


**UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA  
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA  
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

**Nº DE RADICACIÓN:** \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN EJECUTORES**

**Ejecutor 1**

Nombre (s):	Diego Orlando	
Apellido (s):	Duarte Baquero	
Código:	20172375016	
E-mail:	diegoduare_94@hotmail.com	
Teléfono fijo:	5380052	
Celular:	3112012272	

**Ejecutor 2**

Nombre (s):	Diego David	
Apellido (s):	Prieto Moyano	
Código:	20171375040	
E-mail:	lmtone@hotmail.com	
Teléfono fijo:	4624262	
Celular:	3005137780	

**INFORMACIÓN DEL PROYECTO**

Título del Proyecto:	Caracterización y factibilidad de un colector solar de placa absorbora en aluminio de la empresa <i>Futuro Solar</i> .	
Duración (estimada):	Cuatro meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	x
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Apoyo tecnológico empresarial	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Ecoingeniería	
Grupo de Investigación:	SEA-Semillero de energías alternativas	
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Termodinámica	

**INFORMACIÓN PASANTÍA**

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

\*Las líneas de investigación de la Facultad Tecnológica son 1. Apoyo tecnológico empresarial. 2. Optimización de procesos industriales. 3. Desarrollo tecnológico local e institucional

\*\*Las líneas investigación del Proyecto Curricular son 1. Diseño en ingeniería mecánica. 2. Conversión de energías y mecánica de fluidos. 3. Materiales y procesos de manufactura. 4. Ecoingeniería. 5. Bioingeniería. 6. Educación y comunicación en ciencia y tecnología

## Contenido

1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	6
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
3.1. Estado del Arte. ....	7
3.2. Justificación.....	8
4. OBJETIVOS.....	8
4.1. Objetivo General.....	8
4.2. Objetivos específicos.....	8
5. MARCO TEÓRICO.....	9
5.1. Radiación solar.....	9
5.2. Coordenadas solares.....	9
5.3. Energía solar Térmica.....	10
5.3.1. Componentes de una instalación solar térmica. ....	10
5.4. El captador solar plano. ....	11
5.4.1. Principales componentes del captador solar plano.....	11
5.5. Pruebas normativas.....	13
6. METODOLOGIA.....	14
6.1. Fase de documentación.....	14
6.2. Fase de Identificación y caracterización del sistema.....	14
6.3. Fase de desarrollo de pruebas de funcionamiento.....	14
6.4. Fase de documentación de análisis de resultados.....	14
7. CRONOGRAMA.....	15
8. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN.....	15
9. BIBLIOGRAFÍA.....	15

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Normas técnicas.....	13
Tabla 2. Cronograma de actividades de Gantt. ....	15
Tabla 3. Presupuestos.....	15

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Componentes principales del captador solar térmico..... 12

## 1. RESUMEN

Mediante este proyecto se trabajará temáticas como el funcionamiento y requerimientos de un colector solar térmico de placa plana con una placa absorbente de aluminio para su caracterización y comparación con otro material de la placa absorbente. Por lo tanto, se realizará unas pruebas en el banco al exterior y simulación en el banco del laboratorio al colector de acuerdo con los parámetros de ensayos de la norma EN 12975-2. Luego se compara por medio del software TRNSYS los resultados obtenidos en las dos pruebas para determinar la eficiencia del mismo. A continuación, se procede a realizar unas gráficas paramétricas del colector solar de placa absorbente de aluminio para darle herramientas a la empresa y así determinar la viabilidad de la fabricación de la placa absorbente con este material, teniendo en cuenta su comportamiento térmico y costos de fabricación.

## 2. INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de las energías renovables en Colombia está en aumento gracias a la intervención por parte del gobierno con la implementación de la ley 1715 de 2014, la cual plantea como su objetivo principal promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable. Por tal motivo, hoy en día las empresas de energías renovables están innovando en procesos de manufactura y aplicando nuevos materiales para los colectores solares para poder maximizar sus productos y poder competir en el mercado nacional y global.

Por lo tanto, el siguiente trabajo plantea dar solución al problema propuesto por una de las empresas de energías renovables, la cual es *Futuro Solar*, dicho inconveniente es mostrar la viabilidad de un nuevo producto que están desarrollando: un colector solar de placa plana con placa de absorción en aluminio, por lo que éste material es más económico que el cobre. Este problema se solucionará caracterizando un colector solar suministrado por la empresa, ésta caracterización se desarrollará por medio de la norma 12975-2 la cual se titula: “*Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.*”.

El interés principal es describir el comportamiento térmico del nuevo colector y ser comparado con los anteriormente fabricados con placa de absorción en cobre por la empresa, este comportamiento se evaluará bajo las especificaciones técnicas que se plantean en la norma y así mismo determinar si es viable el reemplazo de material de la placa absorbente en térmicos económicos y térmicos.

## 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

*Futuro Solar* es una empresa que se dedica a la fabricación, instalación y mantenimiento de sistemas de energía solar térmica y adecuación de sistemas fotovoltaicos con una trayectoria de más de 20 años, uno de sus productos es el colector solar de placa plana con placa absorbente en cobre. El problema que contaba la empresa era que no tenía una caracterización de éste colector por lo que se desarrolló un documento que se titula: “*Análisis de desempeño de un colector solar de la empresa Futuro Solar para determinar la eficiencia térmica*” el cual tomo en cuenta los parámetros de instalación y matemáticos por medio de la norma EN 12975-2. Con el desarrollo del documento se mostró colector fabricado se tiene una eficiencia del 68% en su funcionamiento.

Con este resultado la empresa puede afirmar que con las características de fabricación y con los materiales utilizados puede dar más certeza del comportamiento térmico de

una instalación y ya no será un método de diseño de instalaciones empírico como se venía trabajando anteriormente por parte de la empresa.

Sin embargo, debido al alto costo de los materiales de fabricación del colector, la empresa está buscando nuevos materiales dando como resultado usar aluminio para la placa de absorción por lo que el presente trabajo pretende aportar a la empresa *Futuro solar* un estudio de funcionamiento de un nuevo colector solar de placa absorbora fabricada en aluminio, ya que no cuenta con una caracterización, de tal manera que se hará una comparación con un colector solar de placa absorbora fabricada en cobre para así determinar si es viable la producción del nuevo colector de placa absorbora fabricada en aluminio en relación de costos de fabricación–funcionamiento.

### 3.1. Estado del Arte.

En Colombia el estudio del comportamiento térmico sea desarrollado por medio EN 12975-2 o sus respectivas homologaciones dentro de las investigaciones consultadas sobre el tema llamo la atención los siguientes trabajos:

(Texeira Ignacio, 2010) En Uruguay en 2010 de realizo un trabajo de monografía sobre el ensayo de colectores solares, partiendo desde la construcción del banco de pruebas y todas sus consideraciones en el cual se muestra el análisis de diferentes apartados de la norma, para así comparar las eficiencias de un colector de bajo costo y un colector comercial.

(Trejos Moncadaa Maira Lorena, 2014) En México se realizó un estudio con el objetivo de hacer un comparativo de la adhesión, dureza, reflectividad, capacidad de absorción y la durabilidad de dos revestimientos comerciales diferentes sobre una superficie absorbente de cobre y aluminio, en comparación con el recubrimiento original del absorbedor. Se utilizó láminas de aluminio y de cobre con un espesor de 12,38  $\mu\text{m}$  y 40,00  $\mu\text{m}$ , respectivamente, que corresponden a la aleta que cubre los tubos de cobre a través de los cuales fluye el agua en los colectores solares de placa plana. Esta aleta, cuando se recubre con diferentes materiales, actúa como el absorbente de estos calentadores.

(Garzón Romero Juan David, 2015) El cual se investigó la eficiencia de un colector por medio de dos procesos simulación y experimentación. Se tuvo en cuenta el software TRNSYS para la simulación de tal manera que también se incluyó los materiales de fabricación del colector. Para el experimento se aplicó un protocolo de aspectos normativos para pruebas en interior y posteriormente se realizó la prueba de hipótesis de “Kolmogorov-Smirnov” a los resultados de las pruebas.

(Duarte Baquero & Prieto Moyano, 2016) El estudio busca dar solución a un problema de la empresa *Futuro Solar*, el cual es determinar el desempeño térmico bajo diferentes condiciones de funcionamiento de los colectores solares de placa plana, por lo tanto, se realizó un estudio y una serie de pruebas a un colector que fue suministrado por la empresa. En las condiciones exteriores se instaló el colector en la cubierta de la cafetería de funcionarios de la Facultad Tecnológica. por lo tanto, se adecuo de acuerdo a la geometría del colector suministrado por la empresa y se controló para que el banco cumpla las condiciones de montaje dadas en la norma UNE-EN 12975- 2, la cual es guía de cómo debe ser el banco de pruebas y la toma de datos. Los datos tomados en ambos bancos de pruebas se analizan y se desarrollan pertinentemente para la

determinación del desempeño térmico del colector en estado estacionario en condiciones exteriores y en el laboratorio.

(Anderson Miguel Lenz, 2018). En Brasil se hizo un estudio titulado: “*Evaluation of three systems of solar thermal panel using low cost material, tested in Brazil*”, en el cual se compara tres diferentes tipos de colectores solares de bajo costo fabricados en: Botellas PET, forrados en PVC y latas en aluminio, debido a que en las el consumo energético en este país es muy alto por lo que se están creando nuevas alternativas de energías renovables que en este caso para calentar agua residencial y reemplazar las duchas eléctricas. Los experimentos se llevaron a cabo en Cascavel-PR, el campus de la Universidad Estatal de Paraná occidental y se encontró que el sistema con latas de aluminio mostró el mejor rendimiento de llegar a 54,3 ° C, presentando una eficiencia de 41,6%.

### **3.2. Justificación**

La empresa *Futuro Solar* implementara un nuevo diseño de un captador solar el cual contara con una placa absorbora en aluminio. Por lo que la empresa desea saber su comportamiento térmico con esta placa absorbora y poder compararla con un colector de placa absorbora echa en cobre fabricado por ellos. Esto se hace para que la compañía (amplié su catálogo de productos y así poder manejar una variedad de clientes más extensa, y que los colectores tengan un valor agregado al tener sus características de comportamiento térmico. Además, tener la determinación de cambiar su placa absorbora con un material más económico y eficiente de acuerdo a los resultados que se presentarán.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

Determinar el potencial térmico que cuenta el colector solar de placa absorbora fabricada en aluminio dado su proceso de manufactura en la empresa *Futuro Solar*

### **4.2. Objetivos específicos**

- a) Desarrollar la caracterización térmica de un colector solar de placa absorbora fabricada en aluminio de la empresa *Futuro Solar*.
- b) Realizar los ensayos en el banco al exterior y en estado estable en el banco del laboratorio teniendo en cuenta las recomendaciones de instalación según la norma EN 12975-2.
- c) Determinar la eficiencia del colector solar de placa absorbora fabricada en aluminio mediante las gráficas paramétricas del funcionamiento y el informe de ensayo de rendimiento para captadores solares con cubierta según la norma EN 12975-2 (Anexo D).
- d) Plantear la simulación en estado transitorio en el software TRNSYS para determinar el comportamiento térmico de los colectores solares de placa absorbora fabricada en aluminio y cobre.
- e) Comparar por medio de los resultados de eficiencia los colectores solares de placa plana (placa absorbora en cobre y aluminio) y así dar una recomendación al fabricante.
- f) Establecer recomendaciones en el procedimiento de fabricación del colector solar para asegurar la repetividad de los procesos de manufactura.



## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. Radiación solar

Para alcanzar la superficie terrestre la radiación solar debe atravesar la atmósfera donde experimenta fenómenos de reflexión, absorción y difusión que disminuyen la intensidad final. La radiación que llega directamente del sol es la denominada radiación directa y la que previamente es absorbida y difundida por la atmósfera (muy significativamente, por ejemplo, en días nublados) es la radiación difusa.

La radiación solar, tanto directa como difusa, se refleja en todas las superficies en la que incide dando lugar a la radiación reflejada. La reflexión dependerá de las características y naturaleza de la superficie reflectora. La radiación solar global es la suma de los tres tipos antes citados, directa difusa y reflejada, y es la que podemos aprovechar para su transformación térmica.

Las proporciones de radiación directa, dispersa y albedo recibida por una superficie determinada dependen:

- De las condiciones meteorológicas (de hecho, en un día nublado la radiación es prácticamente dispersa en su totalidad; en un día despejado con un clima seco predomina, en cambio, la componente directa, que puede llegar hasta el 90% de la radiación total).
- De la inclinación de la superficie respecto al plano horizontal (una superficie horizontal recibe la máxima radiación dispersa y la mínima reflejada).
- De la presencia de superficies reflectantes (debido a que las superficies claras son las más reflectantes, la radiación reflejada aumenta en invierno por efecto de la nieve y disminuye en verano por efecto de la absorción de la hierba o del terreno). (Salgado, 2010)

### 5.2. Coordenadas solares.

En el sistema de coordenadas de la esfera celeste se especifica la posición del sol mediante dos ángulos que se denominan elevación y acimut. Estas coordenadas solares se definen con respecto a la dirección vertical que es la dirección que marcaría una plomada, que, apuntando hacia abajo, se dirigiría hacia el centro de la Tierra y hacia arriba interceptaría a la esfera celeste en un punto denominado cenit. La intersección en el hemisferio opuesto de la esfera celeste definiría el punto opuesto del cenit denominado nadir. Las definiciones de las coordenadas solares:

- I. Elevación solar  $\gamma_s$ : Es el ángulo que forman los rayos solares con la horizontal. Toma valores que van de  $(90^\circ - \Phi - \delta)$  en el solsticio de invierno a  $(90^\circ - \Phi + \delta)$  en el solsticio de verano, siendo  $\Phi$  la latitud del lugar y  $\delta$  la declinación.
- II. Acimut solar  $\Psi_s$ : ángulo formado por el meridiano del sol y el meridiano del lugar, tomando como referencia el Sur en el hemisferio norte y el Norte en el hemisferio sur. Tiene valores positivos de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  hacia el Oeste y negativos de  $0^\circ$  a  $-180^\circ$  hacia el Este.
- III. Ángulo o distancia cenital  $\theta_{zs}$ : ángulo formado por la dirección del sol y el vertical. Es el ángulo complementario de la elevación solar. (Santamaría, 2010)

### 5.3. Energía solar Térmica

Una instalación solar térmica es un sistema de aprovechamiento de energía solar para producción de agua caliente. Las diferencias entre ésta y un equipo solar doméstico (que en general es asimilable conceptualmente con los equipos compactos o termosifón) es que el equipo compacto está fabricado mediante un proceso estandarizado que presupone resultados uniformes en prestaciones, se ofrece en el mercado bajo un único nombre comercial y se vende como unidad preparada para su instalación. El equipo compacto puede estar constituido por un único componente integral o por un conjunto de componentes normalizados en características y configuración.

Básicamente el funcionamiento de una instalación es el siguiente:

- Captación de la energía radiante para transformarla directamente en energía térmica, con el aumento de temperatura de un fluido de trabajo.
- Almacenamiento de dicha energía térmica, bien en el mismo fluido de trabajo de los colectores, o bien transferida al agua de consumo para su posterior utilización.

En cualquier instalación solar térmica se denomina circuito primario al circuito hidráulico formado por los colectores y las tuberías que los unen al acumulador, y es el encargado de recoger la energía térmica del colector y transferirla al acumulador solar directamente o a través de un intercambiador de calor. Por el circuito secundario siempre circula agua de consumo. La transferencia de energía solar al agua del acumulador se realiza por la circulación del fluido contenido en el circuito primario. Este se calienta a su paso por los colectores y se enfría cuando pasa a través del sistema de intercambio, al transmitir al agua del consumo. El agua caliente del sistema de acumulación queda almacenada y dispuesta para ser consumida.

#### 5.3.1. Componentes de una instalación solar térmica.

El equipo solar doméstico compacto, al igual que una instalación solar, puede estar constituido por:

- Un sistema de captación formado por uno o varios captadores que transforman la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que aquellos contienen.
- Un sistema de acumulación constituido por un depósito que almacena el agua caliente hasta que se precise su uso.
- Un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de colectores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.
- Un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de conducir el movimiento del fluido caliente desde el sistema de captación hasta el sistema de acumulación y desde éste a la red de consumo.
- Un sistema de regulación y control que fundamentalmente se encarga de asegurar el correcto funcionamiento del equipo, para proporcionar un adecuado servicio de agua caliente y aprovechar la máxima energía solar

térmica posible. Por otro lado, puede incorporar distintos elementos de protección de la instalación.

- Adicionalmente los equipos suelen disponer de un sistema de energía auxiliar que se utiliza para complementar el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o consumo superior al previsto (Salgado, 2010)

#### 5.4. El captador solar plano.

Los captadores solares son los encargados de convertir la energía del Sol en calor, que se transporta al fluido de trabajo del circuito solar. En los captadores solares planos el fluido de trabajo circula por el interior de los mismos, a través de un circuito interno formado, usualmente, por tubería o por los huecos que dejan entre sí un par de placas electrosoldadas.

El principio físico que se rige la transferencia de calor en el interior de los captadores solares vidriados es el efecto invernadero, que tiene lugar cuando la radiación solar incidente atraviesa la cubierta transparente del captador y queda atrapada en el interior del mismo. El efecto invernadero tiene lugar en el interior de los captadores solares vidriados al incidir sobre ellos la radiación solar, haciéndose transparentes a la radiación de onda corta, correspondiente a la radiación solar, y opacos de la radiación de onda larga, que corresponde con emisiones de energía en forma de calor (infrarrojo). De este modo, cuando la mayor parte de la radiación solar atraviesa el vidrio, una parte es reflejada por la placa absorbidora, volviendo a incidir sobre el vidrio, pero por una cara interior, y siendo conducida, de nuevo, hacia la placa absorbidora. El efecto que se produce en el interior de un vehículo cuando se encuentra con sus ventanas cerradas y expuesto a la radiación solar.

Además de propiciar el efecto invernadero, la cubierta de los captadores solares planos protege al absorbedor de la intemperie y minimiza las pérdidas por convección debidas a la acción del viento. (Salgado, 2010)

##### 5.4.1. Principales componentes del captador solar plano.

- I. Cubierta transparente: como su nombre lo indica está construida con un material transparente a la radiación solar (vidrio o plástico incoloro) y que además debe ser capaz de:
  - a. Provocar el efecto invernadero.
  - b. Reducir las pérdidas térmicas por convección y radiación en el absorbedor.
  - c. Asegurar la estanqueidad.
- II. Absorbedor: es el elemento fundamental de un captador solar plano, tiene por misión recibir la radiación solar, transformarla en energía térmica y transmitirla al fluido caloportador. Se suele emplear cobre y solo en el caso que el fluido que pasa por el absorbedor sea el mismo que se utiliza en el sistema se emplean absorbedores de acero o plástico. Entre las características y propiedades que debe tener un buen absorbedor hay que destacar:

- a. Pérdida de carga.
  - b. Capacidad del absorbedor.
  - c. Homogeneidad de la circulación del fluido caloportador en el absorbedor.
  - d. Transmisión de calor entra la placa absorbente y el fluido.
  - e. Resistencia a la presión.
- III. Aislamiento térmico: el absorbedor está protegido, en su parte lateral y posterior, por un aislamiento térmico para evitar las pérdidas por conducción. Los aislantes deben poseer, entre otras, las siguientes características:
- a. Comportamiento con la temperatura.
  - b. Desprendimiento de vapores.
  - c. Verificar que no se degrada por envejecimiento.
  - d. Se deben proteger contra la penetración accidental de agua o las condensaciones.
- IV. Carcasa: es el dispositivo sobre el que descansan cada uno de los elementos que componen el captador. Su misión es doble: proteger y soportar los diversos elementos que constituyen el colector y actuar de enlace con el conjunto del edificio sobre el cual se sitúa el colector. Se suelen utilizar carcasas de aluminio. La vida útil de la carcasa debe ser al menos de 20 años. (Javier, 2008)

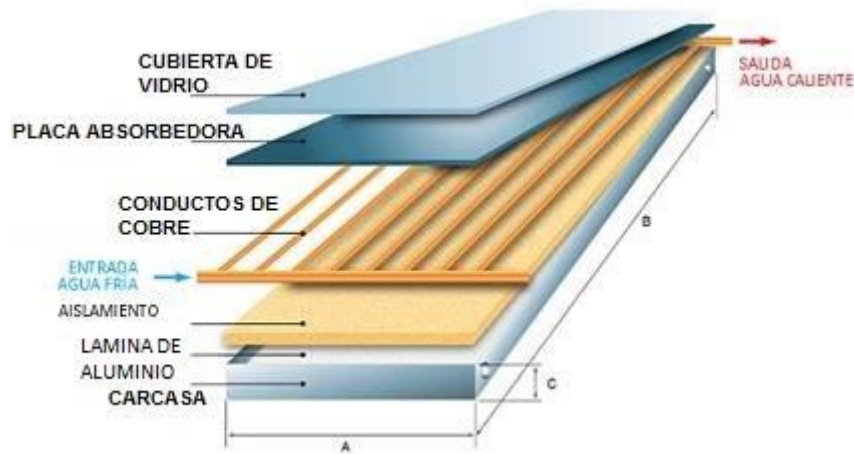


Ilustración 1. Componentes principales del captador solar térmico.

### 5.5. Pruebas normativas

En los colectores solares deben resistir una serie de condiciones ambientales, por lo tanto, existen unas normas que permite medir dichas condiciones, algunas de estas normas son:

Prueba	Estándar	Procedimiento de la Prueba
Resistencia a la Alta Temperatura	EN 12975	Un colector mínimo 1 h con $G > 1,000 \text{ W / m}^2$ y la temperatura ambiente de $20 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$ , el viento $< 1 \text{ m / s}$
	ISO 9806-2 [1]	Un Colector mínimo 1 h con G: A) 950-1049; B) 1050 - 1200; C) $> 1200 \text{ (W / m}^2)$ y la temperatura ambiente: A) $25 - 29,9$ ; B) $30 - 40$ ; C) $> 40 \text{ }^\circ\text{C}$ , el viento $< 1 \text{ m / s}$
Exposición	EN 12975	Un colector A de acuerdo con ISO 9806-2 Clase A 30 días con $H > 14 \text{ MJ / m}^2$ 30 h con $G > 850 \text{ W / m}^2$ y $T_{amb} > 10 \text{ }^\circ\text{C}$
	ISO 9806-2	Colector A, B, C 30 días con H: A) 14; B) 18; C) $20 \text{ MJ / m}^2$ 30 h con G: A) 850; B) 950; C) $1050 \text{ W / m}^2$ y $T_{amb} > \text{A) } 10; \text{B) } 15; \text{C) } 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Choque térmico externo	EN 12975	Un Colector A 2 tiempos acorde a la ISO 9806-2 Clase A mínimo 1h con G ( $\text{W/m}^2$ ) y $T_{amb} \text{ (}^\circ\text{C)}$ durante 30 h expuesto
	ISO 9806-2	Colector A. 2 tiempos mínimos de 1h con G ( $\text{W/m}^2$ ) y $T_{amb} \text{ (}^\circ\text{C)}$ durante 30 h expuesto
Choque térmico interno	EN 12975	Colector A. 2 tiempos acorde con la ISO 9806-2. Clase A mínimo 1h con G ( $\text{W/m}^2$ ) y $T_{amb} \text{ (}^\circ\text{C)}$ durante 30 h expuesto
	ISO 9806-2	Colector A. 2 tiempos mínimos de 1h con G ( $\text{W/m}^2$ ) y $T_{amb} \text{ (}^\circ\text{C)}$ durante 30 h expuesto
Penetración de Lluvia	EN 12975	Colector A. Duración de la prueba 4h
	ISO 9806-2	Colector A. Duración de la prueba 4h
Comportamiento Térmico	EN 12975	Colector B previamente acondicionado 5h con $G > 700 \text{ W/m}^2$ , fracción difusa $< 30\%$ .
	ISO 9806-2	Colector A, con inclinación ajustable latitud $\pm 5 \text{ }^\circ$ , pero no menos de $30 \text{ }^\circ$ , fracción difusa $< 20\%$ . Área del colector: $0,1\%$ de precisión, irradiación global mínimo $G > 800 \text{ W / m}^2$ . La velocidad del viento $2-4 \text{ m / s}$ . Volumen de flujo $0,02 \text{ kg / (s * m}^2)$ , máx. deriva $\pm 10\%$ , en masa desviación flujo $\pm 1\%$ , irradiación Desviación $\pm 50 \text{ W / m}^2$ . Desviación $T_{amb} \pm 1 \text{ K}$ , desviación de la temperatura de entrada de $\pm 0,1 \text{ K}$ . $T_{out}-T_{in} > 1,5 \text{ K}$ , $T_m-T_{amb}$ en $\eta_0 \pm 3\text{K}$ . Fase de acondicionamiento mínimo de 15 minutos y la medición de fase mínima 15 min.

Tabla 1. Normas técnicas.

## **6. METODOLOGIA**

La metodología para dar solución al problema planteado de este proyecto es la siguiente:

### **6.1. Fase de documentación**

Se revisa según los objetivos a desarrollar la documentación necesaria dando como resultado la obtención de información de conceptos generales en proyectos sobre colectores térmicos solares cambiando el material en la placa de absorción a nivel local e internacional, y a su vez se obtiene la normatividad pertinente para realizar los ensayos sobre el funcionamiento colector.

### **6.2. Fase de Identificación y caracterización del sistema**

Realizar la caracterización del colector solar de placa plana de absorción en aluminio según la norma consultada y estudiada anteriormente, e identificar los lugares en donde se realizarán las pruebas de eficiencia térmica, por medio del banco en el exterior y en el laboratorio de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

### **6.3. Fase de desarrollo de pruebas de funcionamiento**

Para estudiar la eficiencia del colector solar suministrado por la empresa *Futuro Solar* se instalará de acuerdo a la norma 12975-2 y se realizarán las pruebas con el banco al exterior que se encuentra en la terraza del gimnasio y en el laboratorio de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Se hará uso del software TRNSYS para realizar la simulación de los colectores de placa absorbora fabricadas en cobre y en aluminio para su respectiva comparación de eficiencia térmica.

### **6.4. Fase de documentación de análisis de resultados.**

Después de realizar las pruebas pertinentes al colector solar se recopilarán y se estudiarán los resultados obtenidos para poder realizar la caracterización térmica del colector solar de placa absorbora fabricada en aluminio y mostrar los resultados a la empresa Futuro Solar para que ellos determinen si es viable la fabricación del mismo en temas de costos de fabricación-eficiencia.

## 7. CRONOGRAMA

Actividades		Semanas																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Fase de documentación	Recopilación de información	■																			
	Redacción de la información		■	■																	
	Revisión y presentación				■																
Fase de identificación y caracterización del sistema	Identificación del colector solar	■																			
	Establecer factores involucrados					■															
Fase de desarrollo de pruebas de funcionamiento	Especificaciones de montaje del colector solar térmico						■														
	Pruebas de comportamiento del funcionamiento							■	■	■	■										
	Simulación de comportamiento en el software TRNSys											■	■	■	■						
Fase de documentación de análisis de resultados	Recopilación de resultados de las pruebas														■	■					
	Análisis de resultados																	■	■		
	Construcción de gráficas paramétricas de funcionamiento																			■	
	Realización de recomendaciones de proceso de fabricación del colector																				■

Tabla 2. Cronograma de actividades de Gantt

## 8. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Descripción	Valor Unitario	Cantidad	Total
Colectar solar de placa plana	\$1.300.000	1	\$1.300.000
Transporte del Colector	\$30.000	1	\$30.000
Instalación del colector	\$100.000	1	\$100.000
Documentación	\$7.000	1	\$7.000
		<b>Total</b>	<b>\$1.437.000</b>

Tabla 3. Presupuestos

\*El colector va ser prestado por parte de la empresa Futuro Solar para su estudio

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Anderson Miguel Lenz, G. C. (1 de Enero de 2018). Evaluation of three systems of solar thermal panel using low cost material, tested. *Journal of Cleaner Production*, 167, 201-207.

- Duarte Baquero, D. O., & Prieto Moyano, D. D. (2016). Análisis de desempeño de un colector solar de la empresa Futuro Solar para determinar la eficiencia térmica. Bogotá D.C., Colombia.
- Garzón Romero Juan David, R. S. (8 de Julio de 2015). DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉRMICA INSTÁNTANEA Y LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL COLECTOR SOLAR PSHC-1C, DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN ENERGÍA SOLAR TÉRMICA, UBICADO EN LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES. Bogotá D.C., Colombia.
- Javier, C. R. (2008). *Manual de energía solar térmica. Diseño y cálculos de instalaciones*. Valencia, E: Universidad Politécnica de Valencia.
- Salgado, J. M. (2010). *Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica (Adaptado al código técnico de la edificación y al nuevo RITE)*. Madrid: A. Madrid Vicente, Ediciones.
- Santamaría, A. C. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: EDITEX S.A.
- Texeira Ignacio, S. M. (2010). *Ensayo de dos colectores solares y análisis del banco de ensayos*.
- Trejos Moncadaa Maira Lorena, C. M. (2014). Comparative experimental study of new absorbent surface coatings for flat plate solar collectors. *2013 ISES Solar World Congress*, (págs. 2131-2138). Cancún, Mexico.