 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

**DISEÑAR UN SISTEMA PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR
TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA PARA ZONAS RURALES DE ANTIOQUIA**

Andrés Fernando Jiménez Muñoz

Sebastián Stiven Taborda Giraldo

Jorge Andrés Serna Higueta

Programa Académico

Ingeniería Electromecánica

Director(es) del trabajo de grado

Adrián Felipe Martínez Pérez, M.I.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
FACULTAD DE INGENIERIAS
JULIO DE 2018**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

RESUMEN

El suministro de energía en zonas rurales del departamento de Antioquia es una necesidad que se busca suplir a través de programas que promuevan el aumento de la cobertura, la calidad y la continuidad del servicio energético. Para ello, se prevé el uso tanto de energías convencionales provenientes de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) como no convencionales o alternativas (solar, eólica, etc.) que permitan diversificar la oferta.

Entre estas energías alternativas se encuentra la energía solar, energía renovable, limpia e inagotable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación solar. La ubicación geográfica de Colombia y especialmente la de Antioquia, con niveles de radiación medio-alto recibidos diariamente, sugieren el uso de celdas fotovoltaicas y paneles solares térmicos como una posible solución para la obtención alternativa de energía eléctrica y térmica.

El objetivo principal del proyecto fue el diseño de un sistema de aprovechamiento de energía solar térmica y fotovoltaica para la generación de energía térmica y eléctrica destinada al consumo doméstico, en viviendas de zonas rurales de Antioquia. Para su alcance se plantean una serie de objetivos específicos que a su vez dan paso al planteamiento de la metodología propuesta. Tales objetivos abarcan la consulta, selección y cálculos de demanda de energía para una vivienda con sus respectivos electrodomésticos, así como la instalación y puesta en funcionamiento del sistema seleccionado.

Desde una perspectiva ambiental, se protege el medio ambiente a través de la no emisión de contaminantes. Respecto al ámbito económico, su primera inversión puede llegar a ser considerable, pero sus gastos de mantenimiento son bajos, además su funcionamiento puede ser mayor a 20 años. En lo tecnológico, conlleva a mejorar forma de vida y desarrollo intelectual.

Palabras clave: radiación solar, celdas fotovoltaicas, energía térmica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a nuestras familias, profesores y amigos, los cuales nos brindaron esa voz de aliento y motivación para no desfallecer en momentos difíciles. Damos las gracias infinitas a los profesores Adrián Martínez por dedicar parte de su tiempo en la culminación de nuestro proyecto de grado, el cual mejorará nuestro nivel de vida.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

ACRÓNIMOS

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

ISF: Instalación Solar Fotovoltaica

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

PIH: Energía proveniente de fuentes Hídricas

PV: Sistema de módulos fotovoltaicos

SIEL: Sistema de Información Energético Colombiano

SIMEC: Sistema de Información Minero Energética

UNEF: Unión Española Fotovoltaica

UPME: Unidad de Planeación Minero Energética

VDC: Voltaje de corriente directa

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	5
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Objetivo General.....	11
1.2. Objetivos Específicos.....	12
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Energía Solar.....	13
2.2. Energía Solar a Nivel Mundial.....	13
2.3. Energía Solar en Colombia	15
2.4. Calentadores Solares	19
2.4.1. Componentes de un Calentador de Agua Solar	21
2.4.1.1. Colector Solar Plano	21
2.4.1.2. Termotanque	23
2.6. Estudio de Factibilidad	32
2.6.1. Factibilidad Técnica.....	32
2.6.2. Factibilidad Económica.....	32
2.6.3. Factibilidad Operacional.....	33
2.6.4. Consideraciones para el Estudio	33
2.6.5. Estudio de Retorno de la Inversión.....	34
2.7. Estado del Arte de la energía solar en Colombia	34
3. METODOLOGIA	40
3.1. Aprovechamiento de la Energía Solar	40
3.2. Desarrollo del Trabajo	41
3.2.1. Primera Etapa.....	41
3.2.2. Segunda Etapa	43
3.2.3. Tercera Etapa	45

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

3.2.4.	Cuarta Etapa	45
3.2.5.	Quinta Etapa	45
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	Cálculo del Consumo Eléctrico Diario.....	48
4.2.	Cálculo del Consumo Eléctrico Mensual.....	49
4.3.	Empresas Cotizantes Sistema fotovoltaico	50
4.4.	Consumo Agua Caliente	54
4.5.	Empresas Cotizantes del Sistema Termosolar	54
4.6.	Selección del Sistema Solar Fotovoltaico	57
4.7.	Mantenimiento	58
4.8.	Estudio de Factibilidad Económica	58
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	63
6.	REFERENCIAS.....	64
7.	ANEXOS	67
7.1.	Características de los Componentes	67
7.1.1.	Inversor	67
7.1.2.	Paneles Solares.....	69
7.1.3.	Baterías.....	74
7.1.4.	Selección del Sistema Solar Térmico	77

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Historia de la energía solar en Colombia.....	15
<i>Figura 2.</i> Mapa de radiación solar de Colombia.	17
<i>Figura 3.</i> Radiación solar en el departamento de Antioquia.	18
<i>Figura 4.</i> Calentador solar de placa plana.	20
<i>Figura 5.</i> Componentes de un colector solar.	22
<i>Figura 6.</i> Termotanque.	23
<i>Figura 7.</i> Tubos de cobre pintado con diferentes colores.....	24
<i>Figura 8.</i> Componentes de una celda solar fotovoltaica.....	24
<i>Figura 9.</i> Tipos de paneles solares.	25
<i>Figura 10.</i> Componentes de una instalación solar fotovoltaica.....	26
<i>Figura 11.</i> Tipos de baterías plomo-acido.....	29
<i>Figura 12.</i> Regulador de instalación solar fotovoltaica.....	30
<i>Figura 13.</i> Inversor de Corriente.	31
<i>Figura 14.</i> Cotización de sistema fotovoltaico para generar 20 kW/día.	50
<i>Figura 15.</i> Cotización de sistema fotovoltaico para generar 10 kW/día.	51
<i>Figura 16.</i> Cotización de sistema fotovoltaico para generar 10 kW/día.	52
<i>Figura 17.</i> Cotización de Hybritec para sistemas de 20 kW y 10 kW/día.....	53
<i>Figura 18.</i> Sistema termosolar para 150 L/día.	55
<i>Figura 19.</i> Calentador solar marca Ajover capacidad de 150 L/día.	55
<i>Figura 20.</i> Características del Inversor.....	68
<i>Figura 21.</i> Características del inversor.....	69
<i>Figura 22.</i> Características del panel solar a utilizar.	70
<i>Figura 23.</i> Características eléctricas del panel.	71
<i>Figura 24.</i> Características térmicas del panel a utilizar.....	72
<i>Figura 25.</i> Dimensiones del panel solar.	72
<i>Figura 26.</i> Planos del panel solar a utilizar.	73
<i>Figura 27.</i> Vista lateral del panel.	73

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Figura 28. Características de las baterías a utilizar. 75

Figura 29. Características del sistema solar térmico. 77

Figura 30. Características del sistema solar térmico. 78

Figura 31. Características del tubo captador de calor. 78

Figura 32. Características de la estructura y parámetros de funcionamiento del sistema solar térmico. 79

Figura 33. Características y dimensiones del sistema solar térmico. 79

Lista de Tablas

Tabla 1. Porcentaje de radiación solar. 18

Tabla 2. Radiación solar por año en Regiones de Colombia. 36

Tabla 3. Empresas vs inversión 38

Tabla 4. Proyecto de energía solar fotovoltaica por departamento en ejecución en el 2015 38

Tabla 5. Proyecto de energía solar fotovoltaica por departamento en ejecución en el 2016 39

Tabla 6. Consumo eléctrico por electrodoméstico. 43

Tabla 7. Consumo de agua caliente por persona. 44

Tabla 8. Cálculo de consumo eléctrico por día. 48

Tabla 9. Precio de calentadores solares según su capacidad en México. 56

Tabla 10. Características de descarga de corriente y potencia de la batería. 77

Tabla 11. Precios de componentes y gastos de mantenimiento para la instalación. 59

Tabla 12. Costo de una instalación para generar 10 kW/día y 150 L/día de agua caliente. 60

Tabla 13. Consumo de Gas propano por persona y energía necesaria. 61

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Zonas con energía solar fotovoltaica a nivel mundial.	14
Gráfica 2. Potencial Generado por cada País en GW.	14
Gráfica 3. Promedio mensual de radiación solar en Medellín.	19
Gráfica 4. Matriz de Generación Eléctrica en Colombia.	35
Gráfica 5. Crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica por año en Colombia.	35
Gráfica 6. Características de carga a 25 °C.	76
Gráfica 7. Ciclo de vida de la batería trabajando a 25 °C.	76

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

1.INTRODUCCIÓN

El suministro de energía eléctrica es uno de los principales indicadores del desarrollo de la población. Gracias a ella tenemos acceso a la televisión, radio, internet y educación; Es indispensable para mantener nuestros alimentos conservados, mejorando nuestro nivel de vida y facilitando nuestras labores diarias.

En Colombia hay muchos factores que afectan el suministro de energía eléctrica en ciertas partes del territorio, entre ellos podemos enunciar los siguientes: conflicto armado, infraestructura, geografía, demografía y economía. En ciertas zonas del territorio colombiano, es necesario el suministro de energía eléctrica de una forma eficaz y económica para la población beneficiada, sin que al gobierno tenga que invertir mucho, tanto en otros sistemas energéticos que requieran de una gran infraestructura y que requiera muchos años de ejecución.

En este proyecto se diseñó, un sistema para el aprovechamiento de energía solar térmica y fotovoltaica, cubriendo la demanda de energía existente en viviendas de zonas rurales del departamento de Antioquia; la energía solar es la más indicada para esta problemática, por sus grandes ventajas: no se necesita de infraestructura, es renovable, limpia e inagotable, mantenimiento nulo, su uso puede ser centralizado y económica en comparación con las otras fuentes de energía convencionales, aunque la inversión inicial es alta.

Este trabajo está compuesto por cinco capítulos, en el primero se realiza una breve introducción a la problemática existente en zonas rurales del departamento de Antioquia y como la falta de energía eléctrica afecta a esta parte de la población e impide su desarrollo.

En la segunda parte se realizó un estudio intenso de la literatura existente sobre la radiación solar, energía fotovoltaica y calentadores solares de agua, funcionamiento, mantenimiento, eficiencia y costo. También se consultó sobre empresas comercializadoras de Antioquia de componentes como: celdas fotovoltaicas, baterías, convertidores DC a AC, tipos de calentadores de agua solar, entre otros.

En tercer capítulo se encuentra la metodología planteada, la cual está compuesta por una serie de actividades que tendrán como meta alcanzar cada uno de los objetivos específicos del proyecto

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

y posteriormente al cumplimiento del objetivo general, que es el diseño de un sistema para el aprovechamiento de energía solar fotovoltaica y térmica para vivienda rurales del departamento de Antioquia.

Entre estas actividades se encuentran: calcular la energía mínima diaria para una vivienda rural, área necesaria para la generación de dicha energía utilizando celdas fotovoltaicas, cantidad de agua consumida por persona en sus necesidades diarias, selección del sistema de calentamiento de agua, selección de los demás componentes del sistema de fotovoltaico, basados en su eficiencia, costo y mantenimiento.

En el capítulo 4 se utilizaron los resultados obtenidos de las actividades anteriormente realizadas según la metodología, donde se obtuvieron los valores o parámetros que definen la cantidad y características que deben tener los componentes del equipo para cumplir con las necesidades básicas de una vivienda rural del departamento de Antioquia.

Para terminar, se presentan una serie de conclusiones obtenidas a lo largo del proyecto, que serán las indicadores de la viabilidad de implementar esta solución en zonas rurales del departamento que no poseen energía eléctrica.

1.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de aprovechamiento de energía solar térmica y fotovoltaica para la generación de energía térmica y eléctrica destinada al consumo doméstico en viviendas ubicadas en zonas rurales de Antioquia.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

1.2. Objetivos Específicos

- Estudiar los principios físicos que rigen la transformación de energía solar en térmica y fotovoltaica.
- Realizar estado del arte de las aplicaciones térmicas solares y fotovoltaicas en aplicaciones residenciales.
- Calcular la demanda mínima promedio diaria de energía eléctrica en viviendas rurales de Antioquia.
- Diseñar sistema de aprovechamiento de energía solar térmica y fotovoltaica para la generación de energía térmica y eléctrica destinada al consumo doméstico de viviendas ubicadas en zonas rurales de Antioquia.
- Realizar un estudio de factibilidad técnico económico para el aprovechamiento de energía solar térmica y fotovoltaica para la generación de energía térmica y eléctrica destinada al consumo doméstico en viviendas ubicadas en zonas rurales de Antioquia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

2.MARCO TEÓRICO

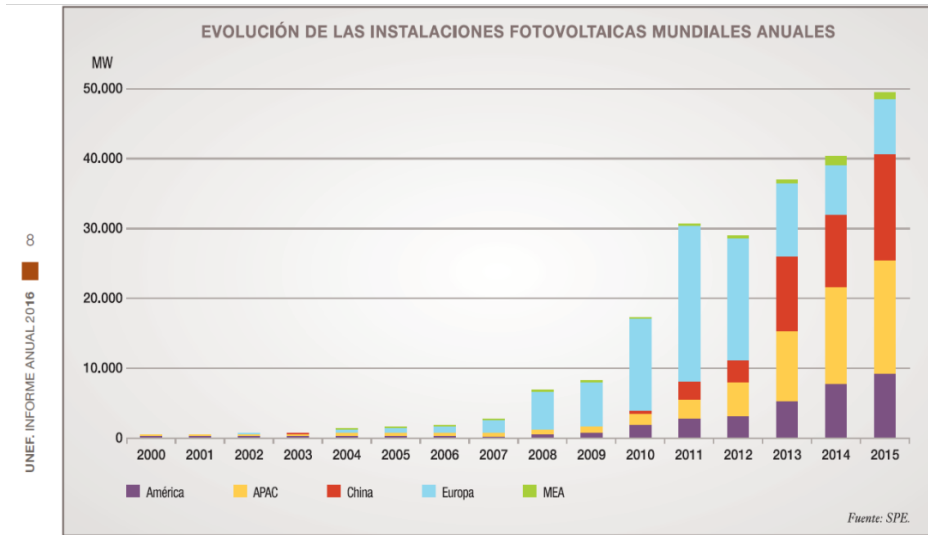
2.1. Energía Solar

El sol, nuestra principal estrella, está compuesto por 74.9 % de hidrógeno, 23.6 % de oxígeno, 1 % de helio, 0.3 % de carbono y el 0.2 % restante de neón y hierro, además es 109 veces más grande que la tierra. En el interior del sol se inflaman cada segundo 700 millones de toneladas de helio, de las cuales 4.3 millones se transforman en energía y solamente 1.7×10^{14} kW llegan a la tierra que equivalen a 10000 veces el consumo energético mundial diario.

Como se puede apreciar es mucha la energía irradiada por el sol, entonces podríamos hablar de una fuente de energía inagotable, hoy la energía solar térmica se utiliza principalmente para el calentamiento de agua y para sistemas de calefacción en muchas regiones de Europa; la energía solar fotovoltaica es la energía renovable con más futuro y en 50 años sustituirá a las energías convencionales derivadas del petróleo (Cano, 2009).

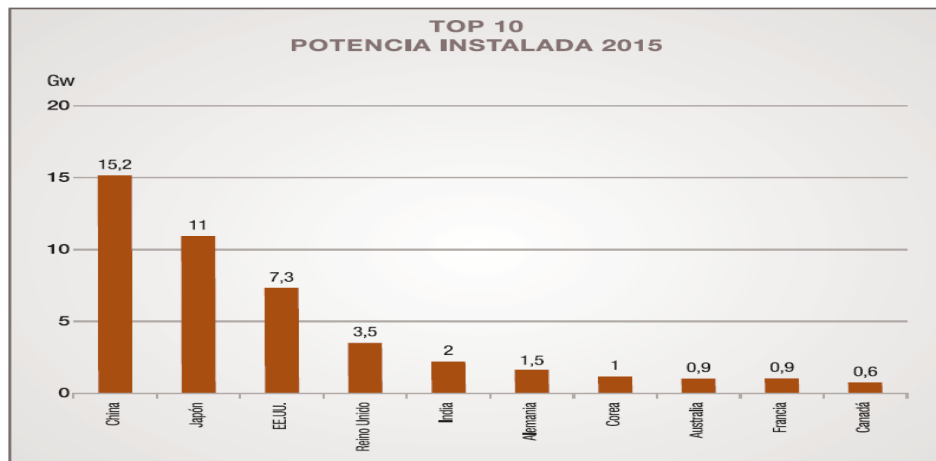
2.2. Energía Solar a Nivel Mundial

El aprovechamiento de la energía solar térmica y fotovoltaica a nivel mundial está en aumento, presentado un incremento del 20 % el último año. En la gráfica 1 se observan las zonas a nivel mundial más representativas (UNEF, 2016).



Gráfica 1. Zonas con energía solar fotovoltaica a nivel mundial.

Fuente: (UNEF, 2016)



Gráfica 2. Potencial Generado por cada País en GW.

Fuente: (UNEF, 2016).

Europa lleva la delantera en lo relacionado a la energía solar fotovoltaica e incrementa cada año, pero con la inestabilidad de los mercados europeos este aumento se ha visto afectado y países como China y Japón están comenzando a aprovechar esto para aumentar su capacidad total a 15.2

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

GW en China y 11 GW en Japón, por otro lado, en América, Estados Unidos con una capacidad total de 7.3 GW. Ver gráfica 2 (UNEF, 2016).

2.3. Energía Solar en Colombia

En la figura 1, se puede observar la historia y desarrollo de la energía solar en Colombia.

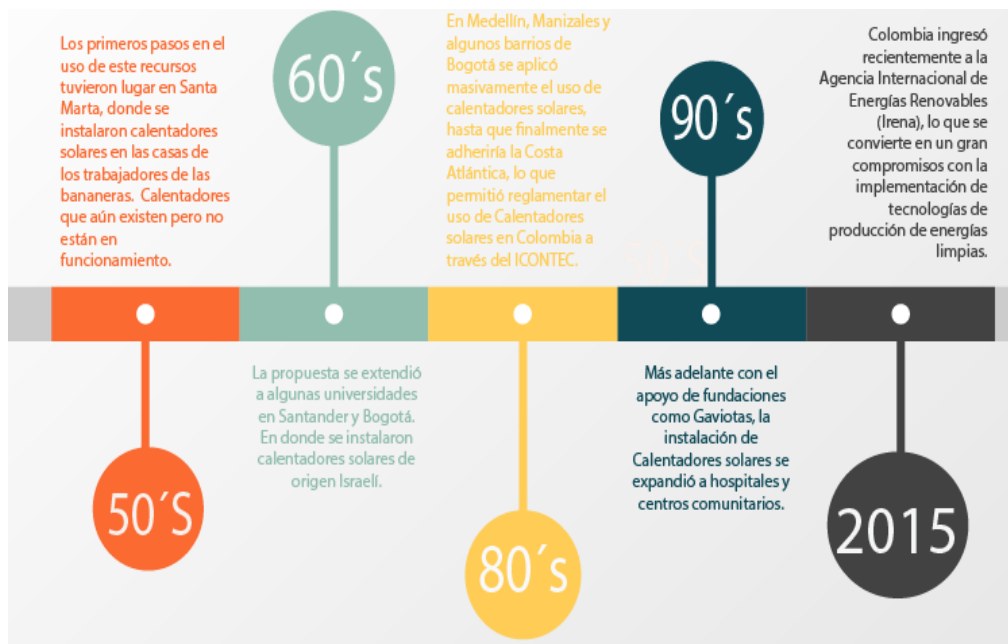


Figura 1. Historia de la energía solar en Colombia.

Fuente: (Americafotovoltaica, 2015).

El uso de energía solar en Colombia más conocido es en el calentamiento de agua y climatización de piscinas, por otra parte, a pequeña escala es utilizada para generación eléctrica y casi desconocido por todos para el secado de cultivos agrícolas (Murcia, Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas, 2009).

Una de cada cinco personas del país no tiene acceso a la electricidad y el desempleo está alrededor de 9.1 % (Dane, 2017). Con este proyecto se podría dar solución al problema de energía

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

eléctrica, dando cobertura eléctrica a bajo costo a los sectores rurales y menos favorecidos donde la electricidad no alcanza a llegar. Además, al implementar estos tipos de instalaciones energéticas se logra disminuir el efecto invernadero, al evitar el uso de combustibles fósiles y conservar los recursos naturales (Americafotovoltaica, 2015).

Recientemente se aprobó en Colombia la ley 1715 de 2014 que busca promover el uso de las energías renovables, esta puede ser la oportunidad que el país estaba esperando para retomar el uso de las energías alternativas. Esta ley busca incentivar la inversión y el desarrollo de energías no contaminantes mediante alivios tributarios, arancelarios o contables. Además, se podría comercializar el exceso de energía que no se utilice a la red eléctrica nacional (Accounter, 2017).

En Colombia la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Sistema de Información Minero Energética (SIMEC), están creando un banco de ideas para la solución de la problemática energética en zonas rurales del país, estos proyectos son llamados PERS (planes de energización rural sostenible) los cuales son patrocinados por el gobierno nacional, lo cual permitiría que este proyecto sea evaluado como una posible solución a la problemática existente en las zonas rurales del departamento de Antioquia (UPME, 2017).

Para generar energía eléctrica a partir de celdas fotovoltaicas, se debe consultar la radiación solar radiada en Colombia y más específicamente en Antioquia, la entidad encargada de proporcionar esta información es el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el cual genera mapas donde se puede apreciar la radiación solar por m² en diferentes zonas del territorio.

En la figura 2, se observan las zonas colombianas donde es viable el aprovechamiento de la energía solar, los departamentos con mayor potencial son: Guajira, Magdalena, Atlántico, Cesar, Sucre Córdoba, Norte de Santander y San Andrés. Otros departamentos como Antioquia, Santander, Bolívar, Vichada, Guainía, Casanare y Meta, presentan un potencial solar medio-alto, con una radiación solar de 4 a 5 kW-h/m² que es considerable para generación (UPME, 2014).

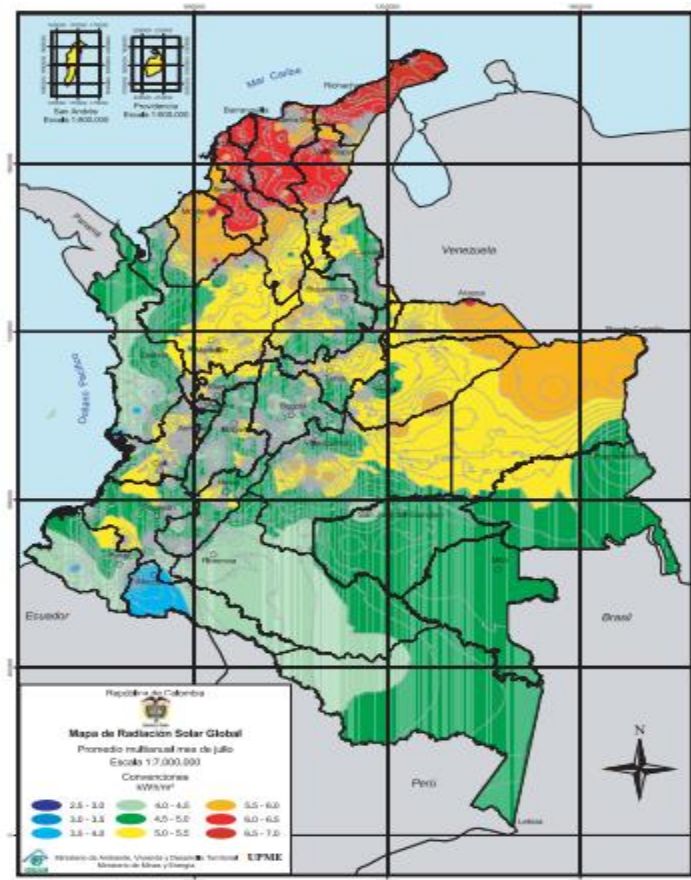


Figura 2. Mapa de radiación solar de Colombia.

Fuente: (UPME, 2014).

La ubicación geográfica de nuestro país y los niveles de radiación solar recibidos diariamente sugieren el uso de celdas fotovoltaicas y calentadores solares de agua como una posible solución para la obtención alternativa de energía eléctrica y térmica.

En la figura 3, se muestra el potencial solar en el departamento de Antioquia, identificado por los colores amarillo claro y oscuro del mapa, y posteriormente en la tabla 1, el porcentaje que representa cada uno de los colores del mapa en la figura 2.

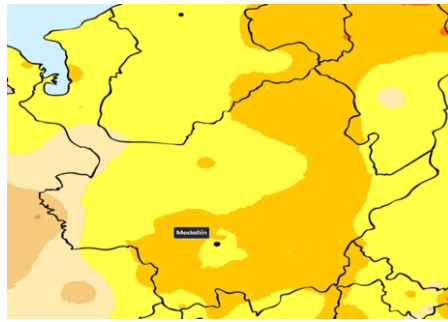
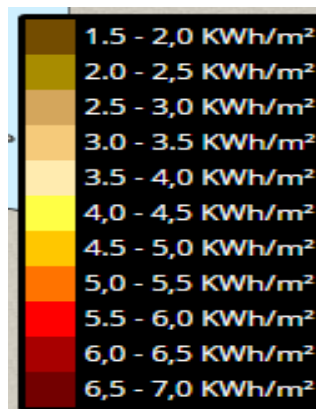


Figura 3. Radiación solar en el departamento de Antioquia.

Fuente: (Ideam, 2015).

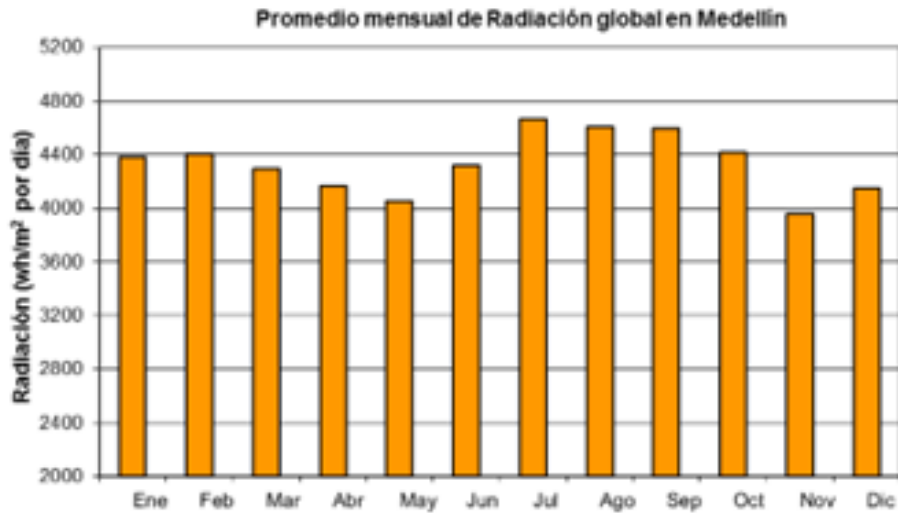
Tabla 1.

Porcentaje de radiación solar.



Fuente: (Ideam, 2015).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12



Gráfica 3. Promedio mensual de radiación solar en Medellín.

Fuente: (Ideam, 2015).

Antioquia cuenta con una posición geográfica favorable, debido a la radiación solar emitida que es casi constante en varias regiones del departamento durante 12 horas diarias, ver Gráfica 3. Esto implica menos celdas fotovoltaicas para lograr un efecto igual o mayor que en otros países, permitiendo abastecer fácilmente una casa o edificio de una manera eficiente (DANE, 2016).

2.4. Calentadores Solares

Un calentador solar es un dispositivo encargado de absorber, almacenar y transferir la energía radiada por el sol a un fluido, comúnmente agua, estos calentadores pueden durabilidad entre 15 y 20 años, existen dos tipos: el primero calienta directamente el fluido de trabajo (agua); los segundos utilizan otro fluido como aceite, glicol o salmuera para absorber el calor y por medio de un intercambiador de calor interactuar con el fluido de trabajo, transfiriendo la energía en forma de calor, este se encuentra ubicado dentro del tanque, ver figura 4 (Moffin, 2010).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

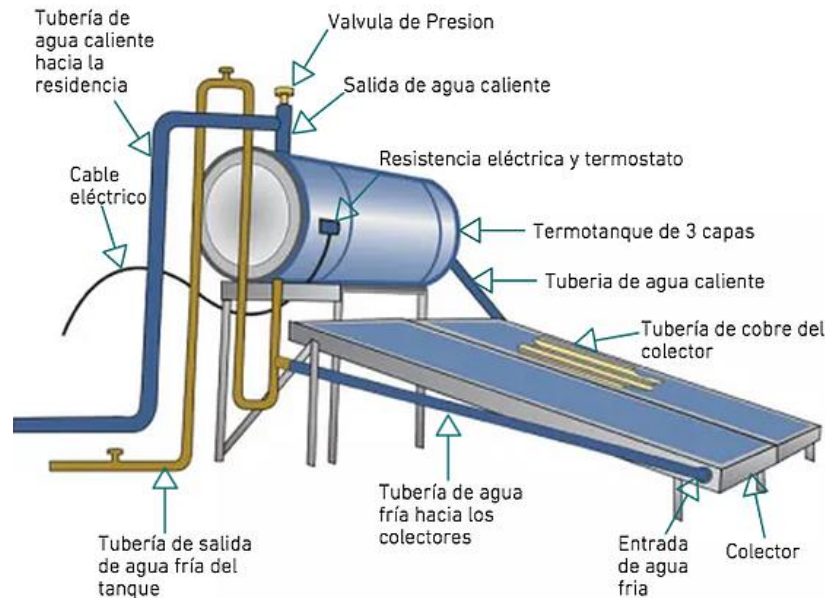


Figura 4. Calentador solar de placa plana.

Fuente: (Moffin, 2010).

Su mantenimiento es casi nulo, se debe hacer una limpieza cada 3 o 4 meses para limpiar incrustaciones o impurezas que se adhieren a las paredes de los ductos o tubos por los cuales circula el fluido, estos deben ser de un material altamente conductor (cobre, aluminio o acero). Existe otra división en pasivos y activos, los pasivos no requieren de energía externa para funcionar, el fluido circula por convección naturalmente, pero los activos necesitan de una fuente externa de energía para hacer circular el fluido (Aciss, 2017).

Estos equipos están divididos en tres:

- De baja temperatura, generando temperaturas por debajo de 65 °C
- Mediana temperatura, generando temperaturas entre 100 y 300 °C
- Alta temperatura, generando temperaturas mayores de 500 °C

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

2.4.1. Componentes de un Calentador de Agua Solar

Este equipo está compuesto por los siguientes elementos que permiten el aprovechamiento de la energía radiada por el sol:

- Colector solar plano
- Termotanque
- Sistema de tuberías

2.4.1.1. Colector Solar Plano

Es aquel donde es capturada la energía del sol y es transferida al agua, es el elemento más representativo del sistema y está compuesto por las siguientes partes, ver figura 5:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

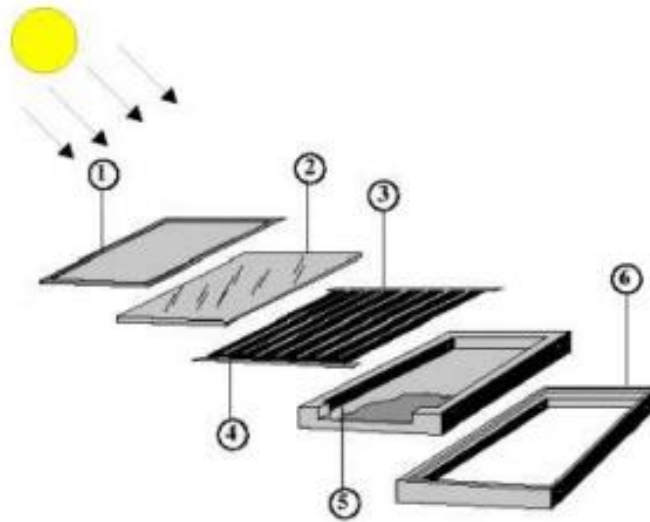


Figura 5. Componentes de un colector solar.

Fuente: (Greenpeace, 2006).

1. Marco de metal (aluminio).
2. Cubierta de vidrio con bajo contenido de hierro.
3. Placa térmica colectora con aletas (aluminio o cobre).
4. Conexiones de entrada y descarga.
5. Aislante térmico.
6. Caja del colector, comúnmente acero galvanizado.

Sus dimensiones comúnmente son las mismas de 1.8 a 2.1 m² de área, aunque se pueden mandar hacer de mayores dimensiones, poseen un tanque de almacenamiento de 115 a 200 litros, una eficiencia entre 40 al 60 % (Nandwani, 2006).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

2.4.1.2. Termotanque

Es el encargado de almacenar el agua energizada (caliente), después de su recorrido por el colector, también es el encargado de suministrar el agua al usuario final, este debe estar fabricado o cubierto con un material aislante para impedir que el calor de transmita hacia el exterior, ver figura 6.

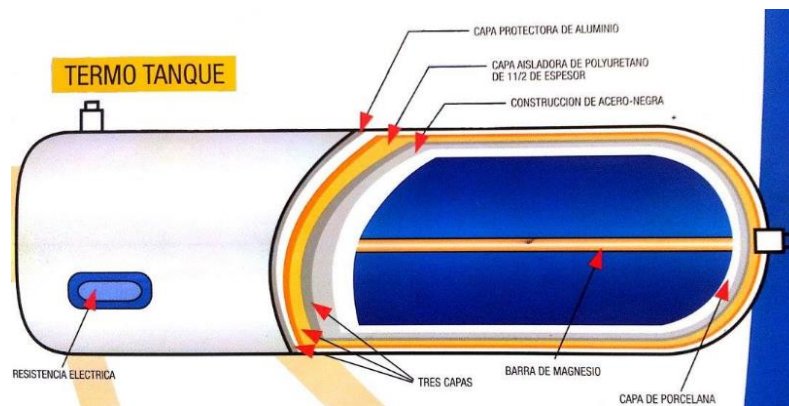


Figura 6. Termotanque.

Fuente: (Universal, 2018).

2.4.1.3. Tubería

Comúnmente la tubería está hecha de cobre o acero galvanizado y para mejorar su transferencia de calor es pintada de negro, porque este color es capaz de absorber mayor energía, ver figura 7.



Figura 7. Tubos de cobre pintado con diferentes colores.

Fuente: (ciencia, 2008).

2.5. Sistemas Solares Fotovoltaicos

Los otros dispositivos son los paneles solares fotovoltaicos, cuya función es transformar la energía radiada por el sol en energía eléctrica de forma directa, están compuestos por materiales que tienen la capacidad de absorber fotones de luz y emiten electrones libres los cuales son capturados y como resultado es una corriente eléctrica, ver figura 8 (Cabrera, 2017).

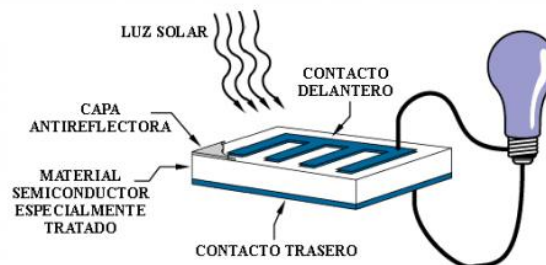


Figura 8. Componentes de una celda solar fotovoltaica.

Fuente: (Cabrera, 2017).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Existen varios tipos de celdas solares, entre ellas los monocristalinos, policristalino y de capa fina, pero siempre tienen como base el silicio, la diferencia está en la cantidad de silicio que posee la celda y por ende mayor eficiencia a la hora de convertir energía solar en eléctrica, ver figura 9 (Gomez, 2012).

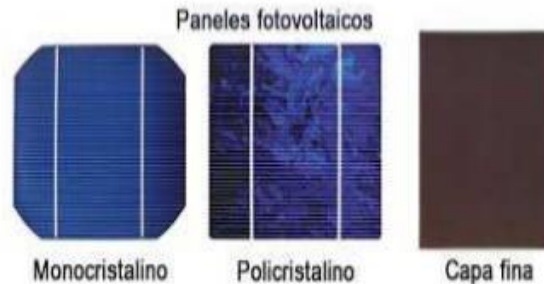


Figura 9. Tipos de paneles solares.

Fuente: (Gomez, 2012).

Los monocristalinos poseen la mayor eficiencia 21%, pero son más costosos que los demás, los policristalinos son más fáciles de fabricar, pero son menos eficientes 15 %, pero a su vez soportan mayor calor, son los más baratos pero su eficiencia es baja 10 %, por lo tanto, se necesita mayor espacio para generar la misma cantidad de energía eléctrica (Gomez, 2012).

2.5.1. Componentes de una Instalación Fotovoltaica

Los componentes fundamentales en una instalación fotovoltaica son los siguientes, ver Figura 10:

- Celdas y paneles fotovoltaicos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

- Acumuladores
- Reguladores de carga
- Estructura
- Conectores e interruptores



Figura 10. Componentes de una instalación solar fotovoltaica.

Fuente: (Canarias, 2010).

2.5.1.1. Celdas Solares Fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas funcionan bajo la acción de radiaciones luminosas, comúnmente están hechas de silicio con materiales metálicos, este efecto puede ser de tres formas (Canarias, 2010):

- Efecto fotoemisivo o fotoexterno: Provoca un arranque de electrones con liberación de los mismos.
- Efecto fotoconductorivo o fotointerno: Modifica la conductividad eléctrica del material.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

- Efecto fotovoltaico: Crea una fuerza electromotriz en el material.

Los más utilizados son los de efecto fotovoltaico, generando un paso de corriente proporcional al flujo luminoso, esta energía es capaz de desprender electrones del núcleo, los cuales empiezan a circular por el semiconductor generando un campo eléctrico.

2.5.1.2. Características de Celdas Solares Fotovoltaicas

Existe diferentes tipos de celdas fotovoltaicas y cada uno posee sus características diferentes:

- Células de arseniuro de galio. Rendimiento cercano al 27 - 28%, tecnología poco avanzada y costes elevados.
- Células de sulfuro de cadmio y sulfuro de azufre. Bajos rendimientos. Posible alternativa de bajo coste en el futuro.
- Células bifaciales. Células activas en sus dos caras. Rendimiento cercano al 30% pero muy caras y complejidad en la instalación.
- Células de silicio amorfo. Posee la ventaja de que su espesor llega a ser 50 veces más fino que el equivalente en células de silicio monocristalino. Eficiencia en torno al 9%, pudiendo aumentar en las versiones multicapa. Costos muy económicos.
- Células de silicio policristalino. Rendimiento de hasta el 14%. Posibilidad de producir las directamente en forma cuadrada, por lo que no es necesario el posterior mecanizado.
- Células de silicio monocristalino. Son las más empleadas en la actualidad. No olvidemos que el silicio es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

2.5.1.3. Acumulador de Baterías

Estos equipos son utilizados para almacenar la energía producida por los módulos fotovoltaicos, garantizando un suministro de energía uniforme y constante, porque la energía solar llega a los módulos fotovoltaicos de manera no uniforme, además en las horas de la noche donde el sol no está presente permite el funcionamiento de los equipos conectados al sistema (Tudela, 2013).

Las baterías son dispositivos que convierten la energía química en eléctrica, una batería debe poseer:

- Bajo mantenimiento
- Depósito para materiales sueltos
- Vasos transparentes
- Buen funcionamiento con diferentes tipos de corrientes (altas y bajas).
- Buena resistencia al ciclado (cargue y descargue).

Las baterías más utilizadas en instalaciones solares fotovoltaicas son las de plomo-acido, las cuales poseen las siguientes características: un ciclaje medio, almacenan entre 30 y 50 kW y su precio es bajo.





TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	ASPECTO
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclado profundo. • Tiempos de vida largos. • Reserva de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precio elevado. • Disponibilidad escasa en determinados lugares. 	
Arranque (SLI, automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> • Precio. • Disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes. • Tiempo de vida corto. • Escasa reserva de electrolito. 	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación similar a SLI. • Amplia reserva de electrolito. • Buen funcionamiento en ciclos medios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de vida medios. • No recomendada para ciclos profundos y prolongados. 	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> • Escaso mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V4. 	

Figura 11. Tipos de baterías plomo-acido.

Fuente: (Amazonaws, 2009).

2.5.1.4. Regulador

Normalmente las celdas solares manejan tensiones mayores que la de la batería, este equipo es el encargado de proteger la batería o el acumulador en situaciones peligrosas, cuando se está cargando lo protege de sobrecargas o corto circuitos y en la descarga garantiza el suministro de energía solicitada y evita la descarga total de la batería, alargando su vida útil. Este equipo siempre estará presente en una instalación fotovoltaica, ver Figura 12 (Amazonaws, 2009).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

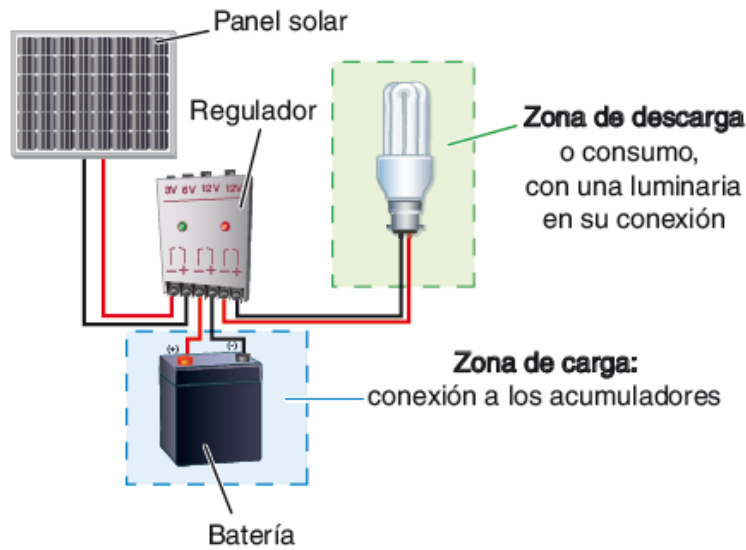


Figura 12. Regulador de instalación solar fotovoltaica.

Fuente: (Amazonaws, 2009).

Existen diferentes tipos de reguladores:

- Según el tipo de interruptor (Relé electromecánico o de estado sólido).
- Según la estrategia de desconexión del consumo (por tensión, algoritmos de cálculo, algoritmos de gestión de energía).
- Según la posición del interruptor de control (serie o paralelo).

2.5.1.5. Inversor

Es el encargado de transformar la corriente continua en corriente directa o AC, es un elemento indispensable en instalaciones conectadas a la red, también es necesario en instalaciones autónomas para electrificación de viviendas, ver Figura 13 (Americafotovoltaica, 2015).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

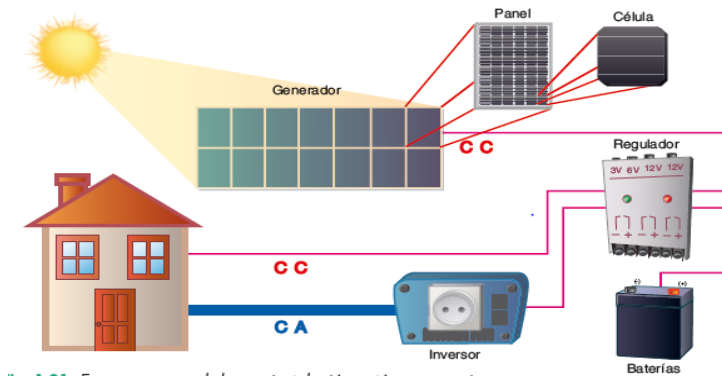


Figura 13. Inversor de Corriente.

Fuente: (Amazonaws, 2009).

Si bien una de las barreras para la implementación de instalaciones de energía solar fotovoltaica es su elevado costo, durante los últimos años se han venido experimentando descensos importantes, hasta un 25% en menos de 6 meses durante el 2016 y se espera que para el 2020 se experimente un descenso hasta el 40% o más (Foley, 2017). En este caso, es el desarrollo de las tecnologías renovables y, en particular, el desarrollo que toca de lleno a la solar fotovoltaica los que han permitido abaratar tanto los costos de infraestructuras como los operativos.

En Colombia existen 3 empresas dedicadas a la comercialización y venta de componentes para el aprovechamiento de energía solar, las cuales fueron consultadas:

- SOLEN TECHNOLOGY (Soluciones energéticas)

<http://www.solentechnology.com/>

- Hybritec Energía solar

<http://www.hybrytec.com/>

- SUNCOLOMBIA (El sol sale para todos)

<http://www.suncolombia.com/>

Software de instalaciones fotovoltaicas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Su principal diferencia está en el precio de los componentes que forman parte de los sistemas fotovoltaicos solares, como baterías y celdas solares.

2.6. Estudio de Factibilidad

Los estudios de factibilidad, son investigaciones que se deben realizar en proyectos de todo tipo, estos no permiten conocer si la solución a cierta problemática se puede implementar o no, debido a su costo, problema para su construcción, condiciones no favorables, etc. Un estudio de factibilidad comprende tres aspectos:

- Técnico
- Económico
- Operacional

2.6.1. Factibilidad Técnica

Se encarga de indicar si la tecnología o los componentes que formarían parte de la solución están disponibles o se pueden adquirir fácilmente, en este caso los componentes de un sistema solar fotovoltaico (baterías, celdas solares, inversor, etc.).

2.6.2. Factibilidad Económica

Está relacionado con los costos de los componentes que harán parte de la instalación, costo de traslado de los equipos hasta el punto de instalación, instalación, mano de obra, duración de la obra.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

2.6.3. Factibilidad Operacional

Está relacionado con su funcionamiento que dependerá de varios factores como: lugar de ubicación, aceptación de la comunidad, su rentabilidad, su costo de operación, mantenimiento y funcionamiento.

2.6.4. Consideraciones para el Estudio

Para el estudio de factibilidad se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Inversión inicial, que depende de las dimensiones del proyecto, lo cual está relacionado con los elementos empleados: número de paneles, inversores, accesorios de acuerdo a los kWh instalados.
- Costo de la energía (\$/kWh) que actualmente paga una vivienda.
- La radiación solar de acuerdo al área geográfica de instalación (Wh/día*m²)
- Número de equipos o electrodomésticos alimentar.
- Costo del traslado de los equipos al punto de instalación.
- Tiempo y precio de hombre/hora para la instalación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

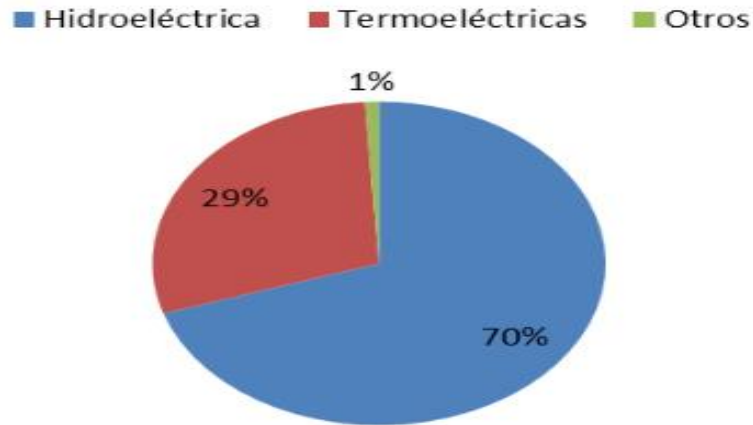
2.6.5. Estudio de Retorno de la Inversión

En el estudio de retorno de inversión, se tendrá en cuenta el precio del kWh en las zonas rurales, como la cantidad de energía eléctrica consumida por vivienda, para promediar el costo de un recibo de energía eléctrica al mensual a esté, se le resta el costo de mantenimiento de la instalación y el resultado se utiliza para dividirlo en el costo total de la instalación para saber el tiempo de retorno de la inversión.

2.7. Estado del Arte de la energía solar en Colombia

La matriz energética colombiana no es diversificada. En la Grafica 4 se puede apreciar que gran parte de la energía generada proviene de fuentes hídricas (70 %), centrales térmicas (29 %) y otras energías (1%). Los dirigentes no habían tomado conciencia de esta problemática hasta la época del racionamiento durante el gobierno de César Gaviria (1992- 1993), para dar solución a esta situación, se comenzó a crear, gestionar y reglamentar una serie de políticas encaminadas a promover la generación de energía a partir de otras fuentes de energía renovables como la Eólica o la solar y no de convencionales como petróleo y gas (Valencia, 2016).

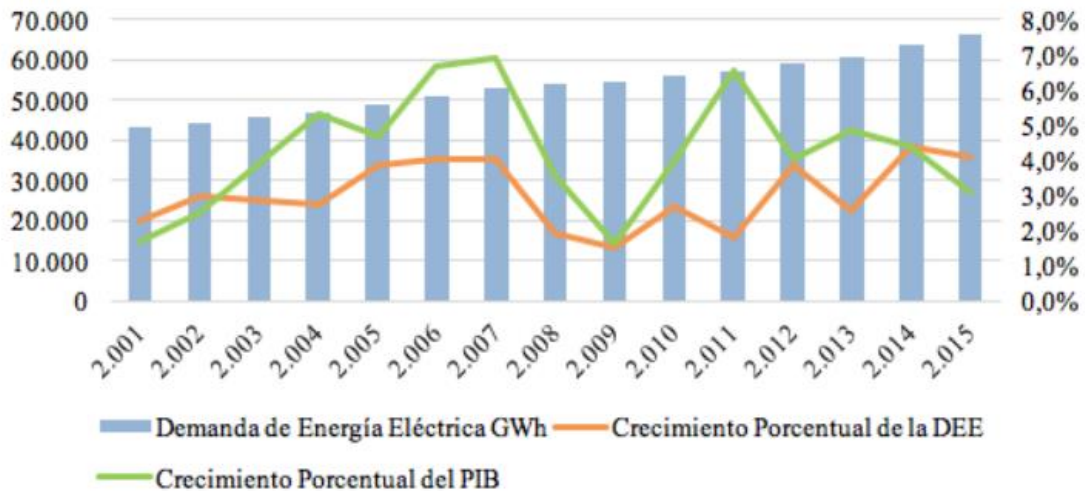
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12



Gráfica 4. Matriz de Generación Eléctrica en Colombia.

Fuente: (Valencia, 2016).

Pero otro problema más grave es el aumento de la demanda de energía eléctrica durante los últimos años, ver Gráfica 5. A esta problemática se le suma también que la capacidad de generación de energía hídrica está a su máxima capacidad, direccionándonos a la implementación o utilización de otras fuentes de energía para cubrir esta demanda.



Gráfica 5. Crecimiento de la Demanda de Energía Eléctrica por año en Colombia.

Fuente: (Becerra, 2017).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

La energía Solar es la más indicada para formar parte de la nueva matriz energética Colombia, es inagotable, renovable y libre de polución. Es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente y su baja densidad de potencia, por eso debe ser transformada a otra, almacenada y posteriormente utilizada (Murcia R. H., 2008).

Colombia por su ubicación geográfica es un país privilegiado, contando con un potencial de energía solar considerable por año, ver Tabla 2. Por otro lado, una de las desventajas de la energía solar es la necesidad de poseer grandes extensiones de tierra para generar, su principal aplicación hasta el momento en Colombia ha sido para el calentamiento de agua y para el secado de productos agrícolas (Gómez, 2018).

Tabla 2.

Radiación solar por año en Regiones de Colombia.

Región del país	Radiación Solar (kWh/m ² /año)
Guajira	2 000 - 2 100
Costa Atlántica	1 730 - 2 000
Orinoquía-Amazonía	1 550 - 1 900
Región Andina	1 550 - 1 750
Costa Pacífico	1 450 - 1 550

Fuente: (Murcia R. H., 2008).

Las primeras aplicaciones térmicas solares en Colombia fueron implementadas en 1950, para calentar el agua utilizada en las casa de los trabajadores de las bananeras en Santa Marta, luego en los años 60, la universidad del Santander instalaron unos calentadores domésticos de uso Israelí donde se estudió su comportamiento; Posteriormente a finales de los años 70 varias universidades realizaron estudios para la implementación de estos calentadores solares de agua en edificios y hospitales, por ultimo a medidos de los años 80 se expandió la utilización de estos equipos en diferentes ciudades del país como: Medellín, Bogotá, Manizales, entre otras (Murcia R. H., 2008).

Para el año 1996 se habían instalado cerca de 48901 m² de calentadores solares en todo el país; Pero su baja eficiencia y la creación de calentadores que funcionaban con gas natural detuvo su crecimiento y posterior fueron remplazados. Actualmente son utilizados en algunas de partes

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

como: Hospital Pablo Tobón Uribe o en zonas rurales no interconectadas a la red eléctrica nacional (Gómez, 2018).

La energía solar fotovoltaica en Colombia, siempre ha estado direccionada a las zonas rurales como solución a la problemática colombiana de interconexión, pero se ha visto frenada por su alto costo inicial y por empresas del país que tienen acaparado el mercado eléctrico demorando su implementación. Por lo tanto, solo se puede apreciar pequeñas instalaciones remotas que pueden cubrir la demanda de algunos equipos (radio, teléfono, internet).

En los años 80 una empresa llamada Telecom se unió con la universidad Nacional de Colombia para la instalación de pequeños generadores fotovoltaicos de 60 Wp (vatio pico) para el funcionamiento de teléfonos rurales y durante tres años se instalaron 2950 de estos sistemas y luego se instalaron sistemas que generaban 3 y 4 kWp para antenas satelitales terrenas, boyas, estaciones remotas, bases militares y todo lo relacionado con telecomunicaciones rurales.

En Colombia se creó un instituto enfocado a dar soluciones a la problemática existente IPSE (Instituto para la Promoción de Soluciones Energéticas) y el FAZNI (Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas). A nivel tecnológico las celdas solares que mandan la parada son las de silicio (Amorfo, Monocristalino, policristalino) por ser un buen semiconductor y se encuentra abundantemente en el planeta, pero su eficiencia se encuentra entre un 4 y 17 % (Gómez, 2018).

La compra de equipos solares fotovoltaicos en Colombia está en aumento, cada día hay más empresas dedicadas a la venta e instalación de estos sistemas, ver Tabla 3.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Tabla 3. Empresas vs inversión.

Tabla 3.

Empresas vs inversión

EMPRESAS IMPORTADORAS DE DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES FOTOSENSIBLES		
EMPRESAS	INVERSIÓN (US\$)	%
Tenesol Colombia Ltda.	\$ 162.861,00	14,22%
Melco de Colombia Ltda.	\$ 147.220,00	12,85%
Coexito S.A.	\$ 123.645,00	10,80%
Colsein Ltda.	\$ 83.404,00	7,28%
BP Solar España Suc. L.A.	\$ 76.637,00	6,69%
Unión Temporal Fulgor Energía	\$ 70.356,00	6,14%
Componentes Electrónicas Ltda.	\$ 58.003,00	5,06%
Durespo S.A.	\$ 44.203,00	3,86%
Energías Integradas CIA. Ltda.	\$ 42.000,00	3,67%
Andcom Ltda.	\$ 38.920,00	3,40%
Satelice and Solar Services - 3s	\$ 38.010,00	3,32%
Proyectos y desarrollo social	\$ 30.260,00	2,64%
Solar Center Ltda.	\$ 26.112,00	2,28%
Coaxesorios Ltda.	\$ 22.240,00	1,94%
Otros	\$ 181.390,00	15,84%
TOTAL	\$ 1.145.261,00	100%

Fuente: (Gómez, 2018).

A continuación, se puede apreciar una lista de proyectos que se están ejecutando a nivel nacional por departamento y su correspondiente costo, ver Tabla 4 y 5.

Tabla 4.

Proyecto de energía solar fotovoltaica por departamento en ejecución en el 2015.

PROYECTOS DE INVERSIÓN FOTOVOLTAICOS - 2015				
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	PROYECTO	POBLACION BENEFICIADA	VALOR EN PESOS
Nariño	Santa Bárbara de Icuandé	Sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas y en la red de microscopios, Santa Bárbara de Icuandé, Nariño	307 Familias (1290 personas)	181.662.190
	Leiva	Sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas y en la red de microscopios, Leiva, Nariño	60 Familias (252 personas)	181.662.190
	El Sábalo - Barbacons	Sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas y en la red de microscopios en la selva Awa	71 Familias (298 personas)	181.662.190
Chocó	Comunidad de bajo basadó - Puerto Abadía	Energía Solar en Concosta, en la comunidad de Bajo Baudó Centro poblado de Puerto Abadía, Chocó	62 Familias (190 personas)	168.571.333
	Litoral de San Juan	Energía solar para la comunidad de El Litoral de San Juan, García Gómez, Chocó	20 Familias (88 personas)	168.571.333
	Litoral de San Juan	Energía solar en Unión Balsalito en el Litoral de San Juan, Chocó	87 familias (383 personas)	167.821.333
	Parque Nacional Natural de Utría	Sistemas Solares Fotovoltaicos en el Parque Nacional Natural de Utría, Chocó		126.106566.

Fuente: (Gómez, 2018).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Tabla 5.

Proyecto de energía solar fotovoltaica por departamento en ejecución en el 2016.

PROYECTOS DE INVERSIÓN FOTOVOLTAICOS - 2016				
DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	PROYECTO	POBLACIÓN BENEFICIADA	VALOR EN PESOS
Amazonas	Resguardo Indígena Ticoya San Martín de Amacayacu - Leticia	Implementación de sistema solar fotovoltaico para el Centro Educativo y centro de salud Resguardo Indígena Ticoya San Martín de Amacayacu del Municipio de Leticia - Amazonas	125 personas beneficiadas de 542	262.184.716
	Resguardo Indígena Mocagua - Leticia	Implementación de sistema solar fotovoltaico para el Centro Educativo y centro de salud Resguardo Indígena Mocagua del Municipio de Leticia - Amazonas	118 personas beneficiadas de 617	224.793.793
	Resguardo Indígena Santa Sofía - Leticia	Implementación de sistema solar fotovoltaico para el Centro Educativo y centro de salud Resguardo Indígena Santa Sofía del Municipio de Leticia - Amazonas	97 personas beneficiadas de 582	259.277.777
Arauca	vereda San José - Cravo Norte	Electrificación rural con generación fotovoltaica individual en la Vereda San José ubicado en el municipio de Cravo Norte del departamento Arauca	20 personas beneficiadas de 120	166.444.677
	Vereda Juriepe - Cravo Norte	Electrificación rural con generación fotovoltaica individual en la Vereda Juriepe Ubicado en el municipio Cravo Norte del departamento Arauca	19 personas beneficiadas de 114	158.047.924
Putumayo	Centro Educativo e Internado Luis Vidales - Puerto Leguizamo	Implementación de sistema solar fotovoltaico para el Centro Educativo e Internado Luis Vidales Comunidad Piñuña Negro del Municipio de Puerto Leguizamo - Putumayo	98 personas beneficiadas de 600	289.128.922
Vichada	Centro Educativo La venturosa - Puerto Carreño	Implementación de sistema solar fotovoltaico para el Centro Educativo La venturosa del Municipio de Puerto Carreño - Vichada. Dentro de este proyecto también se provee electricidad a un centro de salud durante las 24 horas del día	98 personas beneficiadas de 300	177.934.119
Guajira	Nazareth y Puerto Estrella - Alta Guajira	Implementación de sistema solar fotovoltaico para los usuarios localizados en el corredor entre Nazareth y Puerto Estrella en la Alta Guajira	86 personas beneficiadas de 1.032	1.249.074.511
	comunidades indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain - Manaure - Alta Guajira	Implementación de sistema solar fotovoltaico para usuarios de las comunidades indígenas de Malirrachon, Ushuru y Mapuain Municipio de Manaure Alta Guajira	40 personas beneficiadas de 480	367.500.333
	Comunidades indígenas de Juluguaipa y Ampuaita - Manaure - Alta Guajira	Implementación de sistema solar fotovoltaico para usuarios de las comunidades indígenas de Juluguaipa y Ampuaita Municipio de Manaure Alta Guajira	30 personas beneficiadas de 360	280.297.908
	Comunidades indígenas de Cuniche - Manaure - Alta Guajira	Implementación de sistema solar fotovoltaico para usuarios de las comunidades indígenas de Cuniche Municipio de Manaure Alta Guajira	30 personas beneficiadas de 624	469.656.758
Chocó	vereda Los Tibirre alto, medio y bajo -Acandí	Implementación de sistemas fotovoltaicos individuales para la generación de energía eléctrica en la vereda Los Tibirre alto, medio y bajo. Municipio de Acandí. Departamento del Chocó	79 personas beneficiadas de 948	982.367.318
	Vereda Titiza -Acandí	Implementación de sistemas fotovoltaicos individuales para la generación de energía eléctrica en la vereda Titiza. Municipio de Acandí. Departamento del chocó	59 personas beneficiadas de 278	736.662.971

Fuente: (Gómez, 2018).

El principal inconveniente a la hora de implementar la energía solar fotovoltaica es su alto costo inicial, generado principalmente por sus sistemas de almacenamiento (baterías) encargado de almacenar la energía para su posterior uso, estas baterías tienen un alto costo y además deben ser cambiadas cada dos años; por eso los sistemas solares fotovoltaicos, no se utilizan de forma independiente siempre tienen que estar conectados a la red eléctrica, solamente pueden cubrir parte de la demanda de un sistema.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

3.METODOLOGIA

3.1. Aprovechamiento de la Energía Solar

La primera parte del proyecto se realiza la selección del sistema solar fotovoltaico a utilizar, la energía solar fotovoltaica es aprovechada para la generación de energía eléctrica, la cual utiliza el espectro de luz visible del sol, para esto utiliza celdas fotovoltaicas, encargadas de recibir los rayos solares, generando un movimiento de electrones que son canalizados convirtiéndolos en una corriente eléctrica, para aumentar su recesión y eficiencia, se forman módulos o paneles que están compuestos por varias de estas celdas, produciendo mayor electricidad. En la otra parte del proyecto se aprovecha la energía solar térmica para el calentamiento de agua, un panel solar es el encargado de capta los rayos del sol, absorbiendo su energía en forma de calor, este panel no es más que una caja cerrada con un frontal en vidrio y tubos internos por los cuales circula agua, este sistema es el encargado de recibir y atrapar el calor, para ser transferido a dicho fluido que, elevando su temperatura, luego es almacenado en un tanque para el consumo personal.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

3.2. Desarrollo del Trabajo

Este proyecto se llevó a cabo en cinco etapas, las cuales se describen a continuación:

3.2.1. Primera Etapa

En la primera etapa consistió en realizar un estudio intenso sobre energía solar fotovoltaica y térmica, además de todo lo relacionado con su funcionamiento, eficiencia, costo y componentes utilizados en este tipo de instalaciones existentes en la actualidad, lo cual queda registrado en el capítulo ,para ello se utilizaron las bases de datos disponibles en el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) y las consultas realizadas a empresas del departamento como: Energía Solar Colombia, Solar Plus Energy, etc.

Producto de las investigaciones se encontró que la energía solar para ser aprovechada se requiere de captadores transformadores de energía para ser convertidos en energía eléctrica y térmica. Un proceso para generar energía eléctrica consiste en capturar los fotones emitidos por la luz solar y para ello se utilizan células fotoeléctricas que son unos dispositivos electrónicos contruidos principalmente con una placa plana de silicio, por el cual los fotones impactan dicha placa generando un paso de corriente proporcional al flujo luminoso, esta energía es capaz de desprender electrones del núcleo, los cuales empiezan a circular por el semiconductor generando un campo eléctrico y este efecto o captación puede ser de tres formas (Canarias, 2010):

- Efecto fotoemisivo o fotoexterno: Provoca un arranque de electrones con liberación de los mismos.
- Efecto fotoconductorivo o fotointerno: Modifica la conductividad eléctrica del material.
- Efecto fotovoltaico: Crea una fuerza electromotriz en el material.

Existe diferentes tipos de celdas fotovoltaicas y cada uno posee sus características especiales:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

- Células de arseniuro de galio. Rendimiento cercano al 27 - 28%, tecnología poco avanzada y costes elevados.
- Células de sulfuro de cadmio y sulfuro de azufre. Bajos rendimientos. Posible alternativa de bajo coste en el futuro.
- Células bifaciales. Células activas en sus dos caras. Rendimiento cercano al 30% pero muy caras y complejidad en la instalación.

El otro proceso para generar energía térmica consiste en capturar la energía radiada por el sol por medio de un dispositivo llamado calentador solar que es encargado de absorber, almacenar y transferir la energía radiada por el sol a un fluido, comúnmente agua. Hay dos tipos de calentadores el primero calienta directamente el fluido de trabajo (agua); los segundos utilizan otro fluido como aceite, glicol o salmuera para absorber el calor y por medio de un intercambiador de calor interactuar con el fluido de trabajo, transfiriendo la energía en forma de calor, este se encuentra ubicado dentro del tanque, ver figura 4 (Moffin, 2010).

Los calentadores están contruidos con tubos o ductos por los cuales circula el fluido, estos deben ser de un material altamente conductor (cobre, aluminio o acero). Existe otra división en pasivos y activos, los pasivos no requieren de energía externa para funcionar, el fluido circula por convección naturalmente, pero los activos necesitan de una fuente externa de energía para hacer circular el fluido (Aciss, 2017).

Estos equipos están divididos en tres:

- De baja temperatura, generando temperaturas por debajo de los 65 °C.
- Mediana temperatura, generando temperaturas entre 100 y 300 °C.
- Alta temperatura, generando temperaturas mayores de 500 °C.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

3.2.2. Segunda Etapa

En esta etapa se realizaron los cálculos de la carga eléctrica y térmica mínima diaria necesaria para una vivienda rural del departamento de Antioquia, para esto se identificaron los equipos o electrodomésticos más comunes en este tipo de viviendas (televisor, radio, nevera, luminarias, estufa eléctrica, teléfono, ventilador, entre otros.) y con información obtenida por un estudio realizado por EPM en el año 2012, se realizó la Tabla 6, donde se define el consumo eléctrico por hora de estos equipos.

Tabla 6.

Consumo eléctrico por electrodoméstico.

APARATO ELECTRICO	CONSUMO POR HORA(Wh)
Nevera	400
Cocina eléctrica	2000
Televisor	200
Radio	15
Computador de mesa	70
Luminarias de 100 W	100
teléfono	25
Cargador de Teléfono Móvil	4.83
Licuada	450
Plancha	1200
Ventilador pequeño	300
Total	4764.83

Fuente: (EPM, 2012).

La cocina eléctrica es un sistema que puede ser remplazado por un sistema a gas porque esta representa casi el 50 % del consumo diaria.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

En base a la tabla 6 y el número de horas promedio que estos trabajan durante el día, se calculó la carga eléctrica mínima diaria a generar por el sistema solar fotovoltaico para una vivienda rural del departamento de Antioquia, ver Tabla 8(pág. 47). Este cálculo se basó en sus electrodomésticos básicos, cantidad de estos y consumo por hora, lo cual se multiplica por sus horas de funcionamiento al día y por cuantos días trabaja al mes (EPM, 2012).

A continuación, se realizará un ejemplo del cálculo realizado:

$$Dispositivo_{electrico} = Numero * \frac{consumo}{hora} * \frac{horas}{funcionando*dia} * \frac{dia}{mes} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Luego se buscó el número de habitantes promedio por de vivienda rural en el departamento y con ayuda de datos realizados en el censo (DANE, 2005), se puede apreciar que es de 4 personas, con esto se puede estimar o calcular la cantidad de agua caliente consumida por día (Energeticos, 2015), ver Tabla 7.

Tabla 7.

Consumo de agua caliente por persona.

HABITANTES	CONSUMO (Litros/día*persona)
1	28

Fuente: (Energeticos, 2015).

Para calcular la carga térmica diaria a general, se utilizó el número de personas que habitan la vivienda y se multiplico por su consumo diario.

$$consumo_{agua\ caliente} = personas * \frac{litros}{dia * persona} \quad \text{Ecuación 2.}$$

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

3.2.3. Tercera Etapa

La tercera etapa consistió en realizar una serie de cotizaciones en las diferentes empresas colombianas dedicadas a la comercialización y venta de sistemas fotovoltaicos y calentadores solares de agua, sobre equipos disponibles capaces de generar la demanda mínima necesaria calculada.

Para esto se buscó internet las empresas en Colombia dedicada a la comercialización y ventas de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos (SOLEN TECHNOLOGY, FERRAGRO, HYBRITEC, GRUPO SALDARRIAGA, etc.), con su página web buscamos un contacto y procedimos a llamar y solicitar la información, según los cálculos obtenidos en la etapa dos, como potencia a general diaria y agua caliente consumida por persona al día.

3.2.4. Cuarta Etapa

La cuarta etapa consistió en seleccionar la propuesta más viable, para la cual se tomaron como base 4 puntos de vista: economía, eficiencia, durabilidad y mantenimiento. Después de su selección se procedió a solicitar las características de los componentes que formaran parte del sistema solar fotovoltaico y térmico seleccionado.

3.2.5. Quinta Etapa

Finalmente, se realizó un estudio de factibilidad, donde se evaluó la usados y construcción del sistema de aprovechamiento de energía solar para ser implementados en viviendas de zonas rurales

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

del departamento de Antioquia, para esto se calculó el costo total invertido en el sistema, el costo mensual del recibo de energía, costo de la instalación o si ya viene incluido en la cotización y aplicando una fórmula de ROI (*Return on Investment*), se calculó el tiempo de retorno de la inversión.

Para saber en cuanto tiempo se podría recuperar la inversión del proyecto se utilizará la siguiente formula:

$$ROI = \frac{\text{costo total de la inversion}}{\text{ahorro electrico anual} - \text{mantenimiento anual}} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Pero el costo total de la inversión será:

$$\text{Costo total} = \text{precio de los equipos mas IVA} + \text{costo de la instalacion} + \text{accesorios} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Pero el costo de instalación comprende varios factores:

$$\text{Costo}_{inst} = \text{transporte} + \text{mano de obra} + \text{accesorios} \quad \text{Ecuación 5.}$$

El ahorro anual será:

$$\text{ahorro anual} = (\text{costo mensual del recibo} * 12 \text{ meses}) - \left(\frac{\text{mantenimiento}}{\text{trimestral}} \right) * 4 \quad \text{Ecuación 6.}$$

- Calentamiento del agua con propano:

$$Q_{suministrado}^0 = m^0 * C_{p \text{ gas}} * \Delta T \quad \text{Ecuación 7.}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Donde:

$$C_{p \text{ gas propano}} = 1.6794 \frac{KJ}{Kg \cdot K}$$

m^0 = flujo másico (kg/s)

ΔT = diferencia de temperatura final - inicial

$$\Delta T = T_f - T_i \text{ Ecuación 8.}$$

Pero el flujo másico es igual:

$$m^0 = \rho * v^0 \text{ Ecuación 9.}$$

Donde:

v^0 = flujo volumétrico (m^3/kg)

ρ = densidad del propano (kg/m^3)

*Consumo electrico/ dia = Numero de equipos * horas de trabajo diarias Ecuación 10.*

Consumo electrico/ mes

*= Numero de equipos * horas de trabajo mensuales Ecuación 11.*

$$consumo_{\text{agua caliente}} = \text{numero de personas} * \frac{28 \text{ litros}}{\text{dia} * \text{persona}} \text{ Ecuación 12.}$$

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 8, queda registrado el consumo de energía eléctrica diaria y mensual consumida por los electrodomésticos de una vivienda rural del departamento, el cual depende del tipo de electrodoméstico, consumo, horas de trabajo al día y días utilizados.

Tabla 8.

Cálculo de consumo eléctrico por día.

ELECTRODOMESTICO	NUMERO	CONSUMO (kWh)	FUNCIONAMIENTO (h/día)	CONSUMO AL MES (kW/mes)
Televisor	1	0.15	6	27
Nevera	1	0.18	24	129.6
Licudadora	1	0.4	0.5	6
Computador de mesa	1	0.14	2	8.4
Cocina eléctrica	1	2	5	300
Radio	1	0.01	6	1.8
Cargador de teléfono móvil	1	0.12	0.5	0.18
Luminarias	5	0.1	5	75
ventilador	1	0.1	12	36
			Total	583.98

Fuente: Propia.

4.1. Cálculo del Consumo Eléctrico Diario

Para calcular este consumo se utiliza la ecuación 10, se verificaron el número de equipos utilizados en el día y sus horas de funcionamiento, en este se incluye la cocina eléctrica.

consumo electrico total diario

$$= 0.9 \frac{\text{kW}}{\text{día}} + 4.32 \frac{\text{kW}}{\text{día}} + 0.2 \frac{\text{kW}}{\text{día}} + 0.28 \frac{\text{kW}}{\text{día}} + 10 \frac{\text{kW}}{\text{día}} + 0.06 \frac{\text{kW}}{\text{día}} + 0.006 \frac{\text{kW}}{\text{día}} + 2.5 \frac{\text{kW}}{\text{día}} + 1.2 \frac{\text{kW}}{\text{día}}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

$$\text{consumo electrico}_{total\ diario} = 19,466 \frac{kW}{dia}$$

Entonces el consumo eléctrico diario sin cocina eléctrica será:

$$\text{consumo electrico}_{total\ diario} = 0.9 \frac{kW}{dia} + 4.32 \frac{kW}{dia} + 0.2 \frac{kW}{dia} + 0.28 \frac{kW}{dia} + 0.06 \frac{kW}{dia} + 0.006 \frac{kW}{dia} + 2.5 \frac{kW}{dia} + 1.2 \frac{kW}{dia}$$

$$\text{consumo electrico}_{total\ diario} = 9.466 \frac{kW}{dia}$$

Con este resultado, se realizaron cotizaciones para saber el costo de un equipo capaz de generar esa potencia eléctrica.

4.2. Cálculo del Consumo Eléctrico Mensual

Entonces el consumo eléctrico mensual se calculará con la ecuación 11, considerando la cocina eléctrica será:

$$\begin{aligned} \text{Consumo electrico}_{total\ mensual} \\ = 27 \frac{kW}{mes} + 129.6 \frac{kW}{mes} + 6 \frac{kW}{mes} + 8.4 \frac{kW}{mes} + 300 \frac{kW}{mes} + 1.8 \frac{kW}{mes} + 0.18 \frac{kW}{mes} + 75 \frac{kW}{mes} + 36 \frac{kW}{mes} \end{aligned}$$

$$\text{Consumo electrico}_{total\ mensual} = 583.98 \frac{kW}{mes}$$


Entonces el consumo eléctrico mensual sin cocina eléctrica será:


$$\text{Consumo electrico}_{total\ mensual} = 27 \frac{kW}{mes} + 129.6 \frac{kW}{mes} + 6 \frac{kW}{mes} + 8.4 \frac{kW}{mes} + 1.8 \frac{kW}{mes} + 0.18 \frac{kW}{mes} + 75 \frac{kW}{mes} + 36 \frac{kW}{mes}$$

$$\text{Consumo electrico}_{total\ mensual} = 283.98 \frac{kW}{mes}$$


4.3. Empresas Cotizantes Sistema fotovoltaico

Una de las primeras empresas en dar repuesta a nuestras solicitudes fue FERRAGRO, empresa dedicada al suministro, comercialización e instalación de componentes de sistemas solares fotovoltaicos.



SISTEMA OFF-GRID: 20 KW


Descripción	Cantidad	Precio Unit	0%	Total
Panel	300	\$ 540.000	\$ 205.000	\$ 5.330.000
Inversor	3	\$ 2.742.000	\$ 2.742.000	\$ 8.226.000
Batería	20	\$ 1.475.300	\$ 1.475.300	\$ 29.506.000
Kit de Monturas en Aluminio	1	\$ 1.733.333	\$ 1.733.333	\$ 1.733.333
Instalacion	1	\$ 7.839.183	\$ -	\$ 7.839.183
Implementos de Instalacion	1	\$ 3.359.650	\$ -	\$ 3.359.650
Viaticos			\$ -	\$ -
Sub-Total				\$ 55.994.167
IVA				\$ 10.638.892
TOTAL				\$ 66.633.058



-Sistema Aislado de 20 KWP

-El Banco de Baterías cuenta con un Día de autonomía al 50 %



Figura 14. Cotización de sistema fotovoltaico para generar 20 kW /día.

Fuente: (Solartech, 2018).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12




					
COTIZACIÓN					
CLIENTE	Diego Muñoz			NIT	
CONTACTO				CELULAR	3197906583
DIRECCIÓN				CIUDAD	Medellin
EMAIL				ASUNTO	Cotización
FECHA	Marzo 8 del 2018		VALIDEZ OFERTA	30 Días	
CANTIDAD	REFERENCIA	DETALLE	VALOR A.IVA	TOTAL	
8	Panel Solar 60 Celdas	poli cristalino 250 Watts	\$ 378.000	\$	3.024.000
1	Inversor Multifuncional Gela	Onda Pura 3000 Watts	\$ 2.900.000	\$	2.900.000
8	Bateria AGM	MTEK 340 AH	\$ 1.690.000	\$	13.520.000
1	Rack de batelas	para 8 Baterias	\$ 940.000	\$	940.000
1	Kit de Monturas Fotovoltaicas	para 8 Paneles Fotovoltaicos	\$ 540.000	\$	540.000
La Propuesta no incluye instalacion					
SUBTOTAL				\$	20.924.000
IVA				\$	3.975.560
TOTAL COTIZACIÓN				\$	24.899.560
					
Andres Felipe Alvarez Herrera Ingeniero de Energias Renovables afalvarez@ferragro.com www.ferragro.com Telefono: (57 +4) 448 37 97 Ext. 131 FAX: (57 +4) 338 68 18 Celular 311 287 8182 Gratis 018000115159 Carrera 42 # 51 - 34 Itagüí Antioquia					

Figura 15. Cotización de sistema fotovoltaico para generar 10 kW /día.

Fuente: (Solartech, 2018).

La segunda empresa fue el Grupo Saldarriaga:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12





Medellín, 06 de MARZO de 2.018

Señor:
ANDRES HERNANDO GIMÉNEZ
Cordial saludo,

Con base en la solicitud recibida y según sus requerimientos, presentamos a ustedes cotización de los equipos necesarios para un **SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO** que proveerá la energía suficiente para el correcto funcionamiento de los equipos por un periodo determinado.

EQUIPOS, CONSUMO Y AUTONOMIA:

- TELEVISOR 150W 8 HORAS / DIA
- NEVERA 700W / DIA
- LICUADORA 600W 10 MINS / DIA
- COMPUTADOR DE MESA 70W 4 HORAS / DIA
- RADIO 15W 8 HORAS / DIA
- CARGADOR CELULAR 5W 2 HORAS / DIA
- 5 LUMINARIAS 10W 5 HORAS / DIA

EQUIPOS INCLUIDOS EN ESTE SISTEMA SERÍAN LOS SIGUIENTES:

- 4 Paneles solares
- Y conexión paneles
- Controlador de carga
- Baterías
- Inversor onda pura
- Estructura para fijación de paneles en techo

LA INVERSIÓN NECESARIA PARA ESTE PROYECTO SERÍA LA SIGUIENTE:

COSTOS	
EQUIPOS MENCIONADOS	\$ 7'798.665
IVA 19%	\$ 1'480.036
TOTAL	\$ 9'269.702

Figura 16. Cotización de sistema fotovoltaico para generar 10 kW /día.

Fuente: (Gruposaldarriaga, 2018).

La tercera empresa en cotizar fue Hybritec Energía Solar, la cual nos envió la siguiente cotización:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12



Descripción	Tecnología MPPT	
	HK-PS3975 (10875 Wh/día)@48V	HK-PS7950 (21751 Wh/día)@48V
Panel Solar GT 265Wp	15	30
Batería AGM sellada 2V/500 Ah MTEK	48	
Batería AGM sellada 2V/700 Ah MTEK		
Batería AGM sellada 2V/800 Ah MTEK		
Batería AGM sellada 2V/1000 Ah MTEK		48
Controlador MPPT 70A-12VDC/24VDC/48VDC VICTRON		
Controlador MPPT 85A 12VDC/24VDC/48VDC VICTRON	1	2
Protección de baterías 100A Victron	1	1
Inversor/Cargador 48V - 3000W Victron Quattro	1	2
Inversor/Cargador 48V - 5000W Victron Quattro		
Cable Solar 6mm (Solicitar según distancias proyecto)	100	200
Terminal hembra simple MC4	8	20
Terminal macho simple MC4	8	20
Conector (hembra) Y 1 negativo / 2 positivo	3	7
Conector (macho) Y 1 positivo / 2 negativo	3	7
Precio de Venta IVA incluido	\$ 59.749.700	\$ 123.063.500

Figura 17. Cotización de Hybrytec para sistemas de 20 kW y 10 kW /día.

Fuente: (Hybrytec, 2018).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

4.4. Consumo Agua Caliente

El consumo de agua caliente mínimo diario se basa en el número de personas que habitan la vivienda, para calcular este consumo se utilizó la ecuación 12:

$$consumo_{agua\ caliente} = 4 * \frac{28\ litros}{dia * persona} = \frac{112\ litros}{dia}$$

4.5. Empresas Cotizantes del Sistema Termosolar

La primera empresa en dar respuesta fue FERROAGRO, la cual nos envía la información de este sistema de calentamiento de agua, con una capacidad de 150 L/día, su precio sería de 3'200,000 de pesos IVA incluido.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12



SOLAR WATER HEATER
Pressurized Pre-heated Solar series

JC-H-PH150L/200L/240L/300L

Type	Evacuated Tube
Pressure	Pressurized
Circulation Type	Indirect / Open Loop (Active)
Heating System	Thermosyphon (Passive)
Connection Type	Direct-Plug
Certification	CE, Solar Keymark
Model Number	JC-H09542-PH150L JC-H09559-PH200L JC-H09566-PH240L JC-H09573-PH300L



Figura 18. Sistema termosolar para 150 L/día.

Fuente: (Hersic, 2018).

La segunda empresa en cotizar fue Ajoover, ofreciendo un calentador de agua de 150 l/día a un precio de 2'450,000 pesos IVA incluido.



Figura 19. Calentador solar marca Ajoover capacidad de 150 L/día.

Fuente: (Ajoover, 2018).

Buscando en internet se encontró una tabla de precios promedios, fabricada por PROFECO (Procuraduría federal del consumidor de México), este precio está en dólares y no está incluido el precio de la instalación.

Tabla 9.

Precio de calentadores solares según su capacidad en México.

Capacidad (Litros)	Tubos	Usuarios	Precio
100	15	3	\$2,920
	10	3	\$4,421
	10	3	\$4,502
130	10	3 a 4	\$7,770
150	12	4 a 5	\$5,985
	15	5	\$6,155
	15	4	\$7,073
	12	4 a 5	\$8,310
172	14	5 a 6	\$9,100
180	18	5	\$4,274
	20	6	\$8,171
188	16	6 a 7	\$10,080
200	16	5 a 7	\$7,980
	20	6	\$8,000
214	24	8	\$10,055
221	18	7 a 8	\$11,270
242	20	8 a 9	\$12,170
250	25	7	\$9,816
272	24	10 a 11	\$12,980
300	24	8 a 9	\$11,970
	30	8	\$12,563
	30	10	\$12,960
315	26	11 a 12	\$13,580
350	28	9 a 12	\$13,965
	30	12 a 13	\$15,180
400	32	10 a 13	\$15,960
425	36	14 a 15	\$16,430
450	36	11 a 17	\$17,955
500	40	14 a 18	\$19,950

Fuente: (PROFECO, 2017).

Realizando la conversión a pesos colombianos, el día 27 de junio del 2018 el dólar se encontraba a \$ 2848.15, su costo es:

$$Precio = 6000 \text{ dolares} * \frac{\$ 2848.15}{1 \text{ dolar}} = \$ 17'000,000$$

Como se puede apreciar los precios en México están por las nubes y ni forma de pensar en traer equipos de este país.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

4.6. Selección del Sistema Solar Fotovoltaico

El sistema solar fotovoltaico seleccionado por su economía fue el ofertado por FERRAGRO, dicho sistema producirá 10 KW/día y su precio es de 24'900,000 pesos colombianos, no incluirá cocina eléctrica por su alto consumo (10KW/día) y porque esta además hace duplicar el precio de la instalación, a continuación, se muestran las características de la instalación solar fotovoltaica seleccionada, ver tabla 10:

Tabla 10.

Componentes de la instalación solar seleccionada.

CANTIDAD	REFERENCIA	DETALLE	VALOR UNITARIO	TOTAL	%
8	Panel solar de 60 celdas	Policristalino de 250 watts	\$ 378,000	\$ 3,024,000	14%
1	Inversor Multifuncional Gela	Onda pura de 3000 Watts	\$ 2,900,000	\$ 2,900,000	14%
8	Batería marca AGM	MTEK 340 AH	\$ 1,690,000	\$ 13,520,000	65%
1	Rack de baterías	Para 8 baterías	\$ 940,000	\$ 940,000	4%
1	Kit de monturas fotovoltaicas	Para 8 paneles	\$ 540,000	\$ 540,000	3%
SUB. TOTAL				\$ 20,924,000	100%
IVA				\$ 3,975,560	
TOTAL				\$ 24,899,560	

Fuente: Propia.

Como se puede apreciar en el sistema de aprovechamiento de energía solar fotovoltaica, las baterías son las más costosas, representando un 65 % del costo de la instalación, este tipo de baterías especificadas en la cotización poseen mayor vida útil, existen otro tipo de baterías de menor precio, pero su remplazo es cada 2 años, mientras estas es cada 10 años.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

4.7. Mantenimiento

Estos productos pueden ser utilizados en cualquier temporada y su vida está por encima de 25 años con un sencillo mantenimiento:

- En áreas de extrema sequía y mucho polvo ambiental, el polvo se depositará en la superficie de los tubos, reduciendo la eficiencia, por lo que una sencilla limpieza anual con agua, sobre los tubos y los paneles reflectantes es aconsejable. Si se producen precipitaciones normalmente, no es necesario este procedimiento.
- Limpiar las incrustaciones calcáreas: dependiendo de la zona y de la calidad del agua, se producirán más o menos incrustaciones calcáreas en el interior del depósito y de los tubos, reduciendo la eficiencia de los mismos. Es recomendable limpiar el interior con algún producto anti-cal cada 1 o 2 años. En circuitos cerrados con intercambiador, no existe este problema.

4.8. Estudio de Factibilidad Económica

Para saber el costo de la inversión total, se tomaron en cuenta las características anteriormente mencionadas en la pág. 32 y sus valores representativos se pueden apreciar en la Tabla 11.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Tabla 10.

Precios de componentes y gastos de mantenimiento para la instalación.

Gastos Detallados	Precio (\$)	Tiempo	Comentario
Costo De Hora / Hombre	\$ 13,600		
Transporte De Componentes	\$ 360,000		
Capacidad De La Instalación			
Instalación Para Generar 5 kW/Día	\$ 13,657,678	8 horas	
Instalación Para Generar 10 kW/Día	\$ 24,899,560	12 horas	
Instalación Para Generar 20 kW/Día	\$ 66,633,058	16 horas	
Mantenimiento Preventivo	\$ 21,300	1 hora	Trimestral
Mantenimiento Correctivo			
Cambio De Baterías Para 5 kW/Día	\$ 1,380,000	24 meses	Cada Batería
Cambio De Baterías Para 10 kW/Día	\$ 1,690,000	24 meses	Cada Batería
Cambio De Baterías Para 20 kW/Día	\$ 1,475,300	24 meses	Cada Batería
Accesorios Para La Instalación Fotovoltaica			
Conectores	\$ 7,200		Cada Conector
Caja De Control	\$ 27,300		Cada Caja
Tubo De PVC	\$ 3,200		Metro
Codos De 90 PVC	\$ 1,500		Cada Codo
Cable Calibre 12 AWG Instalaciones Interiores	\$ 4,200		Metro
Pegante Para Tubería	\$ 3,800		1 tarro
Accesorios Para La Instalación Termosolar			
Tubería De Acero Galvanizado	\$ 7,600		Metro
Codos De 90 Galvanizado Con Rosa	\$ 5,300		Cada Codo

Fuente: Propia.

Como se puede apreciar en la tabla 8, se encuentran los costos de todos los componentes para una instalación y además los gastos de mantenimiento preventivo y correctivo para esta. A continuación, se calcula el costo de realizar una instalación de 10 kWh/día, ver tabla 12:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Tabla 11.

Costo de una instalación para generar 10 kW/día y 150 L/día de agua caliente.

Gastos Detallados	Precio (\$)	Cantidad	Costo Total (\$)
Costo De Hora / Hombre	\$ 13,600	12 horas	\$ 163,200
Transporte De Componentes	\$ 360,000		\$ 360,000
Instalación Para Generar 10 kW/Día	\$ 24,899,560		\$ 24,899,560
Instalación Para 150L/Día Agua Caliente	\$ 3,750,000		\$ 3,750,000
Accesorios Para La Instalación Fotovoltaica			
Conectores	\$ 7,200	6	\$ 43,200
Caja De Control	\$ 27,300	1	\$ 27,300
Tubo De PVC	\$ 3,200	7 metros	\$ 22,400
Codos De 90 PVC	\$ 1,500	7	\$ 10,500
Cable Calibre 12 AWG Instalaciones Interiores	\$ 4,200	12 metros	\$ 50,400
Pegante Para Tubería	\$ 3,800	3	\$ 11,400
Accesorios Para La Instalación Termosolar			
Tubería De Acero Galvanizado	\$ 7,600	4 metros	\$ 30,400
Codos De 90 Galvanizado Con Rosa	\$ 5,300	5	\$ 26,500
Costo Total			\$ 29,394,860

Fuente: Propia.

Para calcular el retorno de la inversión, se partirá del consumo de una vivienda con estas mismas características o electrodomésticos, la cual consume un promedio de \$ 120.000 /mes, utilizando la ecuación 6 el costo eléctrico por año será:

$$Costo_{electrico} = \$120.000 * \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} - 4 * \frac{21.300}{\text{trimestral}} = \frac{\$1'354.800}{\text{año}}$$

A esto se le debe agregar el costo de calentar agua de 19 a 45 C⁰, según (Propanogas, 2018) la energía necesaria para calentar agua para 4 personas será, ver tabla 13.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Tabla 12.

Consumo de Gas propano por persona y energía necesaria.

Número de ocupantes en la vivienda	Consumo anual de gas para el calentamiento de agua sanitaria	Consumo anual de propano para el agua caliente sanitaria
1	1430 kWh	103.4 kg
2	2580 kWh	186.5 kg
3	3720 kWh	268.9 kg
4	4590 kWh	331.8 kg

Fuente: (Propanogas, 2018).

- El calentamiento del agua con propano se calcula con la ecuación 7 (Cengel, 2009):

Donde:

$$C_{p \text{ gas propano}} = 1.6794 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\rho = 581 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ densidad del propano}$$

ΔT = delta de temperatura será: $T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$

$$\Delta T = 45 - 19 = 26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$K = 273.15 + 26 = 299.15 \text{ K}$$

Pero el flujo volumétrico será:

$$m^0 = 581 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * V^0$$

Remplazo el flujo másico:

$$4590 \text{ kWh} = 581 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * V^0 * 1.6794 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} * \text{K}} * 299.15 \text{ K}$$

Entonces el flujo volumétrico necesario para un año de calentamiento de agua para 4 personas será:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

$$V^0 = 0.01572 \frac{m^3}{h}$$

El precio del m³ de gas en el estrato 3 es de \$1374.3/m³ según un recibo de los servicios públicos EPM.

El precio de este consumo será:

$$0.01572 \frac{m^3}{s} * \frac{\$1374.3}{m^3} * \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = \$186,658.52/\text{año}$$

El ahorro total de dinero será:

$$Ahorro_{Total} = \frac{\$1'354.800}{\text{año}} + \frac{\$186,658.52}{\text{año}} = \frac{\$1'541,458}{\text{año}}$$

El retorno de la inversión será en:

$$Tiempo \ de \ Retorno = \frac{\$29'394.860}{\frac{\$1'541.458}{\text{año}}} = 19.07 \text{ años}$$

El tiempo de retorno de la inversión es alto, pero si se mira desde el punto de vista de funcionamiento del sistema es de 25 años aproximadamente, se justificaría la inversión, otro problema que se puede apreciar en las cotizaciones de los sistemas es el precio de las baterías que es muy elevado, se podría pensar en investigar cómo aumentar la capacidad de estas y como disminuir su precio para mejorar el tiempo de retorno de la inversión.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Se podría pensar que la energía solar podría ser la solución a los problemas de interconexión existentes en zonas del territorio colombiano, siempre y cuando se reduzcan los precios de compra o comercialización.
- Se puede apreciar que la energía solar fotovoltaica, es una de las fuentes de energía alternativa con más futuro por ser inagotable, amigable con el medio ambiente y porque se puede instalar sin ninguna infraestructura.
- Uno de los principales inconvenientes es su alto costo, debido a que la mayoría de los componentes de una instalación solar fotovoltaica deben ser importados o no son fabricados en Colombia incrementado su costo.
- El poco conocimiento sobre su funcionamiento, genera temor a la hora de invertir en su desarrollo o implementación, optando por quedarse en su zona de confort y prefiriendo seguir utilizando combustibles fósiles como fuente de energía eléctrica.
- Una posible solución a los inconvenientes generados por su costo, sería pensar en fabricar los componentes que hacen parte de estos sistemas (batería o la celda solar), con lo cual se disminuirá el problema del alto costo en la compra, porque ya no tienen que ser importados., además que el gobierno deje exento de impuestos a los productos destinados a este propósito.
- Después de realizar el estudio de factibilidad, se puede apreciar porque la mayoría de sistemas solares fotovoltaicos no son independientes de la red nacional, por su alto costo actual, por eso en Colombia la energía solar no ha podido jugar un papel fundamental como en otros países y sola mente se limita a el suministro de un porcentaje de la energía real consumida.
- Una recomendación valdadera para la implementación de estas tecnologías renovables en la actualidad, es realizar una mezcla de estas para generar la demanda, por ejemplo, eólica, solar, entre otras. Porque con una sola es muy difícil cubrir la demanda total de una vivienda.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

6.REFERENCIAS

Accounter. (2017). *Accounter*. Obtenido de <http://www.accounter.co/normatividad/decretos/28588-decreto-2143-beneficios-tributarios-ley-1715-de-2014-para-la-promocion-desarrollo-y-utilizacion-de-las-fuentes-no-convencionales-de-energia-fnce-en-especial-las-de-caracter-renovable.html>

Aciss, P. (2017). Obtenido de <http://www.aaacsisplanet.com>

Ajover. (27 de febrero de 2018). Obtenido de <http://www.ajover.co/productos/calentador-solar-agua/>

Amazonaws. (2009). *Amazonaws.com*. Recuperado el 4 de enero de 2017, de <http://spain-s3-mhe-prod.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

Americafotovoltaica. (2015). Obtenido de <http://www.laguiasolar.com/energia-solar-en-colombia/>

Becerra, G. y. (2017). Modelo para Pronosticar la demanda de Energia Electrica en Colombia. *Espacios*, 38(22), 3. Obtenido de <http://www.revistaespacios.com/a17v38n22/a17v38n21p03.pdf>

Cabrera, R. G. (2017). *Universidad de Guacuato*. Obtenido de http://mctp.mx/pdf/optics_and_energy/day5/Celdas%20solares.pdf

Canarias, G. d. (2010). Recuperado el 12 de enero de 2017, de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234263307_GuiaFotovoltaicaGobCan.pdf

Cano, X. B. (2009). El sol, nuestra estrella. *Revista Digital Universitaria*, 16.

Cengel. (2009). *Termodinamica*. Mexico: Mc Graw Hill.

ciencia, F. d. (2008). Obtenido de http://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria18/F_L_DT%20Disenio_y_construccion_de_un_cal.pdf

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

- DANE. (2005). Recuperado el 15 de febrero de 2018, de
https://www.dane.gov.co/files/censos/consulta/2005_compensada.xls
- DANE. (1 de septiembre de 2016). pág. 1.
- Dane. (2 de octubre de 2017). Obtenido de <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>
- Energeticos. (noviembre de 2015). *Certificados Energeticos. com*. Recuperado el 23 de enero de 2018, de <http://www.certificadosenergeticos.com/consumo-diario-acscertificado-energetico>
- EPM. (marzo de 2012). Recuperado el 20 de enero de 2018, de
https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo_27.pdf
- Gomez, C. (2012). *tipo de paneles solares*. Obtenido de
<file:///C:/Users/W/Desktop/old%20escritorio/articulos%20par%20aproyectos/solar/ultimo%20proyecto/Caracteristicas%20Paneles%20Solares.pdf>
- Gómez, J. (2018). LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA POTENCIALES , ANTECEDENTES Y PERPECTIVAS. *Universidad Santo Tomas*.
- Greenpeace. (2006). *www.Greenpeace.org.com*. Recuperado el 12 de enero de 2017, de
<https://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2006/1/calentadores-solares-energ-a.pdf>
- Gruposaldarriaga. (2018). Obtenido de <http://www.gruposaldarriaga.com/empresa.html>
- Hersic. (2018). Obtenido de <https://www.hersic.com/>
- Hybrytec. (2018). Obtenido de <http://www.hybrytec.com/>
- Ideam. (2015). Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Moffin. (21 de marzo de 2010). *feria de ciencias universidad autonoma de mexico*. Obtenido de
http://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria18/F_L_DT%20Disenio_y_construccion_de_un_cal.pdf

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Murcia, H. R. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *redalyc.org*(28), 83-89. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121015051011>

Murcia, H. R. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *dossier*, 83-90.

Nandwani, S. S. (22 de septiembre de 2006). Recuperado el 13 de enero de 2018, de <http://www.biologia.ucr.ac.cr/profesores/Garcia%20Jaime/ENERGIA/CALENTADORES%20SOLAR ES.pdf>

Prevencionar. (2018). Obtenido de <http://prevencionar.com.co/2016/08/29/consumo-tus-electrodomesticos/>

PROFECO. (2017). Obtenido de https://www.profeco.gob.mx/n_institucion/q_somos.asp

Propanogás. (25 de junio de 2018). Obtenido de <https://propanogas.com/faq/propano/consumo-agua-caliente>

Solartech. (20 de febrero de 2018). Obtenido de <http://www.solartechpower.com/>

Tudela, J. M. (3 de junio de 2013). Recuperado el 5 de enero de 2017, de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/3553/pfc5203.pdf;jsessionid=4F67397E3E43680A6219D2C2F4747C34?sequence=1>

UNEF. (2016). Obtenido de http://unef.es/wp-content/uploads/dlm_uploads/2016/08/Informe-Anual-UNEF-2016_El-tiempo-de-la-energia-solar-fotovoltaica.pdf

Universal, S. (2018). Obtenido de <http://www.universalsolarpr.com/tanque-calentador-solar>

UPME. (2014). Obtenido de http://www.upme.gov.co/docs/atlas_radiacion_solar/2-mapas_radiacion_solar.pdf

UPME. (13 de 03 de 2017). Obtenido de <http://www.upme.gov.co/zni/>

Valencia, A. C. (2016). Crisis energética en Colombia. (U. N. Caldas, Ed.) *TIA*, 4(2), 74-81. Obtenido de revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tia/article/download/10411/pdf

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

7. ANEXOS

7.1. Características de los Componentes

A continuación, se mostrará la ficha técnica de cada uno de los componentes de la instalación solar fotovoltaica:

7.1.1. Inversor

El inversor Isolar LV de 3KVA, se encarga de convertir la potencia eléctrica solar fotovoltaica en energía eléctrica, la cual puede ser usada para propósitos comerciales o no comerciales. El inversor también recoge la máxima energía disponible del campo PV, ajustando constantemente su potencia de salida, este puede albergar dispositivos con una tensión de circuito abierto de hasta 550 VDC, (Solartech, 2018).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

Especificación del inversor ISolar LV 2KVA / 3KVA

MODELO	ISolar MLV 2K 24	ISolar MLV 2K 48	ISolar PLV 3K 24	ISolar MLV 3K 24
Potencia nominal	2000VA / 1600W		3000 VA / 2400 W	
ENTRADA				
voltaje	120 VCA			
Rango de voltaje seleccionable	95-140 VAC o 170-280 VAC (para computadoras personales) 65-140 VAC o 90-280 VAC (para electrodomésticos)		95-140 VAC (para computadoras personales) 65-140 VAC (para electrodomésticos)	
Rango de frecuencia	50 Hz / 60 Hz (detección automática)		50 Hz / 60 Hz (detección automática)	
SALIDA				
Regulación de voltaje CA (modo Batt.)	110/120 VAC ± 5% (seleccionable por el usuario) o 230 VCA ± 5%		120 VCA ± 3%	
Fuerza de sobretensión	4000VA		6000VA	
Eficiencia (Pico)	90% - 93%		93%	
Tiempo de transferencia	10 ms (para computadoras personales) 20 ms (para electrodomésticos)			
Forma de onda	Onda sinusoidal pura			
BATERÍA				
Voltaje de la batería	24 VDC	48 VDC	24 VDC	
Voltaje de carga flotante	27 VDC	54 VDC	27 VDC	
Protección contra sobrecarga	31 VDC	62 VDC	33 VDC	

Figura 20. Características del Inversor.

Fuente: (Solartech, 2018).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	03
			Fecha	2018-01-12

CARGADOR SOLAR Y CARGADOR AC				
Potencia de matriz PV máxima	1500 W	3000 W	1200 W	2000 W
Rango MPPT @ Voltaje de funcionamiento	30 ~ 115 VDC o 60 ~ 115 VDC	60 ~ 115 VDC	60 VDC ~ 80 VDC	60 VDC ~ 115 VDC
Voltaje máximo del circuito abierto de la matriz PV	145 VDC		105 VDC	145 VDC
Corriente de carga solar máxima	60A		50A	80 A
Corriente de carga de CA máxima	60 A			
Corriente de carga máxima	60A		110A	140A
Máxima eficiencia	98%			
Consumo de energía en espera	2 W			
FÍSICO				
Dimensión, DXWXH (mm)	140 x 295 x 479		455 * 295 * 115	
Peso neto (kgs)	11.5		11.0	
ENTORNO OPERATIVO				
Humedad	5% ~ 95% sin condensación			
Temperatura de funcionamiento	0 ° C ~ 55 ° C			
Temperatura de almacenamiento	-15°C ~ 60°C			

Figura 21. Características del inversor.

Fuente: (Solartech, 2018).

7.1.2. Paneles Solares

El funcionamiento de los paneles solares se basa en el efecto fotovoltaico, producido cuando sobre dos materiales semiconductores convenientemente tratados, incide la radiación solar produciendo una diferencia de potencial, haciendo que los electrones generados en un extremo circulen hacia el otro produciendo electricidad.

YGE 72 Cell NH SERIES

Powered by **YINGLI**

- YL310P-35b
- YL305P-35b
- YL300P-35b
- YL295P-35b
- YL290P-35b
- YL285P-35b
- YL280P-35b



YINGLI GREEN ENERGY

Yingli Green Energy (NYSE: YGE) es uno de los mayores fabricantes fotovoltaicos verticalmente integrado, comercializa sus productos bajo la marca "Yingli Solar". Con más de 4,5GW de módulos instalados a nivel mundial, somos una empresa líder en energía solar basándonos en la fiabilidad de un producto probado y un rendimiento sostenible. Yingli es la primera empresa de energías renovables y la primera compañía China que patrocina la Copa del Mundo de la FIFA.

RENDIMIENTO

- Células solares multicristalinas de alta eficiencia y un vidrio texturizado de alta transmitancia que permiten alcanzar una eficiencia del módulo de hasta el 16,2% lo que minimiza los costes de instalación y maximiza la producción energética del sistema por unidad de superficie.
- Tolerancia positiva ajustada de 0W a +5W asegurando una potencia en los módulos igual o superior a la nominal, contribuyendo a su vez a minimizar las pérdidas por dispersión de parámetros y a mejorar el rendimiento del sistema.
- Alta clasificación en el ensayo de rendimiento energético realizado por TÜV "TÜV Rheinland Energy Yield Test" y en el "Photon Test", demostrando un alto rendimiento y una producción anual elevada.

FIABILIDAD

- Ensayos de laboratorios independientes demuestran que los módulos Yingli Solar:
 - > Cumplen completamente con los certificados y normativas vigentes.
 - > Soportan cargas de viento de hasta 2,4kPa y cargas de nieve de hasta 5,4kPa, confirmando así su estabilidad mecánica.
 - > Resisten satisfactoriamente la exposición a niebla salina en su punto más severo y en ambientes de alto contenido en amoníaco, asegurando así el rendimiento en condiciones adversas.
- Empresa certificada por TÜV Rheinland para la ISO 9001: 2008, la ISO140001: 2004 y la BS OHSAS 18001: 2007.

GARANTÍAS

- Garantía de producto limitada de 10 años¹.
 - Garantía de potencia limitada¹: 10 años al 91,2% de la potencia de salida mínima y 25 años al 80,7% de la potencia de salida mínima.
- ¹ En cumplimiento de nuestros términos y condiciones de garantía.

CUALIFICACIONES Y CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000, PV Cycle

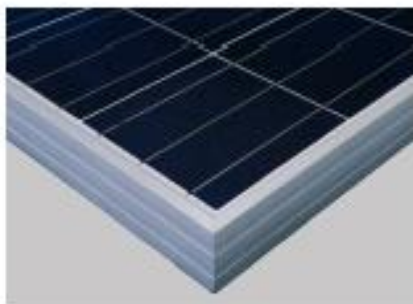


Figura 22. Características del panel solar a utilizar.

Fuente: (Solartech, 2018).

YGE 72 Cell NH SERIES

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos para STC									
Tipo de Módulo			YLxxxP-35b (xxx=P _{max})						
Potencia de salida	P _{max}	W	310	305	300	295	290	285	280
Tolerancia	ΔP _{max}	W	0 / 5						
Eficiencia del módulo	η _m	%	15,9	15,6	15,4	15,1	14,9	14,6	14,4
Voltage at P _{max}	V _{mpp}	V	36,9	37,0	36,7	36,3	35,8	35,5	35,5
Current at P _{max}	I _{mp}	A	8,41	8,25	8,17	8,12	8,10	8,02	7,89
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	46,4	46,3	46,3	45,4	45,3	45,0	45,0
Intesidad en cortocircuito	I _{sc}	A	8,98	8,87	8,77	8,63	8,62	8,50	8,35

STC: 1000 W/m² Irradiancia, 25°C Tmódulo, AM1,5 distribución espectral según EN 60904-3
 Reducción media de la eficiencia relativa de 5% en a 200 W/m² según EN 60904-1

Parámetros Eléctricos en Temperatura de Operación Nominal de la Célula(TONC)									
Potencia de salida	P _{max}	W	224,6	220,9	217,3	214,2	210,6	207,0	203,3
Tensión en P _{max}	V _{mpp}	V	33,5	33,6	33,4	32,7	32,3	32,0	32,0
Intensidad en P _{max}	I _{mp}	A	6,70	6,57	6,51	6,55	6,53	6,46	6,36
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	42,8	42,7	42,7	41,4	41,3	41,1	41,1
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	7,27	7,19	7,10	6,99	6,98	6,89	6,76

TONC: Temperatura en circuito abierto del módulo a 800W/m² de Irradiancia, 20°C de temperatura ambiente y 1m/s de velocidad del viento

Figura 23. Características eléctricas del panel.

Fuente: (Solartech, 2018).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura de Operación Nominal de la Célula	TONC	°C	46 +/- 2
Coefficiente de temperatura para P_{max}	γ	%/°C	-0,45
Coefficiente de temperatura para V_{oc}	$\beta_{V_{oc}}$	%/°C	-0,33
Coefficiente de temperatura para I_{sc}	$\alpha_{I_{sc}}$	%/°C	0,06
Coefficiente de temperatura para V_{mpp}	$\beta_{V_{mpp}}$	%/°C	-0,45

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máxima tensión del sistema	1000V _{DC}
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperaturas de funcionamiento	-40°C hasta 85°C
Máxima carga estática frontal (nieve y viento)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (viento)	2400Pa
Max. impacto por granizo (diámetro / velocidad)	25mm / 23m/s

MATERIALES

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 4,0 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones / Número de Busbars)	72 / silicio multicristalino / 156 x156 mm / 2 ó 3
Encapsulante (material)	Etilvinilacetato (EVA)
Marco (material / color / color del anodizado / sellado del marco)	Aluminio anodizado / plata / claro / silicone o cinta adhesiva
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP65
Cable (longitud / sección)	1200mm / 4mm ²
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP67 o YT08-1 / IP67 o Amphenol H4 / IP68

- Debido a la continua innovación, investigación y mejora de producto, la información y las especificaciones citadas en esta hoja de características están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.
- Los datos no están referidos a un solo módulo y no son parte de la oferta, sirven sólo para su comparación entre diferentes tipos de módulos.

Figura 24. Características térmicas del panel a utilizar.

Fuente: (Solartech, 2018).

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (longitud / anchura / profundidad)	1970mm / 990mm / 50mm
Peso	26,8kg

ESPECIFICACIONES DEL EMBALAJE

Número de módulos por palé	21
Número de palés por contenedor (40')	24
Dimensiones del Embalaje (longitud / anchura / profundidad)	1985mm / 1140mm / 1125mm
Peso del palé	613kg

Figura 25. Dimensiones del panel solar.

Fuente: (Solartech, 2018).

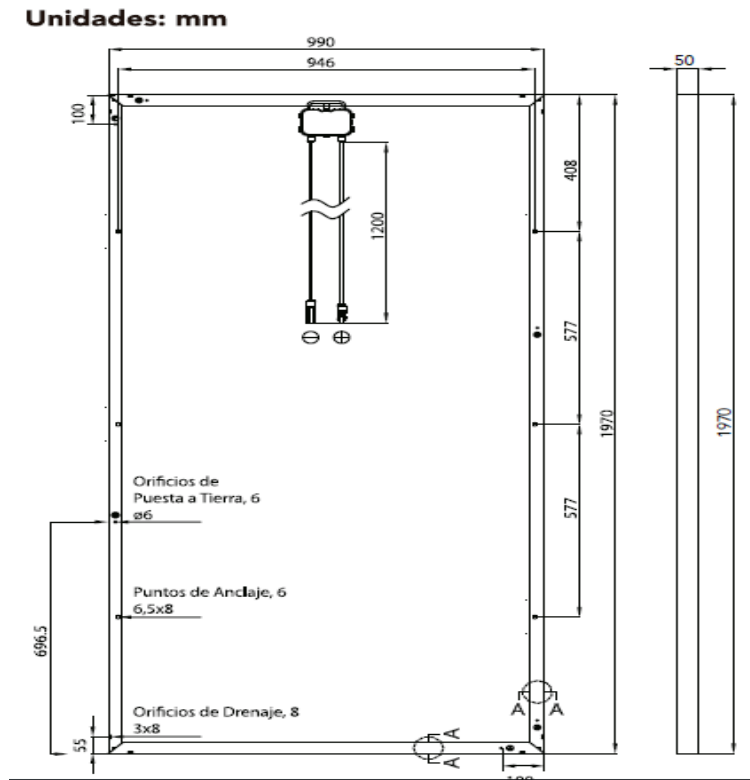


Figura 26. Planos del panel solar a utilizar.

Fuente: (Solartech, 2018).

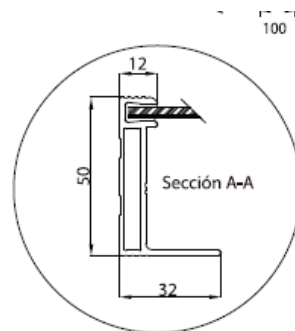


Figura 27. Vista lateral del panel.

Fuente: (Solartech, 2018).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

7.1.3. Baterías

Las baterías seleccionadas son de alta calidad tienen una duración hasta de 10 años trabajando a 20 Celsius, tiene una masa de 73 kg o un peso de 716.13 N y trabajan a 12 voltios, estas baterías están compuestas por varias celdas, ubicadas en serie ósea una detrás de otra, lo cual aumenta su capacidad y la tensión del acumulador eléctrico. Están compuestas por poseen un electrodo de plomo puro y el otro es de dióxido de plomo, pero el electrolito utilizado es ácido sulfúrico disuelto en agua.

Si colocamos las celdas en serie (el positivo de una con el negativo de la siguiente y así sucesivamente) conseguiremos sumar las tensiones de cada una de ellas y así conseguir una batería con más voltaje. Si por el contrario colocamos las celdas en paralelo (todos los positivos unidos entre sí y todos los negativos) conseguiremos que nuestra batería tenga más intensidad.

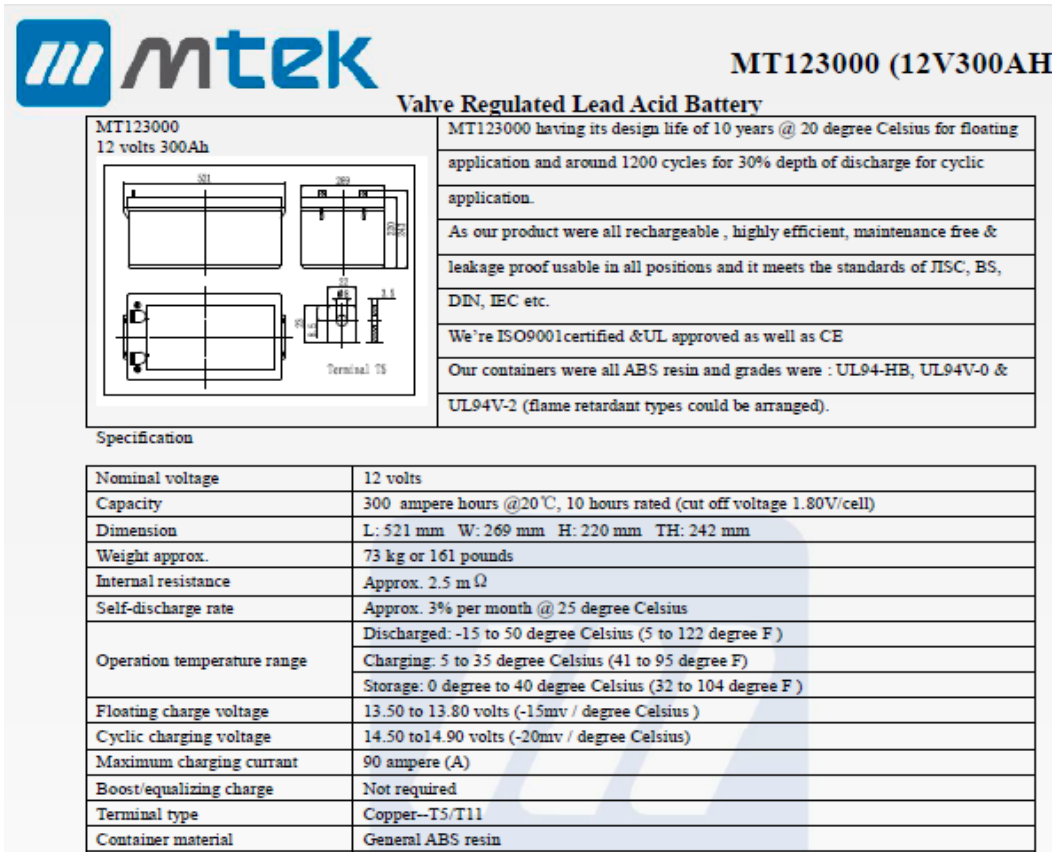
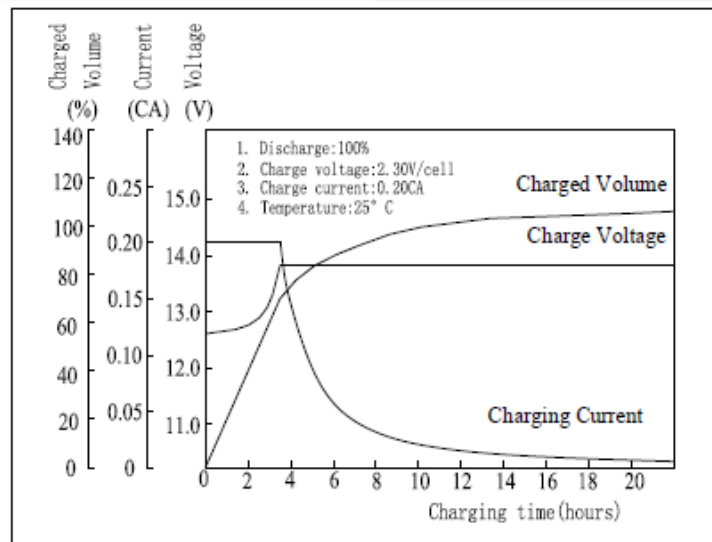


Figura 28. Características de las baterías a utilizar.

Fuente: (Solartech, 2018).

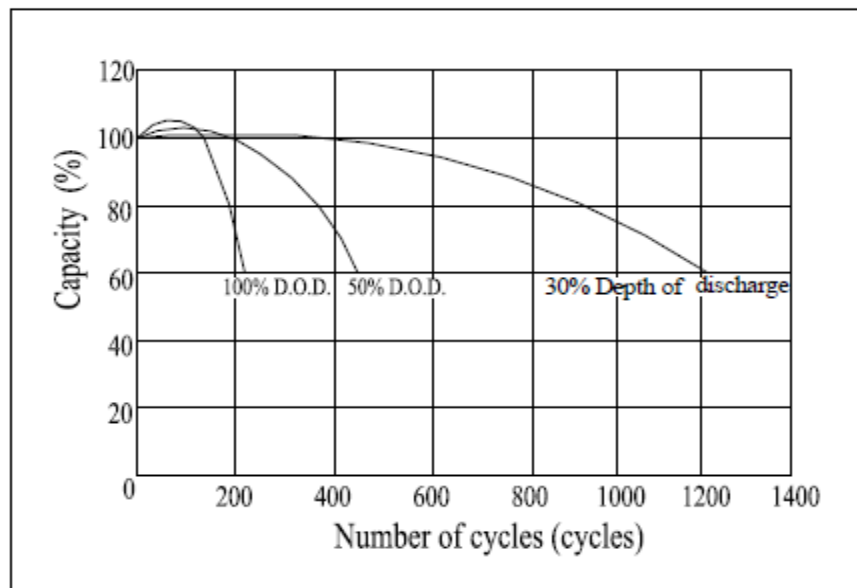
Charging Characteristics(25 °C)



Gráfica 6. Características de carga a 25 °C.

Fuente: (Solartech, 2018).

Cycle Life(25 °C)



Gráfica 7. Ciclo de vida de la batería trabajando a 25 °C.

Fuente: (Solartech, 2018).

En la gráfica 7, se puede apreciar la eficiencia de la batería según el número de ciclos de funcionamiento, entonces se debería calcular el número de ciclos por hora o día, a los cuales trabajara, para saber su capacidad.

Tabla 13. Características de descarga de corriente y potencia de la batería.

Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)									
F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	3h	5h	10h	20h
9.60V	934	632	500	319	196	77.0	55.1	30.6	16.1
10.20V	887	601	479	306	187	76.0	54.2	30.4	16.0
10.80V	834	565	455	292	179	74.4	53.2	30.0	15.8

Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)									
F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	3h	5h	10h	20h
9.60V	9814	6838	5495	3584	2240	906	650	365	194
10.20V	9323	6496	5274	3442	2150	893	641	361	192
10.80V	8764	6106	5011	3270	2044	875	628	361	190

Fuente: (Solartech, 2018).

7.1.4. Selección del Sistema Solar Térmico

Material Tanque externo (1)	Acero Inoxidable pintado	e = 0,50 mm
Material tanque Interno (3)	Acero Inoxidable SUS304-2B	e = 0,40 mm
Aislante Térmico (2)	Poliuretano Inyectado	e = 50 mm
Diámetro Tanque Externo	460 mm	
Diámetro Tanque Interno	360 mm	
Diámetro Tubería Entrada y Salida	1/2"	
Dispositivos opcionales	Sensor de temperatura y nivel - Resistencia Eléctrica	

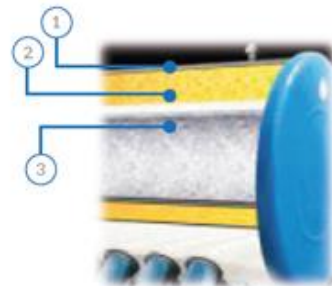
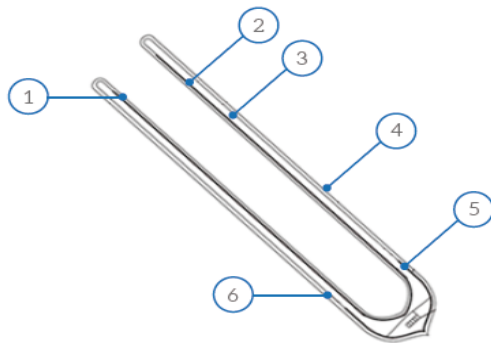


Figura 29. Características del sistema solar térmico.

Fuente: (Ajoever, 2018).

Características	TIPO Selectivo absorción al vacío	Doble Capa Concéntrico - Vacío Intermedio
	Material	Vidrio Borosilicato
	Longitud tubo Exterior	1800 mm
	Diámetro Exterior	58 mm
	Diámetro interior	Ø 47 (± 0.1mm)
	Espesor	1.6 mm (±0.1mm)
	Vacío	$P \leq 5 \cdot 10^{-3}$ Pa
Resistencia	Granizo	Hasta Ø ≤ 25 mm
Absorbedor	Capa selectiva de absorción	Al-N/A1

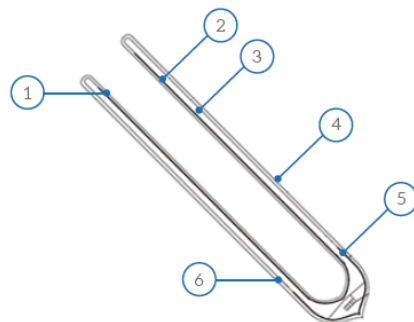


Item	Descripción
1	Tubo Interno
2	Capa Selectiva de Absorción
3	Vacío
4	Tubo Exterior
5	Capa de Inducción
6	Clip de Sujeción

Figura 30. Características del sistema solar térmico.

Fuente: (Ajover, 2018).

Características	TIPO Selectivo absorción al vacío	Doble Capa Concéntrico - Vacío Intermedio
	Material	Vidrio Borosilicato
	Longitud tubo Exterior	1800 mm
	Diámetro Exterior	58 mm
	Diámetro interior	Ø 47 (± 0.1mm)
	Espesor	1.6 mm (±0.1mm)
	Vacío	$P \leq 5 \cdot 10^{-3}$ Pa
Resistencia	Granizo	Hasta Ø ≤ 25 mm
Absorbedor	Capa selectiva de absorción	Al-N/A1



Item	Descripción
1	Tubo Interno
2	Capa Selectiva de Absorción
3	Vacío
4	Tubo Exterior
5	Capa de Inducción
6	Clip de Sujeción

Figura 31. Características del tubo captador de calor.

Fuente: (Ajover, 2018).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

ESTRUCTURA SOPORTE

Características	Material	Acero Galvanizado Pintado
	Angulo de Instalación Óptimo	30°

PARAMETROS OPERATIVOS

Presión Máxima de trabajo	0 Bar - Por gravedad
Eficacia diaria	≥ 55 %
Fluido	Agua
Presión de entrada de agua fría	25 PSI - [lb/in ²]
Material Tubería línea de entrada de agua fría sugerida	PVC RDE21
Material Tubería línea salida de agua caliente sugerida	CPVC o Cobre
Temperatura de agua alcanzada con radiación directa (Día Soleado)	≥ 50 °C
Temperatura de agua alcanzada con radiación difusa (Día Nublado)	≥ 25 °C

Figura 32. Características de la estructura y parámetros de funcionamiento del sistema solar térmico.

Fuente: (Ajover, 2018).

Capacidad Tanque de Almacenamiento (Litros)	Cantidad Tubos Captadores	Área de Apertura /m ²	Litros/ Día/60 °C
80	10	1,35	100
130	15	2,03	150
180	21	2,84	210

DIMENSIONES				
Volumen (L)	A (m)	B (m)	C (m)	Peso Vacío (kg)
80	0,8	2,1	0,75	35
130	1,3	2,1	0,75	60
180	1,6	2,1	0,75	85

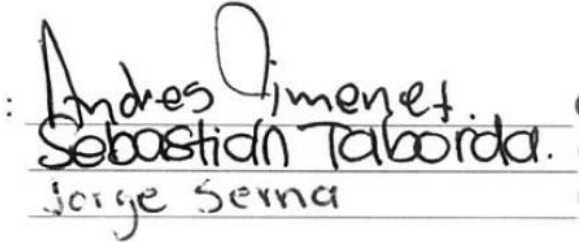
El volumen en litros de cada calentador corresponde al agua caliente disponible. Una vez utilizado este volumen, se debe esperar nuevamente al calentamiento solar para tener agua caliente disponible.



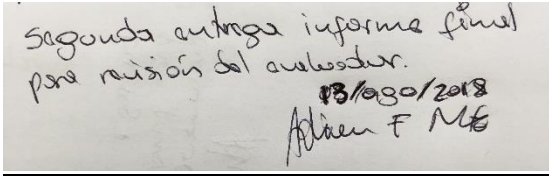
Figura 33. Características y dimensiones del sistema solar térmico.

Fuente: (Ajover, 2018).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12



FIRMA ESTUDIANTES



FIRMA ASESOR

FECHA ENTREGA: 11 de jul. de 18

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2018-01-12

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____