

PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.



**DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO MEDIANTE PANELES SOLARES, PARA  
MEJORAR EL SERVICIO, ENTREGADO A LAS UNIDADES HABITACIONALES EN  
EL MUNICIPIO DE UNGUÍA DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ.**

DANIEL FERNANDO GORDO

JHON FRANCISCO RODRIGUEZ

JAMES BETANCOURT

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Sede Principal

Sede Bogotá D.C. - Sede Principal

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

agosto de 2021

PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

**DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO MEDIANTE PANELES SOLARES, PARA  
MEJORAR EL SERVICIO, ENTREGADO A LAS UNIDADES HABITACIONALES EN  
EL MUNICIPIO DE UNGUÍA DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ.**

DANIEL FERNANDO GORDO

JHON FRANCISCO RODRIGUEZ

JAMES BETANCOURT

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor

**NESTOR ALFONSO LOPEZ PIÑEROS**

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Sede Principal

Sede Bogotá D.C. - Sede Principal

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

agosto de 2021

# PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

## **Dedicatoria.**

Dedicamos el presente estudio, primero a Dios  
por permitirnos finalizar esta especialización,  
a nuestras familias por hacer parte de este logro,  
y en general a todas las personas que de una  
u otra forma hicieron parte de este proyecto y que estuvieron  
en cada circunstancia de esta etapa.

## PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

### **Agradecimientos.**

Agradecemos de manera especial  
al profesor Néstor Alfonso López,  
por su dedicación y orientación con este documento,  
también a la universidad Minuto de Dios.  
por habernos abierto sus puertas  
para realizarnos hoy como Especialistas.

## Contenido

Lista de tablas .....	I
Lista de figuras.....	II
Resumen.....	III
Abstract.....	IV
Introducción .....	¡Error! Marcador no definido.V
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.1</b>
1 Introducción.....	¡Error! Marcador no definido.1
1.1 Antecedentes .....	¡Error! Marcador no definido.1
1.2 Marcos.....	12
1.2.1 marco teorico.....	¡Error! Marcador no definido.2
1.2.2 marco conceptual .....	¡Error! Marcador no definido.9
1.2.3 marco normativo .....	23
1.2.3.1 normatividad de seguridad industrial .....	23
1.2.3.2 normatividad Tecnica.....	24
1.3 Justificacion.....	25
1.4 Definicion del Problema.....	27
1.5 Objetivos .....	28
1.5.1 Objetivo General .....	28
1.5.2 Objetivo Especifico.....	28
1.6 Diseño Metodologico .....	29
1.6.1 Fase 1 .....	29
1.6.2 Fase 2.....	29
1.6.3 Fase 3.....	32
1.6.4 Fase 4.....	32
1.7 Resultados .....	34

## PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

<b>CAPÍTULO II</b> .....	34
2 Identificar partes del sistema .....	34
2.1 Identificar recursos naturales .....	34
2.1.1 recurso hidrico .....	36
2.1.2 recurso diesel .....	36
2.1.3 recurso biomasa .....	36
2.1.4 recurso solar .....	37
2.1.5 recurso eolico .....	37
2.2 Analisis Social.....	40
2.2.1 Ubicación Geografica .....	40
2.2.2 Principales vias de Acceso.....	41
2.3 Radiacion Solar .....	42
<b>CAPÍTULO III</b> .....	46
3 Diseño del sistema y estudio de financiamiento.....	48
3.1 Diseño y parametros tecnicos.....	48
3.2 Costo Beneficio .....	54
3.3 Estudio Financiero.....	55
3.3.1 Organizaciones de Financiamiento .....	56
3.3.2 Analisis de la Tasa Interna de Retorno TIR.....	57
3.3.3 Estudio de Mercados y proveedores .....	60
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	62
4 Validar el montaje .....	62
4.1 Normatividad Legal.....	62
4.2 Montaje Residencial.....	63
4.3 Pruebas iniciales del sistema .....	67
4.3.1 Prueba de Voltaje .....	67
4.3.2 calculo de potencia.....	67
4.3.3 calculo de radiacion solar.....	68
4.3.4 Pruebas de carga .....	68
3.1 Mantenimiento del sistema .....	68

PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

1.8 Referencias ..... 68

# PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

## **Lista de tablas.**

Tabla 1: Cuadro de cargas en unidad habitacional.

Tabla 2: Modelo de estudio de demanda.

Tabla 3: Diseño cuadro de Cargas 1.

Tabla 4: Diseño cuadro de Cargas 2.

Tabla 5: Diseño cuadro de Cargas Nominales.

Tabla 6: Tabla de ingresos y egresos.

Tabla 7: Tabla de ingresos y egresos con Sensibilidad.

Tabla 8: Tabla de ingresos y egresos con Sensibilidad.

# PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

## **Lista de figuras.**

Imagen 1: Difusion de la Radiacion.

Imagen 2: Distribucion de Radiacion..

Imagen 3: Diagrama de Conexiones.

Imagen 4: Celda fotovoltaica.

Imagen 5:Ahorro Energetico

Imagen 6: Distribucion de Eficiencia Energetica

Imagen 7: Ubicación Geografica de Unguia.

Imagen 8: Mapa Caracteristico De Choco.

Imagen 9: Ubicación georeferenciada de unguia

Imagen 10: Ubicación georeferenciada de unguía .

Imagen 11: Aprovechamiento de Recursos.

Imagen 12: Cantidad de horas de sol en choco.

Imagen 13: Cantidad de Radiación solar en Colombia.

Imagen 14: Medios de Radiación.

Imagen 15: vías principales de Acceso.

## PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

Imagen 16: Ahorro Energético en Colombia.

Imagen 17: Estudio de Mercados.

Imagen 18: Ubicación de Paneles Solares.

Imagen 19: Instalación de Paneles Solares.

Imagen 20: ángulos de máxima eficiencia solar

# PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

## **Resumen.**

En el presente trabajo desarrollamos un modelo de potencia en energía eléctrica, basada en el aprovechamiento de la radiación solar por medio de tecnologías avanzadas como son los paneles solares, estos por medio de la recepción, regulación, conversión, y almacenamiento entregan en su salida cierta cantidad de corriente alterna sin necesidad de estar conectada a las redes convencionales, suministrando el servicio de energía eléctrica en poblaciones vulnerables y apartadas de los perímetros urbanos.

Este proyecto busca llegar a una población con ciertas problemáticas que desencadenan desde pobreza, ignorancia, falta de empleo, educación, etc. La población de Unguía en el departamento del choco es uno de los 90 municipios de Colombia no interconectados a las redes nacionales de distribución de energía, el 52 % del territorio nacional está en igual condición. Existen unos subsidios según resolución 091 de 2007 de La comisión de Regulación de Energía y Gas. Dichos subsidios son de destinación específica con lo cual se tendría que prestar un servicio de 21 horas diarias en el casco urbano, ocho en los corregimientos y seis en las veredas a orillas del Atrato, pero identificamos que en esta población el servicio de energía eléctrica es muy LIMITADO Y DE BAJA CALIDAD. Además, observamos la falta de emprendimiento enfocado a proyectos autosostenibles que ayuden con la conservación ecológica del planeta. Por lo tanto, en el presente proyecto nos enfocamos en mitigar una serie de problemas y reconocer la necesidad principal de una población como es la falta de suministro de energía eléctrica adicional la mala calidad con que llega a las unidades residenciales, en la población de unguía que son alrededor de 540 viviendas que necesitan del servicio continuo y eficiente.

## PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

por lo tanto, este proyecto será de gran utilidad para que las entidades territoriales en zonas que no tienen cobertura, sean autosuficientes e independientes que administren sus propios servicios.

### *Palabras clave:*

Radiación Solar: cantidad de emisión solar en ciertas regiones del país.

Panel Solar: Fococeldas que reciben la radiación solar y por medio de un sistema la transforman en voltaje alterno.

No interconectado: regiones que no tienen conexión eléctrica con otras zonas del país

### **Abstract.**

In the present work we develop a model of power in electrical energy, based on the use of solar radiation through advanced technologies such as solar panels, these through reception, regulation, conversion, and storage deliver certain output quantity of alternating current without the need to be connected to conventional networks, supplying electric power service to vulnerable populations and away from urban perimeters.

This project seeks to reach a population with certain problems that trigger poverty, ignorance, lack of employment, education, etc. The population of Unguía in the department of Choco is one of the 90 municipalities of Colombia not interconnected to the national energy distribution networks, 52% of the national territory is in the same condition. There are some subsidies according to resolution 091 of 2007 of the Energy and Gas Regulation Commission. Said subsidies are for a specific purpose, which would have to provide a service of 21 hours a day in the urban area, eight in the townships and six in the sidewalks on the banks of the Atrato, but we identified that in this population the electric power service is VERY LIMITED AND LOW QUALITY. In addition, we observe the lack of entrepreneurship focused on self-sustaining projects that help with the ecological conservation of the planet.

### *Keywords:*

Solar Radiation: amount of solar emission in certain regions of the country.

## PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

Solar Panel: Photocells that receive solar radiation and through a system transform it into alternating voltage.

Not interconnected: regions that have no electrical connection with other areas of the country

## CAPÍTULO I

### Introducción

#### 1.1 Antecedentes.

Unguía es un municipio fronterizo con Panamá, ubicado a orillas del golfo de Urabá, al cual solo se accede por agua desde Turbo, Antioquia o por aire. Durante 2016 Unguía tuvo 21 horas diarias de energía, pero apenas cambió de administración, todo empezó a ir de para atrás y hoy en día solo se autorizan 8 horas del suministro de energía al día, **La falta de energía eléctrica** genera grandes inversiones en combustible y aceite para las plantas eléctricas, además al estar conectados a la red eléctrica nos genera una tarifa de consumo mensual regulada por los operadores de red lo cual resulta ser cada vez más insostenible. **Unguía es uno de los 90 municipios de Colombia no interconectados** a las redes nacionales de distribución de energía, el 52 % del territorio nacional está en igual condición. Por tal motivo, la Nación gira unos subsidios a las zonas no interconectadas. Estos se rigen según resolución 091 de 2007 de La comisión de Regulación de Energía y Gas. Dichos subsidios son de destinación específica con lo cual se tendría que prestar un servicio de 21 horas diarias en el casco urbano, ocho en los corregimientos y seis en las veredas a orillas del Atrato. **La falta de capacitación de la población** genera un impacto social muy relevante ya que no se cuenta con instituciones educativas adecuadas para la formación técnica de la población y que ellos mismos puedan desarrollar proyectos energéticos, bien sea ampliando la infraestructura de red eléctrica o generando proyectos de energía renovable, aprovechando los recursos naturales locales, generando empleo y desarrollo de la población.

## 1.2 Marco Referencial.

### 1.2.1 Marco Teórico.

En este trabajo se hace un énfasis de los datos climáticos, de radiación solar y temperatura en el Municipio de unguía, con el fin de determinar la factibilidad en la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica fotovoltaica, basándonos en referencias tomadas en las bases de datos de la estación meteorológica instalada en la Universidad Tecnológica del Chocó y la del IDEAM-110450010; Los resultados obtenidos muestran que los meses con mayor radiación son Junio y Julio alcanzando valores aproximados de 3.83 kWh/m<sup>2</sup> y los de menor radiación Abril, Agosto y Noviembre con valores aproximados de 1.59 kWh/m<sup>2</sup> . La temperatura presenta un comportamiento bastante definido con valores promedios máximos de 26 °C y promedios mínimos de 22 °C.

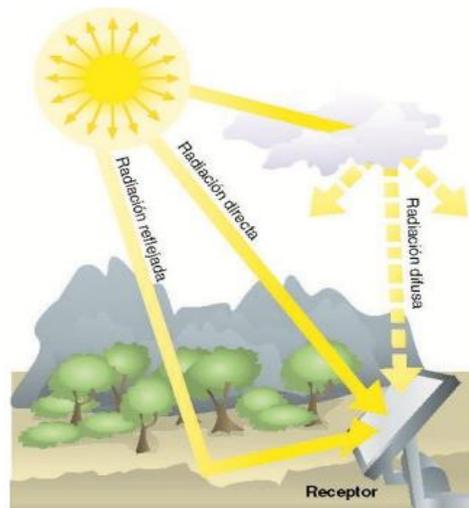


fig. 1. Componentes de la radiación solar.  
Tomado de: calculationsolar blog.

El departamento del Chocó posee una gran biodiversidad ecológica que ayuda al equilibrio ambiental, Se encuentra ubicado al noroccidente de Colombia y su capital es Quibdó, en el departamento se presentan comportamientos variados para la radiación solar que están dados por las abundantes lluvias, nubosidad y humedad. Se registran datos para precipitación aproximados de 1,500 mm anuales, con un comportamiento altamente irregular y un 80 % de humedad relativa. La temperatura presenta un máximo y un mínimo marcadamente definido con un comportamiento monomodal donde se presentan valores de temperatura máxima entre 27 y 31 °C, y los mínimos entre 22 y 24 °C.

La radiación solar en el municipio de unguía durante los últimos 4 años nos muestra grandes variaciones en cuanto la radiación y temperatura en esta zona, según datos estadísticos del IDEAM observamos que su máxima radiación se presenta en el mes de junio y su mínima radiación en los meses de abril y noviembre. Con valores de 4.80 kWh/m<sup>2</sup>. La temperatura ambiente registró un promedio anual de 28,3 °C, el promedio de irradiancia fue aproximadamente de 300,85 W/m<sup>2</sup>. Además, su irradiancia máxima la alcanzó a las 12 horas del mediodía con un aproximado de 838 W/m<sup>2</sup> y su irradiancia mínima de 0,049 W/m<sup>2</sup>, la cual se presentó a las 6 del mañana. el promedio de irradiancia es de 280,2W/m<sup>2</sup>, con una irradiancia máxima de 648,6 W/m<sup>2</sup> la cual fue alcanzada a las 13 horas del día y la irradiancia mínima fue de 0,48 W/m<sup>2</sup>, la cual se presentó a las 6 del mañana.

Por lo anterior podemos afirmar que la irradiancia Quibdó presenta un comportamiento monomodal ya que el pico de irradiancia se puede dar entre las 12m y las 13 horas.

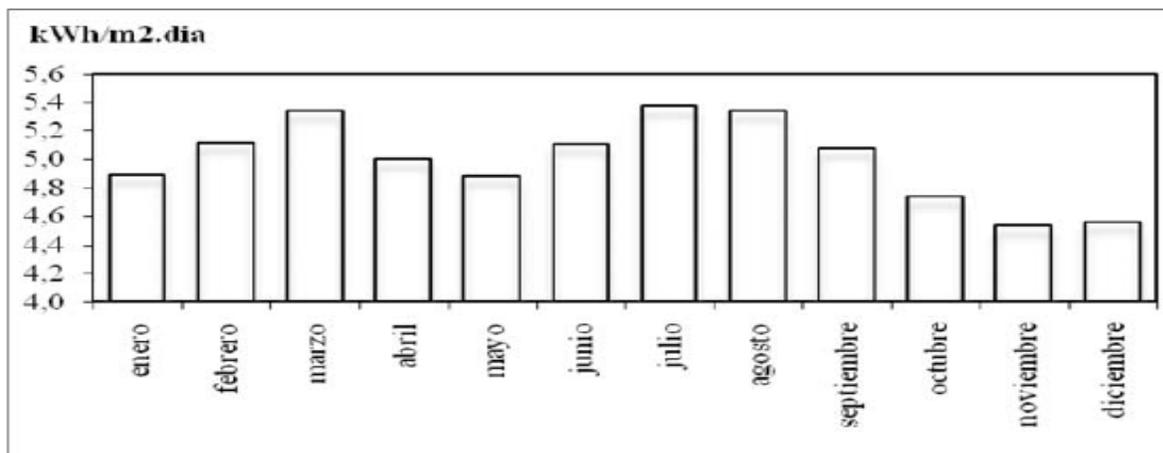
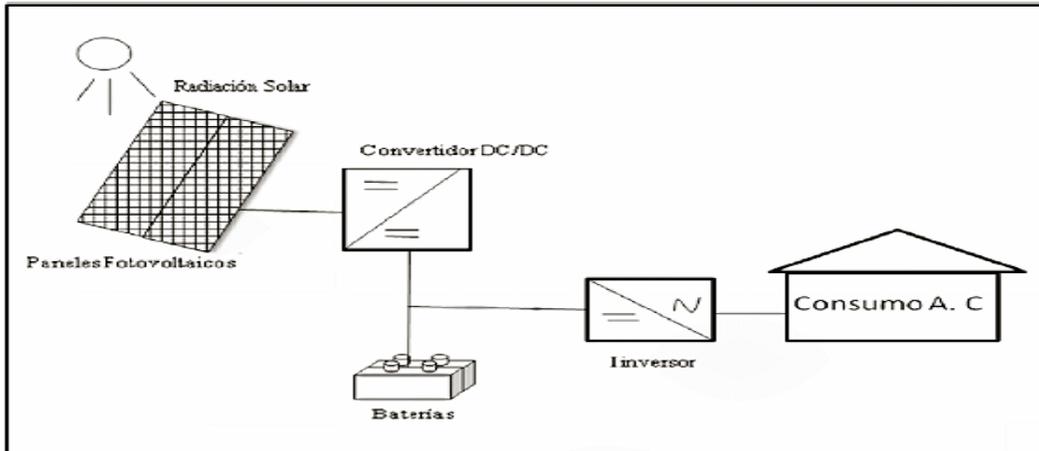


fig. 2. Distribución de radiación solar en el municipio de unguía.

Tomado de: agencia nasa.

Principios y construcción del sistema de energía fotovoltaica.

En Colombia, en el año 2001 se decretó la Ley 697 mediante la cual se declara el uso racional y eficiente de la energía (URE) con el objetivo de fomentar el uso de energías renovables como un asunto de interés nacional y de compromiso con el medio ambiente. Posteriormente, en mayo de 2014 se decreta la Ley 1715 con el fin de regular la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.



**Fig. 3. Diagrama de conexión de un sistema fotovoltaico para una residencia.**  
 Tomado de: universidad de ciencia y tecnología.

Para lograr un sistema de calidad debemos tener en cuenta las pérdidas ocasionadas por polvo que hay en el medio (3% promedio) esto nos permitirá determinar la eficiencia del sistema en forma anual, otro aspecto que se debe considerar es el de la autodescarga de la batería (3% promedio) por mes. Considerando que las baterías se encuentran cargadas durante el verano.

Para el cálculo del número de paneles utilizaremos las fórmulas de potencia, implementadas desde nuestros conocimientos eléctricos de circuitos, debemos primero realizar el cálculo del consumo promedio con un cuadro de cargas diario en la unidad habitacional para luego hallar el número exacto de paneles solares.

Carga	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Energía Wh/día)
Nevera	150	1	12	1800
Iluminación Interior de la vivienda	20	4	4	280
Iluminación Exterior de la vivienda	30	2	8	480
Televisor	85	2	8	1360
Ventilador	50	2	9	900
Otros Artefactos (Radios, equipo de sonido, DVD, cargador de celulares, etc.)	60	1	3	180
<b>Total</b>	<b>425</b>			<b>5000</b>

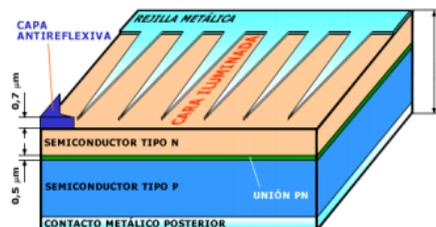
**Tabla 1 modelo de estudio de cargas en una unidad habitacional.**  
 Tomado de: recursos propios. (tabla sus).

El inversor de corriente es el elemento que nos permitirá convertir la corriente generada del sistema fotovoltaico, para poder proveer de energía eléctrica a una unidad habitacional por lo que se tiene que elegir el inversor adecuado de acuerdo a las características del sistema de igual manera se debe tener en cuenta las cargas y capacidades de los equipos para poder elegir el inversor correcto.

Un análisis de sombra nos permite generar un estudio completo de factibilidad porque gracias a él podremos determinar si nuestro sistema fotovoltaico tendrá la eficiencia esperada y no tendrá obstrucción alguna para la recepción de la energía solar, se realizará un estudio minucioso para determinar si los mismos edificios y jardines que se coloquen en un futuro. Eviten que la energía solar llegue a su destino en un 100%.

Dentro de las hipótesis de nuestro trabajo está la de poder suministrar energía eléctrica sobrante al sistema interconectado por redes puesto que, revisando detenidamente esta situación, determinamos que toda esta energía generada podrá ser mejor utilizada si la integramos a la red, de esta manera nuestras tarifas de consumo serán menores todavía y así podremos apoyar a la compañía generadora para mejorar el servicio.

**CELDA FOTOVOLTAICA:** Las celdas fotovoltaicas son elementos que producen electricidad al percibir radiación de luz solar sobre su superficie; la fuente de luz utilizada generalmente es el sol. Estas celdas también son conocidas como baterías solares, fotopilas o generadores helio voltaico. Dado que cada elemento puede generar una cantidad reducida de electricidad, en sus orígenes se destinaron a alimentar consumos pequeños con requerimientos particulares, como los de la exploración espacial. El tipo de célula fotovoltaica también denominada célula fotoeléctrica o célula solar más común es la célula de silicio cristalino.



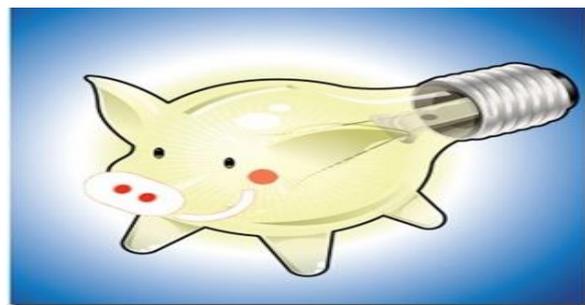
**Fig4. Célula solar fotovoltaica.**  
Tomado de: Energías alternativas contemporáneas.

El silicio es un material semiconductor. Sus propiedades de conductividad eléctrica están situadas a medio camino entre los materiales conductores y los aislantes. Los átomos están formados, como sabemos, por un núcleo -constituido por protones y neutrones- y una serie de electrones situados en órbitas u orbitales a su alrededor. Los átomos de los diferentes elementos que existen en el universo se diferencian únicamente en el número de sus partículas constitutivas. El número de

electrones y la forma como estos se estructuran determina ciertas propiedades básicas del átomo; en particular, la configuración del último orbital llamado orbital de valencia explica cómo se comportan los átomos y cómo estos se combinan con otros para formar estructuras más o menos complejas. La configuración más estable del átomo es aquella en la que la capa u orbital de valencia posee ocho electrones. Es esta la configuración que caracteriza a los gases nobles (el neón, argón, xenón, entre otros), así llamados porque no se combinan con otros átomos. El resto de los átomos se combinan entre sí, compartiendo o cediéndose electrones, para aproximarse a dicha.

Ventajas en costo beneficio.

Mediante la implementación de sistemas independientes utilizando como fuente una energía renovable inagotable, podemos lograr una disminución de costos significativa, además en los sistemas fotosolares (paneles, inversores, baterías y reguladores) encontramos que los elementos empleados son de baja inversión, donde se expresa claramente la influencia que tienen los precios relativos de estos componentes en el conjunto de compensaciones posibles entre paneles y baterías. En ese conjunto de ajustes económicas vemos reflejado el esfuerzo en la disminución del precio hasta llegar a un costo de energía mínimo (35 \$/kW) aprox. con un índice relativo de cantidades. En el escenario de mayor disminución de precio de los paneles fotovoltaicos, se logra un costo de energía mínimo (0,33 \$/kW), con un índice relativo de cantidades de 1,6; tal como se indica en la Lo antes señalado permite ilustrar la flexibilidad para compensar paneles por cantidad de batería o viceversa, a los fines de contar con un mayor número de opciones de dimensionado para un mismo nivel de calidad del sistema fotovoltaico y menor costo de energía.



**Fig. 5 ahorro energético**  
**Tomado de: [www.conciencia.economica](http://www.conciencia.economica).**

Debido a la tendencia que viene presentándose en el mercado de los paneles fotovoltaicos, hacia el continuo descenso en el precio de Wp (disminución de más 50 % en los últimos dos años) y su tendencia a seguir disminuyendo por aprovechamiento tecnológico; así como también, dado el

costo representativo del precio de las baterías en los sistemas fotovoltaico (19 % del costo total del sistema) , resulta apropiado valorar la compensación entre paneles y baterías en los sistemas fotovoltaicos sin detrimento de la calidad de los mismos, como se ha podido observar en los resultados ilustrados.

Energía eficiente y autosostenible:

La eficiencia energética hoy en día se ha convertido en un parámetro casi obligatorio en un sistema o un proceso de generación eléctrica, por eso la eficiencia energética puede tener un impacto en el incremento acelerado de las demandas energéticas. El objetivo de esto es obtener más energía con menos consumo de fuentes y menos pérdidas energéticas, por eso el uso de las energías renovables, a escala habitacional, de transporte e industrial, se ha convertido no en una opción, sino en una necesidad, la certificación energética residencial, deja de ser un requisito, y se convierte en una acción en cadena que puede llevarnos a consumir menos energía, economizar y ayudar al planeta

La energía solar es un recurso suficientemente eficiente como para marcar una diferencia. Puesto que la energía solar se crea de fuentes renovables, cualquier cantidad de energía que pueda producirse es de gran ayuda tanto para los seres humanos como para el ambiente.

Para maximizar la eficiencia de la energía solar, diversos investigadores han mejorado la eficiencia de los paneles solares, que son los dispositivos que recolectan la energía del sol para poder utilizarla. Las mejoras se han hecho sobre todo implementando nuevas técnicas y utilizando materiales de mejor calidad.

Una forma de medir la eficiencia de **los** paneles solares es calcular el porcentaje de la energía solar que el panel convierte en electricidad. La mayoría de los paneles solares convierten alrededor del 15% de la energía solar en electricidad. Los paneles fotovoltaicos experimentales, como los paneles de concentración solar, pueden convertir hasta 40% de la energía solar incidente en electricidad. Estos paneles utilizan una combinación de bandas metálicas y espejos que se utilizan para una generación a gran escala de energía proveniente de la energía Solar. Otra forma en que puede medirse la eficiencia de un panel solar es midiendo la densidad energética que posee. La densidad energética se mide en producción eléctrica por unidad de superficie. Cuanto más eficiente sea un panel solar, más watts producirá por metro cuadrado. El uso de la energía solar sin paneles

también resulta altamente eficiente. Quizá de forma menos cuantificable pero el uso de la energía térmica y lumínica que proviene del sol representa un ahorro considerable en el consumo de combustibles para calefacción y enfriamiento, así como para alcanzar un bienestar térmico al estar en nuestra vivienda.

Una casa bien aislada, tanto en sus muros como en ventanas y puertas, que permita conservar el calor y la luz del sol, sobre todo en los meses invernales, y una buena ventilación ayuda a no perder luz del sol, pero a no acumular demasiado calor en la temporada estival. Todo es cuestión de eficiencia.



**Fig. 6 Distribución de eficiencia energética.**  
 Tomado de: [certificadodeeficienciaenergetica.com/blog/eficiencia-energetica](http://certificadodeeficienciaenergetica.com/blog/eficiencia-energetica).

### 1.2.2 Marco Conceptual.

**Radiación electromagnética:** Campo eléctrico y magnético variable que no necesita de un medio sólido para transportar energía con una cobertura de longitud de onda corta entre 5 a 10m y de onda larga de centenares de metros.

**Radiación solar:** Fenómeno físico producido por la energía del sol dirigido en ondas de cargas eléctricas o electromagnéticas, que pueden ser cuantificadas en unidades de radiación, La unidad métrica utilizada para la radiación es el  $W/m^2$  que expresa la cantidad de potencia que llega a un área de un metro cuadrado de potencia por unidad de superficie, la cantidad de radiación solar que atraviesa la tierra depende de factores como la distancia del sol el Angulo de inflexión y los movimientos de rotación y traslación y solo un 50 % logra llegar a la superficie terrestre. La radiación hacia la tierra se divide en 5 etapas, Insolación, Radiación Directa, Radiación difusa, Radiación reflejada, y Radiación Global.

**Radiación directa:** es la que proviene directamente del Sol y se caracteriza por generar sombras definidas.

**Radiación difusa:** es la radiación absorbida y dispersada por la atmósfera que llega a la superficie terrestre.

**Radiación reflejada:** es aquella reflejada por los componentes y obstáculos de la superficie terrestre y depende del coeficiente de reflexión de la superficie; también llamado “albedo”.

**Heliógrafo (Campbell-Stokes):** Es utilizado para medir el brillo solar, es decir el número de horas que brilla el sol por día en una determinada localidad. Este instrumento consta de una lente esférica que produce una imagen del sol sobre el papel tratado químicamente y que además tiene

impresa una escala horaria. El papel se alcanza a quemar cuando el nivel de radiación global es superior a  $120 \text{ W/m}^2$ . De esta forma se puede medir sobre el papel el número de hora que brilla el sol en un día. El heliógrafo que registra las horas de brillo solar es un instrumento de uso manual.

**Temperatura Ambiente:** Para medir la temperatura ambiente en la estación UTCH se empleó una sonda 083E-L que permite además de medir la humedad relativa del ambiente, medir la temperatura utilizando un termistor con un rango de medición comprendido entre  $-50 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  y una exactitud de  $0.18 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Inversor de corriente:** es el elemento que nos permite convertir la corriente generada del sistema fotovoltaico de corriente directa a corriente alterna, para poder proveer de energía eléctrica a una unidad habitacional se debe tener en cuenta las cargas y capacidades de los equipos para poder elegir el inversor correcto.

**Efecto Fotovoltaico:** El efecto fotovoltaico es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados, absorbidos, o pueden pasar a través de él. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula

**Acumulador:** Es el dispositivo que almacena la energía que se produce por el generador. Con el acumulador se puede disponer de electricidad en horas que no hay luz o en los días nublados.

**Regulador de carga:** Evita las descargas excesivas o las sobrecargas hacia el acumulador, porque esto produce daños irreversibles. Además, asegura que el sistema funcione con la mayor eficiencia siempre.

**Módulo de Baterías:** Son dispositivos capaces de transformar energía química en eléctrica, son áreas de almacenamiento de electrones recargables a medida que sea suministrada por los paneles y luego serán entregados como corriente directa a un convertidor de corriente alterna.

**Efecto fotovoltaico:** El efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica.

**Módulo fotovoltaico.** Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 o 24 V). La corriente producida depende del nivel de insolación. La estructura del módulo protege a las células del medioambiente y son muy durables y fiables. Aunque un módulo puede ser suficiente para muchas aplicaciones, dos o más módulos pueden ser conectados para formar un generador fotovoltaico.

**Voltaje:** Es La diferencia de potencial entre dos puntos de una fuente de Fuerza Electromotriz (FEM) se manifiesta como la acumulación de cargas eléctricas negativas (iones negativos o aniones), con exceso de electrones en el polo negativo (–) y la acumulación de cargas eléctricas positivas (iones positivos o cationes), con ausencia de electrones en el polo positivo (+) de la propia fuente de FEM.

**Wattio:** el vatio es la unidad con la que medimos la cantidad de trabajo que realiza un elemento su unidad de medida es la potencia y la Potencia es la velocidad a la que se transforma la energía. Si la energía fuese un líquido, la potencia sería los litros por segundo que vierte el depósito que

lo contiene. La potencia se mide en joule por segundo (J/seg) y se representa con la letra “P”. Un J/seg equivale a 1 watt (W), por tanto, cuando se consume 1 joule de potencia en un segundo, estamos gastando o consumiendo (transformando) 1 watt de energía eléctrica. La unidad de medida de la potencia eléctrica “P” es el “watt”, y se representa con la letra W.

**Kilovatio/ Hora:** unidad de medida de la energía eléctrica, medida de cada mil vatios por unidad de tiempo (hora). Esta es la unidad con que se mide la tarifa energética para ser cobrada en pesos.

**Eficiencia energética.** Punto de máxima potencia Un módulo puede operar en un amplio rango de voltajes e intensidades de corriente. Esto puede lograrse variando la resistencia de la carga en el circuito eléctrico, por una parte, y por la otra variando la impedancia de la celda desde el valor cero (valor de cortocircuito) a valores muy altos (circuito abierto) y se puede determinar el punto de potencia máxima teórica, es decir, el punto que maximiza V y tiempo frente a I, o lo que es lo mismo, la carga para la cual el módulo puede entregar la máxima potencia eléctrica para un determinado nivel de radiación.

**Factor de llenado.** Otro término para definir la eficacia de un módulo es el factor de llenado o fill factor (FF), que se define como la relación entre el máximo punto de potencia dividido entre el voltaje en circuito abierto ( $V_{oc}$ ) y la corriente en cortocircuito  $I_{sc}$ .

### **1.2.3 Marco Normativo.**

Dentro de los marcos legales que regulan el uso de la energía solar térmica y fotovoltaica en Colombia, se destacan las establecidas por la CREG, la normatividad de seguridad industrial y las normas técnicas estipuladas por ICONTEC. Dentro de las normas técnicas podemos identificar los sistemas de energía solar y se refieren a colectores solares, es decir dispositivos que convierten la energía solar en energía térmica; y las otras normas, son aquellas que tratan sobre Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico 37 sistemas fotovoltaicos, que permiten convertir la energía lumínica en energía eléctrica (Álvarez & Alzate, 2012).

#### **1.2.3.1 NORMATIVIDAD DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.**

**OHSAS18001.**(Occupational health and safety assessment series) norma establecida en 1999 que complementa la norma ISO14000, fueron creadas como herramienta de gestión y mejora se refiere a una serie de especificaciones sobre la salud laboral y está destinada a transformar las prácticas laborales en todo el mundo, Es una norma estándar para certificación en seguridad y salud laboral, ella contiene una serie de especificaciones sobre la salud y seguridad en el trabajo materializada por la British Standards Institution la norma nos sirve para garantizar bienestar laboral a los empleados, un sistema de gestión en seguridad y Salud Ocupacional ayuda a proteger a las empresas y a sus empleados esta norma es una especificación internacionalmente aceptada que define los requisitos para el establecimiento.

**OHSAS 18002** Esta norma está dirigida a organizaciones comprometidas con la seguridad de su personal y lugar de trabajo. Esta también pensada para organizaciones que ya tienen implementadas una SGSSL.

**ISO 45001.** Esta norma concierne a el sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional, la norma está orientada para habilitar a las organizaciones a gestionar los riesgos de salud y seguridad en el trabajo así como de mejorar el desempeño de las medidas tomadas en este rubro e integrar otros aspectos de la salud de los colaboradores como su bienestar, la implementación del sistema de gestión de salud y seguridad es una decisión estratégica en una empresa para impulsar su sostenibilidad e incrementar su rentabilidad y simultáneamente afianzar la seguridad de sus empleados.

**ISO 15504.** Este modelo establece conjuntos predefinidos de procesos con objeto de definir un camino de mejora para una organización en concreto establece 6 niveles de madurez. Esta norma permite mejorar la calidad del producto, control o proceso para la detección temprana de fallas, mejora de la capacidad en conceptos, y mejora la calidad para clasificar a las organizaciones, al ser este un modelo para el desarrollo de las inspecciones en campo y toma como base el modelo de procesos de la norma ISO/IEC 12207-2008.

### **1.2.3.2 Normatividad Técnica.**

Marco legal Ley / Normas Descripción Ley 1715 del 13 mayo de 2014 Por la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético Nacional. NTC 1736 Sobre energía solar, definiciones y nomenclatura. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

NTC 2775 Energía solar, fotovoltaica, terminología, definiciones.

NTC 5513 Dispositivos fotovoltaicos, medida de las características, intensidad, tensión de los módulos fotovoltaicos.

NTC 5678 Campos fotovoltaicos de silicio cristalino, medida en el sitio de características.

NTC 5549 Sistemas fotovoltaicos terrestres, generadores de potencia, generalidades y guía.

NTC 5627 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos, calificación del diseño y ensayos ambientales. Ley 143 de 1994 se crea la CREG Es función de la Comisión de Regulación de Energía y Gas regular el ejercicio de las actividades, de los sectores de energía y gas, combustible para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente. Ley 143 de 1994 y por decreto 1258 del 2013 crea la UPME La Unidad de Planeación Minero Energética, adopta el sistema de información de eficiencia energética y energías alternativas.

### **1.3 Justificación.**

En el presente proyecto nos enfocamos en mitigar una serie de problemas y reconocer la necesidad principal de una población como es la falta de suministro de energía eléctrica adicional la mala calidad con que llega a las unidades residenciales, en la población de unguía que son alrededor de 540 viviendas que necesitan del servicio continuo y eficiente, por lo tanto, este proyecto será de gran utilidad para que las entidades territoriales en zonas que no tienen cobertura, sean autosuficientes e independientes que administren sus propios servicios.

Con la implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicas, pretendemos llegar a las unidades residenciales con el suministro de energía eléctrica independiente, donde las familias puedan tener acceso a un servicio eléctrico de calidad donde puedan conectar electrodomésticos en general, máquinas y herramientas para futuros locales comerciales, aumentar las actividades económicas dentro de los barrios, también buscamos que la población sea independiente de las tarifas energéticas cada vez más elevadas sin control o transparencia.

Adicionalmente contemplamos al medio ambiente como factor indispensable de energía limpia, que no contamine el aire los ríos ni los afluentes, y que contribuya al desarrollo sostenible de una forma ágil y eficiente.

Otros supuestos que pretendemos obtener con este modelo sería poder venderla a la red eléctrica general, ser consumida en fábricas o fincas aisladas donde no existe una red eléctrica convencional, también generar una fuente de empleo para la instalación y mantenimiento de estas tecnologías.

Todas estas fuentes deben ser consultadas, identificando los recursos que pueden financiar el proyecto y los requisitos a cumplir para tener acceso a cada una de ellas. Dado lo anterior, la solución a la baja cobertura del servicio de energía eléctrica mediante energía solar es la alternativa que apunta a políticas nacionales, desarrollo tecnológico, sostenibilidad social, sostenibilidad ambiental, sostenibilidad técnica y sostenibilidad económica.



pesar de toda esta problemática unguía es un municipio rico en recursos naturales entre ellos el aprovechamiento del sol ya que en ciertas horas del día existe una radiación máxima que puede ser aprovechada por el ser humano para transformarla en energía eléctrica y ayudar así a mejorar el suministro de energía eléctrica.

## **1.5 OBJETIVOS.**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL.**

DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO MEDIANTE PANELES SOLARES, PARA MEJORAR EL SUMINISTRO DE ENERGIA EN LAS UNIDADES HABITACIONALES DEL MUNICIPIO DE UNGUÍA EN EL DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

I. IDENTIFICAR ELEMENTOS DEL SISTEMA.

II. REALIZAR EL ANALISIS FINANCIERO Y DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA.

III. VALIDAR EL DISEÑO DEL PROTOTIPO.

## **1.6 Diseño Metodológico.**

Unguía es un municipio de Colombia localizado en el departamento de Chocó, con una superficie de 1190 km<sup>2</sup>, una población de 12.200 habitantes y un aprovechamiento de 3630 horas de luz solar al año. Este se convierte en uno de los principales recursos naturales renovables de la zona. Por lo tanto, el presente proyecto busca dar a conocer un sistema de generación de energía eléctrica, continua, que garantice el servicio eléctrico las 24 horas del día en la población de Unguía, que sea eficiente y aprovechable al máximo, además que su almacenamiento sea de larga duración. Se busca implementar una tecnología que sea autosostenible y amistosa con el medio ambiente, con el fin de minimizar los impactos ambientales que se han generado con el uso de otras tecnologías. Por eso, como un medio de aporte tecnológico donde se favorezca la población más vulnerable, se proyectó realizar un diseño de un sistema de energía eléctrica por medio de paneles solares de 400W/h, que supla la carga de una unidad habitacional.

### **1.6.1 Fase 1. Estudio de factibilidad y presencia de recursos en la zona.**

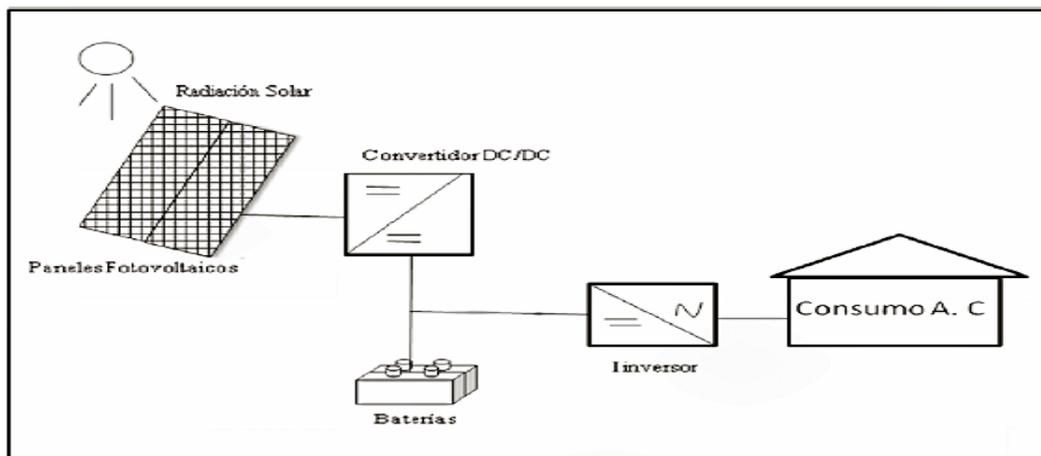
Se registran datos para precipitación aproximados de 1,500 mm anuales, con un comportamiento altamente irregular y un 80 % de humedad relativa. La temperatura presenta un máximo y un mínimo marcadamente definidos con un comportamiento monomodal donde se presentan valores de temperatura máxima entre 27 y 31 °C, y los mínimos entre 22 y 24 °C.

La radiación solar en el municipio de Unguía durante los últimos 4 años nos muestra grandes variaciones en cuanto a la radiación y temperatura en esta zona, según datos estadísticos del IDEAM observamos que su máxima radiación se presenta en el mes de junio y su mínima radiación en los meses de abril y noviembre. Con valores de 4.80 kWh/m<sup>2</sup>. La temperatura ambiente registró un promedio anual de 28,3 °C, el promedio de irradiancia fue aproximadamente de 300,85 W/m<sup>2</sup>. Además, su irradiancia máxima la alcanzó a las 12 horas del mediodía con un aproximado de 838

W/m<sup>2</sup> y su irradiancia mínima de 0,049 W/m<sup>2</sup>, la cual se presentó a las 6 del mañana. el promedio de irradiancia es de 280,2W/m<sup>2</sup>, con una irradiancia máxima de 648,6 W/m<sup>2</sup> la cual fue alcanzada a las 13 horas del día y la irradiancia mínima fue de 0,48 W/m<sup>2</sup>, la cual se presentó a las 6 del mañana.

Por lo anterior podemos afirmar que la irradiancia Quibdó presenta un comportamiento monomodal ya que el pico de irradiancia se puede dar entre las 12m y las 13 horas.

### 1.6.2 Fase 2. Diseño del prototipo y cuadros de cálculo.



Para lograr un sistema de calidad debemos tener en cuenta las pérdidas ocasionadas por polvo que hay en el medio (3% promedio) esto nos permitirá determinar la eficiencia del sistema en forma anual, otro aspecto que se debe considerar es el de la autodescarga de la batería (3% promedio) por mes. Considerando que las baterías se encuentran cargadas durante el verano.

Para el cálculo del número de paneles utilizaremos las fórmulas de potencia, implementadas desde nuestros conocimientos eléctricos de circuitos, debemos primero realizar el cálculo del consumo promedio con un cuadro de cargas diario en la unidad habitacional para luego hallar el número exacto de paneles solares.

Carga	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Energía Wh/día)
Nevera	150	1	12	1800
Iluminación Interior de la vivienda	20	4	4	280
Iluminación Exterior de la vivienda	30	2	8	480
Televisor	85	2	8	1360
Ventilador	50	2	9	900
Otros Artefactos (Radios, equipo de sonido, DVD, cargador de celulares, etc.)	60	1	3	180
<b>Total</b>	<b>425</b>			<b>5000</b>

**Tabla 2 modelo de estudio de cargas en una unidad habitacional.**

**Tomado de. recursos propios. (xcl)**

El inversor de corriente es el elemento que nos permitirá convertir la corriente generada del sistema fotovoltaico, para poder proveer de energía eléctrica a una unidad habitacional por lo que se tiene que elegir el inversor adecuado de acuerdo a las características del sistema de igual manera se debe tener en cuenta las cargas y capacidades de los equipos para poder elegir el inversor correcto.

Un análisis de sombra nos permite generar un estudio completo de factibilidad porque gracias a él podremos determinar si nuestro sistema fotovoltaico tendrá la eficiencia esperada y no tendrá obstrucción alguna para la recepción de la energía solar, se realizará un estudio minucioso para determinar si los mismos edificios y jardines que se coloquen en un futuro. Eviten que la energía solar llegue a su destino en un 100%.

Dentro de las hipótesis de nuestro trabajo está la de poder suministrar energía eléctrica sobrante al sistema interconectado por redes puesto que, revisando detenidamente esta situación, determinamos que toda esta energía generada podrá ser mejor utilizada si la integramos a la red, de esta manera nuestras tarifas de consumo serán menores todavía y así podremos apoyar a la compañía generadora para mejorar el servicio.

**1.6.3 Fase 3** estudio financiero y rentabilidad del proyecto.

Los ingresos estimados provienen de recursos propios y de un crédito del fondo emprender, calculamos egresos correspondientes a la inversión inicial, teniendo en cuenta el Kit de panel fotosolar, costos fijos mensuales y herramientas básicas de trabajo.

Se realizó proyección de ingresos a 5 años proponiendo un aumento generalizado en los ingresos del 2% entre el cuarto y quinto año.

Nuestro cálculo de tasa de oportunidad fue del 5,15% efectivo anual y el resultado del cálculo de la TIR es del 31% lo cual estaría dentro de los parámetros para un proyecto de emprendimiento.

De acuerdo a lo anterior nuestro proyecto generaría utilidad operativa

Por otra parte, es necesario comprender la magnitud de los ingresos frente a los costos y gastos del proyecto, ya que nos permite conocer cuánto nos cuesta la implementación del mismo a la vez que nos permite determinar los precios de venta conocer al detalle donde se identifican los mayores rendimientos y realizar proyecciones a futuro ya que de esto depende el asertividad en la toma de decisiones en tiempo presente, las cuales afectarán por completo los resultados que se obtendrán a futuro.

**1.6.4 Fase 4** puesta en marcha del diseño. Para la fase de puesta en marcha se revisan los temas de normatividad rétie donde se establecen los criterios de instalación tanto civil como eléctrica, contemplando todos los riesgos inherentes de seguridad industrial y salud ocupacional. Además, se realiza el montaje de los paneles solares de tal forma que obtengan la dirección y ángulo estipulada en el diseño, para lograr la mayor captación de radiación durante el día, también se

identifican las áreas donde se alojan los tableros de control y potencia ya que se debe garantizar un mínimo de ventilación y libre locomoción ya que en caso de emergencia se pueda atender la contingencia con oportunismo.

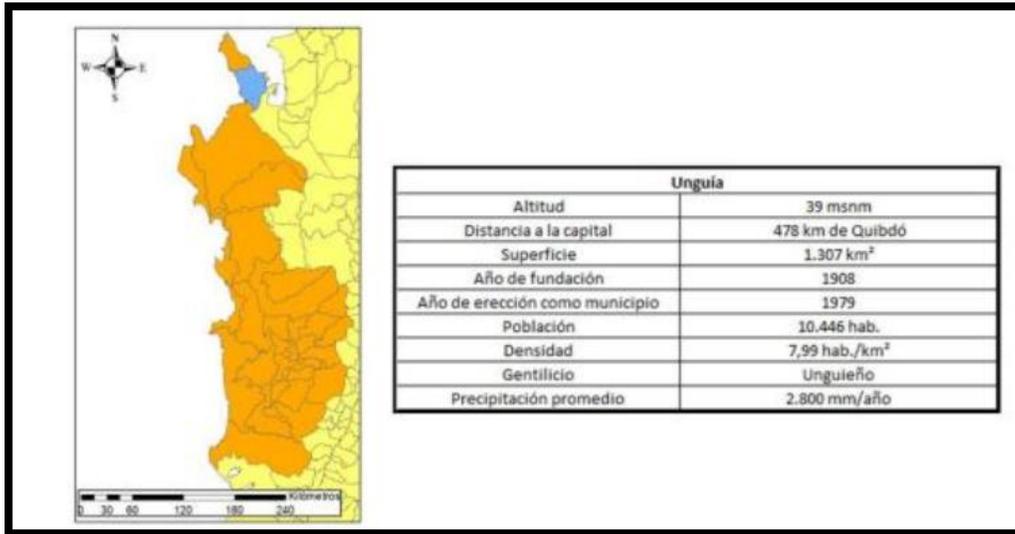
Una vez se termine la fase 4 se realizan pruebas periódicas de funcionamiento y de limpieza que garantice el óptimo funcionamiento del montaje para Que las familias puedan tener acceso a un servicio eléctrico de calidad donde puedan conectar electrodomésticos en general, máquinas y herramientas para futuros locales comerciales, aumentar las actividades económicas dentro de los barrios, también buscamos que la población sea independiente de las tarifas energéticas cada vez más elevadas sin control o transparencia.

Adicionalmente buscamos incluir al medio ambiente como factor indispensable de energías limpias, que no contaminen el ozono ni los ríos ni los afluentes, y que contribuya al desarrollo sostenible de una forma ágil y eficiente.

## CAPÍTULO II

### II. IDENTIFICAR ELEMENTOS DEL SISTEMA.

#### 2.1 ANALISIS DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ZONA.



**Img 8 Características geográficas departamento del Choco.**

Tomado de. IGAC2008



**Img 9 UBICACIÓN GEOGRAFICA MUNICIPIO DE UNGUIA.**

Tomado de. IGAC2008



**2.1.1 Recurso hídrico.** En Unguía se distinguen 4 regiones hidrográficas como son cuenca del golfo de Urabá, pertenece al río Atrato su principal eje hidrográfico y al cual tributan sus aguas los ríos Arquía, Unguía, Tigre y Tanela. En la hidrografía se destacan accidentes geográficos como la de Tarena, Bahía Titumate. Islas, la de Tarena o Gloria y la de periticones en Titumate. Ciénagas: Unguía, Marriaga, Hornos. Sobresalen las estribaciones de la serranía del Darién, el parque natural de los Katíos y en el corregimiento de Balboa sobresalen las aguas Termales. Tiene una extensión total de 1190 Km<sup>2</sup>, donde hay una extensión área urbana: 3990 Km<sup>2</sup> y extensión área rural: 10440 Km<sup>2</sup> Altitud de la cabecera municipal es de 5msnm Temperatura media: 28°C Distancia de referencia: 478 Km de Quibdó vía fluvial.

**2.1.2 Diésel:** En primera instancia, es importante conocer el funcionamiento operativo de la red de comercialización del ACPM en el país. Después de terminado el proceso de refinación, el combustible es enviado por diferentes medios hasta las plantas de abasto, las cuales son operadas por empresas catalogadas como distribuidores mayoristas. Desde allí el energético es transportado a los centros de consumo, ya sea por vía fluvial, terrestre o marítima, según sea el caso (UPME, 2014). Después de contextualizar cómo se realiza el abastecimiento de diésel en el país, se describe a continuación la forma como se genera electricidad con este tipo de combustible.

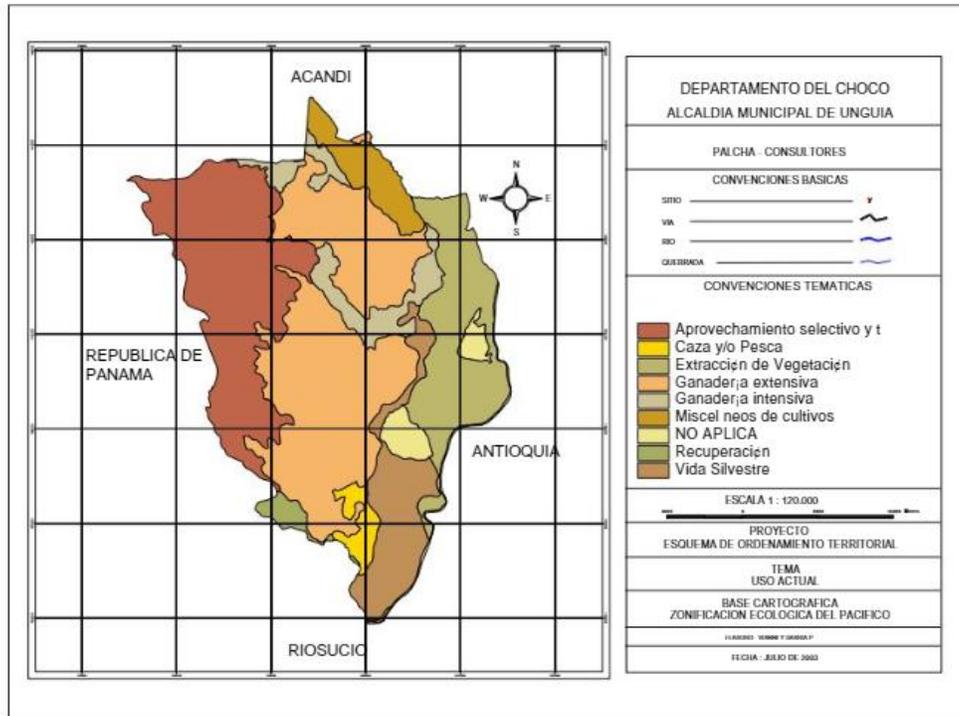
**2.1.3 Biomasa:** Se calcula que para el año 2015 en unguía, la biomasa residual aportó en materia de energía eléctrica cerca de 804 GWh, la cual corresponde al 1.3% de la generación total de energía en ese año, donde sobresale el alto uso del bagazo de caña de azúcar, además de carbón vegetal y otros residuos como los de la palma de aceite y el arroz. Por otra parte, los biocombustibles participaron del 7.04% del consumo final de energía en sector del transporte para este mismo año (UPME, 2015).

**2.1.4 Recurso solar** Energía solar Es la “[e]nergía producida por reacciones nucleares al interior del sol, que son transmitidas en forma de ondas electromagnéticas a través del espacio” (UPME, 2003). Su cuantificación se realiza a través de la medición de la radiación solar en un punto objeto de estudio. Este tipo de energía se aprovecha empleando diferentes tipos de tecnología, como solar fotovoltaica, solar térmica y solar pasiva, la cual se capta por diferentes dispositivos según la tecnología a utilizar. En este proyecto solo se trabaja con sistemas de celdas fotovoltaicas (FV) que convierten la radiación electromagnética, principalmente en el rango visible, directamente a electricidad. La cantidad de energía solar que incide en el sistema FV diariamente, se mide en kilovatios-hora (kWh) por cada metro cuadrado durante un día, o kWh/m<sup>2</sup> /d, dependiendo, así, del número de horas que brilla el sol. Dado que la irradiación solar es de 1 kW/m<sup>2</sup>, para los cálculos se define el término de Horas de Sol Pico (HSP), correspondiente al número de horas al día equivalentes a si se contase con dicho potencial máximo de 1 kW/m<sup>2</sup> en el lugar; por lo que dependerá en gran medida por condiciones climáticas y la nubosidad del sitio. Es así como la energía diaria promedio (kWh/m<sup>2</sup> / d) disponible en el lugar es dada por el producto: HSP (h/d) x 1 kW/m<sup>2</sup> (Esteve, N., 2011, p. 58). Al pasar a un contexto nacional, y teniendo en cuenta el estudio “Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia” (UPME, BID, 2015), el país cuenta con un promedio de irradiación solar de 4,5 kWh/m<sup>2</sup> /d, cifra que supera significativamente el promedio mundial, estimado en 3,9 kWh/m<sup>2</sup> /d., lo cual representa una ventaja por su localización geográfica para utilización del recurso solar.

**2.1.5 Recursos eólico** Energía eólica Se produce a partir del movimiento de la masa del aire (energía cinética del viento), y su aprovechamiento depende fuertemente de la velocidad del viento en sitio. A continuación, se presentan los diferentes eventos en los cuales se puede

emplear este tipo de energía. Es importante mencionar que este tipo de energía ha incrementado significativamente, pues de los 7.5 GW instalados en el 1997 a nivel mundial, se ha pasado a 371 GW en el 2014 (IRENA, 2016). En el territorio nacional actualmente se cuenta con una capacidad instalada de 19,5 MW, cifra que ha permanecido constante desde el 2003 (UPME-BID, 2015). Para el aprovechamiento de la energía eólica, su potencial lo determina la capacidad de la turbina aerogenerador (o molino de viento), compuesta de las aspas acopladas a un rotor que mueve el generador de electricidad, para convertir la energía cinética del viento en electricidad. Esto depende del área de barrido de las aspas y en gran medida de la velocidad del viento en el sitio, además de la capacidad del aparato de aprovechar al máximo dicha energía cinética. Así, la potencia disponible (P) viene dada por (Esteve, N., 2011, p 60)  $P = C_p \frac{1}{2} \rho v^3 A$

Donde: P: potencia, en kW, del aerogenerador  $C_p$  : Coeficiente de potencia, que depende de las características del aerogenerador y la limitación teórica dada por el factor de Betz, encontrándose valores usuales alrededor de  $C_p = 0,4$   $\rho$  : Densidad del aire, que varía ligeramente con la altitud, a nivel del mar:  $\rho = 1,23 \text{ kg / m}^3$   $v$  : Velocidad del viento en el sitio, en m/s A: Área de barrido de las aspas del aerogenerador, en m<sup>2</sup> El número de aerogeneradores requerido para atender cierta demanda eléctrica total está dado (aproximando al número entero más cercano superior) por dicha demanda dividida por la potencia que genera cada uno.



**Img 11 Aprovechamiento de recursos en el choco.**

**Tomado de. IGAC2008.**

Debido a esto, y puesto que se han realizado avances tecnológicos en estas áreas, las alternativas solar y eólica se transforman, cada vez más, en opciones viables de energización para las ZNI del Pacífico. Más aún, el cambio climático que afecta a la opción hidroeléctrica puede llegarse a considerar una fortaleza para estas opciones. Además, están claramente favorecidas por la posición geográfica del país en el globo, debido a que, para dar un ejemplo, Colombia goza de energía solar durante todo el año. En consecuencia, el estudio y posterior implementación de un esquema conjunto de generación y distribución adecuada, que aproveche los recursos energéticos disponibles en la zona, busca encontrar un punto intermedio que minimice costos de prestación del servicio y emisiones de gases contaminantes. Esto resulta de especial relevancia en el país, dado que generaría oportunidades y condiciones de estabilidad en las ZNI del Pacífico, puesto que incrementaría la demanda interna, que a su vez genera condiciones económicas positivas. 11 Con

lo anterior se logra la presencia de los sectores productivos del país en esta región, y además se eliminan los generadores privados de contaminación, como plantas eléctricas basadas en combustibles fósiles, tan comúnmente utilizadas en las ZNI. Es así que los sistemas híbridos surgen como una solución sostenible para producir energía a partir de la adopción de mecanismos de desarrollo limpios desde el punto de vista de la gestión ambiental. Además, presentan una propuesta económica viable para suplir las necesidades energéticas en la región Pacífica. Más aún porque la generación en sitio lleva a la disminución en los costos correspondientes a los materiales para la construcción y mantenimiento del sistema.

## **2.2 ANÁLISIS SOCIAL Y principales vías de Acceso a la zona.**

**2.2.1** El municipio de unguía está rodeado por el río Atrato, al norte, se ven manchones de tierra de un color ocre que denotan los estragos de la explotación ilegal de oro, a su alrededor, se observan las devastaciones causadas por los incendios del 2014 y 2016, donde se destruyeron 4.500 hectáreas de bosque selvático, con el fin de extender las tierras para la actividad ganadera. Además, desde el 2011 el pueblo se ha visto azotado por una ola de violencia de guerrilla y paramilitarismo Según la Unidad para las Víctimas, a 31 de enero de 2018, de los 14.000 habitantes del municipio, 11.760 son víctimas del **conflicto armado en Colombia**. Unguía es un municipio fronterizo con Panamá, ubicado a orillas del golfo de Urabá, al cual solo se accede por agua desde Turbo, Antioquia o por aire. Durante 2016 Unguía tuvo 21 horas diarias de energía, pero apenas cambió de administración, todo empezó a ir de para atrás y hoy en día solo se autorizan 8 horas del suministro de energía al día, **La falta de energía eléctrica** genera grandes inversiones en combustible y aceite para las plantas eléctricas, además al estar conectados a la

red eléctrica nos genera una tarifa de consumo mensual regulada por los operadores de red lo cual resulta ser cada vez más insostenible.

**Unguía es uno de los 90 municipios de Colombia no interconectados** a las redes nacionales de distribución de energía, el 52 % del territorio nacional está en igual condición. Por tal motivo, la Nación gira unos subsidios a las zonas no interconectadas. Estos se rigen según resolución 091 de 2007 de La comisión de Regulación de Energía y Gas. Dichos subsidios son de destinación específica con lo cual se tendría que prestar un servicio de 21 horas diarias en el casco urbano, ocho en los corregimientos y seis en las veredas a orillas del Atrato.

### 2.2.2 Principales vías de Acceso al municipio.

Veredas	Distancia km	Tiempo de recorrido	Estado
Peye – Aguacate – Raicero- Arquia – Unguía	16,05		Camino de herradura
Unguía- Ipeti – El tigre- Santa María – Gilgal	42,7	2h 28m	Carretera destapada
El Tigre – El corazón			Camino de herradura
Santa María – Tanela	6,2	22m	Camino de herradura
Gilgal – Tarena			Camino de herradura
Tarena - las Parcelas			Camino de herradura
Tarena Titumate			Camino de herradura
Gilgal – Marcella			Camino de herradura
Santa María – Balboa	17,8	1h	Carretera en afirmamiento

Fuente: Alcaldía de Unguía, esquema de ordenamiento territorial. Funcionamiento espacial. 2003

#### **Img.15 PRINCIPALES VIAS DE ACCESO A LA ZONA**

**Tomado de. Alcaldía de unguía funcionamiento espacial 2003.**

- a. El acceso al municipio de unguía **Aéreas**: En la cabecera municipal existe una pista aérea en muy mal estado.
- b. Terrestres: El municipio de Unguía no está conectado a la red nacional de vías. Sólo existen algunas vías y carreteras internas que conectan a la cabecera municipal con algunas de las veredas. Como la vía unguí santa maría, gígal, balboa y titumate,

c. Fluviales: El municipio de Unguía está comunicado por vía fluvial con el municipio de Turbo (Antioquia), y con los municipios de: Acandí, Riosucio, Vigía del Fuerte, Bojayá y los demás municipios que están a orillas del río Atrato, hasta llegar a Quibdó, capital del departamento del Chocó.

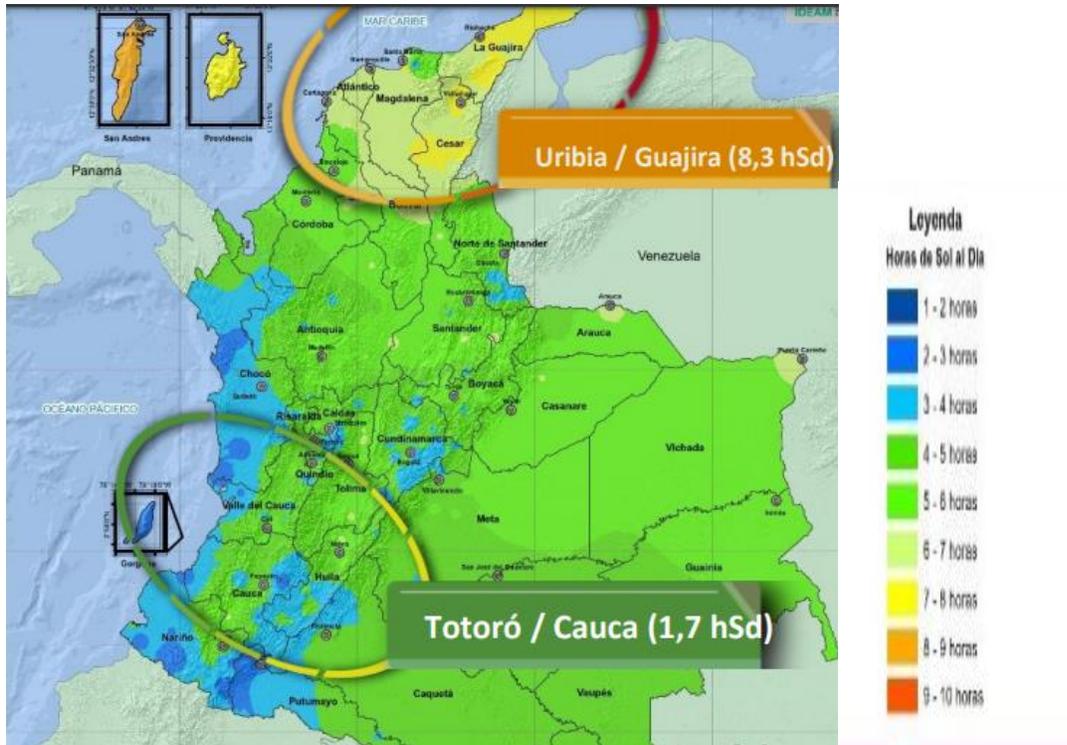
### **2.3 CANTIDAD DE RADIACION SOLAR EN EL MUNICIPIO.**

La Radiación solar es un Fenómeno físico producido por la energía del sol dirigido en ondas de cargas eléctricas o electromagnéticas, que pueden ser cuantificadas en unidades de radiación, La unidad métrica utilizada para la radiación es el  $W/m^2$  que expresa la cantidad de potencia que llega a un área de un metro cuadrado o sea potencia por unidad de superficie, la cantidad de radiación solar que atraviesa la tierra depende de factores como la distancia del sol el Angulo de inflexión y los movimientos de rotación y traslación y solo un 50 % logra llegar a la superficie terrestre. La radiación hacia la tierra se divide en 5 etapas, Insolación, Radiación Directa, Radiación difusa, Radiación reflejada, y Radiación Global.

La Radiación electromagnética es un Campo eléctrico y magnético variable que no necesita de un medio sólido para transportar energía con una cobertura de longitud de onda corta entre 5 a 10m y de onda larga de centenares de metros.

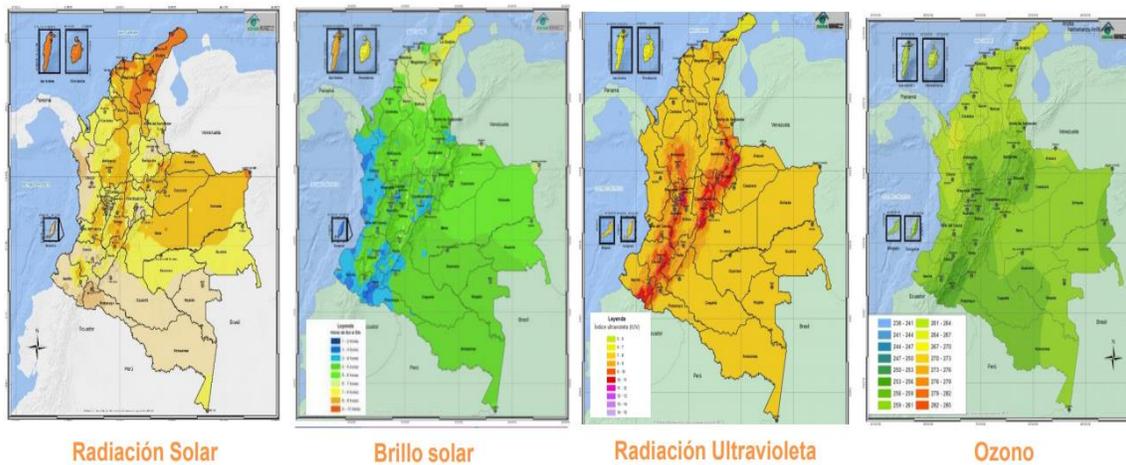
Los módulos solares están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 o 24 V). La corriente producida depende del nivel de insolación. La estructura del módulo protege a las células del medioambiente y son muy durables y fiables. Aunque un módulo puede ser suficiente para muchas aplicaciones, dos o más módulos pueden ser conectados para formar un generador fotovoltaico. Los generadores o módulos fotovoltaicos

producen corriente continua (CC) y pueden ser conectados en serie y/o paralelo para producir cualquier combinación de corriente y tensión.



Img. 12 CANTIDAD DE HORAS DE SOL AL DIA EN COLOMBIA.

Tomado de. IDEMA 2008



Img. 13 CANTIDAD DE RADIACION DEL SOL AL DIA EN COLOMBIA.

Tomado de. IDEAM 2008.

Recordemos que la energía eléctrica nace desde los años 2000 AC. Cuando el único medio de energía era el fuego ocasionado por vidrios curvados aprovechando los rayos solares, ya en el siglo XVIII fue el señor Luis Leclerc quien construyo un gigantesco conjunto de espejos de 168 piezas de cristal y luego construyo un concentrador de energía solar con 360 piezas de cristal, en 1839 se descubre el sistema fotovoltaico, en 1870 Jhon Ericson diseño un colector parabólico, en 1870 Heinrich Hertz fabrico celdas fotovoltaicas que transformaban la luz en electricidad con una eficiencia de 1 a 2%, en 1900 en Aubrey Eneas fundo la primera empresa de energía solar, en 1904 Albert Einstein hace los estudios y cálculos del efecto fotovoltaico, después de la segunda guerra mundial, debido al bajo precio de los combustibles convencionales el uso de la energía solar quedo relegado a un segundo plano.

En 1954 Bell Laboratories desarrolla la primera célula solar de silicio capaz de generar una corriente eléctrica medible con una eficiencia de 4,5 %, en 1973 la Universidad de Delaware construye el 'solar one' la primera vivienda con energía fotovoltaica, en 1978 la NASA construye un sistema solar fotovoltaico de 3,5 Kw en la India, en 1980 ARCO Solar es la primera empresa que construye un sistema fotosolar con capacidad mayor de 1 MW, en 1989 se pone en marcha en Shenandoah Georgia el proyecto llamado energía solar total con una planta solar de 400 kW formada por 144 concentradores, en 1994 la Universidad Nacional de Australia finaliza la construcción del primer prototipo de disco parabólico de grandes dimensiones llamado SG3 sistema solar de 3 generación. En el año 2000 se abandona la tecnología de membrana tensionada y se utiliza un sistema de moldes y fibra de vidrio cada disco es de 8,5 mt de diámetro con una superficie totalmente reflectante de 57m<sup>2</sup>.

En los últimos años se ha hecho un reglamento con defensa del medio ambiente, acompañado de un amplio desarrollo tecnológico en la búsqueda por fomentar la explotación por las fuentes de

recursos renovables energéticos, esto debido a preocupación por el cambio climático entonces se ha comenzado a desarrollar una serie de acciones encaminadas a proteger el planeta.

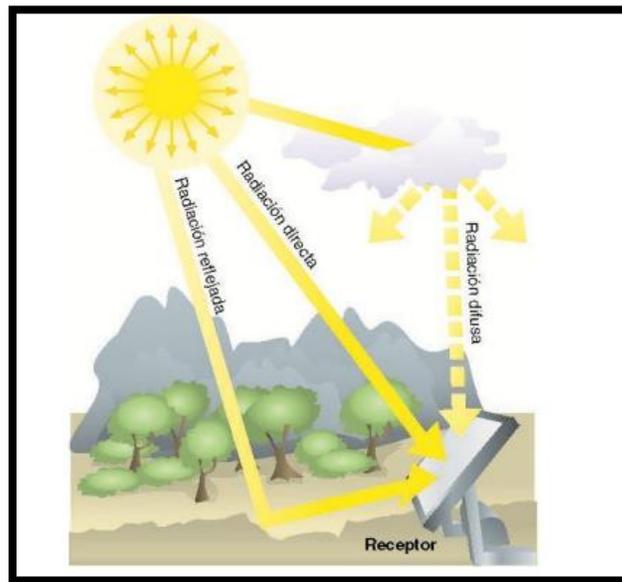
El tema de suministro de energía eléctrica independiente nos interesa ya que en el marco de nuestro desarrollo laboral hemos abordado temas de generación y suministro de energía eléctrica conectada desde un sistema interconectado por redes eléctricas donde observamos todas las etapas de conexión y servicio en las unidades residenciales de las grandes ciudades, por lo tanto este sistema de suministro del servicio lo podemos implementar con los mismos principios pero implementando una tecnología que no dependa de una red eléctrica y que mitigue una serie de problemáticas tanto ambientales como tecnológicas que se generan desde las mismas redes de distribución afectando de las variables eléctricas que en este sistema pretendemos solucionar.

adicional la mala calidad con que llega a las unidades residenciales, en la población de unguía que son alrededor de 540 viviendas que necesitan del servicio continuo y eficiente, por lo tanto, este proyecto será de gran utilidad para que las entidades territoriales en zonas que no tienen cobertura, sean autosuficientes e independientes que administren sus propios servicios.

Con la implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicas, pretendemos llegar a las unidades residenciales con el suministro de energía eléctrica independiente, donde las familias puedan tener acceso a un servicio eléctrico de calidad donde puedan conectar electrodomésticos en general, máquinas y herramientas para futuros locales comerciales, aumentar las actividades económicas dentro de los barrios, también buscamos que la población sea independiente de las tarifas energéticas cada vez más elevadas sin control o transparencia.

En este trabajo se hace un énfasis de los datos climáticos, de radiación solar y temperatura en el Municipio de unguía, con el fin de determinar la factibilidad en la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica fotovoltaica, basándonos en referencias tomadas en las bases

de datos de la estación meteorológica instalada en la Universidad Tecnológica del Chocó y la del IDEAM-110450010; Los resultados obtenidos muestran que los meses con mayor radiación son Junio y Julio alcanzando valores aproximados de 3.83 kWh/m<sup>2</sup> y los de menor radiación Abril, Agosto y Noviembre con valores aproximados de 1.59 kWh/m<sup>2</sup> . La temperatura presenta un comportamiento bastante definido con valores promedios máximos de 26 °C y promedios mínimos de 22 °C.



**Img. 14 FORMAS DE RADIACION SOLAR**

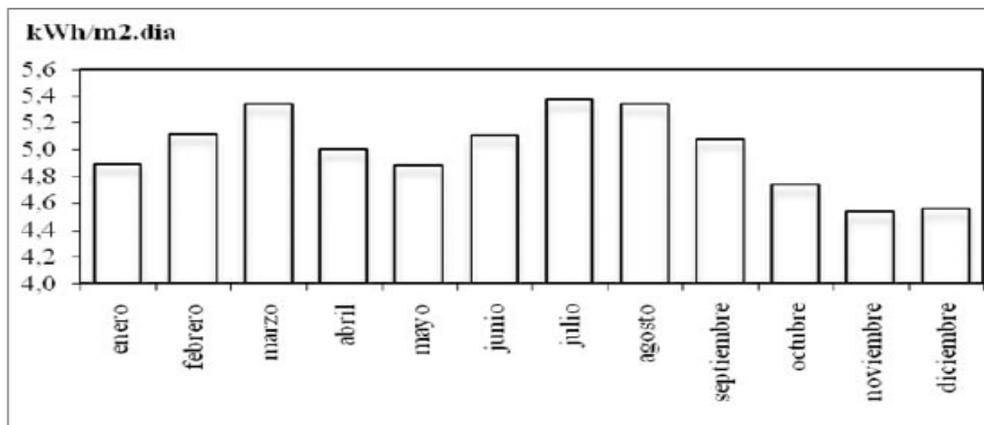
Tomado de. [calculationsolar blog](#).

El departamento del Chocó posee una gran biodiversidad ecológica que ayuda al equilibrio ambiental, Se encuentra ubicado al noroccidente de Colombia y su capital es Quibdó, en el departamento se presentan comportamientos variados para la radiación solar que están dados por las abundantes lluvias, nubosidad y humedad. Se registran datos para precipitación aproximados de 1,500 mm anuales, con un comportamiento altamente irregular y un 80 % de humedad relativa. La temperatura presenta un máximo y un mínimo marcadamente definido con un comportamiento

monomodal donde se presentan valores de temperatura máxima entre 27 y 31 °C, y los mínimos entre 22 y 24 °C.

La radiación solar en el municipio de unguía durante los últimos 4 años nos muestra grandes variaciones en cuanto la radiación y temperatura en esta zona, según datos estadísticos del IDEAM observamos que su máxima radiación se presenta en el mes de junio y su mínima radiación en los meses de abril y noviembre. Con valores de 4.80 kWh/m<sup>2</sup>. La temperatura ambiente registró un promedio anual de 28,3 °C, el promedio de irradiancia fue aproximadamente de 300,85 W/m<sup>2</sup>. Además, su irradiancia máxima la alcanzó a las 12 horas del mediodía con un aproximado de 838 W/m<sup>2</sup> y su irradiancia mínima de 0,049 W/m<sup>2</sup>, la cual se presentó a las 6 del mañana. el promedio de irradiancia es de 280,2W/m<sup>2</sup>, con una irradiancia máxima de 648,6 W/m<sup>2</sup> la cual fue alcanzada a las 13 horas del día y la irradiancia mínima fue de 0,48 W/m<sup>2</sup>, la cual se presentó a las 6 del mañana.

Por lo anterior podemos afirmar que la irradiancia Quibdó presenta un comportamiento monomodal ya que el pico de irradiancia se puede dar entre las 12m y las 13 horas.



**CAPÍTULO III**

**3.1 DISEÑO DEL SISTEMA Y CUADROS DE CARGABILIDAD EN KWH DE UNA UNIDAD HABITACIONAL.**

A continuación, se relaciona un cuadro de cargas típico en una unidad habitacional residencial el cual se obtiene de la suma en cantidad de potencias, durante un día (24horas).

TABLA DEFINICIÓN DE CONSUMOS				TENSION			RDTO	ENERGÍA TEORICA DI
DESCRIPCION	UNIDAD	POTENCIA/UD	HORAS	AC/DC	V (AC)	V (DC)	%	WH/DIA
Iluminación exterior	2	20	2	AC	230	24	90%	88,89
ILUM Comedor	2	20	5	AC	230	24	90%	222,22
ILUM Cocina	1	8	5	AC	230	24	90%	44,44
ILUM Aseos	1	8	1	AC	230	24	90%	8,89
ILUM Habitaciones	2	8	1	AC	230	24	90%	17,78
Lavadora/frío	1	600	1	AC	230	24	90%	666,67
Microondas	0	450	0,1	AC	230	24	90%	0,00
Televisor	1	70	4	AC	230	24	90%	311,11
Refrigerador	1	100	8	AC	230	24	90%	888,89
Pequeño Electrodoméstico	1	40	1	AC	230	24	90%	44,44
Otros:				AC	230	24	90%	0,00
Bomba riego	1	736	0,75	AC	230	24	90%	613,33
Varios	0	100	1	AC	230	24	90%	0,00
<b>TOTAL ENERGIA TEORICA DIARIA WH/DIA</b>								<b>2906,67</b>
<b>TOTAL ENERGIA REAL DIARIA WH/DIA</b>								<b>3635,61</b>

**Tabí 3 cuadro de consumos en kw en una residencia de unguía  
Tomado de. Recursos propios.**

Con el siguiente prototipo se pretende proveer del suministro eléctrico en una unidad residencial con un consumo de 3.5 KW Diario, y con una reducción máxima en costos del kilovatio.

Según el registro del Dane se tiene que una familia promedio esta con un núcleo familiar de hasta 7 personas, con una capacidad de adquisición de electrodomésticos más comunes y básicos en una familia, ejemplo.

Para lograr un sistema de calidad debemos tener en cuenta también las pérdidas ocasionadas por polvo que hay en el medio (3% promedio) esto nos permitirá determinar la eficiencia del sistema en forma anual, otro aspecto que se debe considerar es el de la autodescarga de la batería (3% promedio) por mes. Considerando que las baterías se encuentran cardadas durante el verano.

Para el cálculo del número de paneles utilizaremos las fórmulas de potencia, implementadas desde nuestros conocimientos eléctricos de circuitos, debemos primero realizar el cálculo del consumo promedio con un cuadro de cargas diario en la unidad habitacional para luego hallar el número exacto de paneles solares.

Carga	Potencia (W)	Cantidad	Horas/día	Energía Wh/día)
Nevera	150	1	12	1800
Iluminación Interior de la vivienda	20	4	4	280
Iluminación Exterior de la vivienda	30	2	8	480
Televisor	85	2	8	1360
Ventilador	50	2	9	900
Otros Artefactos (Radios, equipo de sonido, DVD, cargador de celulares, etc.)	60	1	3	180
<b>Total</b>	<b>425</b>			<b>5000</b>

**Tab 4 cuadro de consumos 2 en kw en una residencia de unguía  
Tomado de. Recursos propios.**

En Colombia, en el año 2001 se decretó la Ley 697 mediante la cual se declara el uso racional y eficiente de la energía (URE) con el objetivo de fomentar el uso de energías renovables como un asunto de interés nacional y de compromiso con el medio ambiente.

ESPECIFICACIONES PANELES SOLARES		
ITEM	DESCIPCION	UNIDAD
1	POTENCIA MAXIMA	280W
2	TENSION DE CIRCUITO ABIERTO	22.50V
3	VOLTAJE DE OPERACIÓN OPTIMA	18V
4	RANGO DE TOLERANCIA EN TENSION	0+5%
5	DIMENSIONES	195X99X4
6	PESO	20.5 KG
7	VIDA UTIL PANEL	25 AÑOS
8	TECNOLOGIA	POLICRISTALINO

**Tab 5 cuadro de consumos nominales por elemento eléctrico.  
Tomado de. Recursos propios.**

Posteriormente, en mayo de 2014 se decreta la Ley 1715 con el fin de regular la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

Para maximizar la eficiencia de la energía solar, diversos investigadores han mejorado la eficiencia de los paneles solares, que son los dispositivos que recolectan la energía del sol para poder utilizarla. Las mejoras se han hecho sobre todo implementando nuevas técnicas y utilizando materiales de mejor calidad.

Según los cálculos obtenidos (3600w/d) podemos comenzar a dimensionar nuestro sistema con 2 paneles de 200 W/h utilizados durante 9 horas al día nos cubrirá los consumos diarios.

Al conocer el número de paneles mínimo que debe ser un número entero se debe volver a recalcular la potencia máxima generada por el sistema fotovoltaico.

$$N_{\text{paneles min}} = P_{\text{min}} / P_{\text{pico panel}}$$

$$P_{\text{máx sistema}} = P_{\text{pico panel}} * N_{\text{paneles}}$$

La energía generada mínima ( $E_{\text{generada}}$ ) por el huerto solar dimensionado depende no solo de la cantidad de paneles y de su potencia máxima sino de la cantidad de horas diarias de sol en las cuales la generación eléctrica será mayor en el aumento de las horas sol que dependerán de las condiciones climáticas,  $G_{\text{cem}} = 1 \text{ kW m}^2$  (*Instalaciones solares fotovoltaicas*)

para el municipio de unguía se toma un valor de 6.4 horas sol promedio, zona geográfica y de la época del año,

$$E_{\text{generada}} = P_{\text{máx sistema}} * \text{horas sol}$$

La energía global del sistema se observa en la diferencia entre la energía generada solar ( $E_{\text{generada}}$ ) y el el consumo de energía máximo.  $E_{\text{global}} = E_{\text{generada}} - E_{\text{dia-máx}}$ .

Para el número de inversores ( $N_{Inversores}$ ) óptimos para el sistema, se conectan directamente con los paneles solares y los inversores nos ayudaran al dimensionamiento, el número de inversores depende de la potencia máxima en la cual el sistema puede trabajar y de la capacidad de potencia máxima del inversor cuando la carga es corriente directa ( $P_{máxDC}$ ), además la cantidad de inversores definirá como es la distribución de cantidad de paneles solares.

$N_{Inversores} = \frac{P_{máx sistema}}{P_{máx DC}}$  Los inversores/cargadores se conectan a las baterías, su uso especialmente en las noches y cuando las condiciones climáticas no permiten la recepción de energía solar y por consiguiente no se obtiene la energía eléctrica normal usando las baterías, la potencia máxima instantánea ( $P_{máx inst}$ ) y la capacidad del inversor ( $P_{nom inversor}$ ) nos indica cual es la cantidad mínima de inversores/cargadores ( $N_{Inversores/cargadores}$ ) para calcular la capacidad mínima requerida de las baterías ( $C_{minBateria}$ ) en el día promedio donde el consumo es máximo, este depende la energía usada en el día donde la carga posiblemente sea la máxima durante el año, los días de autonomía (en inglés Days of autonomy, DOA) es la CAR en línea en: cantidad de días que se tiene el consumo energético máximo en el año, depende también de la profundidad de descarga (DOD) de la batería, este es el grado de agotamiento de una batería, entre mayor DOD tenga una batería tendrá mejores ciclos de vida de la batería y del voltaje de operación de carga ( $V_{carga}$ ).

El Voltaje apropiado de baterías según la potencia del sistema Referencia de elección de voltaje para las baterías Potencia < 800 Wp.

El número mínimo de baterías ( $N_{baterias}$ ) nos permite alcanzar el óptimo almacenamiento de la energía generada en el huerto solar, aunque depende de la capacidad de la batería ( $C_{Bateria}$ ), hay otros factores que afectan su selección estos son los ciclos de vida, la eficiencia y de los días de autonomía para evitar quedarse sin suministro energético cuando las condiciones ambientales no son las más apropiadas, ya que al seleccionar las baterías según su voltaje nominal de 12v, 24v o 48v estas se tienen que instalar en serie o paralelo, para eso se calcula previamente el número de bancos de baterías mínimos ( $N_{Banco\ de\ Baterias}$ ).

para tener una red de baterías distribuidas correctamente y así calcular el número de baterías mínimo para satisfacer la necesidad del sistema, el arreglo de las baterías también depende de la cantidad de inversores/conversores del sistema.  $N_{Banco\ de\ Baterias} = C_{minBateria} / C_{Bateria}$  (11)  $N_{Baterias} = N_{Banco\ de\ Baterias} * V_{carga} / V_{bateria}$

La distancia mínima entre paneles ( $d$ ) para su correcta instalación y evitar sombras se da por La distancia del panel horizontalmente ( $d1$ ) y distancia menor entre paneles ( $d2$ ) son las variables.

Los factores inclinación de la tierra en día de menor Angulo ( $\varphi$ ) es 43 de  $23,5^\circ$  y la latitud ( $L$ ) son los factores geográficos que afectan el sistema. Siendo  $w$  el alto del panel solar. La Distancia mínima entre paneles

$$d = d1 + d2 = \cos\beta * w + h \tan\gamma$$

$$h = \tan\beta * d1$$

$$\gamma = 90^\circ - \varphi - L$$

dimensionamiento del sistema de potencia.

$$P_{dia,max} = 5 \text{ kWh/día} * 0.9 * 0.85 * 0.99 = 3.78 \text{ kWh/día.}$$

$$P_{min} = 3.6 \text{ kWh/día} * 1 \text{ kW/m}^2 * 4.95 \text{ kWh/m}^2/\text{día} * 0.6 = 2.76 \text{ kWp}$$

$$P_{real} = 1.2 * 2.76 \text{ kWp} = 3.32 \text{ kWp}$$

$$N_{paneles min} = 3.32 \text{ kWp} / 0.63 \text{ kWp/panel} = 2.08 \text{ Paneles} \approx 2 \text{ paneles}$$

$$P_{m\acute{a}x sistema} = 1.230 \text{ kWp/panel} * 2 \text{ paneles} = 2,46 \text{ kW}$$

La irradiancia promedio hist3rica diaria en la zona es de 4.95 kWh/m<sup>2</sup>. 44

$$E_{generada} = 12.54 \text{ kW} * 3.4$$

$$h = 42.64 \text{ kWh}$$

$$E_{global} = 42.64 \text{ kWh} - 36.86 \text{ kWh} = 5.77 \text{ kWh}$$

$$N_{\text{Inversores}} = 3.6 \text{ kW} / 3 \text{ kW/inversor} = 1.3 \text{ inversores} \approx 1 \text{ inversor}$$

$$N_{\text{Inversores/cargadores}} = 3.2 \text{ kWh} / 3 \text{ kWh} = 1.06 \approx 1 \text{ inversores/cargador}$$

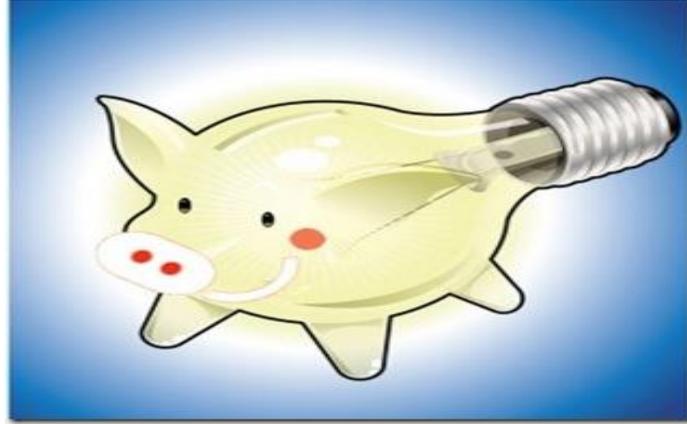
$$\text{minBateria} = 3.6 \text{ kWh} * 1 \text{ día} * 0.8 * 48\text{v} = 183 \text{ Ah}$$

$$N_{\text{Banco de Baterias}} = 1920 \text{ Ah} / 183 \text{ Ah} = 2.04 \text{ bancos} \approx 2 \text{ bancos.}$$

### 3.2 COSTO BENEFICIO DEL SISTEMA.

Mediante la implementación de sistemas independientes utilizando como fuente una energía renovable inagotable, podemos lograr una disminución de costos significativa, además en los sistemas fotosolares (paneles, inversores, baterías y reguladores) encontramos que los elementos empleados son de baja inversión, donde se expresa claramente la influencia que tienen los precios relativos de estos componentes en el conjunto de compensaciones posibles entre paneles y baterías. En ese conjunto de ajustes económicos vemos reflejado el esfuerzo en la disminución del precio hasta llegar a un costo de energía mínimo (35 \$/kWh) aprox. con un índice relativo de cantidades.

En el escenario de mayor disminución de precio de los paneles fotovoltaicos, se logra un costo de energía mínimo (0,33 \$/kWh), con un índice relativo de cantidades de 1,6; tal como se indica en la Lo antes señalado permite ilustrar la flexibilidad para compensar paneles por cantidad de batería o viceversa, a los fines de contar con un mayor número de opciones de dimensionado para un mismo nivel de calidad del sistema fotovoltaico y menor costo de energía.



**Img 16 ahorro energético**

**Tomado de. Ahorroenergético de Colombia.**

Debido a la tendencia que viene presentándose en el mercado de los paneles fotovoltaicos, hacia el continuo descenso en el precio de Wp (disminución de más 50 % en los últimos dos años) y su tendencia a seguir disminuyendo por aprovechamiento tecnológico; así como también, dado el costo representativo del precio de las baterías en los sistemas fotovoltaico (19 % del costo total del sistema) , resulta apropiado valorar la compensación entre paneles y baterías en los sistemas fotovoltaicos sin detrimento de la calidad de los mismos, como se ha podido observar en los resultados ilustrados.

### **3.3 ESTUDIO FINANCIERO.**

#### **INVERSION INICIAL DEL PROYECTO.**

<b>Cantidad</b>	<b>RECURSO HUMANO:</b>
1	INGENIERO ELECTRICO. (director proyecto).
1	Ingeniero electrónico (investigador de proyecto).
1	Administrador de Empresas (Director Administrativo).
2	Técnico eléctrico.
1	Técnico de Sistemas.
1	Digitador(a).

**Tabla 6 estudio del recurso humano.**

<b>Cantidad</b>	<b>RECURSO FISICO.</b>
1	Software de Retscreen para el dimensionamiento de equipos.
1	Pinza Voltamperimetrica.
1	Computador portátil.

1	Material Bibliográfico.
1	Impresiones.
1	Papelería general.
1	Luz para el computador
1	Agua en la oficina.

**Tabla 7 estudio del recurso físico.**

### **3.3.1 ENTIDADES FINANCIERAS DE PROYECTOS DE EMPRENDIMIENTO.**

**Bancoldex** es el banco para el desarrollo empresarial y el comercio exterior. Financia cualquier necesidad de crédito que tengan las empresas, con destinaciones para capital de trabajo, inversión fija, consolidación de pasivos y capitalización empresarial. Estos financiamientos están disponibles para micros, pequeñas, medianas y grandes empresas de todos los sectores económicos.

**Innpulsa**, Es la institución del Gobierno Nacional para apoyar y promover iniciativas de negocio que puedan crecer de manera rápida, rentable y sostenida. Se enfocan en detectar y vencer los obstáculos que impiden el crecimiento de las empresas, en trabajar las barreras mentales que frenan del proceso creativo y en incentivar el desarrollo de las empresas en las regiones.

**Fondo Emprender**. Es un fondo de capital semilla creado por el gobierno nacional y que está adscrito al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Tiene como objetivo financiar iniciativas empresariales creadas por aprendices o asociaciones entre aprendices, practicantes universitarios o profesionales.

**COLCIENCIAS**. Colciencias es la entidad del Estado que promueve las políticas públicas para fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia. Su plan anual de convocatorias ofrece oportunidades de formación, investigación e innovación para emprendedores en el área de las TIC.

**3.3.2 EVALUACION DE TASA INTERNA DE RETORNO.**

Como medio de financiamiento del proyecto se plantea obtener un préstamo de \$6'000.000 iniciales del fondo emprender con un desembolso inicial de 4'000.000 de inicio en el mes 0 y 2'000.000 en el mes 4. En el cual ya el ingreso por ventas estará al nivel del 70% siendo autosostenible.

El otro 50 % de inversión será de capital base o recursos propios de los tres socios del proyecto los cuales se encuentran disponibles una vez se dé el inicio del proyecto.

**ESTUDIO MERCADOS TASA INTERNA DE RETORNO PROYECTO PANELES SOLARES PARA EL MUNICIPIO DE HUNGUIA CHOCO COLOMBIA.**

Tasa de oportunidad		5,15%							
n=		Años							
<b>Se propone un aumento general en los ingresos del 2%, en el cuarto y quinto año.</b>									
Ingresos 1		Ingresos 2		Ingresos 3		Ingresos 4		Ingresos 5	
Servicio	Valor anual	Servicio	Valor anual	Servicio	Valor anual	Servicio	Valor anual	Servicio	Valor anual
Recurso propio 1	25.000.000,00	Recurso propio 2	25.000.000,00	Recurso propio 3	25.000.000,00	Aspiramiento fondo	20.000.000,00	Aspiramiento individual	20.000.000,00
precio de instalacion*100 uds	160.000.000,00	precio de instalacion*100 uds	160.000.000,00	precio de instalacion*100 uds	160.000.000,00	precio de instalacion*120 uds	192.000.000,00	precio de instalacion*100 uds	192.000.000,00
capacitaciones personal	5.000.000,00	capacitaciones pers	5.000.000,00	mantenimiento 1	10.000.000,00	mantenimiento 2	12.000.000,00	mantenimiento 3	12.000.000,00
<b>Total</b>	<b>190.000.000,00</b>	<b>Total</b>	<b>190.000.000,00</b>	<b>Total</b>	<b>195.000.000,00</b>	<b>Total</b>	<b>224.000.000,00</b>	<b>Total</b>	<b>224.000.000,00</b>

**Incremento de costos y gastos en un 10%, desde el segundo año.**

Costos y Gastos 1		Costos y Gastos 2	
Nómina. Prestación de servicios	86.400.000	Nómina. Prestación de servicios	95.040.000
kit fotosolar *100 uds	112.000.000	kit fotosolar *100 uds	112.000.000
transportes y viaticos	7.000.000	transportes y viaticos	7.700.000
Arriendo oficina	6.000.000	Arriendo oficina	6.600.000
Gastos de servicios públicos (agua-luz)	1.260.000	Gastos de servicios públicos (agua-luz)	1.386.000
Publicidad	1.800.000	Publicidad	1.980.000
Papelería	720.000	Papelería	792.000
<b>TOTAL</b>	<b>215.180.000</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 118.272.000,0</b>

PANELES FOTOSOLARES PARA HUNGUIA CHOCO.

Costos y Gastos 3		Costos y Gastos 4		Costos y Gastos 5	
Nómina	104.544.000	Nómina	114.998.400	Nómina	126.498.240
kit fotosolar *100 uds	112.000.000	kit fotosolar *120 uds	134.400.000	kit fotosolar *120 uds	134.400.000
transportes y viaticos	8.470.000	transportes y viaticos	9.317.000	transportes y viaticos	10.248.700
Arriendo oficina	7.260.000	Arriendo oficina	7.986.000	Arriendo oficina	8.784.600
Gastos de servicios públicos (agua-luz)	1.524.600	Gastos de servicios públicos (agua-luz)	1.677.060	Gastos de servicios públicos (agua-luz)	1.844.766
Publicidad	2.178.000	Publicidad	2.395.800	Publicidad	2.635.380
Papelera	871.200	Papelera	958.320	Papelera	1.054.152
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 130.099.200,0</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 143.109.120,0</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 157.420.032,0</b>

Tabla 6. ESTUDIO DE INGRESO EGRESOS ANUALES DEL PROYECTO POR UN PERIODO DE 5 AÑOS.

Tomado de. Evaproject (xcl).

VPN Ingresos	877.764.600,63		180.694.246,31	171.844.266,59	167.728.468,02	183.236.045,39	174.261.574,32
			190.000.000,00	190.000.000,00	195.000.000,00	224.000.000,00	224.000.000,00
UTIPER= 206.307.661,05							
BIC= 1,3072537							
VPN Egresos	671.456.939,59	8.410.000,00	215.180.000,00	118.272.000,00	130.099.200,00	143.109.120,00	157.420.032,00
		8.410.000,00	204.640.389,06	106.970.342,62	111.904.305,16	117.065.844,68	122.465.458,06

<b>((Ingvpn/egresosvpn)-1)*100</b>		
<b>TIR</b>		
<b>30,72537476</b>		
	<b>Inversión Inicial</b>	
	Activos Fijos	2.185.000
	transportes	245.000
	Arriendo Inmueble	500.000
	software	90.000
	material bibliografico	70.000
	impresiones y fotocopias	80.000
	herramienta	4.290.000
	viaticos	800.000
	Pago de servicios públicos	150.000
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 8.410.000,0</b>

Tabla 7. SIMULACION PORCENTUAL DE LA TASA INTERNA DE RETORNO.

Tomado de. Evaproject (xcl).

Costos y Gastos 3		Costos y Gastos 4		Costos y Gastos 5	
Nómina	104.544.000	Nómina	114.998.400	Nómina	126.498.240
kit fotosolar *100 uds	106.000.000	kit fotosolar *120 uds	127.200.000	kit fotosolar *120 uds	127.200.000
transportes y viaticos	7.260.000	transportes y viaticos	7.986.000	transportes y viaticos	8.784.600
Arriendo oficina	7.260.000	Arriendo oficina	7.986.000	Arriendo oficina	8.784.600
Gastos de servicios públ	1.524.600	Gastos de servicios públ	1.677.060	Gastos de servicios públ	1.844.766
Publicidad	2.178.000	Publicidad	2.395.800	Publicidad	2.635.380
Papelería	871.200	Papelería	958.320	Papelería	1.054.152
analisis de sensibilidad	790.000	analisis de sensibilidad	790.000	analisis de sensibilidad	790.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 230.427.800,0</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 263.991.580,0</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 277.591.738,0</b>

VPN Ingresos	1.045.786.409,58
UTL/PER= 12.059.043,28	
B/C= 1,0116656	
VPN Egresos	1.033.727.366,30
<b>((Ingvpn/egresosvpn)-1)*100</b>	
<b>TIR</b>	
<b>25,345617</b>	

**Tabla 8. SIMULACION RESULTADOS CON ANALISIS DE SENSIBILIDAD.**

Tomado de. Evaproject (xcl).

Los ingresos estimados provienen de recursos propios y de un crédito del fondo emprender, calculamos egresos correspondientes a la inversión inicial, teniendo en cuenta el Kit de panel fotosolar, costos fijos mensuales y herramientas básicas de trabajo.

Se realizó proyección de ingresos a 5 años proponiendo un aumento generalizado en los ingresos del 2% entre el cuarto y quinto año.

Nuestro cálculo de tasa de oportunidad fue del 5,15% efectivo anual y el resultado del cálculo de la TIR es del 31% lo cual estaría dentro de los parámetros para un proyecto de emprendimiento.

De acuerdo a lo anterior nuestro proyecto generaría utilidad operativa.

Se aplica análisis de sensibilidad donde se incrementaron los gastos en un 10% por lo tanto el índice de la tasa interna de retorno pasa a ser de 25,34%.

Por otra parte, es necesario comprender la magnitud de los ingresos frente a los costos y gastos del proyecto, ya que nos permite conocer cuánto nos cuesta la implementación del mismo a la vez que nos permite determinar los precios de venta conocer al detalle donde se identifican los mayores rendimientos y realizar proyecciones a futuro ya que de esto depende el asertividad en la toma de decisiones en tiempo presente, las cuales afectarán por completo los resultados que se obtendrán a futuro.

### **3.3.3 Estudio de mercados y proveedores.**

#### **Elementos utilizados para conformar el sistema:**

**1 Convertidor** de corriente es el elemento que nos permitirá convertir la corriente generada del sistema fotovoltaico, para poder proveer de energía eléctrica a una unidad habitacional.

**2 celda fotovoltaica:** El efecto fotovoltaico es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad.

**3 El inversor de corriente,** es el elemento que nos permite convertir la corriente generada del sistema fotovoltaico de corriente directa a corriente alterna.

**4 Acumulador:** Es el dispositivo que almacena la energía que se produce por el generador.

**5 Regulador de carga:** Evita las descargas excesivas o las sobrecargas hacia el acumulador, porque esto produce daños irreversibles.

**6 Módulo de Baterías:** Son dispositivos capaces de transformar energía química en eléctrica, son áreas de almacenamiento de electrones recargables a medida que sea suministrada por los paneles y luego serán entregados como corriente directa a un convertidor de corriente alterna.

Proveedor	Cant	Genair	Coexito	Ecossol	Greencol energy	Amvar world
<b>Paneles policristalinos a 12 voltios. Panel solar 80w 12v solartech</b>	2	398.550	514.080	387.500	418.000	456.000
<b>Batería sellada 150 Ah 12v, Gel. Motoma</b>	1	928.199	1.020.834	707.860	1.169.000	1.326.000
<b>Regulador de 30 Ah</b>	1	132.000	320.000	65.000	333.000	102.600
<b>Puertos USB de 2 entradas</b>	8	72.800	No vende	64.000	No venden	115.600
<b>Cableado encauchetado Dúplex</b>	10 m	98.000	No vende	55.000	No venden	80.000
<b>Instalación</b>	1	500.000	No	442.000	No	No
<b>Total</b>		2.129.549	1.854914	1.721.360	1.920.000	2.080.200

*Nota. Relación de precios de las diferentes empresas cotizadas a nivel nacional. Por García & Peñuela, 2019.*

Img. 17 estudio de mercados de elementos fotosolares.

Tomado de. García y Peñuela 2019.

## CAPÍTULO IV

### 4.1 NORMATIVIDAD DE ENSAMBLES PARA SISTEMAS FOTOSOLARES.

Las normas que regulan el uso de la energía solar térmica y fotovoltaica en Colombia, son las normas técnicas publicadas por ICONTEC.

Marco legal Ley / Normas Descripción Ley 1715 del 13 mayo de 2014 Por la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético Nacional.

NTC 1736 Sobre energía solar, definiciones y nomenclatura. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

NTC 2775 Energía solar, fotovoltaica, terminología, definiciones.

NTC 5513 Dispositivos fotovoltaicos, parte 1: medida de las características, intensidad, tensión de los módulos fotovoltaicos.

NTC 5678 Campos fotovoltaicos de silicio cristalino, medida en el sitio de característicos.

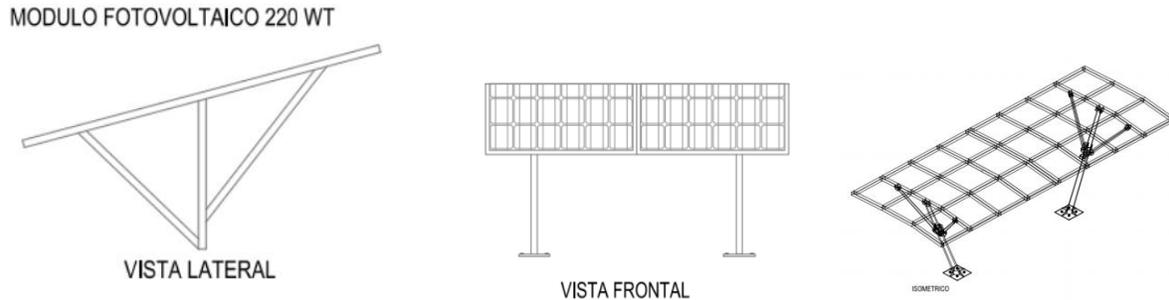
NTC 5549 Sistemas fotovoltaicos terrestres, generadores de potencia, generalidades y guía.

NTC 5627 Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos, calificación del diseño y ensayos ambientales.

Ley 143 de 1994 se crea la CREG Es función de la Comisión de Regulación de Energía y Gas regular el ejercicio de las actividades, de los sectores de energía y gas, combustible para asegurar la disponibilidad de una oferta energética eficiente.

Ley 143 de 1994 y por decreto 1258 del 2013 crea la UPME La Unidad de Planeación Minero Energética, adopta el sistema de información de eficiencia energética y energías alternativas

#### 4.2 MONTAJES Y PARAMETROS DEL DISEÑO.



**Img. 18 ubicación de paneles solares.**  
Tomado de. Lib energías alternativas 2015.

Para poder determinar el tamaño adecuado del proyecto debemos tener en cuenta varios aspectos importantes que pueden afectar la eficiencia. Uno de los principales factores es la ubicación del proyecto ya que se debe tener un terreno con varias características como:

- La extensión debe ser lo suficientemente grande para ubicar todos los paneles en la dirección y posición adecuada para sacar el mayor provecho de ellos y tener una eficiencia adecuada para el abastecimiento de la red que queremos alimentar.
- Se debe tener en cuenta también que el terreno se encuentre lo más despejada de árboles u objetos que puedan interferir o generar sombra, ya que esto puede afectar en la eficiencia de los paneles y por consiguiente la potencia entregada no sería la óptima para el proceso de alimentación de la red eléctrica.

ESPECIFICACIONES PANELES SOLARES ITEM DESCRIPCION UNIDAD

1 POTENCIA MAXIMA 400W

2 TENSION DE CIRCUITO ABIERTO 22.50V

3 VOLTAJE DE OPERACIÓN OPTIMA 208Vac.

4 RANGO DE TOLERANCIA EN TENSION 0+5%

5 DIMENSIONES 195X99X4

6 PESO 20.5 KG

7 VIDA UTIL PANEL 25 AÑOS

8 TECNOLOGIA POLICRISTALINO.



**Img 19 INSTALACION DE 2 MODULOS DE PANELES SOLARES POR UNIDAD HABITACIONAL.**

**Tomado de Recursos propios.**

Por unidad habitacional se instalan Dos paneles solares de 19.7V que surten de energía el control de carga, el cual surte a la batería donde esta pasa al inversor de 1500w con un desgaste del sistema de la tercera parte igual a 500w el cual pasa al temporizador que está programado para funcionar de lunes a viernes en el horario de 6:00Pm a 10:30Pm y los sábados de 6:00Pm a 8:00Pm, con un funcionamiento normal de 4 horas y media entre semana y dos horas los días sábado, del temporizador pasamos a enviar la energía a la red consiguiendo con esto la generación de encendido de las lámparas y provocando un consumo de 3000W/h.

También el control de carga nos muestra que los paneles están entregando 12.9V a la batería y eso mismo entrega la batería al sistema, evidenciando así que el sistema no consume la totalidad de tensión máxima que generan los paneles por lo que podemos regresar esta energía a la red eléctrica bajo autorizaciones y contratos con el operador de red.

#### Procedimiento De Instalación De Los Paneles Solares

1. Instalación de Estructura Metálica para soportar los Paneles solares, instalados en la Cubierta del laboratorio con el fin de que afecte en lo menor posible el paisajismo y el medio ambiente de la universidad, la estructura tiene unas medidas especificadas a continuación:

Altura del piso a la estructura que soporta los paneles 1.50m,

altura total estructura 1.75m,

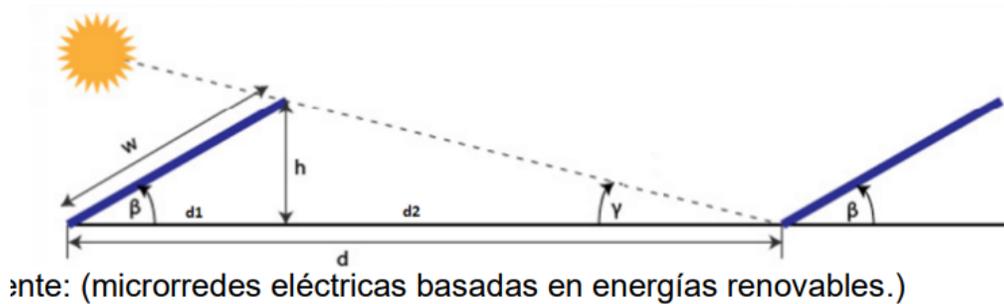
separación entre soportes 1.42m,

brazos frontales: 90cm,

brazos laterales: 1.38 m,

medidas paneles 1.95m de largo por 99cm de ancho,

soportes anclados a la pared de 5cm con tornillos perforantes para brindar una mayor estabilidad.



**Fig.20 ángulo de mayor absorción de la radiación solar.**  
Tomado de. Lib energías alternativas 2015.

**Instalación de paneles solares**, los cuales están soportados sobre la estructura diseñada para el aprovechamiento de los rayos del Sol con una inclinación de 15° grados Ubicada hacia el sur-este para recibir la radiación solar, los paneles solares tienen unas dimensiones de 195x99x4.

Mediante una aplicación del celular se logra evidenciar el Angulo en el que quedaron los paneles solares para recibir la radiación solar, el cual es de 15°, permitiendo el correcto funcionamiento de los mismos.

### **4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.**

**4.3.1. Pruebas de voltaje** de los paneles solares realizadas para medir su capacidad de carga: Se realizan unas pruebas iniciales tomadas con un multímetro para medir la tensión y corriente de los paneles y comprobar el correcto funcionamiento de los mismos durante 3 días con temperaturas diferentes. Según medidas el día 1, con una temperatura de 20°C Se muestra de manera clara que el multímetro arroja un valor de 19.59V, se Realiza la medición el día 2, con una temperatura de 30°C Se muestra de manera clara que el multímetro arroja un valor de 19.68V, lo cual evidencia un correcto funcionamiento de los mismos y al presentarse una temperatura un poco más alta los paneles suministran más potencia por último Se Realiza la medición el día 3, con una temperatura de 32°C Se muestra de manera clara que el multímetro arroja un valor de 19.72V, lo cual evidencia un correcto funcionamiento de los mismos, se puede concluir que, aunque la temperatura varié, los paneles tienen un suministro regulado de voltaje independientemente de las condiciones climáticas y ambientales del día.

**4.3.2. La potencia total de un panel es de 200W**, la cual conectados en paralelo pasa a ser 400W los dos paneles, el funcionamiento de los paneles conectados en paralelo en un día soleado es de 20V. Se tomaron dos medidas dos días diferentes, en donde se pudo evidenciar que aun en un día nublado con poco sol, los paneles respondieron correctamente arrojando una tensión de 19.5V y en un día con alta radiación solar alcanzaron a emitir 21V, de esta forma queda evidenciado el correcto funcionamiento de los paneles solares. En esta instalación se cumple con el propósito de generar 400w/h de energía eléctrica para la generación de la potencia establecida necesaria para alimentar una unidad habitacional de unguía.

**4.3.3. la radiación solar** que se está produciendo la página por GPS nos suministra la información inmediata de radiación solar en este caso 4.39Kw. también la podemos tomar en el sitio con un pirómetro.

**4.3.4. toma de corriente con multímetro** Se realiza una medición con multímetro para determinar la corriente que están suministrando los paneles solares

lo cual evidencia un correcto funcionamiento de los mismos.

#### **4.4 Mantenimiento del sistema.**

Los paneles solares tienen gran resistencia y durabilidad no necesitan demasiado mantenimiento, pero se necesitan limpieza periódica superficial ya que el polvo y la suciedad acumulada afecta directamente la eficiencia del panel aumentando las pérdidas energéticas y disminuyendo la radiación solar obtenida. Al no ser un sistema con seguimiento solar o rotacional, el mantenimiento de un sistema fijo es menor al no poseer partes móviles. Para el sistema en general se recomienda:

- Limpieza de paneles: además de retirar el polvo, se debe realizar una limpieza superficial utilizando agua y jabón de pH neutro, evitando detergentes o materiales de limpieza fuertes o abrasivos. Se deben realizar fuera de horas de sol especialmente en las noches para evitar cambios bruscos de temperatura especialmente en días muy soleados. (Frecuencia: 3 a 4 veces por año dependiendo la cantidad de polvo en la zona. En épocas de lluvias fuertes que pueda contener residuos de la zona se debe realizar limpieza posterior para evitar mayor suciedad).
- Inspecciones visuales: (Frecuencia: mensualmente – bimensualmente) o Controlar y evitar daños superficiales a paneles, estructuras, apoyos y conexiones que se encuentren en mal estado,

realizando cambios de componentes. o Corrosión visible y degradaciones en todo el sistema. o Inspeccionar las carcasas de equipos (inversores, reguladores de carga, inversores/conversores), suciedad y daños superficiales. o Estado de fijación de la estructura verificando que los tornillos estén correctamente apretados evitando falta de sujeción, si presentan daños realizar cambios. o Revisar aislamientos y si es necesario reemplazar. o Verificar que los componentes del sistema estén en posición correcta, en un lugar limpio, seco y protegidos de los rayos solares directos. o Inspecciones diarias de los indicadores lumínicos de los equipos para evitar fallas en el sistema.

- Inspecciones de conexiones eléctricas: (Frecuencia: anualmente) o Humedad y filtraciones de agua en equipos evitando que produzcan fallos. o Verificación de estado de cables y aislamientos en conexiones de paneles y equipos, si presenta deterioros y daños, reemplazar. o Verificación de sulfatación de contactos y óxidos en empalmes y conexiones, si presenta deterioro, sustituir. o Mediante cámaras de termografía infrarroja verificar conexiones evitando un aumento en las temperaturas máximas de operación especialmente en días muy soleados. o Comprobación de estanqueidad en todo el sistema especialmente en circuitos y conexiones eléctricas en inversores y baterías

- Mantenimiento de inversores: o Lectura de datos archivados y de memoria de fallos (Frecuencia: mensualmente). o Limpieza, verificación y/o cambio de filtros y rejillas de entradas y salidas de aire (Frecuencia: semestral). o Revisión de funcionamiento de dispositivos de protección (interruptores), tensiones de mando, fusibles, seccionadores y contactos, si es necesario reemplazarlos.

- Mantenimiento de baterías: (Frecuencia: mensualmente) o Mantener las baterías alejadas de rayos solares directos, evitando estar en zonas abiertas o en contacto con agua, ya que esto

dañaría o disminuiría la vida útil de las baterías. o Inspección visual para verificar que el nivel de electrolito es encuentre en los límites adecuados según el fabricante. o Limpieza de la cubierta superior con grasa antioxidante para evitar sulfatación. o Comprobar la densidad de electrolito mediante densímetro, este ayuda a verificar el estado y la capacidad de la batería. 49

- Sustitución preventiva de elementos y componentes por vida útil finalizada.
- Revisión de paradas de emergencia y sistemas de alarmas de cada equipo.
- Inspección de etiquetas de indicadores de advertencia y peligro, si es necesario reponerlas. El mantenimiento propuesto anteriormente es un mantenimiento general para que el sistema opere óptimamente, en caso de mantenimiento más exhaustivo y puntual se recomienda comunicarse con el fabricante de los equipos, personal capacitado externo, revisar manuales de operación y fichas técnicas de los equipos y componentes de todo el sistema. Siempre siguiendo las recomendaciones del fabricante, si la solución de un problema no se encuentra en el manual básico del equipo, contactar inmediatamente con el fabricante, se recomienda no acudir a terceros, personas no autorizadas e inexpertas, esto ayuda a evitar daños en equipos y en personas, accidentes y fallos en el sistema, además la garantía de los equipos por parte del fabricante quedaría invali

Las pérdidas de una instalación de un sistema solar fotovoltaico se calculan en base a eficiencia promedio de cada elemento que está en todo el conjunto, las pérdidas se dan en su mayoría a pérdidas ocasionadas por generación de calor de los equipos, los valores promedio de cada elemento se pueden encontrar Con la ecuación se calcula el consumo diario máximo que se da el día promedio donde la carga es la mayor en el año, el día donde la carga es mayor dependerá de la época del año, aumentando en épocas frías y calientes donde se usan elementos para

contrarrestar el frío y calor respectivamente, aumentando la carga del sistema además las eficiencias afectan directamente al cálculo promedio incrementando la energía usada.

Porcentaje de eficiencia promedio Elemento del sistema Eficiencia promedio Inversor 90%  
Carga y descarga de baterías 85% Cableado 99%

## Referencias

- domiciliarios, S. d. (09 de 2017). *Superservicios*. Obtenido de Zona no interconectadas - ZNI: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Sep/diagnosticozni-superservicios-oct-2017.pdf>
- Milhaud. (04 de 11 de 2010). *Recuerdo de Pandora*. Obtenido de Historia de la energía solar: <https://recuerdosdepandora.com/historia/inventos/historia-de-la-energia-solar/>
- Portafolio. (2021). *Portafolio*. Obtenido de Energías renovables, la apuesta que debe hacer el país: <https://www.portafolio.co/innovacion/energias-renovables-en-colombia-502061>
- Tobón, J. A. (24 de 02 de 2018). *Semana*. Obtenido de Unguía: entre la corrupción, el abandono y los grupos armados: <https://www.semana.com/nacion/articulo/unguia-entre-la-corrupcion-el-olvido-y-los-grupos-armados/558279/>
1. Ponoum, R., Rutberg, M., & Bouza, A. (2013). Energy storage for pv power. ASHRAE Journal, 55 (11): 80 - 53.
  2. Pabón, J., Palomino, R., & Murillo, W. (2005). Sobre el Régimen diario de las variables climatológicas en el Municipio de Quibdó. Meteorología Colombiana, 9:59-66.
  3. Lee, K., Lee. D., Baek. N., Kwon H., & Lee, C. Estudio del Recurso Solar en la ciudad de Bogotá para el diseño de sistemas Fotovoltaicos interconectados residenciales.
  2. Gutiérrez J." Energía Renovable en el siglo XXI", Editor Senado Mexicano, 2001.
  3. Posada W. "Análisis socioeconómico del uso productivos sociales y culturales de la energía moderna en comunidades rurales aisladas", Tesis de maestría de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad Pontificia Comillas España. 2010
  4. Muñoz J. "Recomendaciones sobre el uso de corriente alterna en la electrificación rural fotovoltaica". Tesis de Doctoral de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad politécnica de Madrid: España. 2004.

5. LABED S. "Contribución al Desarrollo de Métodos para la Electrificación Rural Fotovoltaica a Gran Escala". Tesis de Doctoral de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación 2004 Universidad Politécnica De Madrid .2004
6. AGUILERA J. "Curso de Energía Solar Fotovoltaica CIEMAT: Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos". 2004.
6. IDAE. "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red. Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica". 2009, pp. 9. Disponible online [Citado el: 2 de febrero del 2011] en: [http://www.idae.es\\_index.php\\_mod.documentos\\_mem](http://www.idae.es_index.php_mod.documentos_mem).
7. Corporación Venezolana de Guayana (CVG). "Estimación de los requerimientos de generación del sistema eléctrico nacional a mediano y largo plazo", división de planificación de sistemas eléctricos. Caracas. 2007.
8. Agencia NASA, Portal de la agencia NASA. <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>.
9. Agencia de Meteorología de Venezuela, Disponible online [Citado el: 2 de Febrero del 2011] en: <http://www.meteorologia.mil.ve/siafavm/frontend/>.
10. NREL (National Renewable Energy Laboratory). Software HOMER. 2010. [Citado el: 4 de Marzo 2011]. Disponible en: <https://www.iea.org/stats/surveys/mps.pdf>.
11. Oficina de Operación de Sistemas Interconectados (OPSIS). "Informe Anual año 2006".Ministerio del Poder popular para la Energía y Petroleo: Caracas. 2006.
12. Portal de equipos fotovoltaicos WHOLESALÉSOLAR, Disponible (on Line) [Citado el: 4 de Marzo 2011] en: <http://www.wholesalesolar.com/solar-panels.html>
13. Portal de equipos de baterías HOPPECKE, Disponible en web site on line [Citado el: 4 de Marzo 2011] en: <http://www.hoppecke.com/>.
14. HOMER. "Hybrid Optimisation Models for Electric Renewables", Disponible en web site on line [Citado el: 4 de Marzo 2011] en: <http://www.nrel.gov/homer>
15. Soe T. et al. "Design considerations for upgrading diesel powered system to a hybrid energy system in rural Sarawaka". International Conference on Energy and Environment 2006
16. Saenz de Miera G. "El papel de las nuevas tecnologías ante los retos del modelo energetico IBERDROLA". Conferencia Santander grupo IBERDROLA, Colombia, 2010,
17. Linares P., et al. "Evaluación del potencial de las fuentes de energía renovables y las tecnologías para su aprovechamiento: oportunidades y retos para el sector de la electricidad". Revista notas d'economía. España, 2010.