

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE  
ENERGÍA SOLAR TÉRMICA COMO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO PARA EL  
CONSUMO DE AGUA SANITARIA EN LA INSTALACIÓN DE LA ESCUELA  
NACIONAL DE CARABINEROS (FACATATIVÁ).

Juan Diego Avendaño López  
Pablo Emilio Piñeros Mora

Proyecto de Grado

Director: Ing. M. Sc. Manuel Alejandro Mayorga Betancourt

Escuela Colombiana de Carreras Industriales  
Facultad de Ingeniería  
Coordinación de Mecánica  
Bogotá  
2014

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bogotá

Ing. Fernando Soler López  
Rector

Ing. Gilma Florez  
Vicerrectora Académica

Ing. José Fernando López  
Vicerrector de investigación

Ing. Luisa Hincapié  
Secretaria General

Ing. Mauricio Veloza  
Decano de Ingeniería

Ing. Carlos Alberto Cristancho R.  
Coordinador de Mecánica

## Dedicatoria

Es un honor para mí dedicarle este trabajo a mis padres, quienes con su apoyo y comprensión he salido adelante porque ellos me motivan y me apoyan en todas las cosas que hago en mi diario vivir. Juan Diego Avendaño.

Este trabajo lo dedico a mi familia en especial a mi madre quien siempre estuvo al lado mío y me ha llevado por el camino correcto estando a mi lado todo el tiempo brindándome su apoyo en los momentos más difíciles. Pablo Emilio Piñeros.

## Agradecimientos

Los autores del presente trabajo, el cual es un requisito para optar al título de Ingenieros Mecánicos expresan sus agradecimientos a:

Dios por brindarnos y concedernos tener la oportunidad de graduarnos como Ingenieros llenándonos de amor, sinceridad, honestidad y siendo personas excelentes las cuales siempre gracias a él escogeremos el camino correcto.

Nuestra familia la cual nos apoya en todas aquellas cosas que nos hacen crecer como personas cada día.

A la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, por formarnos como personas, por enseñarnos a ser humanos en todas las circunstancias y en cada momento de nuestro diario vivir, a todas sus directivas, a los catedráticos, sus coordinadores y docentes por estar con nosotros, compartir, y enseñarnos lo bello de la vida, a ser personas y lo importante que somos para el futuro de un nuestro país.

A nuestro director de tesis el Ing. Manuel Alejandro Mayorga, por su ayuda y disposición para el desarrollo de este trabajo.

# CONTENIDO

<b>LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>10</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVO ESPECIFICOS .....	11
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>12</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	12
1.1.1 <i>Energías alternativas</i> .....	12
1.2 <i>Referente de energía solar térmica de la ECCL</i> .....	22
1.3 <i>Referentes Internacionales</i> .....	22
1.4 <i>Artículos Científicos</i> .....	23
<b>2. ENERGIA SOLAR TERMICA.....</b>	<b>25</b>
2.1 DEFINICION.....	25
2.2 HISTORIA DE LA ENERGIA SOLAR TERMICA.....	25
2.2.1 <i>Desde la Edad Antigua al Renacimiento</i> .....	25
2.2.2 <i>Segunda mitad del SXVIII y SXIX</i> .....	26
2.2.3 <i>Energía solar térmica en la actualidad</i> .....	28
2.3 FORMAS DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	30
2.3.1 <i>Conducción</i> .....	30
2.3.2 <i>Convección</i> .....	30
2.3.3 <i>Radiación</i> .....	31
2.4 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	32
2.4.1 <i>Radiación directa</i> .....	32
2.4.2 <i>Radiación difusa</i> .....	33
2.4.3 <i>Radiación reflejada</i> .....	33
2.5 TIPOS DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA .....	34
2.5.1 <i>Instalación solar térmica de baja temperatura</i> .....	34
2.5.2 <i>Instalación solar térmica de media temperatura</i> .....	34
2.5.3 <i>Instalación solar térmica de alta temperatura</i> .....	34
2.6 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA .....	35
2.7 COLECTORES SOLARES PLANOS .....	36
2.7.1 <i>Colectores solares sin concentración</i> .....	36
2.7.2 <i>Colectores solares de concentración</i> .....	36
2.7.3 <i>Funcionamiento de un Colector Solar Plano</i> .....	37
2.7.4 <i>Posición de los Colectores Solares</i> .....	37
2.8 TIPOS DE INSTALACIONES.....	38
2.8.1 <i>Circulación natural</i> .....	38
2.8.2 <i>Circulación forzada o bombeo mecánico</i> .....	38
2.9 FRECUENCIA DE RADIACIÓN SOLAR .....	39
<b>3. DISEÑO DEL SISTEMA.....</b>	<b>40</b>
3.1 CALCULOS DE LA CARGA DE CONSUMO.....	42
3.1.1 <i>Datos meteorológicos de Facatativá</i> .....	42
3.1.2 <i>Radiación solar</i> .....	42
3.1.3 <i>Cálculo de la Carga de Consumo:</i> .....	43

3.2 RENDIMIENTO DE LOS CPP .....	45
3.2.1 Características del captador solar.....	46
3.2.2 Eficiencia de captador solar plano.....	47
3.3 DIMENSIONADO DEL VOLUMEN DEL ACUMULADOR- INTERCAMBIADOR.....	48
3.4 SELECCIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR.....	50
3.4.1 Relación Producción – Consumo: .....	51
3.5 DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO .....	51
3.6 SELECCIÓN DEL ELECTROCIRCULADOR.....	53
3.6.1 Bomba de Circulación:.....	54
3.6.2 Selección tubería para la bomba.....	55
3.7 DIMENSIONADO DEL VASO DE EXPANSION.....	55
3.8 VOLUMEN DEL INTERCAMBIADOR .....	56
3.9 VASO DE EXPANSIÓN.....	56
3.9.1 Información detallada del producto.....	56
3.9.2 Aislamiento Térmico .....	57
<b>4. ANALISIS ECONOMICO MEDIANTE RETSCREEN .....</b>	<b>59</b>
4.1 INFORMACIÓN DEL PROYECTO CON RETSCREEN .....	60
4.2 MODELO DE ENERGÍA .....	60
4.3 ANÁLISIS DE COSTOS .....	61
4.4 ANÁLISIS DE EMISIONES .....	62
4.5 ANÁLISIS FINANCIERO.....	63
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>6. RECOMENDACIONES DEL MONTAJE DE UN SISTEMA DE ACS.....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 AUMENTO DE ENERGÍA EÓLICA EN EL MUNDO [2].	13
FIGURA 2. CENTRAL ENERGÉTICA PAJARITO ANTIOQUIA COLOMBIA [3]	14
FIGURA 3. CENTRAL GEOTERMICA PUHAGAN FILIPINAS [4].	15
FIGURA 4. PLANTACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN BRASIL [5].	16
FIGURA 5. PLANTA DE CHERNOBYL ANTES Y DESPUES DEL ACCIDENTE [6].	17
FIGURA 6. HORNO SOLAR DE LAVOISIER [12].	26
FIGURA 7. CENTRAL DE DESTILACIÓN SOLAR EN EL DESIERTO DE ATACAMA [13].	27
FIGURA 8. IMPRENTA ACCIONADA CON ENERGÍA SOLAR DE ABEL PIFRE [14].	28
FIGURA 9. CALENTADOR DE AGUA DE CLARENCE KEMP [14].	28
FIGURA 10. IMAGEN DE LA RADIACIÓN SOLAR EN EL MUNDO [15].	29
FIGURA 11. CAPACIDAD INSTALADA EN LOS PRIMEROS DIEZ PAÍSES DEL MUNDO A FINALES DEL 2006 [16].	29
FIGURA 12. EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN UNA SUPERFICIE BRILLANTE [17].	32
FIGURA 13. EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN UNA SUPERFICIE BRILLANTE [17].	32
FIGURA 14. RADIACIÓN DIRECTA [17].	33
FIGURA 15. ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN DIFUSA POR UNA SUPERFICIE [17].	33
FIGURA 16. TIPOS DE RADIACIÓN QUE INCIDEN SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA [17].	33
FIGURA 17. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA [17].	34
FIGURA 18. COMPONENTES DE UN COLECTOR SOLAR PLANO [17].	37
FIGURA 19. POSICIÓN E INCLINACIÓN DE UN COLECTOR SOLAR [17].	37
FIGURA 20. ESQUEMA CARACTERÍSTICO DE UNA INSTALACIÓN DE TERMOSIFÓN [17].	38
FIGURA 21. ESQUEMA CARACTERÍSTICO DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCULACIÓN FORZADA [17].	38
FIGURA 22. VISTA FRONTAL DEL CASINO DE LA ESCUELA NACIONAL DE CARABINEROS DE FACATATIVÁ	40
FIGURA 23. VISTA AÉREA ESCAR (ZONA CASINO DE OFICIALES) [21].	41
FIGURA 24. LOCALIZACIÓN ESCUELA NACIONAL DE CARABINEROS	41
FIGURA 25. CASINO DE OFICIALES ESCAR	42
FIGURA 26. CAPTADOR SOLAR PLACA PLANA [25].	45
FIGURA 27. ESTRUCTURA DEL CAPTADOR [25].	45
FIGURA 28. EFICIENCIA PANEL SOLARES [29].	48
FIGURA 29. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ACUMULADOR [30].	49
FIGURA 30. DIMENSIONES DEL ACUMULADOR SELECCIONADO [30].	49
FIGURA 31. ELECTROCIRCULADOR UPS25-40 [33].	54
FIGURA 32. VASO DE EXPANSIÓN [34].	56
FIGURA 33. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.	58
FIGURA 34. CONDICIONES DE REFERENCIA DEL SITIO [22].	59
FIGURA 35. CONDICIONES DE REFERENCIA DEL SITIO [22].	60
FIGURA 36. MODELO DE ENERGÍA RETSCREEN [22].	60
FIGURA 37. MODELO DE ENERGÍA RETSCREEN [22].	61
FIGURA 38. MODELO DE ENERGÍA RETSCREEN [22].	61
FIGURA 39. COSTOS DEL PROYECTO, EN EL SOFTWARE RETSCREEN [22].	62
FIGURA 40. ANÁLISIS DE EMISIONES CON RETSCREEN [22].	63
FIGURA 41. ANÁLISIS FINANCIERO CON RETSCREEN [22].	63
FIGURA 42. ANÁLISIS FINANCIERO CON RETSCREEN [22].	64
FIGURA 43. ANÁLISIS FINANCIERO CON RETSCREEN [22].	64
FIGURA 44. ANÁLISIS FINANCIERO CON RETSCREEN [22].	64



## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS	21
TABLA 2. TIPOS DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS [21].	35
TABLA 3. ADAPTADO DE RANGO DE TEMPERATURAS Y DISEÑO DE LOS CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS [22].	36
TABLA 4. DATOS METEOROLÓGICOS DE FACATATIVÁ (CUNDINAMARCA) [24].	42
TABLA 5. RADIACIÓN SOLAR DE FACATATIVÁ [24].	43
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS CAPTADOR SOLAR	46
TABLA 7. HORAS DE SOL ÚTILES	47
TABLA 8. FICHA TÉCNICA ACUMULADOR SELECCIONADO [28].	49
TABLA 9. RELACIÓN DESFASE/PRODUCCIÓN [29].	51
TABLA 10. SELECCIÓN DE ELECTROCIRCULADOR [29].	54
TABLA 11. SELECCIÓN TUBERÍA PARA LA BOMBA	55
TABLA 12. INFORMACIÓN DETALLADA DEL VASO DE EXPANSIÓN [33].	57
TABLA 13. ESPESOR MÍNIMO DE AISLAMIENTO TÉRMICO [28].	57

## LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

**ESCAR:** *Escuela Nacional de Carabineros*

**ACS:** *Agua Caliente Sanitaria*

**FRP:** *Fibra de Vidrio Reforzado en Plástico*

**kW:** *Kilovatio*

**VG:** *Volumen de Almacenamiento de Gas*

**FD (%):** *Factor de Demanda*

**CPP:** *colector solar de placa plana*

**kcal/kg:** *kilo calorías por kilogramo.*

**L/min:** *litros por minuto*

**m<sup>3</sup>/h:** *metros cúbicos por hora*

**GW:** *Gigavatios*

**MW:** *Megavatios*

**W/m<sup>2</sup>:** *Vatios por metro cuadrado*

**ONU:** *Organización de Naciones Unidas*

## GLOSARIO

**AEROGENERADORES:** Generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento (turbina eólica).

**BIOCOMBUSTIBLES:** Mezcla de hidrocarburos que se utiliza como combustible en los motores de combustión interna.

**BIOETANOL:** Es un alcohol de origen vegetal que se produce a través de la fermentación de distintos tipos de materias primas tales como los cereales, maíz, trigo y cebada al igual que de cultivos con alto contenido en azúcares como la caña de azúcar o la remolacha.

**CALENTADORES ELÉCTRICOS:** Dispositivo termodinámico que utiliza energía para elevar la temperatura del agua.

**CAMBIO CLIMÁTICO ANTROPOGÉNICO:** Efectos producidos por las actividades humanas en el clima de la Tierra.

**COMBUSTIBLES FÓSILES:** Procede de la biomasa obtenida hace millones de años y que ha sufrido grandes procesos de transformación hasta la formación de sustancias de gran contenido energético como el carbón, el petróleo, o el gas natural, etc.

**ESPUMA ELASTOMÉRICA:** Aislamiento térmico a base de caucho sintético y con estructura celular cerrada.

**FUENTES TERMALES:** Estas aguas proceden de capas subterráneas de la Tierra que se encuentran a mayor temperatura, las cuales son ricas en diferentes componentes minerales y permiten su utilización en la terapéutica como baños, inhalaciones, irrigaciones, y calefacción

**GASES DE EFECTO INVERNADERO:** Gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero.

**SOFTWARE RET SCREEN:** Herramienta que permite a los ingenieros, arquitectos y responsables económicos modelar y analizar todos los proyectos de energía limpia.

## INTRODUCCION

Siguiendo los lineamientos del Protocolo de Kioto y su periodo de verificación de emisiones de 2008-2012, se pretende desarrollar un estudio para la implementación de energías alternativas en las instalaciones del casino de la Escuela Nacional de Carabineros (Seccional Facatativá), donde se desea realizar el calentamiento de agua a partir de energía solar.

Dicho estudio será de un aporte técnico, social y ambiental ya que gracias a un adecuado procesamiento de la energía solar, se tendrá el aprovechamiento de la radiación solar para el calentamiento de agua sanitaria del casino de la Escuela de Carabineros de Facatativá, y de este modo fomentar practicas eficientes y sostenibles, que garanticen el cuidado del medio ambiente en el País.

Colombia, es un país el cual está incursionando en las energías renovables, con esto las entidades estatales se ven beneficiadas para el uso de dichas energías, con esto la Escuela de Carabineros de Facatativá, plantea la posibilidad del cambio de uso de energía convencional como lo es el abastecimiento de una red eléctrica, a un sistema el cual provea una solución a los requerimientos que se plantea como lo es el calentamiento de aguas sanitarias.

Del mismo modo se abordará el estudio para la implementación de una energía alternativa, en este caso un sistema solar térmico para el calentamiento de agua sanitaria y de este modo ver la viabilidad del reemplazo de los calentadores eléctricos ya existentes. Por último se analizará dicha tecnología mediante el software Ret Screen de manera técnica, ambiental y financiera, para concluir con el diseño general que involucra a dichas tecnologías.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un estudio técnico y económico para la implementación de energía solar térmica como sistema de abastecimiento para el consumo de agua sanitaria en la instalación de la Escuela Nacional de Carabineros (Facatativá).

### **OBJETIVO ESPECIFICOS**

- Hacer un levantamiento de las necesidades de y requerimientos energéticos de la Escuela Nacional de Carabineros (Facatativá) para conocer el consumo de energía eléctrica.
- Seleccionar la tecnología de Energía Solar.
- Realizar el diseño de una instalación solar térmica de acuerdo con las especificaciones y necesidades de consumo de agua sanitaria para la sustitución de calentadores eléctricos.
- Diseñar el esquema de la instalación para la implementación de esta tecnología.
- Desarrollar un estudio de viabilidad del proyecto usando la herramienta Ret Screen, en el análisis técnico, ambiental y financiero.

## 1. GENERALIDADES

En el desarrollo del siguiente capítulo, se van a presentar las bases para el debido desarrollo del proyecto. Iniciando con un panorama mundial, desde el problema de consumo energético, las repercusiones que tiene el uso de combustibles fósiles en el medio ambiente y el uso de la energía solar, además de ello se presentaran las ideas de proyecto que se han desarrollado en la Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI), referentes internacionales y nacionales los cuales darán el panorama actual en el que se encuentra dicha tipo de energía que provee el sol.

### 1.1 ANTECEDENTES

A lo largo que la humanidad viene evolucionando, se han tenido diferentes tipos energía, las cuales buscan ser una alternativa a la industria petrolera, sabiendo la magnitud de los problemas que está presenta, uno de ellos como lo es el calentamiento global, a raíz de esto se vio necesaria la creación de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*, y como principal objetivo el Protocolo de Kioto, el cual es un acuerdo internacional, que busca la reducción de los gases de efecto invernadero, que causan el calentamiento global.

Una alternativa que tomo un valor alto en la industria energética fue el uso de energía solar, como fuente de energía, la cual es provista por el sol, dentro de esta energía solar podemos encontrar dos aplicaciones la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica, teniendo así mismo dos usos primordiales como lo es la obtención de energía eléctrica a partir de la energía proveniente del sol, y el de calentar algún fluido como es el caso del presente estudio.

#### 1.1.1 Energías alternativas

Desde el momento en el que se vio que la tierra podía sufrir bastantes cambios, debido a los gases contaminantes que se envían al medio ambiente, en el tratado de Kioto, en el cual se establece a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los gobiernos signatarios de dichos países pactaron reducir en al menos un 5 % en promedio las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990.

El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

El objetivo principal es disminuir el cambio climático antropogénico cuya base es el efecto invernadero. Según las cifras de la ONU, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1,4 y 5,8 °C de aquí a 2100, a pesar que los inviernos son más fríos y violentos. Esto se conoce como Calentamiento global.

Una cuestión a tener en cuenta con respecto a los compromisos en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es que la energía nuclear queda excluida de los mecanismos financieros de intercambio de tecnología y emisiones asociados al Protocolo de

Kioto, pero es una de las formas de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en cada país. Así, el IPCC en su cuarto informe, recomienda la energía nuclear como una de las tecnologías clave para la mitigación del calentamiento global [1].

### 1.1.1.1 Energía Eólica

Energía eólica es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transmutada en otras formas útiles de energía para las actividades humanas.

En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores. A finales de 2011, la capacidad mundial de los generadores eólicos fue de 238 Gigavatios. En 2012 la eólica generó alrededor del 282.4 Gigavatios del consumo de electricidad mundial, como se muestra en la Figura 1 [2].

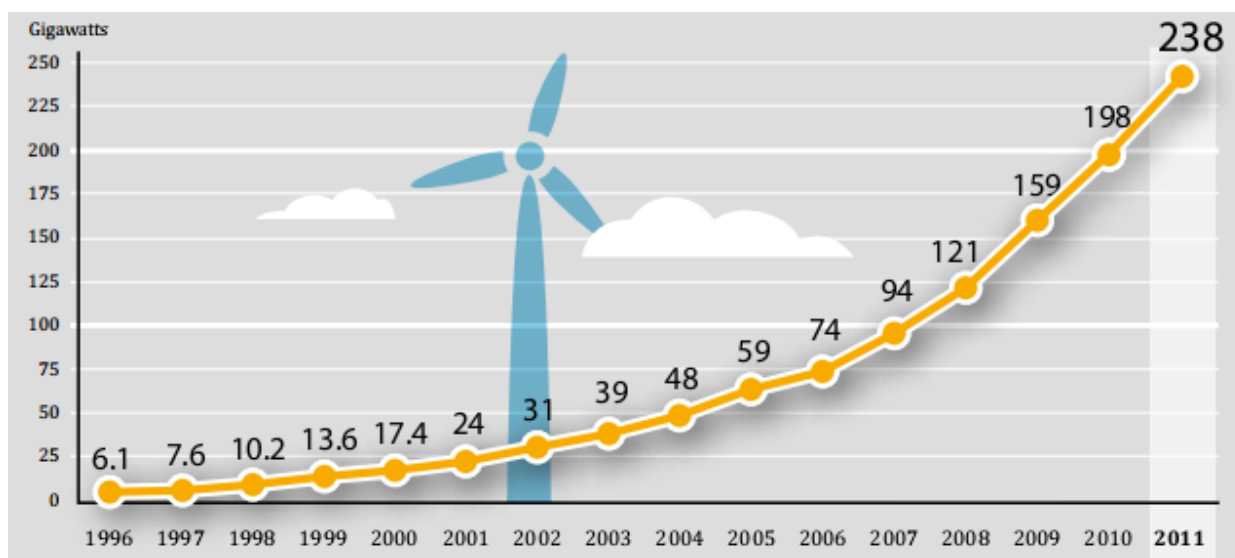


Figura 1 AUMENTO DE ENERGÍA EÓLICA EN EL MUNDO [2].

La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Su principal inconveniente es la intermitencia del viento.

Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar. Los continentes absorben una menor cantidad de luz solar, por lo tanto el aire que se encuentra sobre la tierra se expande, y se hace por lo tanto más liviana y se eleva. El aire más frío y más pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente.

### 1.1.1.2 Energía Hidráulica

Energía hidráulica, es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua, saltos de agua o mareas. Es un tipo de energía verde cuando su impacto ambiental es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, en caso contrario es considerada solo una forma de energía renovable.

Se puede transformar a muy diferentes escalas, existen desde hace siglos pequeñas explotaciones en las que la corriente de un río, con una pequeña presa, mueve una rueda de palas y genera un movimiento aplicado, por ejemplo, en molinos rurales.

Como en Colombia un país que debido a sus relieves es uno de los sitios más adecuados para realizar una instalación hidroeléctrica, como podemos ver en la Figura 2. Sin embargo, la utilización más significativa la constituyen las centrales hidroeléctricas de presas, aunque estas últimas no son consideradas formas de energía verde por el alto impacto ambiental que producen.



*Figura 2. CENTRAL ENERGÉTICA PAJARITO ANTIOQUIA COLOMBIA [3]*

### 1.1.1.3 Energía Geotérmica

La energía geotérmica es aquella energía que puede obtenerse mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. Este calor interno calienta hasta las capas de agua más profundas: al ascender, el agua caliente o el vapor producen manifestaciones, como los géiseres o las fuentes termales, utilizadas para calefacción desde la época de los romanos. Hoy en día, los progresos en los métodos de perforación y bombeo permiten explotar la energía geotérmica en numerosos lugares del mundo.

La Tierra posee una importante actividad geológica, uno de los lugares en los cuales se está desarrollando estas alternativas es Filipinas con la central geotérmica de Puhagan, como se muestra en la Figura 3.





*Figura 3. CENTRAL GEOTERMICA PUHAGAN FILIPINAS [4].*

#### 1.1.1.4 Biomasa

La energía de biomasa es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente es sacada de los residuos de las sustancias que constituyen los seres vivos como (plantas, ser humano, animales, entre otros), o sus restos y residuos.

El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente, o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde como combustibles o alimentos.

En América Latina es una de las energías más aprovechadas, para el sector de los biocombustibles, especialmente en Brasil, cuyo es uno de los mayores exportadores de bioetanol a partir de caña de azúcar, usando extensiones de plantaciones como se puede ver en la Figura 4.



*Figura 4. PLANTACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN BRASIL [5].*

#### 1.1.1.5 Energía Nuclear

La energía nuclear o energía atómica es la energía que se libera espontánea o artificialmente en las reacciones nucleares. Sin embargo, este término engloba otro significado, el aprovechamiento de dicha energía para otros fines, tales como la obtención de energía eléctrica, térmica y mecánica a partir de reacciones atómicas, y su aplicación, bien sea con fines pacíficos o bélicos.

En la actualidad esta es una de las energías con mayor crecimiento en el mundo dado que provee una gran cantidad de energía, pero no hay que olvidar que igualmente es una de las más peligrosas, y se deben tener en cuenta ciertos criterios para su uso. Y evitar desastres como los que han ocurrido en Chernobyl, los cuales deja repercusiones en el medio ambiente, como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. PLANTA DE CHERNOBYL ANTES Y DESPUES DEL ACCIDENTE [6].

#### 1.1.1.6 Energía Solar

El sol, es una estrella de origen espectral que se encuentra en el centro del sistema solar, y constituye la mayor fuente de radiación electromagnética de este sistema planetario. Por sí solo, representa alrededor del 98,6 por ciento de la masa del Sistema Solar. La distancia media del Sol a la Tierra es de aproximadamente 149.600.000 kilómetros y su luz recorre esta distancia en 8 minutos y 19 segundos.

La energía del Sol, en forma de luz solar, sustenta a casi todas las formas de vida en la Tierra a través de la fotosíntesis, y determina el clima de la Tierra. Además de esto el Sol irradia a una temperatura efectiva de unos 5700°C.

La energía solar, como bien dice su nombre, proviene del Sol, astro que nos ha iluminado por más de cinco mil millones de años, y además es la principal fuente natural de energía que ha utilizado el hombre desde los tiempos más remotos. Su luz y calor pueden ser transformados en otros tipos de energía.

#### ✓ **Tipos de energía Solar**

En la energía solar, se tienen dos tipos, los cuales se dividen en un área térmica, y otro en eléctrica.

## ○ **Energía Solar Fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica consiste en la obtención de energía a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o una deposición de metales sobre un sustrato llamada célula solar de película fina. Teniendo un gran número de aplicaciones.

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable.

Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta pequeños paneles para tejados.

El sistema fotovoltaico es un sistema que utiliza celdas solares para convertir la luz solar en electricidad, satisfaciendo los requerimientos de una aplicación determinada. La electricidad generada a partir de la energía solar, se puede utilizar exactamente igual que la electricidad que hay en la red, para viviendas, comercios, oficinas, etc.

Los sistemas de bombeo alimentados por paneles solares fotovoltaicos pueden proporcionar agua mediante su conexión a bombas, tanto de corriente continua como de corriente alterna. Ofrecen importantes ventajas, así como una fiabilidad eléctrica muy elevada, llegando a un funcionamiento plenamente automatizado. Entre estas ventajas destaca el hecho de que los sistemas de bombeo pueden prescindir de la batería.

Como el incremento de las necesidades hídricas coincide con las épocas de mayor radiación solar, suelen ser especialmente útiles en las demandas de cantidades medianas de agua. Existen diversos tipos de modelos de sistemas de bombeo fotovoltaicos, siendo el más conocido de todos el de accionamiento directo. Otro sistema muy empleado es el método tradicional de extracción de agua mediante bomba de corriente alterna.

A partir de estos elementos, la energía generada por los módulos fotovoltaicos pasa directamente a un inversor, éste transforma la tensión continua en alterna, inyectando la energía producida en la red eléctrica comercial.

## ○ **Energía solar Térmica**

El aprovechamiento térmico se divide en sistemas pasivos y sistemas activos. En los pasivos podemos encontrar una utilización directa de la radiación solar sin ninguna transformación de la energía calórica producida por la radiación, así como la no intervención de algunos elementos mecánicos y eléctricos. En los sistemas activos podemos encontrar la intervención de bombas, ventiladores que muevan los fluidos de trabajo volviendo los sistemas más complejos pero aumentando su eficiencia.

Esta agua caliente se podrá usar posteriormente para cocinar o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico (ACS), ya sea agua caliente sanitaria,

calefacción, o para producción de energía mecánica y a partir de ella, de energía eléctrica. Actualmente también se tiene la posibilidad de alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que empleará esta energía solar térmica en lugar de electricidad para producir frío como lo haría un aparato de aire acondicionado tradicional.

La energía solar térmica es aquella que aprovecha la energía de los rayos del sol para generar calor de forma limpia y respetuosa con el medio ambiente. A diferencia de otras tecnologías, cuya energía hay que consumirla en el momento de su generación, la solar térmica es una tecnología renovable con capacidad de almacenamiento, capaz de aportar electricidad a la red incluso en horas sin luz solar.

Los Sistemas Solares Térmicos aprovechan parte de la energía que tiene dicha radiación para aumentar la temperatura de sus colectores solares que se colocan estratégicamente aprovechando el mayor porcentaje posible de esta radiación. Después, esta energía es transferida al líquido portador, que en la mayoría de los casos es agua.

La Tecnología Solar Térmica se ha desarrollado mucho y sus aplicaciones son muy variadas. La clasificación de los distintos sistemas térmicos se realiza en función de la temperatura a la que se eleva el fluido calor-portador, siendo los sistemas de baja temperatura los descritos en esta sección. Los sistemas que trabajan a media y alta temperatura reciben la denominación de Termoeléctricos.

- **Sistemas de Baja temperatura**

Abarca principalmente todos aquellos procesos en los que el agua no llega a estado de ebullición. Su campo de aplicación es amplio y variado: producción de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.), para uso doméstico, calentamiento y calefacción de piscinas, ciertos procesos industriales, etc. Existen muchos tipos de tecnologías que se usan para estos fines: colectores planos de caucho o metal en rejilla, serpentín, de capa selectiva, o los sistemas de vacío.

- **Sistemas de Media Temperatura**

Destinadas a aquellas aplicaciones que exigen temperaturas de agua por encima de los 80° C y hasta los 250° C. Se destinan generalmente a procesos industriales, generación de fluidos térmicos, desalinización de agua de mar y refrigeración mediante energía solar.

- **Sistemas de Alta Temperatura**

Se utilizan un gran número de espejos que concentran los rayos del Sol en un colector que contiene un fluido que al llegar a cierta temperatura entra en ebullición, alcanzando presiones elevadas que después pueden ser aprovechadas para mover una turbina que producirá electricidad.

Otras aplicaciones de los sistemas solares térmicos, sin uso de fluido, serían el secado solar, hornos solares y cocinas solares, estas últimas muy útiles en países en vía de desarrollo.

La energía solar térmica significa una importante oportunidad para el aprovechamiento de la radiación solar, en algunas zonas geográficas es la única forma posible de obtención de energía. Por su reducido coste, facilidad de instalación y rendimiento debe ser apoyada y fomentada por las administraciones públicas de todos los países.



## COMPARACION DE ENERGIAS ALTERNATIVAS

ORIGEN	TIPO DE ENERGIA	DESCRIPCION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Eólica	Renovable	El sol provoca cambios de presiones, que dan origen a los vientos, la energía del viento se deriva del calentamiento diferencial de la atmosfera por el sol e irregularidades terrestres.	No hay uso de material radioactivo Evita lluvia acida y efecto invernadero No produce residuos Tecnología sencilla	Repercute en fauna y flora. Impacto visual. Interferencia en medios de comunicación.
Hidráulica	Renovable	Se obtiene a partir de la energía potencial asociada a los saltos de agua debido a las diferencias de altura entre dos puntos del curso de un rio	Abundancia No contamina	Infraestructuras caras. Depende de factores climáticos. Impacto ambiental en destrucción de ecosistemas.
Geotérmica	No renovable	Energía se encuentra en el interior de la tierra en forma de calor como resultado de desintegración de elementos radioactivos	No existen variaciones de temperatura importantes en el foco de captación de energía. Los residuos que produce son mínimos y de poco impacto ambiental.	Emisión de Dióxido de Carbono. Contaminación de aguas. Deterioro de paisajes. No se puede transportar. Restricción geográfica
Biomasa	Renovable	Es una de las energías, en las cuales las plantas, que por medio del proceso de la fotosíntesis, se almacena la energía que provee el sol, y por medio del procesos químicos, utiliza como combustible, puede ser fermentada y se puede obtener gas	Ofrece grandes rendimientos. Bajas emisiones. Aprovechamiento de basuras.	Erosión de la tierra. Generación de monocultivos. Mal aprovechamiento de la tierra. No es aprovechada en todos los países por cuestiones climáticas.
Nuclear	No renovable	Por medio de la fisión nuclear controlada, se genera en un reactor que contiene una pequeña cantidad de materia, se genera una gran cantidad de energía, que por medio de la radiación de los átomos permite la obtención de esta energía	Pequeñas cantidades de materia. No produce emisiones. Grandes cantidades de energía.	Producen radiaciones. Control de desechos. Daños en ecosistemas y en sociedad por desastres. Alto costo de instalación

Solar	Renovable	La radiación del sol llega a la atmosfera terrestre, la cual es captada por paneles solares, o captadores solares, los cuales tienen un material semiconductor, los cuales son estimulados por la radiación producida por el sol y se obtiene la energía.	Energía limpia. Aprovechamiento de la energía solar. Acceso en zonas remotas. Obtención de dos tipos de energía Eléctrica y Térmica.	Es intermitente. Baja eficiencia ocasionada por aspectos climáticos.
-------	-----------	---	--	---

*Tabla 1. COMPARACIÓN DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

## **1.2 Referente de energía solar térmica de la ECCI**

En la ECCI, se ve desarrollado un proyecto enfocado a la energía solar térmica, además de esto se encontraron dos proyectos enfocados en el área de energía solar.

### 1.2.1 Diseño, cálculo y elaboración de un sistema de energía térmica solar para agua caliente sanitaria con instalación en el edificio de ECCI

En el desarrollo del proyecto, se logró el cálculo de 2 formas para calentar agua, además de esto se logró la fabricación de 2 sistemas, los cuales como método de captación solar se utilizó un sistema de placas absolvedoras y una tubería de cobre; que posteriormente se acoplaba a un calentador de agua. Como resultado se logró que la temperatura de salida estuviera en el rango de 44 a 54°C [7].

Como otras dos referencias en la ECCI, se encontraron dos proyectos enfocados en el área de energía solar que se mencionan a continuación.

- Estudio técnico económico para la fabricación de un sistema de concentración solar en un espacio de la ECCI destinado como laboratorio de energías sostenibles
- Diseño de un sistema de seguimiento para panel de energía solar fotovoltaico

## **1.3 Referentes Internacionales**

En el mundo, se ve un proyecto con el cual se piensa reducir el consumo de energía de forma tradicional, y llevarlo a una energía alternativa como lo es la energía solar, más específicamente en Alemania, uno de los países líderes en la búsqueda de energías alternativas de Europa y el mundo, el proyecto que se lleva a cabo es enfocado a la energía solar fotovoltaica.

### 1.3.1 Neuhardenberg

La planta de energía solar Neuhardenberg es el proyecto de energía solar fotovoltaica más grande de Alemania y en la actualidad una de las mayores plantas de energía solar del mundo, situado en el antiguo aeropuerto militar de Oderbruchstraße, en Neuhardenberg. Con una capacidad instalada de 145 MW, sus instalaciones generan aproximadamente 19.690.000 kWh/año de electricidad renovable, es decir, suficiente como para abastecer todas las necesidades de 48.000 hogares compensando alrededor de 12.700 toneladas de emisiones de dióxido de carbono al año.

El proyecto Neuhardenberg fue desarrollado conjuntamente por las compañías Danish Airport Development y Solarhybrid, siendo el contratista EPC (ingeniería, adquisiciones y construcción) BaySolar Group.

La planta de energía solar fotovoltaica Neuhardenberg se extiende en una superficie de 35 hectáreas, compuesta por aproximadamente 60.000 paneles fotovoltaicos, con una potencia máxima de 235-250 W y una tensión a máxima potencia que oscila entre 30,2 y 30,5 V, con una eficiencia del 14,5% y 15,4%.



### 1.3.2 La concentración solar como una alternativa viable en China para el suministro eléctrico

En China se han realizado estudios que revelan la viabilidad de comenzar a desarrollar la energía térmica por concentración como suministro eléctrico para la población; entre los factores que ponen a pensar al gobierno chino de invertir para poder utilizar esta energía se encuentran: China está ubicada en un punto geográfico donde la radiación solar es muy buena, la historia ha demostrado que esta es una excelente opción como suministro eléctrico para pequeñas ciudades.

Con el desarrollo de esta energía se podrán reducir sus costos hasta el punto de hacerla económicamente más viable frente al carbón y la energía nuclear. El poder C.S.T. (Concentración solar térmica) continúa disminuyendo costos debido a economías de escala, las mejoras tecnológicas y, potencialmente, puede darse un costo normalizado de la electricidad de 4 centavos/kWh en diez años.

Significativamente aumentaría la competitividad, siempre y cuando China complete la red extensa inteligente para conectar sus instalaciones solares con abundancia tanto en las regiones occidentales como en las regiones orientales de alta demanda. La energía de concentración térmica tiene el potencial de impactar positivamente la economía occidental de China, pero la política adecuada y estructura debe estar en su lugar para asegurar que la comunidad local comparta el beneficio [8].

## **1.4 Artículos Científicos**

En la parte científica, se tomaron ciertos los artículos teniendo en cuenta el área solar térmica, como la base de la investigación, como lo son la instalación de paneles, y otros proyectos desarrollados por algunas universidades.

### 1.4.1 Proyectos inmobiliarios de viviendas sociales implementan paneles solares

*Una familia tipo que reside en una vivienda social, gasta en promedio 14.685 pesos mensuales en gas para el calentamiento de agua, equivalente a 1,5 a 2 cilindros de 11 kilogramos cada uno por mes.*

Chilectra, filial del grupo Enersis y la Universidad de Los Andes presentaron los resultados del primer programa piloto de "Uso de energía solar para el calentamiento de agua sanitaria en viviendas sociales", el que se desarrolló en la Villa El Comendador, en la comuna de Pudahuel [9].

### 1.4.2 Fase piloto para el uso de fuentes de energía renovable en la comunidad Palo Verde, San Julian, Sonsonate

La Asociación comunal a realizado junto a GAIA El Salvador un plan de trabajo a cinco años (2008-2013), donde se han identificado las necesidades de la comunidad y los recursos internos y externos, con los que la comunidad cuenta; dentro de las necesidades identificadas por parte de la comunidad, dentro del plan están la energía solar y cocinas mejoradas entre otras [10].

#### 1.4.3 Barnamil, 1.000 m2 de paneles solares de agua caliente para el año 2000, Barcelona (España)

En la actualidad, el modelo energético de Cataluña se basa en la energía nuclear y en los combustibles fósiles con un consecuente impacto negativo socio-ambiental. Ante esta situación, surge el proyecto Barnamil que apuesta por el empleo de las energías renovables y en particular de la Energía Solar Térmica *EST* como solución práctica y relativamente económica a los problemas medioambientales generados por las energías sucias en el Área Metropolitana de Barcelona, así como, de forma indirecta, en los ecosistemas y economías del Sur [11].

## **2. ENERGIA SOLAR TERMICA**

El sol es la fuente que da origen a casi todas estas formas de energía y su aprovechamiento mediante sistemas de captación, para la generación de agua caliente ya es toda una realidad y no es cosa de otro mundo. Con ello no se quiere decir que la construcción, montaje y operación de una instalación solar sea fácil, sino que hacerlo puede estar al alcance de todos, siempre y cuando se muestre ingenio y se comprendan claramente sus principios básicos.

### **2.1 DEFINICION**

Una instalación solar térmica para la generación de agua caliente representa un arreglo diferente respecto a las instalaciones tradicionales o convencionales. Su diseño y construcción requiere de la experiencia de técnicos y profesionales, que aporten sus conocimientos y recaben información, que permita su correcto funcionamiento haciéndola eficiente, confiable y segura.

Para lograr lo anterior, es muy importante prestar atención a la inclinación y orientación de los colectores solares (para lograr un aprovechamiento adecuado), al cálculo hidráulico, el diseño y aislamiento de tuberías; válvulas y accesorios, sistemas de protección contra heladas y dispositivos de control automáticos.

### **2.2 HISTORIA DE LA ENERGIA SOLAR TERMICA**

El sol, es una estrella de origen espectral que se encuentra en el centro del sistema solar, y constituye la mayor fuente de radiación electromagnética de este sistema planetario. Por sí solo, representa alrededor del 98,6 por ciento de la masa del Sistema Solar. La distancia media del Sol a la Tierra es de aproximadamente 149.600.000 kilómetros y su luz recorre esta distancia en 8 minutos y 19 segundos.

La energía solar, como bien dice su nombre, proviene del Sol, astro que nos ha iluminado por más de cinco mil millones de años, y además es la principal fuente natural de energía que ha utilizado el hombre desde los tiempos más remotos. Su luz y calor pueden ser transformados en otros tipos de energía.

#### ***2.2.1 Desde la Edad Antigua al Renacimiento***

Ya desde la antigüedad se inventaron artefactos capaces de hacer un uso útil de la radiación solar. Quizá unos de los primeros sistemas de aprovechamiento solar térmico de que se tiene información fueron los empleados para producir fuego por medio de la concentración solar.

Un gran hito histórico de la antigüedad relacionado con un uso militar de la concentración solar, la protagonizó Arquímedes durante el sitio de Siracusa por los romanos entre los años 213-211 a.c. Se cuenta que el sabio griego empleó “el rayo de calor” para destruir las naves romanas que atacaban la ciudad. Este rayo de calor consistía en una serie de espejos

dispuestos en las murallas de la ciudad con los cuales, una vez orientados de forma adecuada, se concentraba el calor del sol en las galerías romanas enemigas

### 2.2.2 Segunda mitad del SXVIII y SXIX

Un hecho fundamental en la historia de la energía solar térmica la protagonizó el naturalista Suizo Horace de Saussure en 1767 cuando inventó lo que él denominó "caja caliente". Saussure era conocedor del efecto invernadero que se produce en todo espacio cerrado que cuenta con una apertura acristalada por donde entra la radiación solar y decidió potenciar al máximo el efecto para comprobar hasta qué temperaturas se lograba alcanzar. Para ello dispuso una caja acristalada con el interior pintado de negro. Todas las caras, excepto la acristalada.

Horacio de Saussure había inventado el colector solar que tendrá una determinante repercusión en el desarrollo de la energía solar térmica de baja temperatura. A partir de su invento surgirán todos los desarrollos posteriores de calentadores solares de agua de placa plana que se han proporcionado agua caliente a millones de personas en el mundo.

Por su parte la tecnología de la concentración solar seguía también avanzando en esta época. Así Lavoisier el gran químico francés, creó en 1792 su horno solar, como se muestra en la Figura 6, consistente en dos potentes lentes que concentraban la radiación solar en un foco y que permitía alcanzar altas temperaturas con la que alcanzaba a fundir metales.

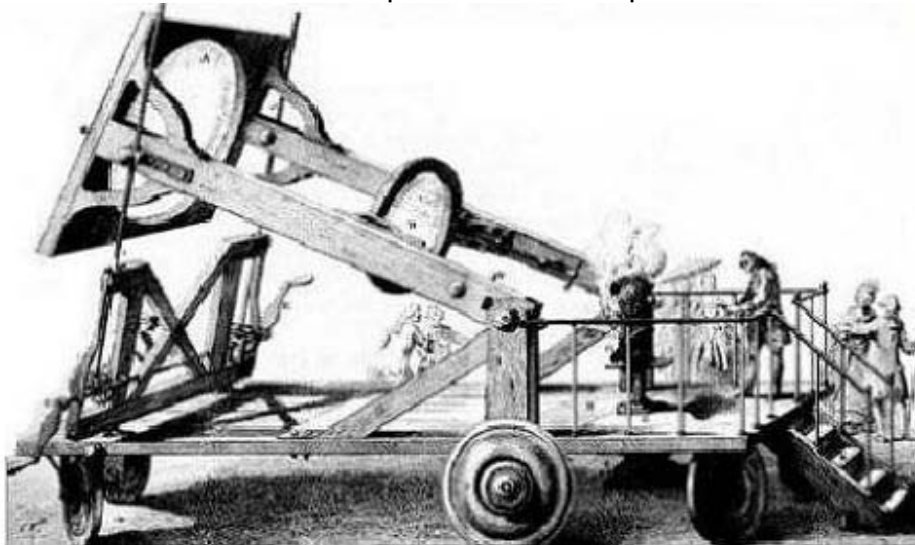
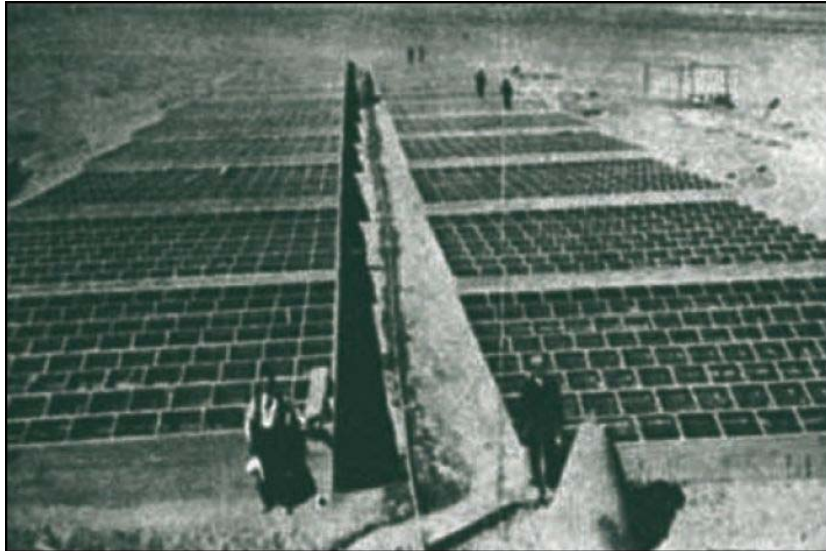


Figura 6. HORNO SOLAR DE LAVOISIER [12].

En 1874 el inglés Charles Wilson diseñó y dirigió una instalación para la destilación del agua marina en el desierto de Atacama (Chile) para la Salitrera Lastenia Salinas. Esta central era capaz de proporcionar un promedio de 22 500 litros de agua diarios y estuvo en funcionamiento hasta el año 1907.

Esta instalación contaba con una superficie de captación superior a los 4000 metros cuadrados como se muestra en la Figura 7. Se trata esta de la primera central conocida de estas características en el mundo.

Ya en 1861 aportó un nuevo modelo de cocina solar. Este consistía en un depósito negro recubierto de vidrio el cual era expuesto al sol. Para concentrar más la radiación solar, un espejo cilindro parabólico reflejaba la radiación solar hacia el lado del cilindro no expuesto al sol.



*Figura 7. CENTRAL DE DESTILACIÓN SOLAR EN EL DESIERTO DE ATACAMA [13].*

Sin embargo el gran invento de Mouchot, tras años de investigación con las aplicaciones industriales de la radiación solar, fue la máquina de vapor alimentada por energía solar.

Por su parte Abel Pifre, que durante algunos años fue pupilo de Mouchet, inventó la primera imprenta accionada con energía solar. La técnica de captación es muy semejante a la de los trabajos que realizó con su maestro, resultando novedosa la aplicación que se hace de ella.



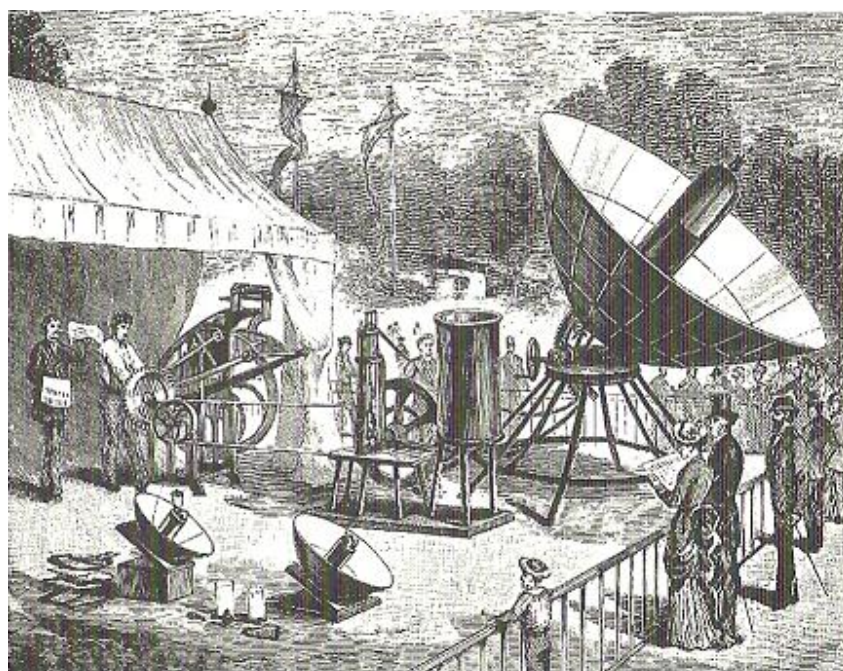


Figura 8. IMPRENTA ACCIONADA CON ENERGÍA SOLAR DE ABEL PIFRE [14].

El siguiente paso en la evolución, y desde el punto de vista comercial la primera patente de invento para calentar agua con el sol de una manera más eficaz, se dio en 1891 cuando Clarence Kemp sacó al mercado en Estados Unidos el calentador de agua Climax, como se muestra en la Figura 9. Este método combinaba el modelo de los tanques expuestos al sol con el principio de la caja caliente. Así se conseguía más agua caliente, a mayores temperaturas y que se conservara por más tiempo.



Figura 9. CALENTADOR DE AGUA DE CLARENCE KEMP [14].

### 2.2.3 Energía solar térmica en la actualidad.

Los aportes actuales de la energía solar térmica en el mundo son muy escasos todavía, aunque se viene percibiendo el gran aumento que se permite que encarar el futuro con algún positivismo; existe un grande crecimiento de la energía solar térmica en países en los cuales el trópico les ayuda, como viene a ser el caso de Colombia el cual se encuentra ubicado en

el sector de la línea ecuatorial el centro de la tierra, como se muestra en la Figura 10, además de esto, muchos países del mundo están apoyando dicha energía, con ayudas económicas.

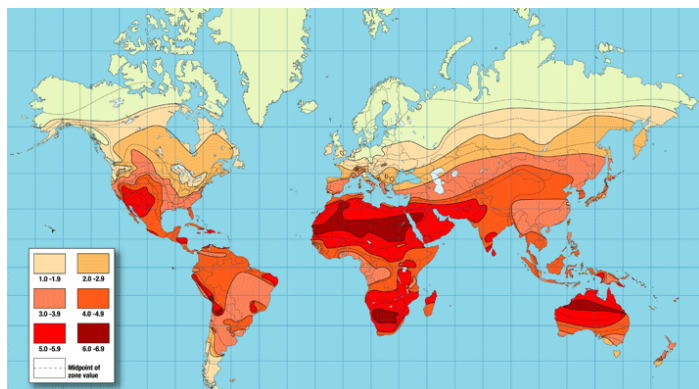


Figura 10. IMAGEN DE LA RADIACIÓN SOLAR EN EL MUNDO [15].

En la actualidad la potencia de la energía solar instalada en el mundo, supera a las de otras energías renovables con altos índices de desarrollo, como lo viene a ser la energía eólica, con una potencia instalada de 128 GW [16]. La energía solar desde hace unos años ha incrementado su uso al igual que la popularidad, dado el corto tiempo de implementación a tal escala, actualmente, los usos que se ven con mayor frecuencia es en viviendas unipersonales, o unifamiliares, lugares donde la demanda de energía es poca, además de que el uso primordial es el del calentamiento de aguas sanitarias.

En la Figura 11, se presenta la potencia instalada en los diez países del mundo, además de esto se evidencia el tipo de colectores (captador plano, captadores de tubo de vacío, captadores de plástico sin cubierta).

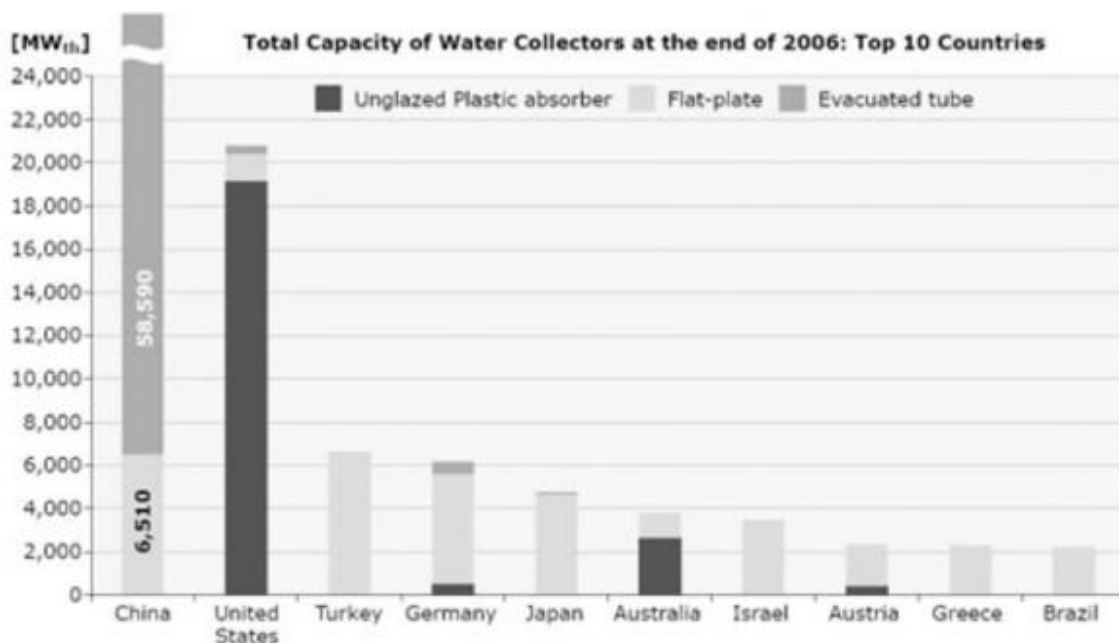


Figura 11. CAPACIDAD INSTALADA EN LOS PRIMEROS DIEZ PAÍSES DEL MUNDO A FINALES DEL 2006 [16].

En el desarrollo del hombre se vio involucrada la energía solar en la mayoría de los procesos, ya que por medio de la energía que provee el sol se genera la fotosíntesis de las plantas, este es uno de los procesos fundamentales con los que se provee energía, dado que las plantas almacenan dicha energía que provee el sol, para así poder producir alimentos, que posteriormente son utilizados por el hombre.

## **2.3 Formas de Transmisión de Calor**

Para comprender el comportamiento térmico de los sistemas de calentamiento de agua, es muy importante conocer las formas o mecanismos de transmisión de calor. El calor es un estado de agitación molecular que se propaga de un cuerpo a otro y se realiza de tres formas diferentes.

### **2.3.1 Conducción.**

Ocurre cuando la energía calorífica viaja de una molécula a otra, existiendo un contacto físico directo. La conducción de calor o transmisión de calor por conducción es un proceso de transmisión de calor basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia, por el que el calor fluye desde un cuerpo a mayor temperatura a otro a menor temperatura que está en contacto con el primero. La propiedad física de los materiales que determina su capacidad para conducir el calor es la conductividad térmica.

La propiedad inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor.

La transmisión de calor por conducción, entre dos cuerpos o entre diferentes partes de un cuerpo, es el intercambio de energía interna, que es una combinación de la energía cinética y energía potencial de sus partículas microscópicas: moléculas, átomos y electrones.

La conductividad térmica de la materia depende de su estructura microscópica en un fluido se debe principalmente a colisiones aleatorias de las moléculas, en un sólido depende del intercambio de electrones libres principalmente en metales o de los modos de vibración de sus partículas microscópicas dominante en los materiales no metálicos

Para el caso simplificado de flujo de calor estacionario en una sola dirección, el calor transmitido es proporcional al área perpendicular al flujo de calor, a la conductividad del material y a la diferencia de temperatura, y es inversamente proporcional al espesor.

Un ejemplo de ello es cuando se calienta una sartén en una estufa.

### **2.3.2 Convección.**

Se presenta en los fluidos, mismos que al calentarse se expansionan y hacen que cada una de sus unidades volumétricas se vuelvan más ligeras, provocando que el calor escape hacia arriba dando lugar a corrientes llamadas de convección. se caracteriza porque se produce por medio de un fluido (líquido o gas) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Lo que se llama convección en sí, es el transporte de calor por medio del movimiento



del fluido, por ejemplo: al trasegar el fluido por medio de bombas o al calentar agua en una cacerola, la que está en contacto con la parte de abajo de la cacerola se mueve hacia arriba, mientras que el agua que está en la superficie, desciende, ocupando el lugar que dejó la caliente.

La transferencia de calor implica el transporte de calor en un volumen y la mezcla de elementos macroscópicos de porciones calientes y frías de un gas o un líquido. Se incluye también el intercambio de energía entre una superficie sólida y un fluido o por medio de una bomba, un ventilador u otro dispositivo mecánico (convección mecánica, forzada o asistida).

En la transferencia de calor libre o natural un fluido es más caliente o más frío y en contacto con una superficie sólida, causa una circulación debido a las diferencias de densidades que resultan del gradiente de temperaturas en el fluido. Este tipo de corrientes las podemos observar en el vapor que se genera cuando calentamos agua en un recipiente.

### **2.3.3 Radiación.**

A diferencia de la conducción y la convección, la radiación no necesita de un medio físico para propagarse; puede atravesar el vacío transmitiéndose de un cuerpo caliente a uno frío. Se transmite en forma de radiación electromagnética y su intensidad depende de la temperatura a la que se encuentre. La materia en un estado condensado (sólido o líquido) emite un espectro de radiación continuo. La frecuencia de onda emitida por radiación térmica es una densidad de probabilidad que depende solo de la temperatura.

Los cuerpos negros emiten radiación térmica con el mismo espectro correspondiente a su temperatura, independientemente de los detalles de su composición.

A temperatura ambiente, vemos los cuerpos por la luz que reflejan, dado que por sí mismos no emiten luz. Si no se hace incidir luz sobre ellos, si no se los ilumina, no podemos verlos. A temperaturas más altas, vemos los cuerpos debido a la luz que emiten, pues en este caso son luminosos por sí mismos. Así, es posible determinar la temperatura de un cuerpo de acuerdo a su color, pues un cuerpo que es capaz de emitir luz se encuentra a altas temperaturas.

Ejemplo de ello es el Sol que trasmite su energía a la tierra por radiación.

La energía radiante que incide sobre un cuerpo se transforma en calor y su capacidad de absorción depende mucho del color que éste tenga. Por ejemplo, una superficie de color negro absorbe mucho más radiación que uno de color blanco, esto debido a que el segundo refleja casi toda la radiación que le llega (ver Figuras 12 y 13).

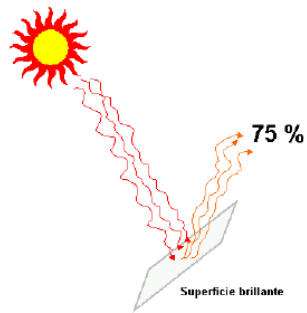


Figura 12. EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN UNA SUPERFICIE BRILLANTE [17].

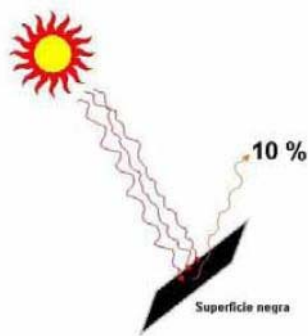


Figura 13. EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN UNA SUPERFICIE BRILLANTE [17].

## 2.4 Tipos de Radiación Solar

La radiación solar que recibe la superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

### 2.4.1 Radiación directa

Proviene directamente del sol, es aquella que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de la propia radiación y se caracteriza por ser una luz cegadora. Una superficie captadora absorberá mayor radiación directa, si se instala con una inclinación que la coloque perpendicularmente a los rayos solares. De lo contrario tendrá pérdidas que pueden incrementarse en cuanto más oblicua esté.

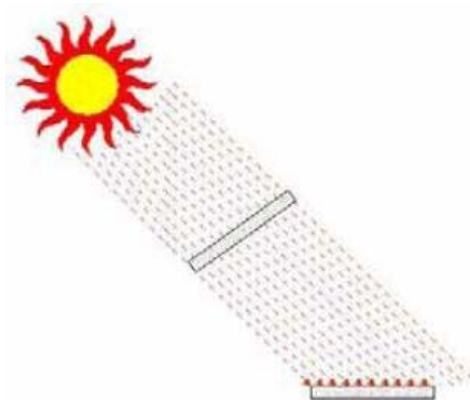


Figura 14. RADIACIÓN DIRECTA [17].

### 2.4.2 Radiación difusa

Es la producida por las nubes, tiene una radiación más débil que la directa, es térmicamente aprovechable y sus rayos son los encargados de producir el color azul del cielo.

En este caso las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, pues ven toda la semiesfera celeste, en tanto que las verticales reciben menos radiación al ver solo la mitad de la semiesfera celeste.

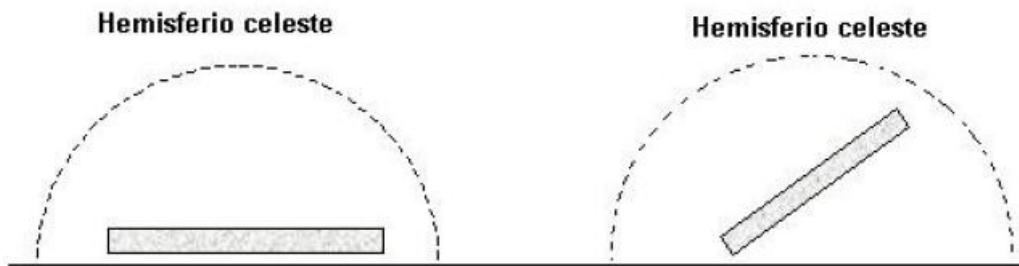


Figura 15. ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN DIFUSA POR UNA SUPERFICIE [17].

### 2.4.3 Radiación reflejada

Está constituida por la radiación directa o difusa que es reflejada cuando incide sobre la superficie de la tierra.

Una superficie captadora colocada en forma horizontal no recibirá ninguna radiación reflejada, pues no ven superficie terrestre. En tanto que las se colocan en posición vertical reciben más radiación. A manera de resumen, se tiene que la radiación total que incide sobre una superficie inclinada es igual a la suma de las radiaciones directa, difusa y reflejada.

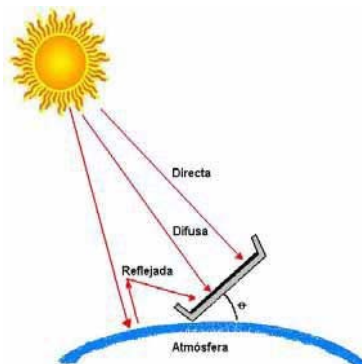


Figura 16. TIPOS DE RADIACIÓN QUE INCIDEN SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA [17].

El aprovechamiento directo de la energía solar da lugar a sistemas termodinámicos solares, que se clasifican de acuerdo a su aplicación (calefacción o calentamiento) en activos y pasivos. El aprovechamiento de la energía solar para la obtención de agua caliente, que es el objeto de este manual, implica la ejecución de tres procesos, que son:

- Captación de la radiación solar mediante un colector, para elevar la temperatura del agua que circula en su interior.
- Acumulación del fluido calentado por medio de un depósito (acumulador), para usarlo en el momento que sea necesario.
- Incorporación de un medio de apoyo (sistema tradicional), para mantener la temperatura del agua cuando la radiación solar no sea suficiente.

Dado lo anterior se tiene que. Una instalación solar térmica basa su funcionamiento en la captación de la energía solar para el calentamiento de un fluido que circula en el interior de un colector.

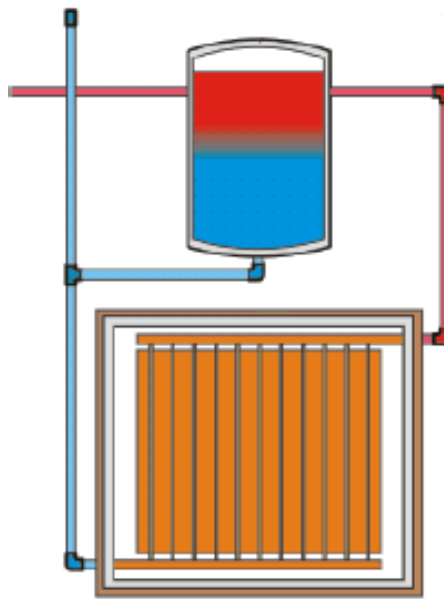


Figura 17. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA [17].

## 2.5 Tipos de Instalación Solar Térmica

Dependiendo del valor de la temperatura a la que se quiera elevar el fluido de trabajo, estas instalaciones solares se clasifican en:

### 2.5.1 Instalación solar térmica de baja temperatura

En ella el fluido alcanza temperaturas de hasta 90 °C. Aplicable al sector doméstico, climatización de piscinas, etc.

### 2.5.2 Instalación solar térmica de media temperatura

En esta instalación el fluido es entregado en un rango de temperaturas que va de los 80 a 250 °C. Aplicable en procesos industriales, desalinización de agua de mar, etc.

### 2.5.3 Instalación solar térmica de alta temperatura

En ellas se genera vapor para la producción de energía eléctrica, trabajándose con temperaturas superiores a los 250 °C.

## 2.6 Selección de tecnología

Con la información recopilada sobre las diferentes tecnologías que existen se realizará la selección de la tecnología escogida con respecto a las necesidades y recursos con los que se cuentan.

En la tabla 2 se muestra un cuadro comparativo de las tecnologías a nivel industrial y residencial en donde se puede apreciar tanto características como ventajas y desventajas, dependiendo de esta información se sabrá qué tipo de captador será el indicado para el uso de este proyecto.

SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA			
TIPO DE CAPTADORES	CARACTERISTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Captadores de tubo de vacío	El panel tiene estructura de peine, con un mástil que conduce el fluido caloportador, y una serie de tubos a modo de púas donde se produce la captación de la radiación solar Incorporar una placa inferior reflectante por debajo del plano de los tubos, de manera que puedan aprovechar su forma cilíndrica para absorber la energía reflejada en la placa	Los costos de fabricación son mucho menores que las placas tradicionales planas ya que son fabricados al 100% en cristal borosilicato. Una ventaja añadida de los tubos es su mayor versatilidad de colocación, tanto desde el punto de vista práctico como estético. Al ser cilíndricos, toleran variaciones de hasta 25° sobre la inclinación idónea sin pérdida de rendimiento	Suponen un avance en la captación de calor en condiciones desfavorables (precisamente cuando más se necesita el calor). La instalación de un captador de tubo de vacío es más cara al requerir mayor tiempo y formación.
Captadores concentradores	Consiste en un tubo de vidrio de doble pared, con la superficie absorbidora cilíndrica apoyada en la pared del tubo interior. A la unidad completa del captador se comercializa bajo el nombre CPC (captador de concentración cilindro-parabólico compuesto).	Evitar posibles pérdidas de vacío a través de la conexión entre el metal y el vidrio que se produce en otros diseños de tubos de vacío. Pueden concentrar la energía solar en un punto específico para conseguir temperaturas muy elevadas que pueden cubrir las aplicaciones industriales, tales como generación de electricidad.	La eficacia de los reflectores situados fuera del tubo de vidrio puede disminuir con el tiempo debido a la influencia de la intemperie. Deberían verificarse y limpiarse los re-reflectores durante el mantenimiento.
Captadores planos con cubierta	La placa colectora tiene unos conductos por los que circula un fluido caloportador que se calienta, y transporta esa energía térmica a donde sea necesario. En el ámbito el más utilizado para, por ejemplo, calentamiento de agua sanitaria. doméstico y de bajas temperaturas, es el más utilizado para, por ejemplo, calentamiento de agua sanitaria.	Proporcionan habitualmente entre el 30% y el 100% del agua caliente demandada actualmente consiguen captar en torno al 80% de la energía recibida del sol. Hoy en día y debido sobre todo al aumento del precio del petróleo, constituyen una interesante inversión.	Los captadores solares planos no son tecnológicamente complejos, por lo que su margen de evolución es muy limitado
Captadores planos sin cubierta	Placas absorbentes de energía, los tubos, generalmente de PVC, de son de fácil instalación pero a la vez de menor vida útil y el sistema de acumulación de energía	Son más eficientes que los captadores planos cuando se requieren altas temperaturas de agua caliente (por encima de 80 °C-90 °C). Los captadores solares planos sin cubierta o de polipropileno tienen un coste reducido pero presentan prestaciones energéticas modestas (aumento de temperatura en torno a 30°C) y pérdidas de calor grandes.	El precio es del orden de 2-3 veces superior al de un captador plano. La manipulación de un tubo de vacío es más delicada, debido a una menor resistencia por el vacío al que se someten.

Tabla 2. TIPOS DE CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS [18].

De los mencionados en la tabla 2 se escogieron los dos que más se pueden adaptar al uso de este proyecto como se muestra en la tabla 3 según necesidades de consumo ventajas características y aplicaciones, gran desempeño, y el que mejor se adapta al tipo de instalación que se requiere en este proyecto es el captador plano con cubierta puesto que maneja temperaturas bajas que es lo que se va a trabajar en el proyecto, está diseñado específicamente para usos domésticos de calentamiento de agua sanitaria y su mantenimiento es de gran facilidad, sin costos adicionales.

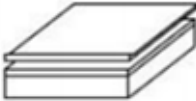

RANGO DE TEMPERATURAS		
NOMBRE	DISEÑO	RANGO DE TEMPERATURAS
CAPTADOR PLANO CON CUBIETA		$30 < t < 250$
CAPTADOR PLANO SIN CUBIETA		$50 < t < 200$

Tabla 3. ADAPTADO DE RANGO DE TEMPERATURAS Y DISEÑO DE LOS CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS [19].

## 2.7 Colectores Solares Planos

Un colector solar es un dispositivo que absorbe la energía proveniente del sol, la convierte en energía térmica (calor) y utiliza dicha energía para calentar un fluido. Los colectores solares se dividen en dos categorías.

### 2.7.1 Colectores solares sin concentración.

Son usados en aplicaciones solares de baja temperatura (no superan los 70 °C), como es la generación de agua caliente para uso sanitario.

### 2.7.2 Colectores solares de concentración.

Concentran la energía solar en un solo punto, elevan la temperatura del fluido de trabajo a más de 70 °C y son usados en aplicaciones de media y alta temperatura. El equipo más utilizado es el **colector solar plano**, que es semejante a un cajón, se encuentra aislado por sus costados y en el fondo (para soportar las inclemencias del tiempo), en su interior tiene alojada una placa de color negro llamada **placa de absorción**. Todo esto se encuentra cubierto por una placa de vidrio transparente.

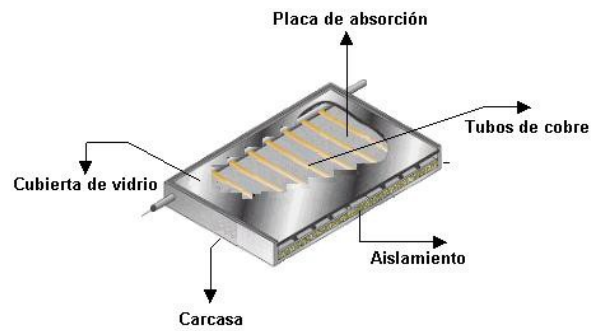


Figura 18. COMPONENTES DE UN COLECTOR SOLAR PLANO [17].

### 2.7.3 Funcionamiento de un Colector Solar Plano

El principio de funcionamiento de un **Colector Solar Plano** se basa en el aprovechamiento del **efecto invernadero**. La radiación solar (con longitud de onda corta) incide sobre la cubierta de vidrio, que absorbe una parte de ella, refleja otra y deja pasar el resto.

La energía que pasa a través del vidrio incide en la placa de absorción y se transforma en calor, que posteriormente es transferido al agua que se hace circular a través de un circuito colector montado en la placa de absorción.

La cubierta transparente es un elemento clave para el buen funcionamiento de este tipo de colectores, pues se encarga de minimizar las pérdidas de calor por convección y radiación.

### 2.7.4 Posición de los Colectores Solares

El aprovechamiento óptimo de la energía solar en una superficie receptora se dará solo si ésta se coloca en una posición que sea perpendicular a la dirección de los rayos solares. Por este motivo, los colectores solares usados para el calentamiento de agua deberán de tener una inclinación igual a la de la latitud del lugar donde se instalan, orientándolos hacia el sur con una tolerancia máxima de desviación horizontal y vertical de 15°, cualquier variación en este parámetro traerá consigo la reducción de su eficiencia.

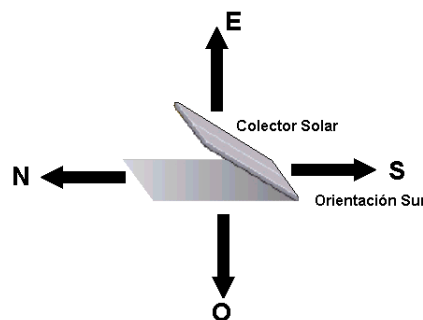


Figura 19. POSICIÓN E INCLINACIÓN DE UN COLECTOR SOLAR [17].

## 2.8 Tipos de Instalaciones

Las instalaciones solares de baja temperatura de acuerdo a su aplicación, se clasifican en dos tipos.

### 2.8.1 Circulación natural

En este tipo de instalaciones el movimiento del agua caliente (desde el colector hasta el depósito de almacenamiento), se produce por circulación natural o termosifón. Dicho efecto se origina como consecuencia de la diferencia de temperaturas del agua fría que entra y la caliente que sale del colector, por efecto de la radiación solar.

Uno de los inconvenientes de esta instalación es la forzosa ubicación del acumulador en el exterior y a una distancia mínima de 30 cm por encima del colector. De no hacerlo se afectaría la eficiencia del sistema de calentamiento.

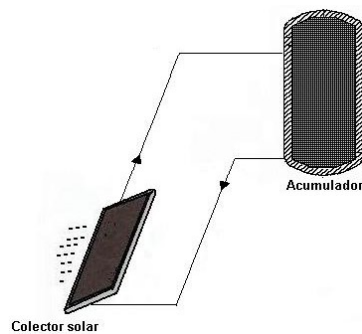


Figura 20. ESQUEMA CARACTERÍSTICO DE UNA INSTALACIÓN DE TERMOSIFÓN [17].

### 2.8.2 Circulación forzada o bombeo mecánico

En estas instalaciones el fluido se mueve mediante la acción de una bomba eléctrica, la cual mejora su desplazamiento y permite que el acumulador pueda ser ubicado en el lugar más conveniente y no forzosamente sobre el colector solar.



Figura 21. ESQUEMA CARACTERÍSTICO DE UNA INSTALACIÓN DE CIRCULACIÓN FORZADA [17].



Dicha bomba es incorporada al circuito primario del sistema, es decir, en el circuito que enlaza al colector y al acumulador.

## 2.9 Frecuencia de radiación solar

La energía solar consiste de ondas electromagnéticas de diferentes longitudes de onda. La constante solar es la energía total por unidad de área y de tiempo sin tener en cuenta la frecuencia de la radiación solar. Sin embargo para muchos propósitos es conveniente saber cómo está distribuida esa energía de acuerdo a su longitud de onda y frecuencia, es decir su distribución espectral. Se suelen considerar las siguientes regiones:

- Siendo  $\lambda$  longitud de onda, la región llamada visible ( $0.38 < \lambda < 0.78$ ) porque es el rango que puede detectar el ojo humano y dentro del cual están los colores violeta (0.42 mm), azul (0.48 mm), verde (0.52 mm), amarillo (0.57 mm), anaranjado (0.60 mm), y rojo (0.70 mm).
- La región invisible más allá del rojo ( $\lambda > 0.78$  mm), conocida como infrarrojo lejano o región de las ondas de calor.
- La región invisible antes del violeta ( $\lambda < 0.38$  mm), denominada ultravioleta.

De acuerdo a lo anterior, a cada región corresponde una fracción de la constante solar, distribuida así 7% al ultravioleta ( $97.4 \text{ W/m}^2$ ), 47.3 % al visible ( $646.6 \text{ W/m}^2$ ) y 45.7% al infrarrojo ( $624.7 \text{ W/m}^2$ ) [20].

### 3. DISEÑO DEL SISTEMA

En el capítulo se presenta el diseño del sistema, con el cual se busca la solución a la necesidad presentada por la Escuela de Carabineros (Facatativá), en la realización del proyecto se ejecutó una reunión con las directivas de la Escuela, para conocer las necesidades, las limitaciones y requerimientos para el abastecimiento de energía solar térmica dentro del casino, en el cual comprende el área de duchas, y cocina.

Además de ello se encontraron las siguientes características, que se usaran como base para el desarrollo y solución al problema planteado.

Gracias a las características de este casino y a su tipo de construcción en cuanto a las cubiertas inclinadas de teja tipo española, las cuales presentan una orientación óptima y en las que se instalarán los colectores. No hay objetos que puedan proyectar sombra sobre la superficie de los colectores.

La casa está dotada 6 calentadores eléctricos para el calentamiento de agua sanitaria de uso interno; en los cuartos donde se encuentran dichos calentadores se pretende ubicar los acumuladores que se necesiten dependiendo del diseño. Como se observa en la Figura 22, la vista aérea de la ESCAR en el punto donde se encuentra el Casino de Oficiales, sitio del caso de estudio.

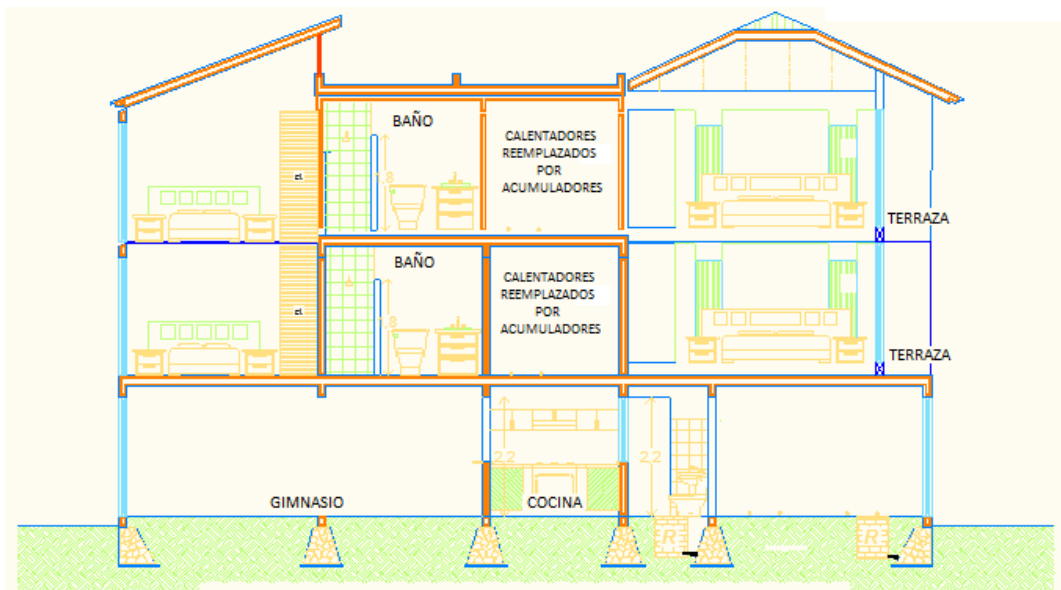


FIGURA 22. VISTA FRONTAL DEL CASINO DE LA ESCUELA NACIONAL DE CARABINEROS DE FACATATIVÁ



Figura 23. VISTA AÉREA ESCAR (ZONA CASINO DE OFICIALES) [21].

Se visitó la Escuela de Carabineros (Facatativá), en donde se observó el casino de suboficiales, en dicho complejo habitan 60 personas como máximo, encontrando esta población variable pero jamás supera dicho número y su habitación son los 12 meses del año. La vivienda es de tipo chalet, construida en ladrillo, y a la vista consta de tres plantas como se muestra en la Figura 25.

En la Figura 24 Se puede apreciar la localización de la Escuela de Carabineros (Facatativá), la cual queda a 2,5 Km de la salida de Faca, vía Ecopetrol.



FIGURA 24. LOCALIZACIÓN ESCUELA NACIONAL DE CARABINEROS

En la Figura 25 se puede apreciar una vista principal de la fachada del casino de la Escuela de Carabineros (Facatativá), en donde consta de tres plantas y techo tipo teja española.



Figura 25. CASINO DE OFICIALES ESCAR

### 3.1 CALCULOS DE LA CARGA DE CONSUMO

En los datos que se relacionan a continuación, como lo son los datos meteorológicos, la radiación de la zona, en la cual se genera las primeras características esenciales para el desarrollo del sistema.

#### 3.1.1 Datos meteorológicos de Facatativá.

DATOS METEOROLOGICOS (FACATATIVA)						
LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	TEMPERATURA PROMEDIO	TEMPERATURA DE AGUA DE RED	TEMPERATURA DE AGUA MINUMA ANUAL	TEMPERATURA DEL AGUA MAXIMA ANUAL
4,7 ° Norte	75,7 ° Este	2546 m	20,8°C	14°C	13,2 °C	13,5 °C

Tabla 4. DATOS METEOROLÓGICOS DE FACATATIVÁ (CUNDINAMARCA) [22].

De acuerdo con los datos anteriormente obtenidos, se conocen unas de las características esenciales, para la ejecución del diseño del sistema de calefacción de agua sanitaria.

#### 3.1.2 Radiación solar

Los datos, son obtenidos después de ingresarlos a la herramienta RetsCren, dando como ubicación la zona a trabajar Facatativá, arrojando los siguientes datos de radiación solar. Los datos fueron corroborados, por el INSTITUTO DE HIDROGRAFÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM).

RADIACION SOLAR (FACATATIVA)		
MES DEL AÑO	MJ/m2	KWh/m2
ENERO	18,1	5,01
FEBRERO	16,7	4,66

MARZO	16,1	4,47
ABRIL	14,1	3,93
MAYO	13,33	3,7
JUNIO	13,37	3,79
JULIO	14,5	4,04
AGOSTO	15,56	4,33
SEPTIEMBRE	15,57	4,31
OCTUBRE	15,58	4,33
NOVIEMBRE	14,7	4,1
DICIEMBRE	16,38	4,55
<b>MEDIA</b>	<b>15,33</b>	<b>4,26</b>

*Tabla 5. RADIACIÓN SOLAR DE FACATATIVÁ [22].*

### **3.1.3 Cálculo de la Carga de Consumo:**

Número de Habitantes: 60

Temperatura de Consumo: 40 °C

Consumo: 30L/día

Con el total de habitantes se estima un consumo total en litros por día, de 1800 L/día.

#### **3.1.3.1 DATOS DE PARTIDA DEL SISTEMA**

- TEMPERATURA ACUMULACION: 40 °C
- TEMPERATURA DE AGUA DE RED: 14 °C promedio
- TEMPERATURA AMBIENTE: 20,8 °C promedio
- FLUIDO DE TRABAJO: Agua
- DIAS DE UTILIZACION: 7 días semanales

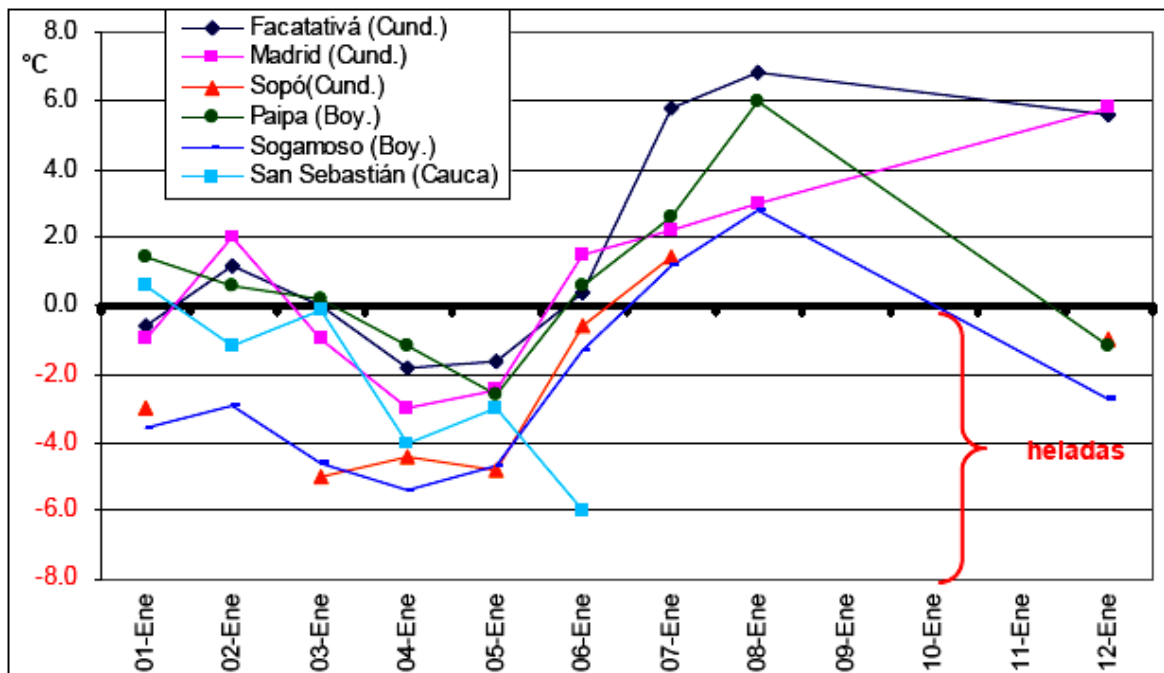


FIGURA 17. TEMPERATURAS MÍNIMAS REGISTRADAS EN LOS PRIMEROS DÍAS DE OCTUBRE DE 2012 [23].

Como anticongelante del sistema tenemos el **propineloglicol**, el uso de dicho compuesto que está considerado como uno de los mejores anti-congelantes para su uso industrial. Este se añade a los sistemas de refrigeración de automóviles para prevenir daños en el radiador. Un recubrimiento de propilenglicol se usa en tanques de fermentación en la industria del vino y de la cerveza.

En contraste con el glicol de etileno, de importante de toxicidad aguda en humanos, el propilenglicol es un “generalmente reconocido como seguro” (GRAS) aditivo para alimentos y medicamentos.

Como el punto de congelación del **propineloglicol** es hasta los  $-50^{\circ}\text{C}$  esto asegura que no se va a congelar en la ciudad de Facatativá ya que la temperatura mínima registrada fue de  $-2^{\circ}\text{C}$ . Como se observa en la siguiente figura se pueden ver las gráficas estadísticas de las temperaturas de algunos de los municipios de Cundinamarca, Boyacá y Cauca.

Por criterios de diseño establecidos para el dimensionamiento de captadores térmicos por efecto invernadero, se tiene que por cada 80 litros de agua a consumir se necesita un metro cuadrado de captación solar [23], bajo este criterio definimos el área necesaria para la ubicación de los paneles de captación solar de la siguiente manera:

$$\text{Area de captacion} = \frac{\text{Consumo Diario}[\text{lt}]}{80[\text{lt}]} [\text{m}^2]$$

Ecuación 1.ÁREA DE CAPTACIÓN

$$\text{Area de captacion} = \frac{1800}{80} [\text{m}^2]$$

$$\text{Area de captacion} = 22,5[m^2]$$

Para verificar que el área de captación es la correcta también se puede trabajar por medio de un proceso numérico para el cálculo del Área de colección del sistema en donde se llega al mismo resultado [24].

### 3.2 RENDIMIENTO DE LOS CPP

Los captadores se ensayan generalmente haciéndolo funcionar en un banco de pruebas bajo unas condiciones estables de radiación solar (simulada mediante un radiador de energía electromagnética de espectro muy parecido al solar y con una incidencia normal al captador), velocidad del viento, temperatura del fluido a la entrada y temperatura ambiente.



Figura 26. CAPTADOR SOLAR PLACA PLANA [25].

Un colector solar de placa plana (CPP), es como una máquina que transforma la energía de radiación en energía térmica, consideramos su funcionamiento como un maquina inmóvil, recibiendo la radiación solar uniformemente repartida y de forma constante, por cuyo interior circula el fluido caloportador con un caudal determinado, penetrando por un orificio a la temperatura inicial y saliendo por el otro a otra temperatura superior a la de la entrada como consecuencia de haber absorbido algo de calor a su paso por los conductos [25].



Figura 27. ESTRUCTURA DEL CAPTADOR [25].

### 3.2.1 Características del captador solar.

CARACTERISTICAS DEL CAPTADOR SOLAR	
<b>CARACTERISTICAS</b>	
ABSORCION TERMICA	95%
ESPEJOR	0,2 mm
MATERIAL	Aluminio o cobre
TRATAMIENTO	Titanio o pintura negra
DIAMETRO DEL COLECTOR	22 mm
DIAMETRO DE LOS TUBOS INTERIORES	10 mm u 8 mm
MATERIAL DE LOS TUBOS	Cobre
SOLDADURA	Plata
PRESION DE PRUEBA	10 bar
PRESION DE FUNCIONAMIENTO	7 bar
<b>CARCASA</b>	
MATERIAL DE CARCASA	Perfil de aluminio
ESPEJOR	40 mm
<b>CUBIERTA</b>	
MATERIAL CUBIERTA	Cristal solar templado
ESPEJOR	3,5 mm o 4 mm
TRANSPARENCIA	0,91 mm ± 2
ESTANQUEIDAD	100% a la lluvia
<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>	
ANTICONGELANTE	propinologlicol
MEDIDAS (m <sup>2</sup> )	2050x1275x90
SUPERFICIE BRUTA	2,61 m <sup>2</sup>
PESO (kg-f)	51
CAPACIDAD (Litros)	1,2

Tabla 6. CARACTERÍSTICAS CAPTADOR SOLAR [25]

#### 3.2.1.1 Numero de captadores

Para hallar el número de captadores se debe suplir el área de radiación.

Área de Radiación = 22.5m<sup>2</sup>

Entonces como la superficie de cada captador es de 2,61 m<sup>2</sup> son necesarios en total 9 captadores, teniendo un área total de 23.49 m<sup>2</sup> de captación solar.

- **Inclinación De Los Paneles:**

Según los autores, los paneles de colección solar térmica que se utilizan todo los meses del año se deben inclinar 10° más que la latitud de la zona donde se va instalar.

Angulo de instalación en Facatativá:  $4,7^{\circ} + 10^{\circ} = 14,7^{\circ}$



- **Número De Horas De Sol Útiles:**

Este número de horas útiles de sol es para paneles orientados aproximadamente hacia el ecuador con un ángulo igual a la latitud (+10°).

HORAS DE SOL UTILES												
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
De + 25° a +45° (hemisferio norte)	8	9	9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9	9	8	7.5
De - 25 ° a + 25° (hemisferio ecuatorial)	8.75	9.25	9.5	9.25	8.75	8.5	8.75	9.25	9.5	9.25	8.75	8.5
De - 25° a + 45° (hemisferio sur)	9.5	9.5	9	9	8	7.5	8	9	9	9.5	9.5	9.5

Tabla 7.HORAS DE SOL UTILES

### 3.2.2 Eficiencia de captador solar plano.

Podemos definir la eficiencia como la relación entre los recursos utilizados y los logros conseguidos con el mismo. Se entiende que la eficiencia se da cuando se utilizan menos recursos para lograr un mismo objetivo. O al contrario, cuando se logran más objetivos con los mismos o menos recursos.

La eficiencia de un colector solar se define como el cociente de la energía térmica útil frente a la energía solar total recibida. Además de las pérdidas térmicas existen las pérdidas ópticas. El factor de conversión u eficiencia óptica indica que porcentaje de los rayos solares que penetran en la cubierta transparente del colector la transmisión es absorbido.

En cuanto a la eficiencia de un captador solar plano, se maneja un rango entre el 17 % y el 30% [26] [27], los cuales pueden variar entre las condiciones climáticas, ángulo de inclinación radiación, opacidad, y rayos de incidencia [28].

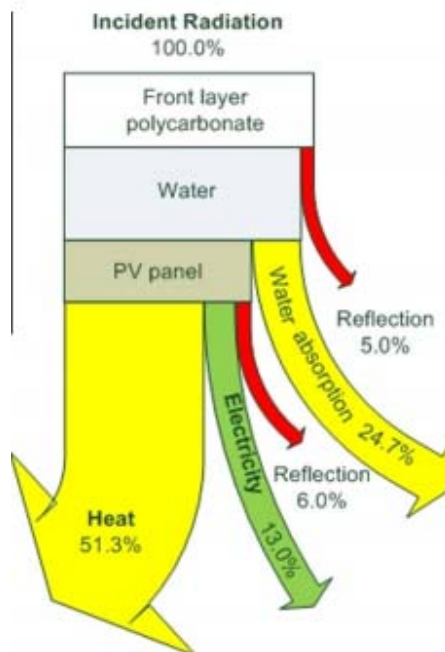


Figura 28. EFICIENCIA PANEL SOLARES TOMADO DE, TESPI: THERMAL ELECTRIC SOLAR PANEL INTEGRATION [29].

### 3.3 DIMENSIONADO DEL VOLUMEN DEL ACUMULADOR- INTERCAMBIADOR

Teniendo en cuenta el criterio antes descrito que por cada 80 litros es necesario 1m<sup>2</sup> determinamos el tamaño del acumulador.

Como la instalación constara de una superficie total de colectores de 23.49m<sup>2</sup>, el volumen del acumulador será por tanto **23.49 x 80= 1879.2 L**, de esta manera se eligen **6 acumuladores de 300 L**. Por otra parte para asegurar la correcta selección del acumulador se utiliza el siguiente método.

$V = \text{Volumen de acumulacion}$

$M = \text{Consumo diario medio}$

$$V = 1800 \text{ L}$$

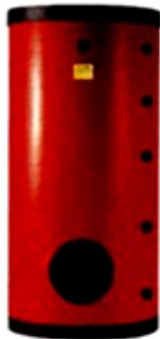
$$M = 1800 \text{ L}$$

$$0,8 \leq \frac{V}{M} \leq 1$$

$$0,8 \leq \frac{1800}{1800} \leq 1$$

Tenemos que el volumen de acumulación es el adecuado para el proyecto según los cálculos y criterios usados anteriormente.

### Interacumulador solar doble serpentin fijo vitrificado Serie "DRV"



#### Características técnicas

- Producción y acumulación de ACS por energía solar y apoyo con caldera de combustible tradicional.
- Condiciones de proyecto:
  - Circuito primario: Temperatura de trabajo: máx. 99°C  
Presión de trabajo: máx. 12 bar
  - Circuito secundario: Temperatura de trabajo: máx. 99°C  
Presión de trabajo: máx. 6 bar

#### Características constructivas

- Tratamiento interior vitrificado según DIN 4753.3
- Intercambiador de tubo de acero al carbono, en forma de espiral y soldado al depósito.
- Aislamiento de poliuretano rígido de 50 mm de espesor (PUR 50), hasta 500 l. Poliuretano flexible de 70 mm de espesor (PUF 70), para 800 y 1000 l.
- Protección catódica con ánodo de magnesio (AMS) completo con el tapón soldado.
- Garantía de 5 años.

Figura 29. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ACUMULADOR [30].

FICHA TÉCNICA ACUMULADOR														
CAPACIDAD LITROS	INTERCAMBIADORES		DIMENSIONES (mm)								CONEXIONES			PESO Kg.
	SOLAR	Apoyo	A	B	C	D	E	G	H	L	es-us	ei-ui	e2-u2	
DRV 300	1,1	0,6	225	300	740	660	840	970	1.360	1.100	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	100
DRV 500	1,6	1,1	240	315	865	760	980	1.175	1.640	1.365	1-1/4"	1-1/4"	1-1/4"	140
DRV 800	2,5	1,2	345	445	995	940	1.115	1.290	1.850	1.465	1-1/2"	1-1/2"	1-1/2"	205
DRV 1000	2,9	1,2	345	445	1.145	940	1.285	1.440	2.100	1.615	1-1/2"	1-1/2"	1-1/2"	230

Tabla 8. FICHA TÉCNICA ACUMULADOR SELECCIONADO [30].

El acumulador escogido es el DRV 300 para el proyecto incluye una conexión de apoyo a calentador convencional a gas, esto con el fin de prevenir una posible falla del sistema o que se presente el caso de no tener horas de brillo solar. Por otra parte y por sencillez del diseño el acumulador trae incorporado el intercambiador.

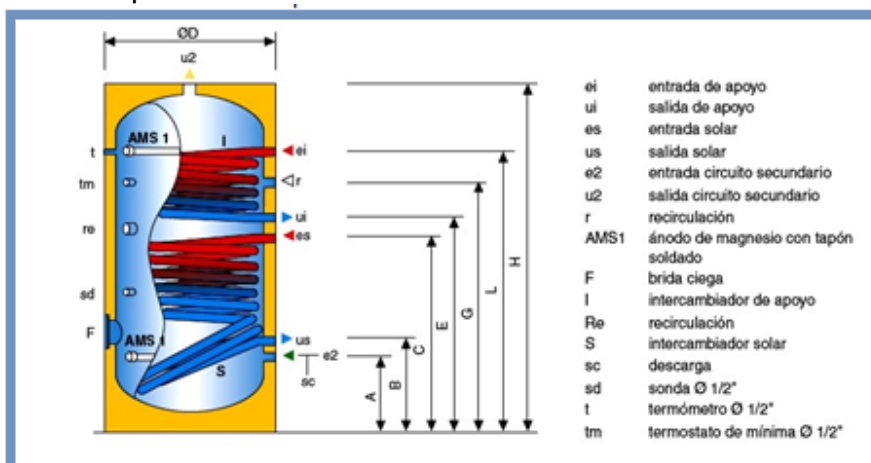
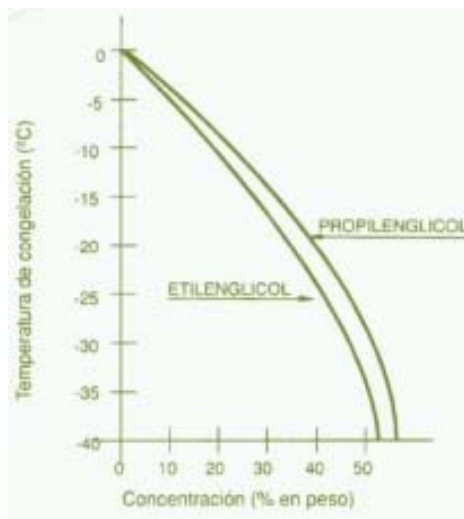


Figura 30. DIMENSIONES DEL ACUMULADOR SELECCIONADO [30].

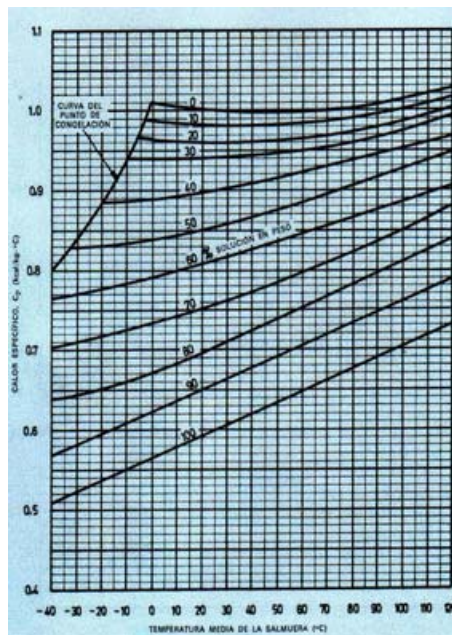
### 3.4 SELECCIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR

El fluido caloportador que circulara por el circuito primario será una mezcla de agua y anticongelante (propilenglicol). La proporción de anticongelante lo determinará la temperatura mínima que deba soportar la instalación. La temperatura mínima histórica en Facatativá es de  $-2^{\circ}\text{C}$ , no obstante dotaremos al sistema de la capacidad para soportar 5 grados por debajo de esta temperatura mínima histórica es decir  $-7^{\circ}\text{C}$ . Para soportar esta temperatura la concentración en peso del propilenglicol será del 32%, (grafica 1).

El calor específico de la mezcla será aproximadamente de  $0.91 \text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$  a  $45^{\circ}\text{C}$ . Para el rango de temperaturas de trabajo, en ningún momento el calor específico es inferior a  $0.9 \text{ kcal/kg }^{\circ}\text{C}$  tal y como indican las especificaciones técnicas (grafica 2).



Grafica 1. CURVAS DE CONGELACIÓN [30].



Grafica 2. VISCOSIDAD DE LAS MEZCLAS [30].

### 3.4.1 Relación Producción – Consumo:

De acuerdo a la Tabla 9 existe una relación entre la superficie captadora y el tamaño del acumulador seleccionado para el proyecto.

Donde:

A: superficie en m<sup>2</sup> del campo colector

V: Volumen del acumulador

RELACION PRODUCCION CONSUMO	
DESFASE	V/A
(Producción/Consumo)	(l/m2 de superficie)
No existe Desfase	Entre 30 y 50
Desfases Menores a 1 Día	Entre 50 y 80
Desfases Mayores a 1 Día	Mayor de 80

Tabla 9. RELACIÓN DESFASE/PRODUCCIÓN [31].

Entonces se tiene que:

$$\frac{V}{A} : \frac{1800}{23,49} = 76,63$$

Según la tabla el desfase es menor a un día.

### 3.5 DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

- Tuberías

El material utilizado para las tuberías será el cobre tanto en el circuito primario como en el secundario. Para calcular el diámetro de las tuberías se utiliza la siguiente expresión.

$$D = J C^{0,35}$$

De donde:

D : Diámetro en cm

C: Caudal en m<sup>3</sup>/h

J: 2.2 para tuberías metálicas.

2.4 para tuberías plásticas.

Para calcular el diámetro se debe obtener previamente el caudal al que trabajara la instalación. El fabricante de los paneles recomienda un caudal de 1.2 L/min en los casos en que el fluido caloportador sea el agua. En el caso de nuestra instalación, dicho valor habrá que dividirlo entre el calor específico de la mezcla de agua y anticongelante por lo tanto:

$$\frac{1,2}{0,91} = 1,32 \text{ L/min}$$

$$1,32 \frac{L}{min} \cdot 9 \text{ paneles} = 11,88 L/min$$

$$11,88 \frac{L}{min} = 0,71 \frac{m^3}{h}$$

A continuación ya obtenidos los datos procedemos a resolver la ecuación antes planteada:

$$D = 2,2 \cdot 0,71^{0,35} = 1,95 \text{ cm} = 19,51 \text{ mm}$$

Se escogerá la tubería normalizada de 22 mm. Esta estimación coincide con la recomendación de los datos dados para los paneles colectores.

- Velocidad

Ahora calcularemos la velocidad a la cual se mueve el fluido caloportador por la tubería elegida por medio de la siguiente ecuación.

$$v = \frac{C}{\pi \cdot R^2}$$

Dónde:

$C$ : Caudal ( $m^3/h$ )

$R$ : Radio de la tubería (m)

$$v = \frac{0,71}{\pi \cdot 0,11^2}$$

$$v = 1867,77 \text{ m/s}$$

- Calor

El calor que recibe el sistema, donde evaluaremos la eficiencia de los paneles, con esto se comprueba el caudal que el fabricante recomienda.

Donde:

$Q$ : Calor

$m$ : Flujo masico

$C_p$ : Calor especifico del agua

$\Delta T$ : Diferencia de temperaturas

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Siendo  $Q = \frac{I \cdot A}{t}$

$I$ : Intensidad de la radiación

$A$ : Área de captación del panel

$t$ : Unidad de tiempo de la radiación

$$Q_{Bruto} = \frac{15,33 \frac{W}{m^2} \cdot 2,61 \text{ m}^2}{1h * \frac{3600s}{1h}}$$

$$Q_{Bruto} = 11114,25 W$$

Dado, que la eficiencia de los paneles oscila entre el 17% y el 30%, se toma un promedio entre estos dos porcentajes y se acerca hacia el número menor para garantizar que la instalación funcione correctamente a bajas condiciones de radiación y luminosidad.

$E$ : Eficiencia de los paneles, 20%

$$\begin{aligned} Q_{neto} &= Q_{Bruto} \cdot E \\ Q_{neto} &= 11114,25 \cdot 20\% \\ Q_{neto} &= 2222,85 W \end{aligned}$$

De la ecuación de calor se despeja el flujo másico para así obtener la cantidad de kilogramos de agua por segundo que contiene el panel.

$$\begin{aligned} m &= \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T} \\ m &= \frac{2222,85 \frac{J}{s}}{4187 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 26^\circ C} \\ m &= 0,02041897 \frac{kg}{s} \end{aligned}$$

$\rho$ : Densidad del agua

$V$ : Volumen de agua en el panel

$m$ : Flujo masico

$$\begin{aligned} V &= \frac{m}{\rho} \\ V &= \frac{0,02041897 \frac{kg}{s}}{1 \frac{kg}{L}} \\ V &= 0,02041897 \frac{L}{s} \\ V &= 0,02041897 \frac{L}{s} \cdot 60 \frac{s}{1 min} \\ V &= 1,22 \frac{L}{min} \end{aligned}$$

De esta ecuación se comprobó el caudal que el fabricante específico para el uso de los paneles, además de ello se realiza el cálculo de calor, que se obtiene con la radiación de la zona de Facatativá.

### 3.6 SELECCIÓN DEL ELECTROCIRCULADOR

Los Electrocirculador facilitan el transporte del fluido caloportador desde los colectores hasta el almacenamiento y luego al consumo. Accionados por un motor eléctrico que suministran al fluido la energía necesaria para transportarlo por el circuito a una determinada presión [32].

Número de colectores	Subdivisión en grupos	Caudal volumétrico	Tuberías		Bomba de circuito solar Grundfos
			Tubería de suministro	Escalonamiento	
uds	uds	m <sup>3</sup> /h	tubo de cobre	tubo de cobre	
1	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
2	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
3	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
4	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
5	1	0,30	18 x 1,0		UPS 25-40 A
6	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
8	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-40 A
10	2	0,60	22 x 1,0	18 x 1,0	UPS 25-60 A
12	3	0,90	28 x 1,0	22 x 1,0 18 x 1,0	UPS 25-60 A
15	3	0,90	28 x 1,5	22 x 1,0 22 x 1,0	UPS 25-60 A
16	4	1,20	28 x 1,5	28 x 1,5 22 x 1,0 22 x 1,0	UPS 25-60 A
18	6	1,80	35 x 1,5	28 x 1,5 22 x 1,0 22 x 1,0 18 x 1,0 18 x 1,0	UPS 25-80
20	4	1,20	35 x 1,5	28 x 1,5 28 x 1,5 22 x 1,0	UPS 25-80
20	5	1,50	35 x 1,5	28 x 1,5 28 x 1,5 22 x 1,0 22 x 1,0	UPS 25-80

Tabla 10. SELECCIÓN DE ELECTROCIRCULADOR [31].

### 3.6.1 Bomba de Circulación:

De acuerdo a la anterior tabla y tomando como base principal el caudal volumétrico de la tubería que es 0.71 m<sup>3</sup>/h, el número de colectores que es 9, y el diámetro de la tubería, la bomba necesaria para el diseño es la UPS25-40 como se muestra en la Figura 30.



Figura 31. ELECTROCIRCULADOR UPS25-40 [33].



### 3.6.2 Selección tubería para la bomba

Diámetro tubería	Tubería ROSCADA EXTERIOR		Tubería ROSCADA INTERIOR	KIT de aislamiento	
	G 3/4 (20/22)	G1 (26/34)	G1 1/4 (33/42)		
UPS 25-40	96281384	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821
UPS 25-40 K	59544505	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821
UPS 25-40	96281376	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821
UPS 25-50	96281432	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821
UPS 25-50 K	59545502	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821
UPS 25-50	96281424	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821
UPS 25-60	96281483	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821
UPS 25-60 K	59546508	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821
UPS 25-60	96281476	U 3/4" F 529921	U 1" F 529922	U 1 1/4" M 529924	IK SUP 15 505821

Tabla 11. SELECCIÓN TUBERÍA PARA LA BOMBA

### 3.7 DIMENSIONADO DEL VASO DE EXPANSION

Debido a las variaciones de temperatura que sufre el fluido caloportador en los circuitos se producen diferencia de volumen del mismo fluido, pues este se dilata cuando se calienta y se contrae cuando se enfría, por esta razón es necesario el vaso de expansión para evitar esfuerzos por sobrepresión en las tuberías absorbiendo las variaciones del volumen del agua dentro de todo el circuito primario.

Se empleara en la instalación un vaso de expansión cerrado, que dimensionaremos mediante la siguiente expresión [31] :

$$V = V_t(0,2 + 0,01h)$$

Siendo:

$V_t$ : Volumen total en el circuito primario.

$h$ : Diferencia de altura (m) entre el punto más alto del campo de colectores al vaso de expansión.

A continuación se calculara la capacidad aproximada del circuito primario en sus diferentes elementos, para ello se tendrá en cuenta la capacidad de aproximadamente 20 metros de tubería de diámetro interior 22 mm, la capacidad de los 9 colectores, y la capacidad del intercambiador de calor integrado en el depósito.

- **Volumen de las tuberías:**

$$V = \pi * R^2 * L$$

$$V = \pi(0,011 \text{ m})^2 \cdot 20 \text{ m}$$

$$V = 7,6 \text{ L}$$

- **Volumen de colectores:**

$$V = 9 \cdot 1,2 L = 10,8 L$$

### 3.8 VOLUMEN DEL INTERCAMBIADOR

Se tomará un valor de 10 litros. Teniendo en cuenta todo lo anterior resulta un volumen total en el circuito primario de unos **28.4 litros** el cual es un valor que sale de la suma del volumen de la tubería y el volumen de los colectores. Por otro lado la diferencia de alturas entre el punto más alto de los colectores y el vaso de expansión será de unos dos metros. El volumen del depósito será:

$$V = V_t(0,2 + 0,01h)$$

$$V = 28,4(0,2 + 0,01 \cdot 2)$$

$$V = 6 L$$

De esta manera se estima necesario un vaso de expansión de 6 litros para el funcionamiento del sistema.

### 3.9 VASO DE EXPANSIÓN

Un Vaso de expansión o depósito de expansión es un elemento utilizado en circuitos de calefacción de edificios para absorber al aumento de volumen que se produce al expandirse, por calentamiento, el fluido caloportador que contiene el circuito y devolverla cuando se enfría.

Como medida de seguridad, es fundamental que los vasos estén conectados a la caldera directamente y sin ninguna llave de paso que pueda cortar esta unión, salvo para poner la caldera en contacto con la atmósfera.



Figura 32. VASO DE EXPANSIÓN [34].

#### 3.9.1 Información detallada del producto

Compensan las variaciones de volumen de agua de la instalación debido a los cambios de la temperatura y mantiene constante una presión mínima de la instalación [35].

INFORMACION VASO DE EXPANSION	
CAPACIDAD (Litros)	6
ALTURA(mm)	315
DIAMETRO (mm)	160

CONEXIÓN (M)	3/4'
PRESION MAXIMA(bar)	6
PRESION DE PRECARGA(bar)	2,5
TEMPERATURA DE TRABAJO	-10 grados +99 grados.
MEMBRANA RECAMBIABLE DE NITRILO	SI
BRIDA DE ACERO INOXIDABLE	SI

Tabla 12. INFORMACIÓN DETALLADA DEL VASO DE EXPANSIÓN [35].

### 3.9.2 Aislamiento Térmico

El aislamiento térmico de tuberías y otros elementos del circuito primario se realizaran con espuma elastomérica. Y se elegirá de acuerdo a la siguiente tabla.

- Tipos de aislamiento

Diámetro exterior (mm) (*)	Espesor mínimo del aislamiento térmico (mm)			
	Temperatura del fluido (°C) (**)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
D ≤ 35	20	20	30	40
35 < D ≤ 60	20	30	40	40
60 < D ≤ 90	30	30	40	50
90 < D ≤ 140	30	40	50	50
140 < D	30	40	50	60

Tabla 13. ESPESOR MÍNIMO DE AISLAMIENTO TÉRMICO [30].

De acuerdo a la tabla 6, y teniendo de antemano que el diámetro exterior de la tubería es de 22 mm (con  $D \leq 35$ ) el aislamiento elegido para la tubería es el de 20 mm señalado en la tabla anterior. El espesor del aislamiento será de 20 mm en tramos interiores y de 30 mm en tramos exteriores para disminuir al máximo las pérdidas de calor en la tubería.

Estas son las características del material aislante seleccionado [30]:

- Temperatura límite = 65 °C
- No vulnerable a la corrosión.
- Comportamiento ante el fuego: auto extinguido.
- Resistencia mecánica media.
- Muy resistente al agua.
- Peso específico = 60 kg/m<sup>3</sup>.
- Coeficiente de conductividad = 0.035 W/mK a los 20 °C.

A la Figura 32. Se puede apreciar cómo quedo el diseño final del sistema de calentamiento de agua sanitaria para el casino de la Escuela Nacional de Carabineros (Facatativá), con sus respectivos acumuladores de 300 L, y los captadores solares planos.

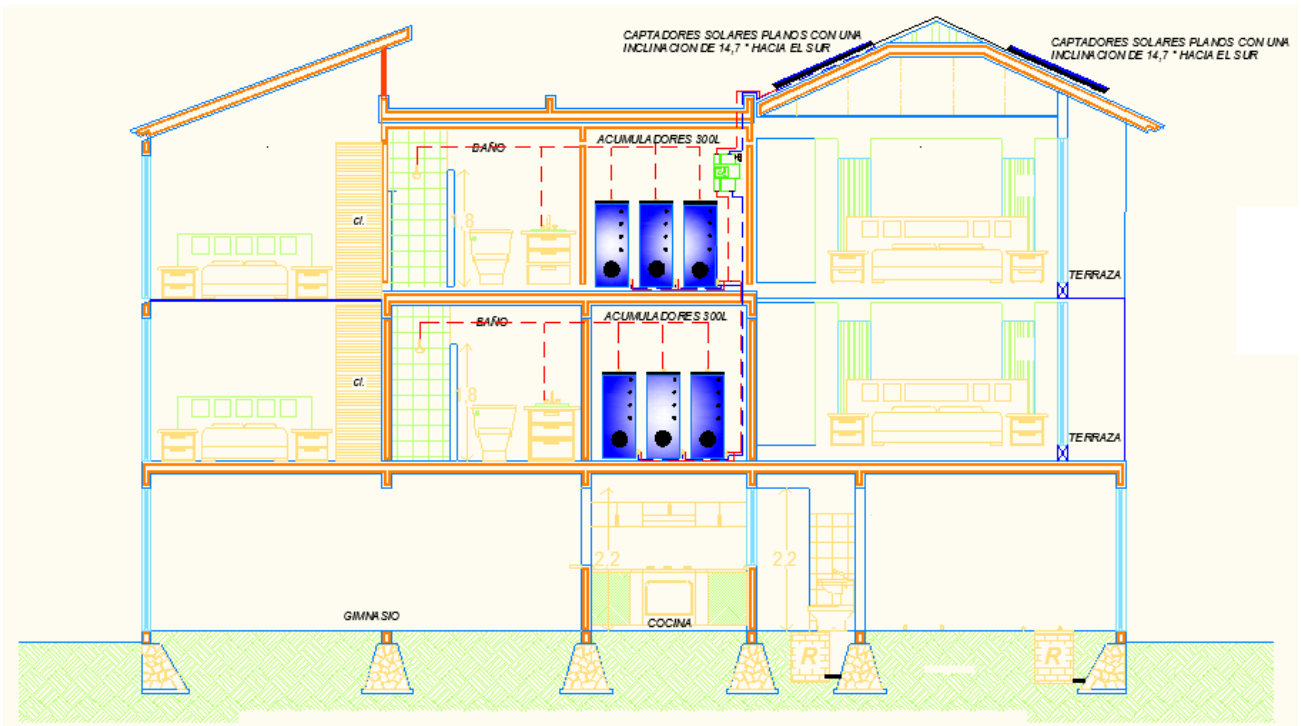


FIGURA 32. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA.

#### 4. ANALISIS ECONOMICO MEDIANTE RETSCREEN

RETSCREEN, es programa que evalúa ambientalmente las emisiones de proyectos de energías renovables, como también realiza una evaluación económica sobre la inversión de un sistema como el presentado. Teniendo una gran fuente de veracidad en los datos, dado que se recopilan de fuentes meteorológicas de todo el mundo y se almacenan en una base de datos, además de esto utiliza metodologías de cálculo, que se han corroborado en todo el mundo [26].

Se realizó el análisis económico del proyecto mediante esta herramienta la cual es un software Canadiense especializado para manejar energías alternativas en cuanto a economía y viabilidad de un proyecto.

En la Figura 33 se ingresan los datos iniciales, como lo es la información del proyecto en cuanto a nombre, ubicación, tipo de tecnología, se utiliza el método 2 para que muestre todas las ventanas porque el método 1 no permite ver todas las ventanas que se muestran a continuación para poder empezar a trabajar en el programa

**Software de Análisis de Proyectos de Energía Limpia**

---

**Información del proyecto**

Nombre del Proyecto	ENERGIA SOLAR TERMICA
Ubicación del Proyecto	FACATATIVA
Preparado para	ESCUELA COLOMIANA DE CARRERAS INDUSTRIA
Preparado por	DIEGO AVENDAÑO Y PABLO PIÑEROS
Tipo de proyecto	Generación de calor
Tecnología	Calentador solar de agua
Tipo de análisis	Método 2
Poder calorífico de referencia	Poder Calorífico Superior (PCS)
Mostrar parámetros	<input checked="" type="checkbox"/>
Idioma	Spanish - Español
Manual de usuario	English - Anglais
Moneda	Colombia
Unidades	Unidades métricas

Figura 33.CONDICIONES DE REFERENCIA DEL SITIO [22].

## 4.1 Información del proyecto con RETScreen

	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación del Proyecto
Latitud	'N 4,7	4,7
Longitud	'E 74,1	74,1
Elevación	m 2.546	2.546
Temperatura de diseño de la calefacción	°C 4,1	
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C 20,8	
Amplitud de la temperatura del suelo	°C 8,5	

Mes	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %	Radiación solar horizontal kWh/m <sup>2</sup>	Presión atmosférica kPa	Velocidad del Viento m/s	Temperatura del suelo °C	Días-grado de calentamiento °C-d	Días-grado de enfriamiento °C-d
Enero	12,9	80,6%	5,01	75,7	2,2	20,6	158	90
Febrero	13,2	80,4%	4,66	75,7	2,2	21,4	134	90
Marzo	13,6	81,7%	4,47	75,7	2,2	21,4	136	112
Abril	13,8	82,8%	3,93	75,7	2,0	21,2	126	114
Mayo	13,8	82,6%	3,70	75,7	2,1	20,8	130	118
Junio	13,5	80,5%	3,79	75,8	2,5	20,2	135	105
Julio	13,1	78,9%	4,04	75,8	2,7	20,3	152	96
Agosto	13,1	78,5%	4,33	75,8	2,6	21,4	152	96
Setiembre	13,1	80,0%	4,31	75,7	2,2	22,1	147	93
Octubre	13,2	82,8%	4,33	75,7	2,0	21,4	149	99
Noviembre	13,4	84,0%	4,10	75,7	2,0	20,5	138	102
Diciembre	12,9	82,5%	4,55	75,7	2,3	20,2	158	90
Anual	13,3	81,3%	4,27	75,7	2,3	20,9	1.716	1.204

Medido a m 10,0 0,0

Figura 34. CONDICIONES DE REFERENCIA DEL SITIO [22].

Los datos mostrados en la Figura 34, son los datos meteorológicos del sitio a trabajar, arrojados por el programa con los cuales se pueden empezar a trabajar los cálculos para el área de captación.

## 4.2 Modelo de Energía

Se deben ingresar los datos del proyecto en cuanto a la aplicación, y características del proyecto, también en cuanto a uso mensual de la tecnología a trabajar, ingresar los días de operación de la tecnología, número de habitantes y la temperatura a trabajar.

### Modelo de Energía RETScreen - Proyecto de calefacción

**Proyecto de calefacción**

Tecnología: **Calentador solar de agua**

Características de la carga:  Piscina  Agua caliente

Aplicación:

Unidad	Caso base	Caso propuesto
Tipo de carga	Escuela - con duchas	
Número de unidades	Estudiante 60	
Tasa de ocupación	% 100%	
Uso diario de agua caliente - estimado	L/d 408	
Uso diario de agua caliente	L/d 1.800	1.800
Temperatura	°C 40	40
Días de operación por semana	d 7	7

Porcentaje del mes usado

Mes	Caso base	Caso propuesto
Enero	100%	100%
Febrero	100%	100%
Marzo	100%	100%
Abril	100%	100%
Mayo	100%	100%
Junio	100%	100%
Julio	100%	100%
Agosto	100%	100%
Setiembre	100%	100%
Octubre	100%	100%
Noviembre	100%	100%
Diciembre	100%	100%

Figura 35. MODELO DE ENERGÍA RETSCREEN [22].

En la Figura 36 el programa automáticamente muestra la radiación solar mes a mes durante todo el año del sitio a trabajar en kWh/m<sup>2</sup>/d.

Evaluación de recursos			
Temperatura del agua - mínima	°C	13,2	
Temperatura del agua - máxima	°C	13,5	
<input checked="" type="checkbox"/> Mostrar datos			
		Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado
	Mes	kWh/m <sup>2</sup> /d	kWh/m <sup>2</sup> /d
	Enero	5,01	6,17
	Febrero	4,66	5,51
	Marzo	4,47	5,15
	Abril	3,93	4,36
	Mayo	3,70	4,06
	Junio	3,79	4,21
	Julio	4,04	4,56
	Agosto	4,33	4,95
	Setiembre	4,31	4,92
	Octubre	4,33	5,00
	Noviembre	4,10	4,75
	Diciembre	4,55	5,49
	<b>Anual</b>	<b>4,27</b>	<b>4,93</b>
Radiación solar anual - horizontal	MWh/m <sup>2</sup>	1,56	
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m <sup>2</sup>	1,80	

Figura 36. MODELO DE ENERGÍA RETSCREEN [22].

En la Figura 37 se deben ingresar los datos en cuanto al tipo de fabricante, modelo, tipo de calentador solar de agua, además se debe ingresar el área bruta del colector, número de colectores a trabajar.

Calentador solar de agua		
Tipo		Vidriado
Fabricante		TISUN
Modelo		SWS SS/BE500
Área bruta por colector solar	m <sup>2</sup>	2,61
Área de captación de colector solar	m <sup>2</sup>	2,61
Número de colectores		6
Área del colector solar	m <sup>2</sup>	15,66
Capacidad	kW	10,96
Pérdidas varias	%	4,0%

Figura 37. MODELO DE ENERGÍA RETSCREEN [22].

### 4.3 Análisis de Costos

En la Figura 38 se debe ingresar todo en cuanto a costos iniciales del proyecto, todo lo que respecta a mano de obra, a ingeniería a estudio de factibilidad, desarrollo del proyecto, viáticos.

Costos iniciales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto	Costos relat.
<b>Estudio de factibilidad</b>					
Inspección del sitio	p-d	1	COP 200.000	COP 200.000	
Evaluación de recursos	proyecto	1	COP 800.000	COP 800.000	
Estudio de impacto ambiental	p-d	1	COP 1.500.000	COP 1.500.000	
Diseño preliminar	p-d	1	COP 1.500.000	COP 1.500.000	
Estimado de costos detallado	p-d	1	COP 500.000	COP 500.000	
Estudio de la línea de base de GEI y MP	proyecto	1	COP -	COP -	
Preparación de informes	p-d	1	COP 500.000	COP 500.000	
Gerencia del proyecto	p-d	1	COP 600.000	COP 600.000	
Viajes y alojamiento	p-viaje	1	COP 800.000	COP 800.000	
Definido por el usuario	costo	1	COP -	COP -	
				COP -	
Sub-total:				COP 6.400.000	5,3%
<b>Desarrollo</b>					
Negociaciones del contrato	p-d	1	COP -	COP -	
Permisos y autorizaciones	p-d	1	COP -	COP -	
Topografía - sitio y derechos de servidumbre	p-d	1	COP -	COP -	
Validación y registro del GEI	proyecto	1	COP -	COP -	
Financiamiento del proyecto	p-d	1	COP -	COP -	
Legal y contabilidad	p-d	1	COP -	COP -	
Gerencia del proyecto	p-d	1	COP -	COP -	
Viajes y alojamiento	p-viaje	1	COP 800.000	COP 800.000	
Definido por el usuario	costo	1	COP -	COP -	
				COP -	
Sub-total:				COP 800.000	0,7%
<b>Ingeniería</b>					
Diseño del sitio y edificios	p-d	1	COP 2.000.000	COP 2.000.000	
Diseño mecánico	p-d	1	COP 300.000	COP 300.000	
Diseño eléctrico	p-d	1	COP 300.000	COP 300.000	
Diseño civil	p-d	1	COP 300.000	COP 300.000	
Licitaciones y contratos	p-d	1	COP -	COP -	
Supervisión de la construcción	p-d	1	COP 800.000	COP 800.000	
Definido por el usuario	costo	1	COP 10.000.000	COP 10.000.000	
				COP -	
Sub-total:				COP 13.700.000	11,3%
<b>Sistema de calefacción</b>					
Calentador solar de agua				COP -	
Definido por el usuario	costo	1	COP 90.000.000	COP 90.000.000	
				COP -	
Sub-total:				COP 90.000.000	75,0%
<b>Balance del sistema y misceláneos</b>					
Costos específicos del proyecto	Calentador solar de agua				
Material del colector solar	m <sup>2</sup>			COP -	
Estructura soporte de colector	m <sup>2</sup>			COP -	
Tubo	m			COP -	
Tanque reservorio	L			COP -	
Intercambiador de calor	kW			COP -	
Bomba de circulación	W			COP -	
Fontanería	proyecto			COP -	
Instalación	proyecto			COP -	
Construcción de edificio y patio	m <sup>2</sup>			COP -	
Repuestos	%			COP -	
Transporte	proyecto			COP -	
Entrenamiento y puesta en servicio	p-d			COP -	
Definido por el usuario	costo	1	COP 10.000.000	COP 10.000.000	
Contingencias	%	0,0%	COP 120.000.000	COP -	
Intereses durante la construcción		0 mes(es)	COP 120.000.000	COP -	
Sub-total:				COP 10.000.000	8,3%
<b>Costos iniciales totales</b>				COP 120.000.000	100,0%

Figura 38. COSTOS DEL PROYECTO, EN EL SOFTWARE RETSCREEN [22].

El costo total de este proyecto es de **\$120.000.000** el cual lo pagara la Policía Nacional en su totalidad.

#### 4.4 Análisis de Emisiones

En cuanto a emisiones de gases como se muestra en la Figura 39 muestra que se tiene un factor de emisiones de GEI de cero (0) lo cual es de gran importancia porque no hay contaminación a la atmosfera, hoy en día es de gran importancia evitar daños al medio ambiente por la gran contaminación que sufre la atmosfera.



Caso base del sistema eléctrico (Línea de base)						
Tipo de combustible	Mezcla de combustible %	Factor emisión de CO2 kg/GJ	Factor emisión de CH4 kg/GJ	Factor emisión de N2O kg/GJ	Eficiencia en la Generac. de electricidad %	Factor emisión de GEI tCO2/MWh
Solar	100,0%	0,0	0,0000	0,0000	100,0%	0,000
Balance de la electricidad	100,0%	0,0	0,0000	0,0000		0,000

Figura 39. ANÁLISIS DE EMISIONES CON RETSCREEN [22].

#### 4.5 Análisis Financiero

En la Figura 40 el programa automáticamente muestra los datos respecto a flujos de caja anuales, costos y créditos para el proyecto.

Resumen de costos/ahorros/ingresos del proyecto				Flujos de caja anuales			
				Año #	Antes-impuestos COP	Después-impuestos COP	Acumulado COP
<b>Costos iniciales</b>				0	-120.000.000	-120.000.000	-120.000.000
Estudio de factibilidad	5,3%	COP	6.300.000	1	26.210.573	26.210.573	-93.789.427
Ingeniería	11,4%	COP	13.700.000	2	26.734.784	26.734.784	-67.054.643
Sistema de calefacción	75,0%	COP	90.000.000	3	27.269.480	27.269.480	-39.785.163
				4	27.814.869	27.814.869	-11.970.294
				5	28.371.167	28.371.167	16.400.873
				6	28.938.590	28.938.590	45.339.463
Balance del sistema y misc.	8,3%	COP	10.000.000	7	29.517.362	29.517.362	74.856.825
<b>Costos iniciales totales</b>	<b>100,0%</b>	<b>COP</b>	<b>120.000.000</b>	8	30.107.709	30.107.709	104.964.534
				9	30.709.863	30.709.863	135.674.398
<b>Costos anuales/pagos de deuda</b>				10	31.324.061	31.324.061	166.998.458
Operación y Mantenimiento		COP	0	11	31.950.542	31.950.542	198.949.000
Costo de combustible - caso propuesto		COP	0	12	32.589.553	32.589.553	231.538.553
<b>Costos anuales totales</b>		<b>COP</b>	<b>0</b>	13	33.241.344	33.241.344	264.779.897
				14	33.906.171	33.906.171	298.686.068
<b>Costos periódicos (créditos)</b>				15	34.584.294	34.584.294	333.270.362
				16	35.275.980	35.275.980	368.546.342
				17	35.981.500	35.981.500	404.527.841
				18	36.701.130	36.701.130	441.228.971
				19	37.435.152	37.435.152	478.664.123
				20	38.183.855	38.183.855	516.847.978
<b>Ahorros y renta anuales</b>							
Costo de combustible - caso base		COP	25.696.640				
<b>Total renta y ahorros anuales</b>		<b>COP</b>	<b>25.696.640</b>				

Figura 40. ANÁLISIS FINANCIERO CON RETSCREEN [22].

En la Figura 41 el programa arroja automáticamente los datos en cuanto a la tasa interna de retorno (TIR) con sus respectivos porcentajes, ahorros anuales en ciclo de vida del proyecto y relación costo beneficio.

Viabilidad financiera		
TIR antes de impuestos - capital	%	23,4%
TIR antes - impuestos - activos	%	23,4%
TIR luego de impuestos - capital	%	23,4%
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	23,4%
Pago simple de retorno del capital	año	4,7
Repago - capital	año	4,4
Valor Presente Neto (VPN)	COP	101.730.080
Ahorros anuales en ciclo de vida	COP/año	13.619.499
Relación Beneficio-Costo		1,85
Costo de reducción de GEI	COP/CO2	Sin reducción

Figura 41. ANÁLISIS FINANCIERO CON RETSCREEN [22].

En la Figura 42 se ingresan algunos datos como lo son la vida útil del proyecto, y porcentajes tales como tasa de inflación de descuento y escalonamiento de combustibles.

Parámetros financieros		
<b>General</b>		
Tasa escalamiento de combustibles	%	2,0%
Tasa de inflación	%	3,7%
Tasa de descuento	%	0,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	20

Figura 42. ANÁLISIS FINANCIERO CON RETSCREEN [22].

En la Figura 43 se proyecta una recuperación de la inversión inicial de 4.5 años, que con respecto a la vida útil del proyecto, es viable debido a que está diseñada para un uso no inferior a 20 años con bajo costo en su funcionamiento debido a que necesita poca inversión en su mantenimiento anual.

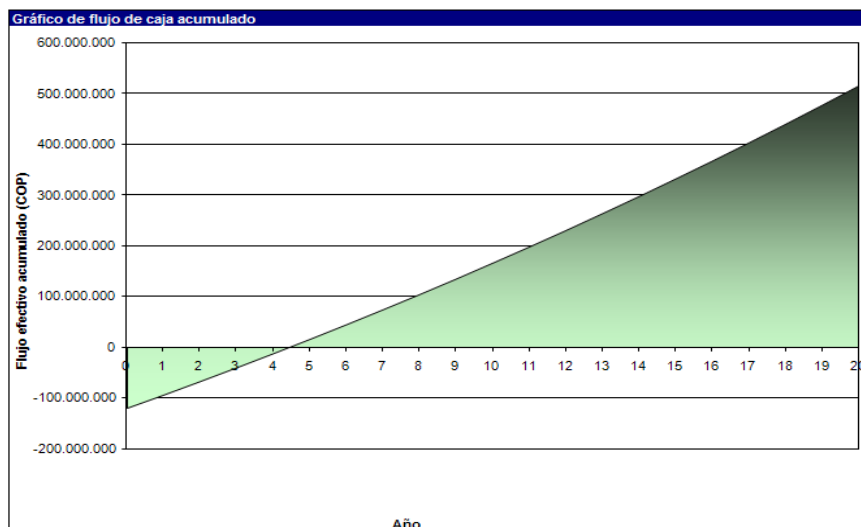


Figura 43. ANÁLISIS FINANCIERO CON RETSCREEN [22].

## 5. CONCLUSIONES

- El captador plano con cubierta fue el escogido para este proyecto puesto que maneja temperaturas bajas, está diseñado específicamente para usos domésticos de calentamiento de agua sanitaria y su mantenimiento es de gran facilidad, sin costos adicionales.
- Teniendo una superficie de cada captador de 2,61 m<sup>2</sup> son necesarios en total 9 captadores, teniendo un área total de 23.49 m<sup>2</sup> de captación solar, lo que significa que se cumple para el área total de captación que se tiene que es de 22,5 m<sup>2</sup>
- La inclinación o ángulo con la horizontal con que deben disponerse es de fundamental importancia, si se desea optimizar el rendimiento anual de la instalación.
- En esta instalación se tiene una circulación forzada debido a las distancias que debe recorrer el líquido y porque se mueve mediante la acción de una bomba eléctrica, la cual mejora su desplazamiento y permite que el acumulador pueda ser ubicado en el lugar más conveniente y no forzosamente sobre el colector solar.
- Dentro de las necesidades establecidas por la Escuela Nacional de Carabineros (Facatativá), tenemos el de reducir el consumo de energía eléctrica con el remplazo de calentadores eléctricos, para el abastecimiento de agua caliente sanitaria, con una capacidad de 60 personas, teniendo un consumo energético mensual de 10.8 kW, dando como resultado en pesos de \$ 2.537.953.
- Cuando se dimensiona bajo un criterio de máxima sustitución energética la inclinación del campo de captación, se encuentra por encima de la recomendada, favoreciendo la captación en invierno y reduciéndola en verano, lo que permite un aumento de la superficie de captación a instalar sin originar excedentes de producción. Este criterio implica una disminución significativa de la producción energética anual por unidad de superficie de captación y por tanto un descenso de la rentabilidad de la misma y un aumento del espacio de instalación necesario.
- La comparación con las demás energías alternativas, en ámbitos específicos como lo son la localización, y la mitigación de gases efecto invernadero, dan como la mejor solución costo beneficio a la energía solar térmica.
- La reducción de la contaminación ambiental aún no se incluye como un parámetro de ahorro económico, aunque bien es cierto que mejorando la calidad ambiental y el aire que respiramos, contribuiremos a una mejor salud y, por consiguiente, a un menor gasto en medicinas y hospitales, que revertirá en menos impuestos para la Seguridad Social y finalmente revertirá en nosotros.

- Con base a la instalaciones actuales, y que la modificación, por parte de la escuela se dijo que debería ser casi nula se implementa una instalación sobre el tejado de la locación, esto con el fin de garantizar que la radiación sea la indicada para el funcionamiento del sistema.
- Existen numerosos casos en los que la adopción de los criterios comunes de configuración del campo de captación son inviables por las características de la edificación o resultan poco agradables estéticamente. En estos casos se deberá considerar la opción de integrar la instalación en la edificación, justificando dicha opción mediante un análisis comparativo de los parámetros de la instalación con integración y sin ella.
- Las energías alternativas son de gran uso para lugares en donde la red eléctrica no puede llegar ya sea por grandes distancias o porque los lugares de acceso no lo permiten.
- En el estudio realizado, arrojo como resultado un costo de inversión de 120.000.000 por conceptos de estudio de factibilidad, desarrollo ingeniería, sistema de calefacción y otros, los cuales generan ese costo de inversión por parte de la Escuela, los cuales se va a obtener el punto de equilibrio de inversión en 4.5 años.

## 6. RECOMENDACIONES DEL MONTAJE DE UN SISTEMA DE ACS

A continuación se dan algunas recomendaciones de montaje para tener un óptimo funcionamiento del sistema solar térmico.

Tal como se indica en las especificaciones técnicas, el circuito hidráulico cumplirá las siguientes condiciones:

Trazado de tuberías con retorno invertido para garantizar que el caudal se distribuya uniformemente entre los captadores.

Bomba de circulación en línea, en la zona más fría del circuito y en tramo de tubería vertical.

El vaso de expansión se conectará a la aspiración de la bomba.

El circuito irá provisto de válvulas de seguridad a una presión que garantice que en cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo de los componentes.

Al circuito se podrá incorporar un sistema de llenado manual que permitirá llenar y mantener presurizado el circuito.

Se montarán válvulas de corte para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación.

Estas válvulas independizarán baterías de captadores, intercambiador de calor, acumulador y bomba.

Se podrán instalar válvulas de corte a la entrada de agua fría y salida de agua caliente del depósito de acumulación solar.

Se podrán instalar válvulas que permitan el vaciado total o parcial de la instalación.

Las tuberías y accesorios se aislarán y protegerán con materiales que cumplan las normas especificadas.

## Bibliografía

- [1] N. Unidas, «PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMATICO,» Kioto, 1998.
- [2] «La tierra sin mal,» [En línea]. Available: <http://solucionessolares.blogspot.com/2012/06/panorama-de-las-energias-renovables-en.html>. [Último acceso: 03 Enero 2014].
- [3] EPM, «EPM,» [En línea]. Available: <http://www.epm.com.co/site/Home/Institucional/Nuestrasplantas/Energ%C3%ADa/Centraleshidroel%C3%A9ctricas.aspx>. [Último acceso: 15 01 2014].
- [4] «Wikipedia,» [En línea]. Available: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puhagan\\_geothermal\\_plant.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Puhagan_geothermal_plant.jpg). [Último acceso: 02 01 2014].
- [5] Agrega. [En línea]. Available: [http://agrega.educacion.es/buscador2/BuscarAvanzadoCU/MostrarResultadosImagenesPrepararRetornoDetalleImagenes.do?idioma=es&buscContenido=bases&pagina=2&formato=&idODE=&recurso=&procesoCognitivo=&contexto=&edad=&autor=&diaPublic=&mesPublic=&anyoPublic=&c\\_s](http://agrega.educacion.es/buscador2/BuscarAvanzadoCU/MostrarResultadosImagenesPrepararRetornoDetalleImagenes.do?idioma=es&buscContenido=bases&pagina=2&formato=&idODE=&recurso=&procesoCognitivo=&contexto=&edad=&autor=&diaPublic=&mesPublic=&anyoPublic=&c_s). [Último acceso: 16 Enero 2014].
- [6] S. News, «Antes y despues de Chernobyl,» 29 Abril 2012. [En línea]. Available: <http://www.sfmnews.com/2012/04/vea-el-antes-y-despues-de-chernobyl-el.html>. [Último acceso: 12 Enero 2014].
- [7] j. A. R. Vivas, 1.8.2.2 Diseño, cálculo y elaboración de un sistema de energía térmica solar para agua caliente sanitaria con instalación en el edificio de ECCI, Bogotá, 2008.
- [8] J. C.-L. ChienX y N. Lior, «Concentrating solar thermal power as a viable alternative in China's electricity supply,» *Enerergy Poicy*, 2011.
- [9] «Portal Inmobiliario,» [En línea]. Available: <http://www.portalinmobiliario.com/diario/default.asp>. [Último acceso: 17 Enero 2014].
- [10] «Fuentes Renovables,» [En línea]. Available: [http://sgp.undp.org/web/projects/13386/fase\\_piloto\\_para\\_el\\_uso\\_de\\_fuentes\\_de\\_energia\\_renovable\\_en\\_la\\_comunidad\\_palo\\_verde\\_san\\_julian\\_sonson.html](http://sgp.undp.org/web/projects/13386/fase_piloto_para_el_uso_de_fuentes_de_energia_renovable_en_la_comunidad_palo_verde_san_julian_sonson.html). [Último acceso: 17 Enero 2014].
- [11] «Habitad,» [En línea]. Available: <http://habitat.aq.upm.es/bpes/onu98/bp447.html>. [Último acceso: 16 Enero 2014].
- [12] «El Mundo de la energía,» [En línea]. Available: <http://elmundodelaenergia.wikispaces.com/Energ%C3%ADa+solar>. [Último acceso: 02 01 2014].

- [13 «Historia del agua,» [En línea]. Available: <http://historiadelagua.files.wordpress.com/2011/07/wilson-1.jpg>. [Último acceso: 03 Enero 2014].
- [14 «Sitio Solar,» [En línea]. Available: Turbina alimentada por energía solar de Mouchot expuest<http://www.sitiosolar.com/Historia%20de%20la%20energia%20solar%20termica.htm#sthash.y7LZzZ1Z.dpuf>. [Último acceso: 03 Enero 2014].
- [15 Tecnosolar, «Tecnosolar,» [En línea]. Available: [http://www.tecnosolar.com.mx/energia\\_solar.html](http://www.tecnosolar.com.mx/energia_solar.html). [Último acceso: 08 Diciembre 2013].
- [16 P. R. Martinez, Energía solar termica y tecnicas para su aprovechamiento, Barcelona: Marcombo, 2010.
- [17 «Textos Cientificos,» [En línea]. Available: [www.textoscienficos.com](http://www.textoscienficos.com). [Último acceso: 15 Enero 2014].
- [18 GUÍA DIDÁCTICA DE ENERGÍA SOLAR (captadores solares térmicos).  
]
- [19 Diseño de captador solar para aplicaciones rurales, 2009.  
]
- [20 E. S. B. Salcedo, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA COCINA SOLAR,» Sangolquí, 2006.
- [21 «Google Earth,» Google, [En línea]. Available: [http://www.google.es/intl/es\\_es/earth/download/ge/agree.html](http://www.google.es/intl/es_es/earth/download/ge/agree.html). [Último acceso: 10 Noviembre 2013].
- [22 RETScreen, *RETScreen*, 2013.  
]
- [23 M. d. Ambiente, «IDEAM,» [En línea]. Available: <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/919>. [Último acceso: 12 Noviembre 2013].
- [24 Censolar, Instalaciones energia solar Tomo II, Sevilla (España) : Censolar, 2009.  
]
- [25 S. E. Corp., «Solimpeks,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.solimpeks.com/solar-thermal-collectors/>. [Último acceso: 12 Noviembre 2013].
- [26 R. H. V. Florez, Sistemas solares térmicos para el calentamiento de agua domiciliaria; especificaciones técnicas relativas a la instalación, operación y uso de las tecnologías utilizadas en Chile: una mirada ambiental de los impactos de éstas tecnologías en el país, Santiago de Chile: B - Universidad de Santiago de Chile, 2009.
- [27 S. Ghazi., «The effect of weather conditions on the efficiency of PV panels in the southeast of UK,» *Renewable Energy*, Vols. %1 de %250-59, nº 69, p. 10, 2014.

- [28 P. H. Biwolea, E. Pierre y . F. Kuznik, «Phase-change materials to improve solar panel's performance,» *Energy and Buildings*, nº 62, pp. 59-67, 2013.
- [29 M. R. Clot, P. R. Clot y T. G.M., «TESPI: Thermal Electric Solar Panel Integration,» *Solar Energy*, nº 85, pp. 2433-2442, 2011.
- [30 U. D. F. J. d. Caldas, «Biblioteca Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas,» 15 Junio 2011. [En línea]. [Último acceso: 15 Noviembre 2013].
- [31 Universidad de la Salle, Instalacion de Energia solar, Bogota: Universidad de la Salle, 2011.
- [32 T. 5. Solar, «Energia Solar Termica,» [En línea]. Available: [http://energiasolartermica.blogspot.com/2006/02/electrocirculadores-o-bombas\\_03.html](http://energiasolartermica.blogspot.com/2006/02/electrocirculadores-o-bombas_03.html) . [Último acceso: 05 Diciembre 2013].
- [33 «Materiales de calefaccion,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.materialescalefaccion.com/es/calefaccion/1033-bomba-grundfos-ups-25-40-1-230v-180-mm.html>. [Último acceso: 18 Noviembre 2013].
- [34 TecniHogar, «TecniHogar,» [En línea]. Available: [http://tecnihogar.es/527-accesorios-de-expansion-de-calefaccion\\_reparacion/872-vaso-de-expansion-200l.html](http://tecnihogar.es/527-accesorios-de-expansion-de-calefaccion_reparacion/872-vaso-de-expansion-200l.html). [Último acceso: 06 Diciembre 2013].
- [35 Censolar, Instalaciones Energia Solar Tomo III, Sevilla (España): Censolar, 2009.
- [36 «Cocina solar,» [En línea]. Available: <http://www.terra.org/categorias/comunidad-cocina-solar/historia-de-la-cocina-solar>. [Último acceso: 03 Enero 2014].
- [37 «Ecologia y Meio Ambiente,» [En línea]. Available: <http://eco13.net/2009/06/tecnologia-verde-a-traves-del-tiempo/>. [Último acceso: 03 Enero 2014].
- [38 «energy advocate,» [En línea]. Available: <http://www.energyadvocate.com/fw91.htm>. [Último acceso: 02 Enero 2014].
- [39 «energia nuclear,» [En línea]. Available: <http://energia-nuclear.net/>. [Último acceso: 09 Enero 2014].
- [40 «unef,» [En línea]. Available: <http://unef.es/>. [Último acceso: 04 Enero 2014].
- [41 «Wikipedia,» [En línea]. Available: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helios\\_in\\_flight.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helios_in_flight.jpg). [Último acceso: 07 Enero 2014].
- [42 «Wikipedia,» [En línea]. Available: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SolarStirlingEngine.jpg>. [Último acceso: 07 Enero 2014].



[43 «Como ahorrar,» [En línea]. Available: <http://comoahorrardinero.com/categoy/ecologia>.  
] [Último acceso: 10 Enero 2014].