022</b>	<b>\$/ kWh</b>
ENERO	642.1
FEBRERO	646.0
MARZO	649.9
ABRIL	657.7
MAYO	690.5
JUNIO	715.4
JULIO	736.9
AGOSTO	781.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>689.5</b>

*Nota.* Elaboración propia

El resumen de los ahorros anuales se presentó en la tabla 14:

**Tabla 14**

Ahorros

<b>Año</b>	<b>Ahorro anual (\$)</b>	<b>Ahorro acumulado (\$)</b>
<b>1</b>	\$ 2.264.680,33	\$ 2.264.680,33
<b>2</b>	\$ 2.423.207,96	\$ 4.687.888,29
<b>3</b>	\$ 2.592.832,51	\$ 7.280.720,80
<b>4</b>	\$ 2.774.330,79	\$ 10.055.051,59
<b>5</b>	\$ 2.968.533,94	\$ 13.023.585,53
<b>6</b>	\$ 3.176.331,32	\$ 16.199.916,85
<b>7</b>	\$ 3.398.674,51	\$ 19.598.591,36
<b>8</b>	\$ 3.636.581,73	\$ 23.235.173,09
<b>9</b>	\$ 3.891.142,45	\$ 27.126.315,54
<b>10</b>	\$ 4.163.522,42	\$ 31.289.837,96
<b>11</b>	\$ 4.454.968,99	\$ 35.744.806,95
<b>12</b>	\$ 4.766.816,82	\$ 40.511.623,77
<b>13</b>	\$ 5.100.494,00	\$ 45.612.117,76
<b>14</b>	\$ 5.457.528,58	\$ 51.069.646,34
<b>15</b>	\$ 5.839.555,58	\$ 56.909.201,92
<b>16</b>	\$ 6.248.324,47	\$ 63.157.526,38
<b>17</b>	\$ 6.685.707,18	\$ 69.843.233,56
<b>18</b>	\$ 7.153.706,68	\$ 76.996.940,24
<b>19</b>	\$ 7.654.466,15	\$ 84.651.406,39
<b>20</b>	\$ 8.190.278,78	\$ 92.841.685,17
<b>21</b>	\$ 8.763.598,29	\$ 101.605.283,50
<b>22</b>	\$ 9.377.050,17	\$ 110.982.333,60
<b>23</b>	\$ 10.033.443,69	\$ 121.015.777,30
<b>24</b>	\$ 10.735.784,75	\$ 131.751.562,10
<b>25</b>	\$ 11.487.289,68	\$ 143.238.851,70

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de la tabla de ahorro, el ahorro final de la vida útil de la instalación correspondía a \$143.238.851,70. A partir de dicho valor y según el método de periodo de recuperación de la inversión se podía decir que correspondía al año 9 de la vida útil. Los

ahorros representan los valores que se obtendrían de la demanda de energía eléctrica consumida, la cual es cubierta por el sistema solar fotovoltaico.

### **3.6.5. GASTOS OPERACIONALES**

Todo sistema fotovoltaico tendría un costo de mantenimiento, muy bajo, no con ello se debían seguir ciertos requerimientos para que el sistema funcionara adecuadamente durante su vida útil y no llegara a tener pérdidas de generación por pequeños fallos. A fin de productos económicos, se podía suponer que el costo anual de mantenimiento necesario para un óptimo funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica, era de un 3% de los costos iniciales de la instalación, de dicho modo se hizo uso la ecuación (13) propuesta en la sección 2.2.1.

$$\text{costo anual } OyM = \text{inversion inicial} * 0.03 \quad (13)$$

$$\text{costo anual } OyM = \$24.024.100 * 0.03$$

$$\text{costo anual } OyM = \$720.700$$

De acuerdo a esto se hace una tabla con los valores de operación y mantenimiento a través de los años hasta la vida útil del sistema.

**Tabla 15**

Costos de operación y mantenimiento anuales.

COSTO ANUAL OyM	
AÑO	VALOR (\$)
1	\$ 711.561
2	\$ 732.908
3	\$ 754.895
4	\$ 777.542
5	\$ 800.868
6	\$ 824.894
7	\$ 849.641
8	\$ 875.130
9	\$ 901.384
10	\$ 928.426
11	\$ 956.278
12	\$ 984.967
13	\$ 1.014.516
14	\$ 1.044.951
15	\$ 1.076.300
16	\$ 1.108.589
17	\$ 1.141.847
18	\$ 1.176.102
19	\$ 1.211.385
20	\$ 1.247.727
21	\$ 1.285.158
22	\$ 1.323.713
23	\$ 1.363.424
24	\$ 1.404.327
25	\$ 1.446.457

*Nota.* Elaboración propia.

Una vez se contó con dichos datos de operación y mantenimiento, se procedió a determinar la depreciación anual en el sistema.

### **3.6.6. DEPRECIACIÓN.**

Se planteó hacer uso del método de la suma de los dígitos del año, siendo un método de depreciación acelerada que buscaba establecer una mayor proporcionalidad de depreciación en los primeros años de vida útil del activo, considerando el valor nuevo correspondiente a la inversión inicial, el valor de salvamento el cual pertenecía al 50% del valor nuevo, de modo que se podía hacer un provecho del 80% de los componentes del sistema al final de su vida útil.

Para realizar este método, se propuso llenar la Tabla propuesta en la Figura 35.

**Figura 35**

Depreciación

<b>Año</b>	<b>Inverso</b>	<b>Factor de depreciación n(FD)</b>	<b>Depreciación anual</b>	<b>Valor residual</b>	<b>Depreciación acumulada</b>
<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	<b>N=vida útil</b>	<b>Año</b>	<b>valor</b>		
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>inverso/<math>\Sigma</math></b>	<b>inicial*FD</b>		
<b>N=vida útil</b>	<b>1</b>	<b>años de vida útil</b>			

Nota. Elaboración propia.

Para el desarrollo de dicha tabla se procedió a realizar el procedimiento que se indicó en la sección 2.2.1.

1. Año: se enumeran los años de vida útil, y al final sumar dichos dígitos.
2. Inverso: se realiza la enumeración de los años de vida útil al inverso (del último año al primero)
3. Factor de depreciación (FD): se divide cada dígito de la columna inverso por el resultado de la suma de los años de vida útil.
4. Depreciación anual: se multiplica el FD por el valor inicial de la inversión.

5. Valor Residual: se realiza resta entre el Valor Residual anterior y la depreciación del año.

6. Depreciación Acumulada: sumar la depreciación de cada año

Siguiendo dichos pasos se resolvió la Tabla 16.

Se tuvo que  $\Sigma \# \text{ vida útil} = 32$



**Tabla 16**

Depreciación anual del sistema.

P	I	FD	DEPRECIACION ANUAL	VALOR RESIDUAL	DEPRECIACION
					N
1	2	0,0769	\$ 912.257,69	\$ 10.947.092,3	\$ 912.257,692
2	2	0,0738	\$ 875.767,38	\$ 10.071.324,9	\$ 1.788.025,08
3	2	0,0707	\$ 839.277,07	\$ 9.232.047,85	\$ 2.627.302,15
4	2	0,0676	\$ 802.786,76	\$ 8.429.261,08	\$ 3.430.088,92
5	2	0,0646	\$ 766.296,46	\$ 7.662.964,62	\$ 4.196.385,38
6	2	0,0615	\$ 729.806,15	\$ 6.933.158,46	\$ 4.926.191,54
7	1	0,0584	\$ 693.315,84	\$ 6.239.842,62	\$ 5.619.507,38
8	1	0,0553	\$ 656.825,53	\$ 5.583.017,08	\$ 6.276.332,92
9	1	0,0523	\$ 620.335,23	\$ 4.962.681,85	\$ 6.896.668,15
1	1	0,0492	\$ 583.844,92	\$ 4.378.836,92	\$ 7.480.513,08
1	1	0,0461	\$ 547.354,61	\$ 3.831.482,31	\$ 8.027.867,69
1	1	0,0430	\$ 510.864,30	\$ 3.320.618	\$ 8.538.732
1	1	0,04	\$ 474.374	\$ 2.846.244	\$ 9.013.106
1	1	0,0369	\$ 437.883,69	\$ 2.408.360,3	\$ 9.450.989,69
1	1	0,0338	\$ 401.393,38	\$ 2.006.966,92	\$ 9.852.383,08
1	1	0,0307	\$ 364.903,07	\$ 1.642.063,85	\$ 10.217.286,2
1	9	0,0276	\$ 328.412,76	\$ 1.313.651,08	\$ 10.545.698,9
1	8	0,0246	\$ 291.922,46	\$ 1.021.728,62	\$ 10.837.621,4
1	7	0,0215	\$ 255.432,15	\$ 766.296,46	\$ 11.093.053,5
2	6	0,0184	\$ 218.941,84	\$ 547.354,62	\$ 11.311.995,4
2	5	0,0153	\$ 182.451,53	\$ 364.903,08	\$ 11.494.446,9
2	4	0,0123	\$ 145.961,23	\$ 218.941,85	\$ 11.640.408,2
2	3	0,0092	\$ 109.470,92	\$ 109.470,92	\$ 11.749.879,1
2	2	0,0061	\$ 72.980,615	\$ 36.490,31	\$ 11.822.859,7
2	1	0,0030	\$ 36.490,307	\$ 0	\$ 11.859.350

*Nota.* Elaboración propia

Con la determinación de la depreciación anual en el sistema se prosiguió a determinar el **Flujo de caja** el cual hacía referencia a las salidas y entradas netas de dinero que tendría el proyecto durante el periodo de 25 años.

### **3.6.7. FLUJO DE CAJA REAL**

Se calculó la desigualdad de acuerdo al valor del flujo de caja de cada periodo en la tabla 15, en lo cual se tuvo en cuenta que el ahorro representaba ganancia y costos operacionales representaban gastos.

**Tabla 17**

## Flujo de caja

A	Ingreso	Gastos		Flujo de caja (\$)
	ahorro anual	depreciación anual	costo anual O y M	
1	\$ 2.264.680,33	\$ 912.257,6923	\$ 711.561	\$ 640.861,64
2	\$ 2.423.207,96	\$ 875.767,3846	\$ 732.908	\$ 814.532,74
3	\$ 2.592.832,51	\$ 839.277,0769	\$ 754.895	\$ 998.660,37
4	\$ 2.774.330,79	\$ 802.786,7692	\$ 777.542	\$ 1.194.002,10
5	\$ 2.968.533,94	\$ 766.296,4615	\$ 800.868	\$ 1.401.369,31
6	\$ 3.176.331,32	\$ 729.806,1538	\$ 824.894	\$ 1.621.630,95
7	\$ 3.398.674,51	\$ 693.315,8462	\$ 849.641	\$ 1.855.717,62
8	\$ 3.636.581,73	\$ 656.825,5385	\$ 875.130	\$ 2.104.625,91
9	\$ 3.891.142,45	\$ 620.335,2308	\$ 901.384	\$ 2.369.423,03
1	\$ 4.163.522,42	\$ 583.844,9231	\$ 928.426	\$ 2.651.251,79
1	\$ 4.454.968,99	\$ 547.354,6154	\$ 956.278	\$ 2.951.335,89
1	\$ 4.766.816,82	\$ 510.864,3077	\$ 984.967	\$ 3.270.985,67
1	\$ 5.100.494,00	\$ 474.374	\$ 1.014.516	\$ 3.611.604,15
1	\$ 5.457.528,58	\$ 437.883,6923	\$ 1.044.951	\$ 3.974.693,57
1	\$ 5.839.555,58	\$ 401.393,3846	\$ 1.076.300	\$ 4.361.862,33
1	\$ 6.248.324,47	\$ 364.903,0769	\$ 1.108.589	\$ 4.774.832,54
1	\$ 6.685.707,18	\$ 328.412,7692	\$ 1.141.847	\$ 5.215.447,89
1	\$ 7.153.706,68	\$ 291.922,4615	\$ 1.176.102	\$ 5.685.682,31
1	\$ 7.654.466,15	\$ 255.432,1538	\$ 1.211.385	\$ 6.187.649,02
2	\$ 8.190.278,78	\$ 218.941,8462	\$ 1.247.727	\$ 6.723.610,41
2	\$ 8.763.598,29	\$ 182.451,5385	\$ 1.285.158	\$ 7.295.988,44
2	\$ 9.377.050,17	\$ 145.961,2308	\$ 1.323.713	\$ 7.907.375,88
2	\$10.033.443,69	\$ 109.470,9231	\$ 1.363.424	\$ 8.560.548,31
2	\$10.735.784,75	\$ 72.980,61538	\$ 1.404.327	\$ 9.258.476,94
2	\$11.487.289,68	\$ 36.490,30769	\$ 1.446.457	\$

*Nota.* Elaboración propia.

Según los resultados el ahorro estimado fue mayor a los gastos anuales por lo que a partir del primer año se obtenía un ahorro real.

### **3.6.8. EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN**

Una vez calculados los ahorros, la depreciación anual y el flujo de caja se prosiguió a determinar el retorno de la inversión del proyecto fotovoltaico.

#### **3.6.8.1. ANÁLISIS RETORNO DE LA INVERSIÓN.**

Seguidamente se realizó el análisis del retorno de la inversión con el fin de determinar el tiempo aproximado que se tardaría en recuperar el valor inicial del proyecto. Dicho retorno de inversión era la herramienta útil para la decisión de aceptar proyectos o inversiones en función del plazo de recuperación de la inversión inicial.

Al tratarse de un método estático poseía el inconveniente de no tener en cuenta el valor del dinero en las distintas fechas o momentos, pero resulta interesante su estudio puesto que cuanto más corto sea el período de recuperación de la inversión, mejor será el proyecto.

**Tabla 18**

Retorno de inversión

PRECIO	AÑO	FLUJO DE CAJA	SALDO
0	2022	(Inversión )\$ 24.024.700	
1	2023	\$ 640.861,64	\$ 23.077.838,36
2	2024	\$ 814.532,74	\$ 22.263.305,62
3	2025	\$ 998.660,37	\$ 21.264.645,25
4	2026	\$ 1.194.002,10	\$ 20.070.643,15
5	2027	\$ 1.401.369,31	\$ 18.669.273,84
6	2028	\$ 1.621.630,95	\$ 17.047.642,89
7	2029	\$ 1.855.717,62	\$ 15.191.925,27
8	2030	\$ 2.104.625,91	\$ 13.087.299,36
9	2031	\$ 2.369.423,03	\$ 10.717.876,33
10	2032	\$ 2.651.251,79	\$ 8.066.624,54
11	2033	\$ 2.951.335,89	\$ 5.115.288,65
12	2034	\$ 3.270.985,67	\$ 1.844.302,98
13	2035	\$ 3.611.604,15	(\$ 1.767.301,17)
14	2036	\$ 3.974.693,57	(\$ 5.741.994,74)
15	2037	\$ 4.361.862,33	(\$ 10.103.857,07)
16	2038	\$ 4.774.832,54	(\$ 14.878.689,61)
17	2039	\$ 5.215.447,89	(\$ 20.094.137,50)
18	2040	\$ 5.685.682,31	(\$ 25.779.819,81)
19	2041	\$ 6.187.649,02	(\$ 31.967.468,83)
20	2042	\$ 6.723.610,41	(\$ 38.691.079,24)
21	2043	\$ 7.295.988,44	(\$ 45.987.067,68)
22	2044	\$ 7.907.375,88	(\$ 53.894.443,56)
23	2045	\$ 8.560.548,31	(\$ 62.454.991,87)
24	2046	\$ 9.258.476,94	(\$ 71.713.468,81)
25	2047	\$ 10.004.342,36	(\$ 81.717.811,17)

*Nota.* Elaboración propia

Según se observaba en la tabla 18, después del año 12, los ahorros generados por costo de electricidad alcanzaban para recuperar la inversión inicial.

### 3.6.8.2. VALOR PRESENTE NETO (VPN) Y LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Considerando que el flujo de caja se refiere a la entrada y salida neta de fondos para el proyecto durante un determinado período de tiempo; se calculó la diferencia de valor correspondiente al flujo de caja por cada periodo, precisando que el consumo y los excedentes representan ingresos, el mantenimiento y depreciación representan gastos.

Para dichos cálculos se hicieron uso de las ecuaciones planteadas en la sección 2.2.1.

La ecuación (14) permitió calcular el **Valor Presente Neto**:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (14)$$

Dónde:

$V_t$ : Representa los flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$ : Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n: Es el número de períodos considerado.

k: la tasa de descuento (la tasa de rendimiento que se podría ganar en una inversión en los mercados financieros con un riesgo similar).

La ecuación (15) permitió calcular **Tasa Interna de Retorno**

$$VPN = \frac{\sum R_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (15)$$

t: tiempo del flujo de caja

i: tasa de descuento TIR una vez que el costo presente es cero

$R_t$ : el flujo neto de efectivo

Por otro lado, teniendo en cuenta como referencia el programa de financiación que ofrecía DAVIVIENDA, la línea Verde Energías Renovables se podía estimar una tasa de interés del 4% anual. Ya con estos datos se resolvió la tabla 19.

**Tabla 19**

VPN- TIR

TASA	4%
AÑO	FLUJO DE CAJA
0	<b>-\$24.024.700</b>
1	\$ 640.861,64
2	\$ 814.532,74
3	\$ 998.660,37
4	\$ 1.194.002,10
5	\$ 1.401.369,31
6	\$ 1.621.630,95
7	\$ 1.855.717,62
8	\$ 2.104.625,91
9	\$ 2.369.423,03
10	\$ 2.651.251,79
11	\$ 2.951.335,89
12	\$ 3.270.985,67
13	\$ 3.611.604,15
14	\$ 3.974.693,57
15	\$ 4.361.862,33
16	\$ 4.774.832,54
17	\$ 5.215.447,89
18	\$ 5.685.682,31
19	\$ 6.187.649,02
20	\$ 6.723.610,41
21	\$ 7.295.988,44
22	\$ 7.907.375,88
23	\$ 8.560.548,31
24	\$ 9.258.476,94
25	\$ 10.004.342,36
<b>VPN</b>	<b>\$ 38.657.934,45</b>
<b>TIR</b>	<b>11%</b>

*Nota.* Elaboración propia.



Una vez hallados los resultados se tuvo que:

El VPN fue de \$ 38.657.934,45

La TIR fue de 11% y

El PAYBACK estaba en 12 años

Como resultado se tuvo en cuenta que el valor neto resultante fue positivo, lo que significaba el proyecto podía generar suficiente dinero para recuperar la inversión y también obtener ganancias. Igualmente se obtuvo una TIR= 11 %, con lo cual se confirmó la rentabilidad del proyecto.

## CONCLUSIONES

Gracias a la recopilación de información de datos meteorológicos sobre el potencial solar en la ciudad de Cúcuta, se pudo inferir que la ciudad de Cúcuta tiene un gran potencial de radiación solar, contando con una insolación media de  $4,443 \text{ kWh m}^{-2} \text{ día}$  que encuentra sus valores máximos en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre , y sus valores más bajos para los meses de Abril y Diciembre, lo cual confirmo la estimulación en el desarrollo del sistema fotovoltaico autónomo en la ciudad de Cúcuta.

Se realizó el estudio de las cargas instaladas tanto en el sistema de iluminación LED como el sistema de conectividad y carga de dispositivos móviles .Por otro lado se realizó el diseño de un quiosco solar el cual cuenta con instalación cómoda y segura, en el cual las personas pueden tener acceso a WIFI y cargar sus dispositivos móviles.

Se seleccionaron todos los paneles, baterías y reguladores para el sistema fotovoltaico, así como los conductores, protecciones necesarias y sistemas de puesta a tierra para el funcionamiento adecuado de los sistemas de iluminación y sistema de conectividad.

Se estimó el presupuesto necesario para el diseño del sistema fotovoltaico y se realizó el estudio económico del mismo el cual como resultado se obtuvo un VPN resultante positivo de \$ 38.657.934,45 lo que significa que el estudio de investigación del proyecto puede generar suficiente dinero para recuperar la inversión y también obtener ganancias. Igualmente se obtuvo una TIR igual al 11%, y un retorno de la inversión de 12 años con la cual se confirmó la rentabilidad del proyecto.


## **RECOMENDACIONES**

. Se debe considerar que toda inversión tiene un riesgo asociado, cuando se establece una tasa de descuento se está valorando qué esta tasa le compensa ese riesgo mínimo. Al establecer esta tasa estamos estableciendo que por debajo de esa tasa no conviene la realización del proyecto.

Para el mantenimiento y operación sería sumamente rentable que se capacite al mismo personal de la comunidad lo cual disminuiría el monto de gasto y mantenimiento, considerando que este tipo de centrales requiere de un mantenimiento mínimo.

Se recomienda el buen cuidado y manejo de los elementos del quiosco solar para una mayor conservación y durabilidad de los elementos que lo conforman.

## ANEXOS



## Cotización

Autosolar Energía de Colombia SAS  
 N.I.F.: 9014015261  
 Parque Industrial K2, Bodega 16  
 Chía Cundinamarca  
 Fijo: 601 8418461  
 Cel: 333 6025140

CARLOS BEITRAN  
3108181018

Presupuesto 1 014325 Fecha 12/09/2022

CLIENTE	N.I.T - C.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
12925	6	Sebastian Garcia		5 Dias habiles, salvo cambio de tarifa

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	D.T.O.	TOTAL
1002123	Panel Solar 250W 12V Policristalino	1	574.028	574.028		574.028
1503409	Panel Solar 170W 12V Policristalino	1	418.000	418.000		418.000
1708251	Bateria Gel 12V 150Ah Green Point	1	823.586	823.586		823.586
	Bateria Gel 12V 150Ah Green Point	1	1118.000	1118.000		1118.000
2001508	Controlador Carga 15A MPPT 12-24V LCD	1	82.392	82.392		82.392
3202600	Controlador Carga 25A MPPT 12-24V LCD	1	91.000	91.000		418.031
5504000	Conectores RETIE MC4	1	11.193	11.193		11.193
5201020	Cable Unifilar de 10 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	1	10.059	10.059		10.059
5201018	Cable Unifilar de 10 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	1	10.059	10.059		10.059
5201016	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	5	6.325	31.623		31.623
5201014	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	5	7.027	35.137		35.137
5505151	Terminal de Ojo - Cable 10mm, ojo 8mm	4	1.538	6.154		6.154
5504227	Fusible FEEO 10x38 1000VDC	1	11.662	11.662		11.662
5504124	Portafusible 25A ETI 10x38 1000VDC	1	27.027	27.027		27.027
"NO INCLUYE ENVÍO, NO INCLUYE INSTALACIÓN" "LA CANTIDAD DE ALGUNOS DE LOS MATERIALES PUEDE VARIAR SEGUN ESPACIO Y DISEÑO" "NO INCLUYE COSTOS DE OBRA CIVIL ELÉCTRICA"						


**GARANTÍA DE UN AÑO SALVO ESPECIFICACIÓN**  
 NO SE INCLUYE EN ENVÍO SALVO SE ESPECIFIQUE EN COTIZACIÓN  
**NO ACEPTAMOS GARANTIAS POR MALA MANIPULACIÓN DE LOS EQUIPOS**  
 COMUNICARSE CON EL AREA DE SERVICIO TECNICO ANTES DE INSTALAR  
 SI TIENES DUDAS CON RESPECTO A LA INSTALACION DE LOS MATERIALES

**DATOS BANCARIOS EN PESOS**

Banco DAVIVIENDA cuenta de ahorros	N° 005500247456
BANCOLOMBIA cuenta corriente	N° 33700001298
Banco BBVA cuenta de ahorros	N° 00130338000200331499

**TOTAL: \$. 3376.000**

TIPO DE MONEDA: COP  
 REVISIÓN TRM(USD A COP)



Firmado Autosolar



**SOLARTEX COLOMBIA S.A.S.**  
 NIT : 901.264.839-3  
 REGIMEN COMÚN - NO AUTORETENEDORES  
**PBX : +57 4 431 0300**  
 CALLE 31A #73-04 - BARRIO BELÉN  
 MEDELLÍN - ANTIOQUIA

**COTIZACIÓN**

**N° 7287**

Estimado/a : Carlos Beltrán

Aquí está su cotización en tiempo record, esperamos que esta cumpla todas sus expectativas, nos esforzamos por entregar productos de primera calidad, a precios justos, la mejor garantía, rapidez y eficiencia al enviar los pedidos.

Cant	Detalle de los Productos	Stock	IVA	Unidad	Valor Neto
1	regulador 15A MPPT	SI	0%	\$ 90.000	\$ 90.000
1	Panel Solar 250 Watts	SI	0%	\$ 669.600	\$ 669.600
1	regulador 25A MPPT	SI	0%	\$ 1.990.000	\$ 1.990.000
1	Panel Solar 170 Watts	SI	0%	\$ 489.000	\$ 489.000
1	Batería de 150Ah 12V GEL Maxpower	SI	19%	\$ 849.300	\$ 849.300
1	Batería de 200Ah 12V GEL Maxpower	SI	19%	\$ 95.000	\$ 95.000
1	Kit Cables Banco de Batería 12V 2 Serie AWG N°6	SI	19%	\$ 67.500	\$ 67.500
1	Kit Cable Fotovoltaico 15mts 6mm conector en 1 extremo	SI	19%	\$ 169.600	\$ 169.600
1	Caja Fusible tipo Riel con Fusible 15A 1000V DC	SI	19%	\$ 69.300	\$ 69.300

NETO	\$ 4.489.400
------	--------------

Paneles Solares, Controladoras e Inversores 0% de IVA, Baterías para vehículos eléctricos 5% de IVA, todos los otros productos 19% de IVA, estos impuestos ya están calculados en esta cotización. Solartex solo cobra el valor de los productos. El envío se realizará a través de Envía, Servientrega o Interrapidísimo, los costos del envío los asumirá el cliente, valor que deberá pagar a la transportadora al momento de recibir su pedido.



**SOLARTEX COLOMBIA S.A.S**

**CTA AHORRO N° 3II-000644-I6**

EMPRESAS : Ingrese al **PANEL DE CLIENTES**, actualice los datos de facturación y envío, clic en **MIS COTIZACIONES**, clic en **GENERAR PREFORMA** y se generará automáticamente. Realice el pago con el valor de la preforma y notifíquelo adjuntando comprobante en el **PANEL DE CLIENTES**.

PERSONAS : Ingrese al **PANEL DE CLIENTES**, actualice los datos de facturación y envío, realice el pago con el valor de esta cotización y notifíquelo adjuntando comprobante en el **PANEL DE CLIENTES**.

GARANTÍA DE LOS PRODUCTOS : Paneles Solares 15 años, Inversor Cargador 3 años, Inversor Onda Pura y Onda Modificada 1 año, Controlador MPPT 3 años, Controlador PWM 1 año, Baterías 1 año, Variadores 3 años.

FORMAS DE PAGO : PSE, Transferencia y/o Consignación Bancolombia, **NO ACEPTAMOS PAGOS A FECHA ( 30, 60 o 90 días )**, solo saldrán de bodega los pedidos una vez recibido el 100% del pago.

COSTOS DE ENVÍOS : Solartex no realizará los cálculos de los costos de envíos, si desea saber dichos valores, deberá comunicarse con la empresa transportadora para que le realicen la cotización, las dimensiones y el peso de los productos los encontrará en las fichas técnicas de los productos, todas las fichas técnicas se encuentran publicadas en nuestra tienda en línea, Todos los pedidos se procesan automáticamente una vez recibida la notificación de pago dentro del panel de Clientes.

**ESTA COTIZACIÓN TIENE VALIDEZ INDEFINIDA**



SOLARTEX COLOMBIA SAS | NIT : 901.264.839-3 | <https://www.solartex.co> | HACIENDO DE COLOMBIA UN MEJOR LUGAR

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Enlight*. (2 de Mayo de 2017). Obtenido de <https://www.enlight.mx/blog/la-celda-fotovoltaica-panel-solar/>
- Álvarez Álvarez, Carlos Andrés. (9 de Noviembre de 2012). Normatividad sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica. Medellín, Colombia.
- Autores. (2018).
- beltran, c. (2019). *sistema solar* . tesis de grado , norte de santander, cucuta .
- Bricos*. (25 de octubre de 2012). Obtenido de <https://bricos.com/2012/10/tableros-de-distribucion/>
- BUITRAGO MESA, D. A., & RUBIO PUERTO , C. (2015). *DISEÑO DE UN QUIOSCO SOLAR PARA RECARGAR DISPOSITIVOS*. Universidad Libre, BOGOTA.
- Cardozo Sarmiento, D. O., & Sánchez Mojica, K. (2017). *Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la generación de*. ARTICULO, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte., CUCUTA.
- carlos, b. (2019). *sistema solar* . cucuta.
- CEMAER*. (2016). Obtenido de <http://www.cemaer.org/que-son-las-fotoceldas/>
- Cuba Solar*. (2016). Obtenido de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo02.htm>
- Cultivar salud* . (27 de octubre de 2015). Obtenido de <http://www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/paneles-solares-que-son-y-variedades/>

- Damia Solar*. (2016). Obtenido de [https://www.damiasolar.com/productos/placas\\_solares/panel-fotovoltaico-damia-solar-dsp-80w-de-potencia\\_da0058\\_34](https://www.damiasolar.com/productos/placas_solares/panel-fotovoltaico-damia-solar-dsp-80w-de-potencia_da0058_34)
- Definicion*. (2014). Obtenido de <https://definicion.de/conservacion/>
- Definicion abc*. (2018).
- Diaz, T. (s.f). *Instalaciones solares fotovoltaicas.GM*. España: McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2010. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- dividendo, D. (6 de abril de 2013). Obtenido de <http://www.dondividendo.com/2013/04/actualizacion-analisis-red-electrica.html>
- electric, s. (2018). *schneider electric*. Obtenido de <https://www.schneider-electric.com.mx/es/product-range-presentation/7267-tableros-de-distribuci%C3%B3n-nq/>
- emilio, G. s. (2018). *Diseño y simulacion de un cargador de dispositivos a partir de energia solar fotovoltaica*. cucuta.
- emilio, G. S. (2018). *Diseño y simulacion de un cargador de dispositivos a partir de energia solar fotovoltaica*.
- Emilio, G. S. (2018). *diseño y simulacion de un cargador de dispositivos a partir de energia solar fotovoltaica*.
- energia solar* . (2017). Obtenido de <https://solar-energia.net/>
- Energia solar*. (16 de febrero de 2018). Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico>

- Energiza*. (2016). Obtenido de <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/627-paneles-fotovoltaicos-concepto-y-tipos>
- Enrique, B. (MAYO de 2014). *SLIDESHARE*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/efranco/webinar-sistema-solar-fotovoltaico-parte-1-de-2-mayo-2014>
- ESCO-TEL*. (2013). Obtenido de [http://www.esco-tel.com/paneles\\_solares\\_monocristalinos\\_vs\\_policristalinos.html](http://www.esco-tel.com/paneles_solares_monocristalinos_vs_policristalinos.html)
- Expo solar* . (2018). Obtenido de <https://feriaexposolar.com/la-electrificacion-solar-fotovoltaica-de-hogares/>
- FACIL, A. (2018). *AULA FACIL*. Obtenido de <http://www.aulafacil.com/cursos/137003/ciencia/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica/celdas-celulas-y-paneles-fotovoltaicos>
- Glosario*. (2016). Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/redes-electricas>
- González, M. A.-Z.-P. (octubre de 2013). Dimensionamiento de Sistemas de Generación Fotovoltaicos Localizados en la Ciudad de Medellín. *Tecno. Lógicas*, 292.
- green facts*. (2017). Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>
- GUZMÁN CORTÉS, D. E., & MAYA LÓPEZ , J. (2017). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NODOS WIFI ALIMENTADOS POR ENERGÍA SOLAR*. Bogota.
- Guzmán Villavicencio, S. C. (2016). Procedimiento para instalación de un sistema fotovoltaico sobre techos en la corporación cuba ron s.a. *Revista Centro Azucar*, 73.



IRONRIDGE. (2018). *mapsacatalog*. Obtenido de

<https://www.mapsacatalogo.com/productos-basesparapanelessolaresde piso.html>

Lancheros, F. (12 de mayo de 2018). Pansa Solar . (L. F. Alarcon, Entrevistador)

LEY 1715 DE 2014. (13 de Mayo de 2014). Diario Oficial No. 49.150 . Bogota, Colombia.

Loncheros, F. (2015 - 2018). *Panda solar*. Obtenido de

<http://www.pandasolar.com.co/productos.php>

Martil, I. (23 de Junio de 2017). *Publico* . Obtenido de [http://blogs.publico.es/ignacio-](http://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/06/23/como-lograr-energia-limpia-y-abundante-de-la-celula-solar-al-sistema-fotovoltaico/)

[martil/2017/06/23/como-lograr-energia-limpia-y-abundante-de-la-celula-solar-al-sistema-fotovoltaico/](http://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/06/23/como-lograr-energia-limpia-y-abundante-de-la-celula-solar-al-sistema-fotovoltaico/)

Mascaros, V. (2015). *Instalaciones generadoras fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo SA 1ra Edicion.

Morales Aragon, S. (2016). *Diseño e implementacion de iluminacion LED por medio de energia solar fotovoltaica*. Argentina.

NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050. (25 de 11 de 1998). CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO. COLOMBIA: COLOMBIAN ELECTRICAL CODE.

Pantoja Velasquez, J. (2017). *Diseño de un sistema fotovoltaico autonomo de 6 KW para electrificacion rural de las granjas ganaderas Santa Elena-Cañete*.

PANTOJA VELASQUEZ, J. G. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO*. TESIS DE GRADO, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, CALLAO.

*psyma*. (11 de abril de 2015). Obtenido de

<http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

Rojas Baez, A. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico para la iluminacion perimetral del centro de entrenamiento bosanova*.

Salas Reyes, Y., Gómez Blanco, H., Vanegas Chamorro, M., Valencia Ochoa, G., & Villicaña Ortíz, E. (2018). *Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar*. articulo, Barranquilla.

solar, a. (2018). *aquito solar*. Obtenido de <http://www.aquitosolar.cl/cables-energia-solar/264-KCPI4600A.html>

solar, C. (2017). *Calefaccion solar*. Obtenido de <http://calefaccion-solar.com/beneficios-de-un-medidor-bidireccional.html>

steca elektronik GmbH. (14 de marzo de 2019). *steca elektronik*. Obtenido de [https://www.steca.com/index.php?Sistemas\\_hibridos](https://www.steca.com/index.php?Sistemas_hibridos)

*SunFields*. (2017). Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-paneles-solares-fotovoltaicos/>

vistronica. (20 de marzo de 2019). *vistronica*. Obtenido de

<https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/panel-solar-policristalino-18v-8w-detail.html>

*Wikipedia*. (12 de mayo de 2018). Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_continua](https://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_continua)

*Wikipedia*. (15 de mayo de 2018). Obtenido de

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