

Diseño de un colector térmico solar a partir de neumáticos usados para el calentamiento de agua sanitaria en aplicaciones domésticas

Design of a solar thermal collector from tires used for heating water in domestic applications

Elkin Alberto MORA Espinosa [1](#); Jacipt Alexander RAMÓN Valencia [2](#); Jordi Rafael PALACIOS Gonzalez [3](#)

Recibido: 22/11/2017 • Aprobado: 15/12/2017

Contenido

- [1. Introducción](#)
 - [2. Diseño del colector térmico solar](#)
 - [3. Resultados](#)
 - [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

A nivel mundial se estima que al menos una llanta es descartada por persona y por lo menos 1 billón de neumáticos usados son generados cada año a nivel mundial, para el 2008 se estimaban 4 billones de neumáticos descartados acumulados en diferentes campos en todo el planeta. (World Business Council for Sustainable Development, 2008). En este escrito se determinó la viabilidad de un colector térmico solar construido mediante la reutilización de neumáticos desechados, y así mitigar el impacto ambiental que generan estos elementos.

Palabras-Clave: Colector Solar, Neumáticos

ABSTRACT:

Worldwide it is estimated that at least one tire is discarded per person and at least 1 billion used tires are generated each year worldwide, for 2008 estimated 4 billion discarded tires accumulated in different fields around the world. (World Business Council for Sustainable Development, 2008). This paper seeks to determine the viability of a solar thermal collector built by reusing discarded tires, and thus mitigate the environmental impact generated by these elements.

Keywords: Solar Collectors, Tires

1. Introducción

En los últimos años se ha visto una tendencia en crecimiento, que es la de aprovechar las energías renovables lo que ha hecho común ver colectores térmicos solares en los techos de casas y edificios, pero estos aún mantienen un costo relativamente elevado para ser populares

y estar al alcance cualquier persona, buscando brindar una alternativa más practica pero que siga siendo eficiente se plantea un prototipo de colector térmico solar hecho con neumáticos usados y desechados, el cual tiene un diseño muy sencillo de construir y no necesita mayores elementos para ser replicado e instalado en cualquier lugar, al usar llantas usadas también se busca disminuir la contaminación generada con estos elementos que son desechados en todo el mundo en cantidades de un billón de neumáticos al año y un estimado de más de 4 billones de neumáticos usados se encuentran en campos de almacenaje en todo el mundo con un tiempo de degradación que excede los 100 años. (Dieter Holm, 2005).

Los colectores térmicos solares en general están compuestos por una superficie que está expuesta a la radiación solar por la cual circula el fluido a calentar o un fluido que después entra en contacto con el fluido a calentar y realiza una transferencia de energía para luego ir a un deposito donde se almacena hasta el momento de su uso, los neumáticos usados brindan la posibilidad de tener ambos componentes en un solo elemento, siendo la superficie expuesta y el tanque de almacenamiento el cuerpo del neumático, teniendo en cuenta que por los componentes de los neumáticos estos no sufren una degradación significativa al estar expuestos continuamente a la intemperie y por ser cuerpos negros son buenos absorbiendo y concentrando la radiación solar para calentar el agua sanitaria, los neumáticos de vehículos medianos como camperos y camiones livianos, tienen una capacidad promedio de almacenamiento de agua de 30 a 40 litros en su interior dependiendo del tamaño y al ser elementos ya desechados no tienen costo o el mismo no llega a ser significativo, convirtiéndolos en un elemento idóneo por su capacidad de almacenamiento ya que brindan la demanda diaria de agua caliente sanitaria que usa una persona en promedio que son 40 litros. (World Business Council for Sustainable Development, 2008)

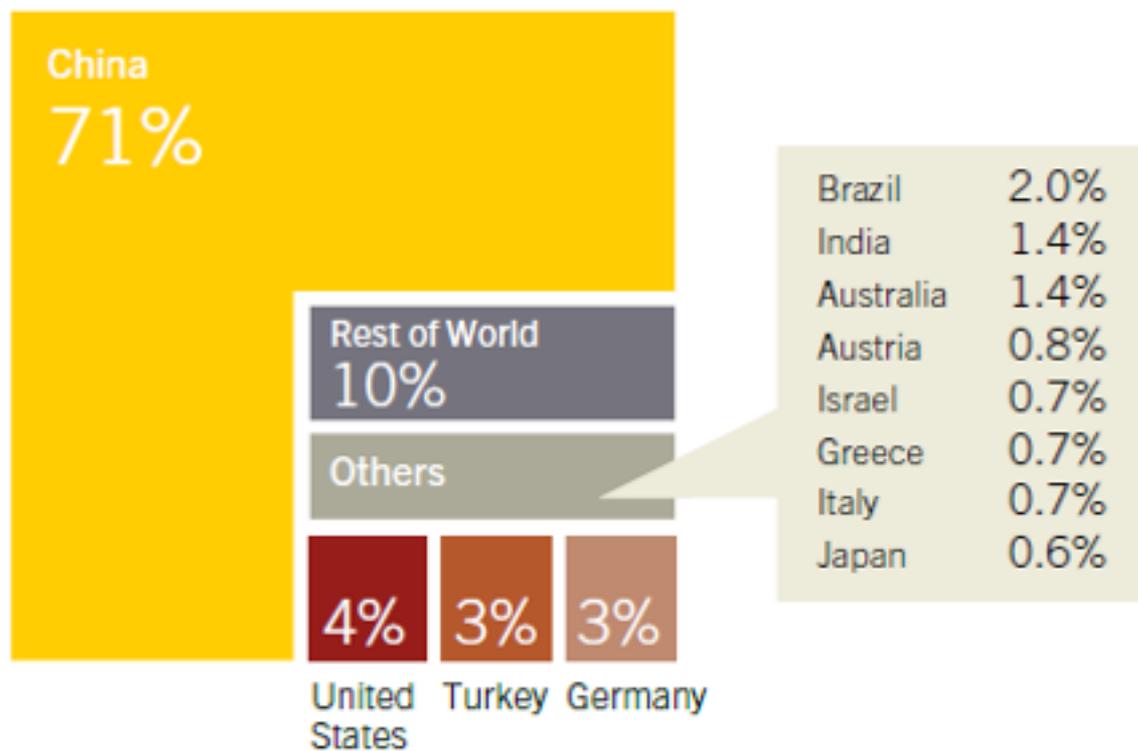
1.1. Energía solar

Las energías renovables siempre han brindado una alternativa para reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles cada día más escasos y con mayor impacto ambiental en su proceso de extracción, esto ha generado a nivel mundial iniciativas para la implementación y desarrollo de aplicaciones que aprovechen la energía solar bien sea, en la generación de electricidad por medio de celdas fotovoltaicas o en colectores térmicos solares.

En el mundo existen programas a gran escala que utilizan la energía solar para el calentamiento de agua a nivel industrial y doméstico, pero estos programas son de algunos pocos países específicos y el crecimiento de esta tendencia no ha sido tan significativo, en la actualidad el aprovechamiento de la energía térmica solar se encuentra distribuido como se muestra en la figura 1.

Figura 1

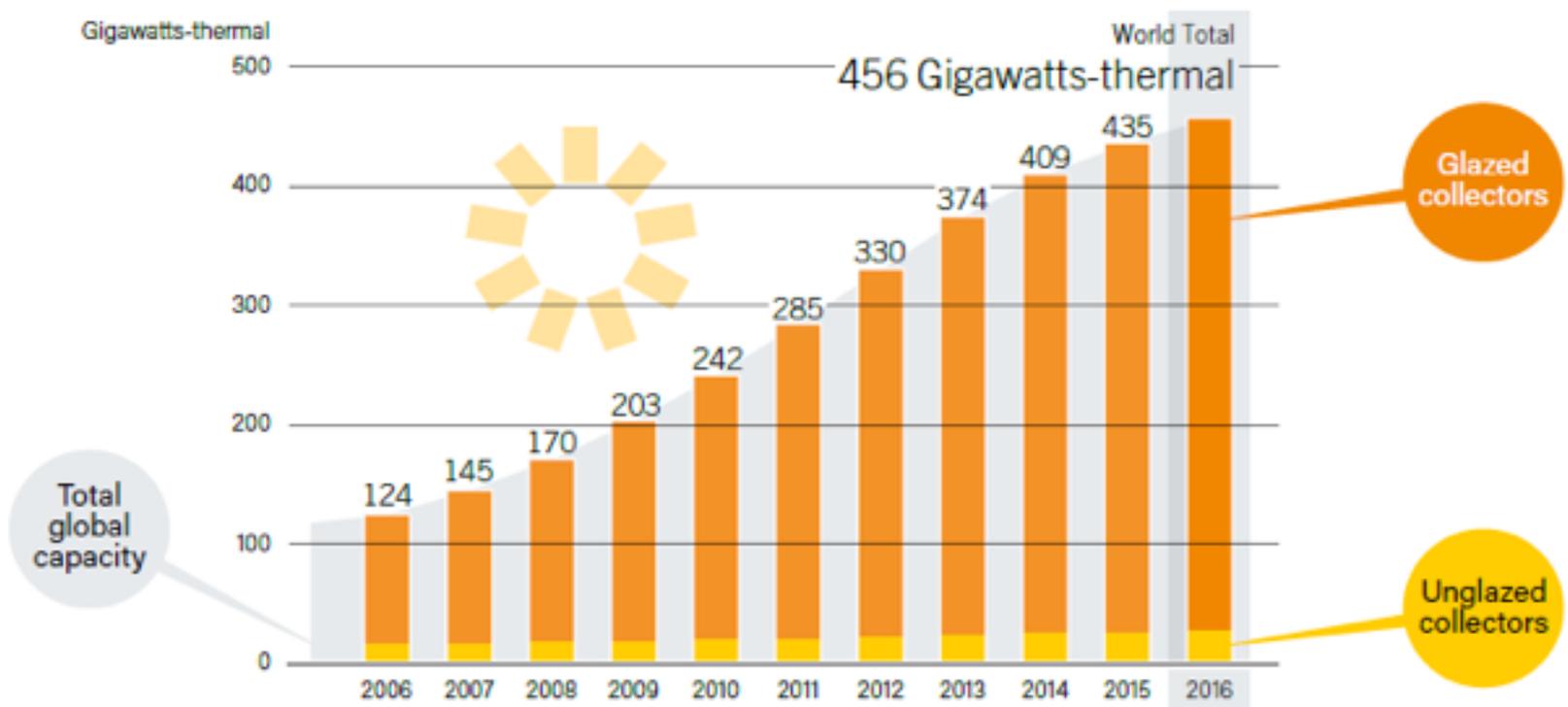
Capacidad Global de Colectores Solares para Calentamiento de Agua en Operación. (REN21, 2017)



El país con mayor implementación de colectores térmicos solares es China que cuenta con el 71% de la capacidad instalada a nivel global, esto en respuesta a la contaminación que se presenta en la mayoría de sus ciudades debido al uso de termoeléctricas que tienen como combustible carbón mineral [3].

En los últimos 10 años se ha incrementado aproximadamente en un 400% la capacidad Global de colectores térmicos solares para el calentamiento de agua como se muestra en la grafica 1.

Grafica 1
Capacidad global de colectores solares para calentamiento de agua, 2006-2016 (REN21, 2017)

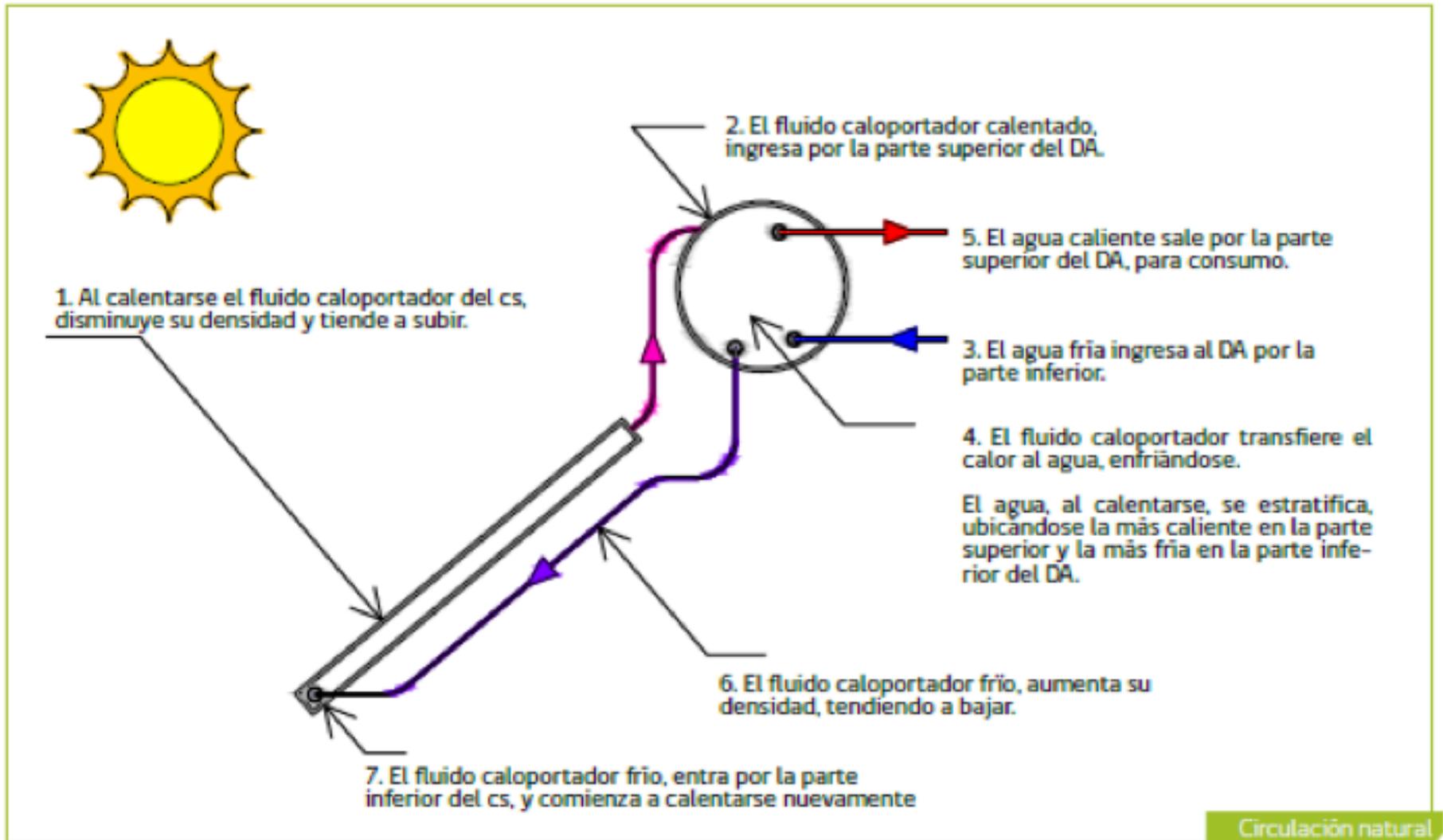


Cabe destacar que en 2017 muchos países están implementando grandes proyectos que aún no están reflejados en la gráfica debido a que no se encuentran en funcionamiento pero van a incrementar significativamente los valores de la capacidad total.

Para el futuro inmediato se espera que todos los países incrementen o inicien la implementación a gran escala del uso de energías alternativas y así suplir sus necesidades de manera limpia y sustentable mediante el apoyo de industrias privadas y de los países más desarrollados que apoyan estos esfuerzos para lograr una transición global hacia las energías renovables.

Uno de los elementos usados para lograr esta transición es el colector térmico solar el tiene un principio de funcionamiento muy sencillo y busca aprovechar la energía renovable y limpia que nos brinda el sol como se puede observar en la figura 2.

Figura 2
Esquema del funcionamiento de un colector térmico solar
(Ministerio de Vivienda y Urbanismo)



Existen diferentes tipos de colectores térmicos solares que son:

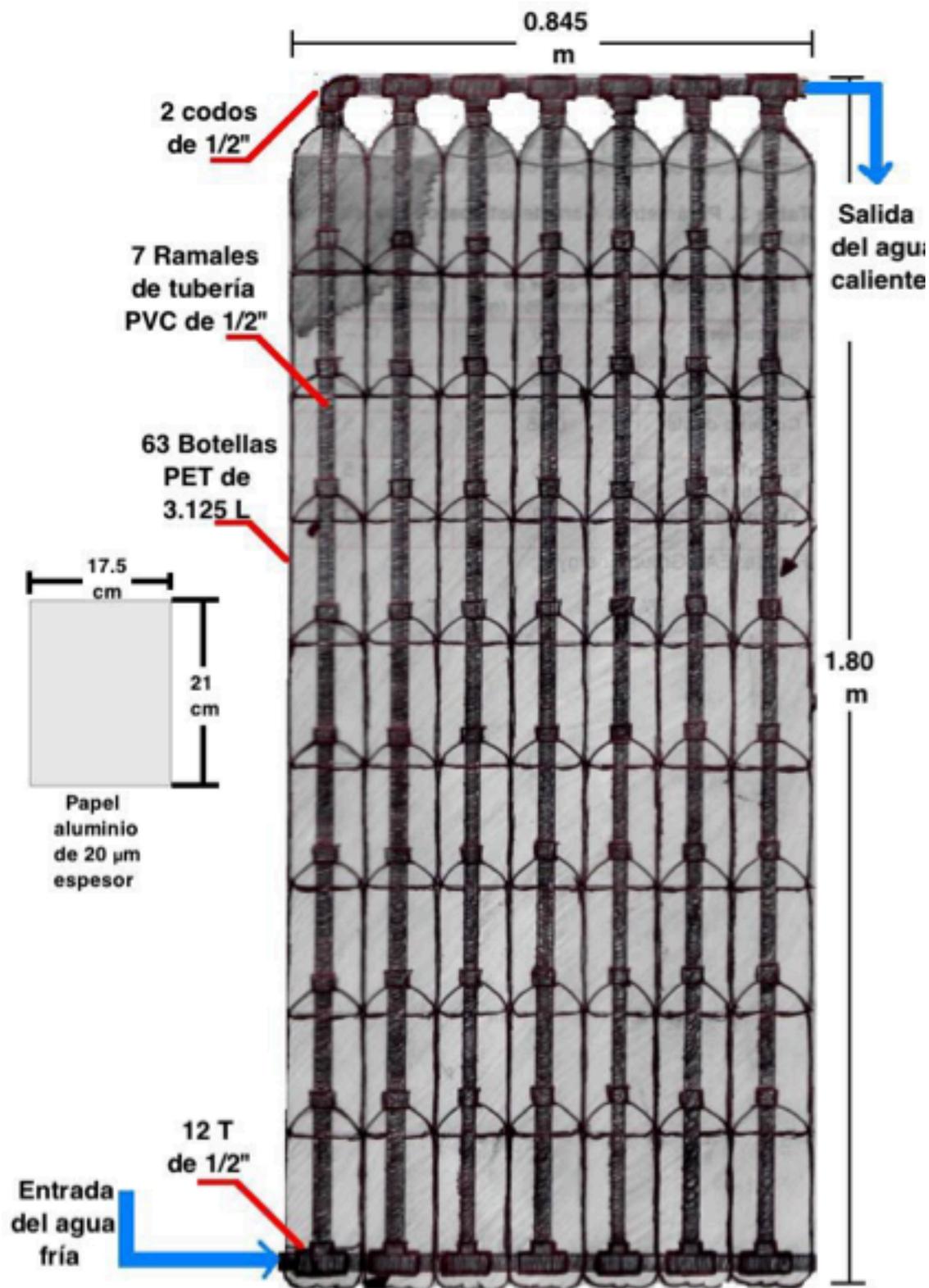
- Colectores solares de placa plana con cubierta
- Colectores solares de placa plana sin cubierta
- Colectores solares de tubo de vacío

Todos los colectores mencionados usan un tanque de almacenamiento externo donde se acumula el fluido luego de pasar el proceso de calentamiento esperando a ser usado.

Además de tener una gran oferta de estos elementos en el mercado global también se ha buscado llevarlos a personas de escasos recursos mediante la construcción de colectores térmicos solares con materiales reciclados, estos colectores son prácticamente el mismo diseño de los que se encuentran comercialmente pero reemplazando los elementos que los componen por objetos desechados como es el caso de las botellas PET que son utilizadas como cubierta transparente para que cumpla la misma función que los tubos de vacío hechos con vidrio.

Los colectores térmicos solares hechos usando botellas PET son muy populares y han sido objeto de varios proyectos e incluso de estudios de su rendimiento comparándolos a los colectores térmicos solares que se encuentran comercialmente. En la figura 3 se muestra el plano para la construcción de un colector térmico solar usando botellas pet desarrollado en la Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia).

Figura 3
Plano de un colector térmico solar hecho con botellas PET. (Macías, 2013)



Como se evidencia en la figura 4 este tipo de colector necesita de varias piezas diferentes y no todas pueden ser recicladas, además el proceso de construcción es relativamente complicado sobre todo si se compara con nuestro diseño.

Figura 4
 Colector térmico solar hecho con botellas PET. (Macías, 2013)



1.2. Neumáticos usados.

Nuestra sociedad actual depende de diferentes tipos de vehículos para su movilidad y desarrollo, estos vehículos han tenido diferentes evoluciones con el fin de reducir los niveles de contaminación que generan al funcionar pero todos los vehículos sin importar la tecnología que tengan tienen un elemento en común que son los neumáticos necesarios para transmitir la potencia al suelo y así lograr el desplazamiento necesario.

Los neumáticos usados cuentan con programas que permiten que sean reutilizados como el reencauche de los mismos dándoles una nueva vida útil al reemplazar la banda de rodamiento gastada el cual se puede apreciar en la imagen 1, pero en algún momento son descartados y ya no pueden ser usados en vehículos, es aquí donde se han buscado diferentes alternativas para su disposición final entre ellas están triturarlos para mezclas asfálticas, pirolisis e incluso como combustible de diferentes industrias, este último tiene un grave inconveniente ya que los neumáticos al ser quemados generan una gran cantidad de gases tóxicos lo que hace que este proceso tenga un impacto más negativo que positivo.

Esta problemática tiene unas dimensiones gigantes ya que se estima que al menos una llanta es descartada por persona y por lo menos 1 billón de neumáticos usados son generados cada año a nivel mundial, para el 2008 se estimaban 4 billones de neumáticos descartados acumulados en diferentes campos en todo el planeta. (World Business Council for Sustainable Development, 2008).

Imagen 1

Planta de trituración de neumáticos usados
(World Business Council for Sustainable Development, 2008)



A pesar de que cada país cuenta con diferentes leyes o políticas para el manejo de estos residuos es prácticamente imposible manejar todos los neumáticos que se desechan, en Colombia existen varias leyes y programas para el manejo de neumáticos usados, aun así se puede apreciar fácilmente vías rurales y aun más evidente en zonas urbanas la contaminación generada por estos elementos como se muestra en la imagen 2, en muchos casos esto se debe a la falta de cultura en la aplicación de procesos como el reencauche y el reciclaje, desconocimiento de las diferentes opciones para la disposición final.

Imagen 2

Contaminación generada por neumáticos usados en la ciudad de Bogotá D.C. (MOJICA, 2015)



Teniendo como meta mitigar el impacto de los neumáticos descartados nace la iniciativa de aprovecharlos como colectores térmicos solares ya que brindan características que son idóneas para este tipo de sistemas.

2. Diseño del colector térmico solar.

En la etapa de diseño se buscaron neumáticos descartados y se procedió a determinar el volumen de la capacidad de almacenamiento mediante el volumen de un toroide, el cual dio una capacidad aproximada de 36.7 litros en un neumático medida 6.50r15 cuyas dimensiones son las presentes en la tabla 1.

Tabla 1
Características físicas del neumático usado como colector solar. (Autor, 2017)

Diámetro exterior	Diámetro interior	Ancho de sección.
71.12 cm.	38.1 cm.	16.51cm.

Este neumático es de uso común en camperos, camionetas y camiones ligeros, según los valores obtenidos un solo neumático podría brindar la demanda diaria para una persona de agua caliente sanitaria, uno de los principios que guio este diseño es mantener la sencillez y bajo costo en el proceso para que de esta forma sea atractivo de replicar por cualquier persona sin importar ubicación ya que solo es necesaria la radiación solar para su funcionamiento.

2.1. Simulación del Colector Térmico Solar.

El diseño CAD inicial se llevó a cabo usando el software SOLIDWORKS obteniendo como resultado las figuras 5, 6 y 7.

Figura 5
Vista panorámica del diseño del colector térmico solar hecho con neumáticos desechados. (Autor, 2017)

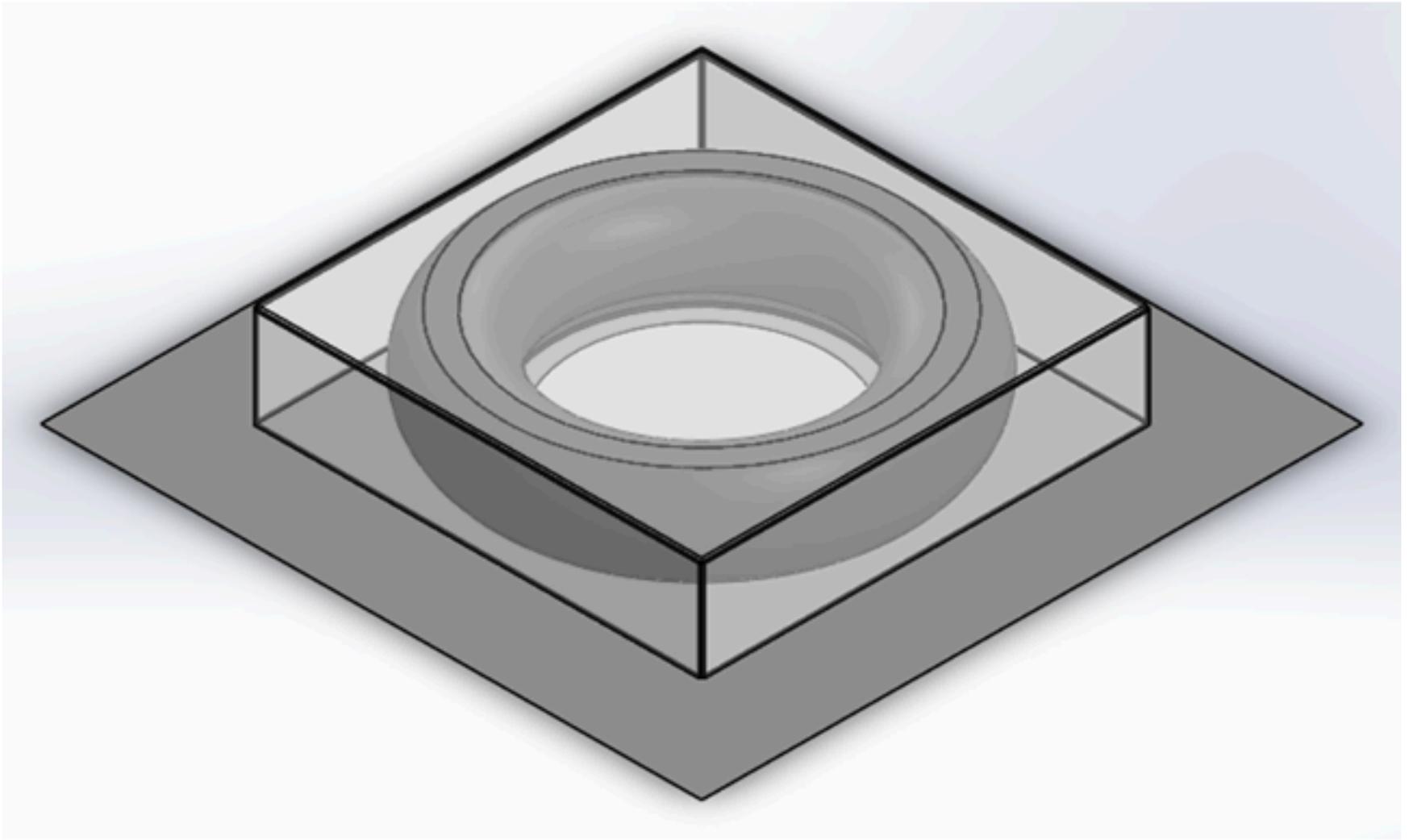


Figura 6
Vista superior del colector térmicos solar hecho con neumáticos desechados. (Autor, 2017)

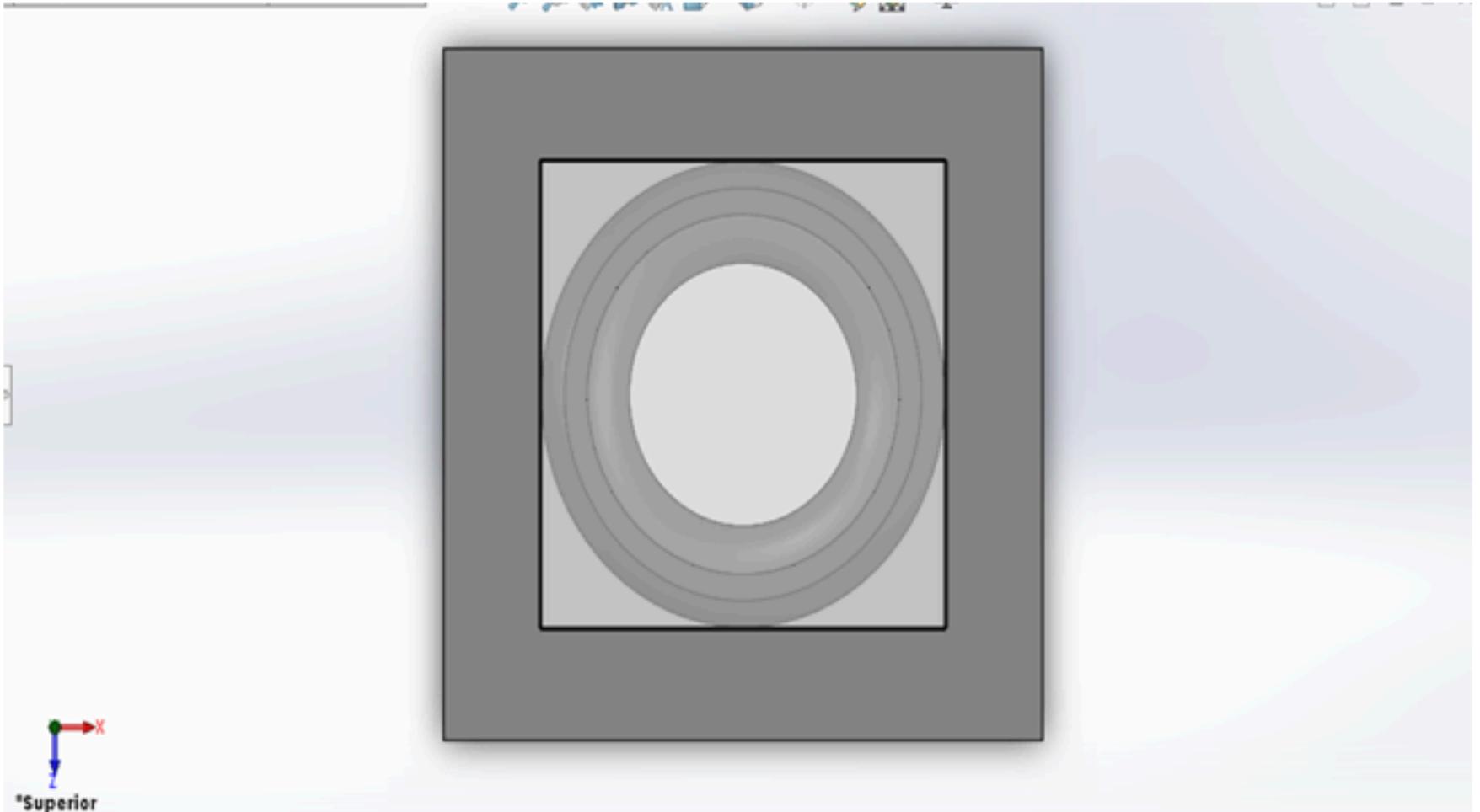
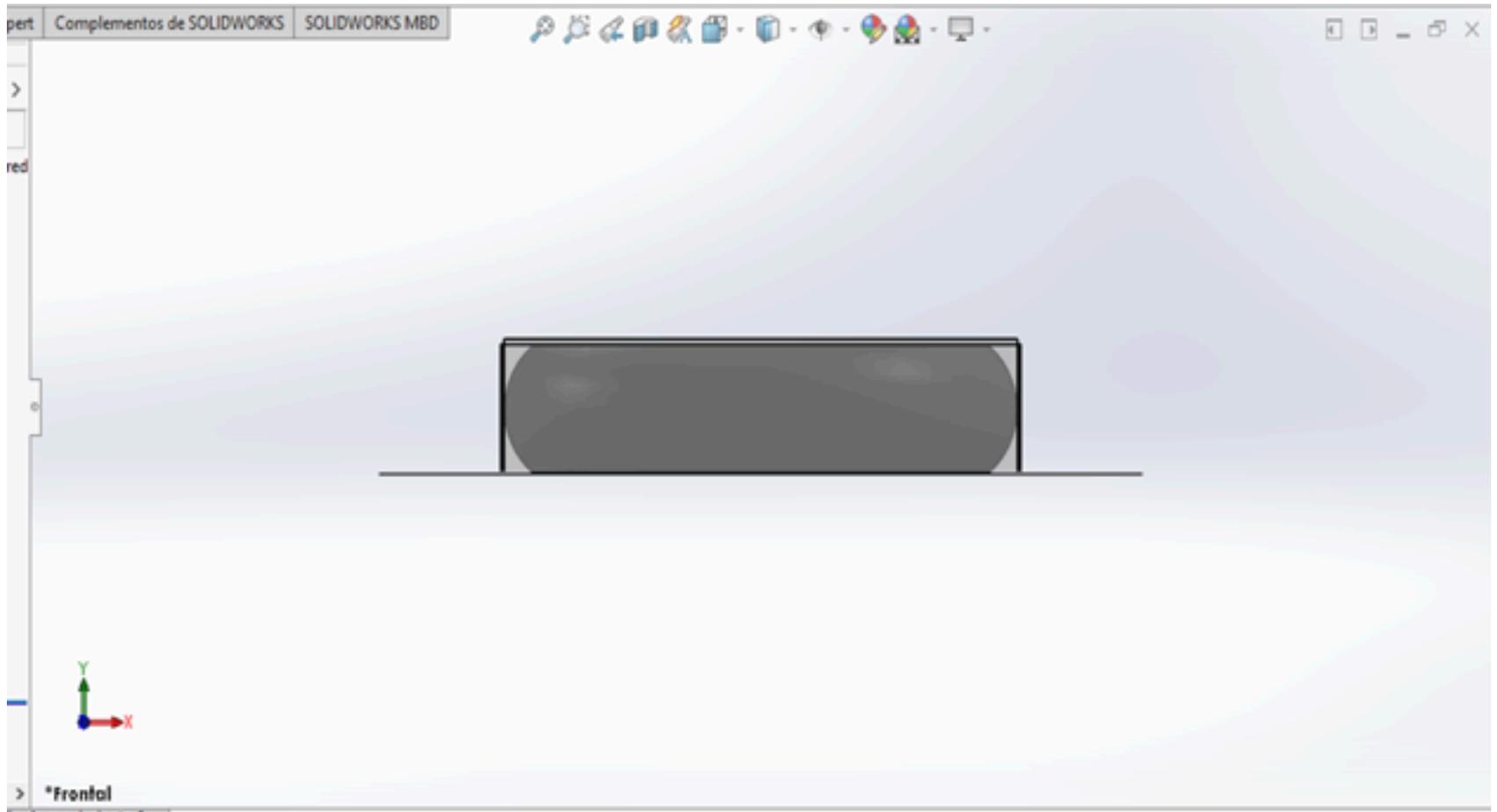


Figura 7

Vista lateral del colector térmico solar hecho con neumáticos desechados. (Autor, 2017)



La simulación del comportamiento del colector térmico solar hecho con neumáticos desechados se realizó mediante el software de elementos finitos ANSYS luego de haber revisado las características de los materiales que componen los neumáticos mediante el software CES Edupack, y así poder obtener una idea del comportamiento que tendría el colector para después validar los datos experimentales.

2.2. Construcción del colector.

El primer paso fue la instalación de una segunda válvula en la cámara que va dentro del neumático que funciona como depósito, para que permitiera la entrada de agua fría y la salida de agua caliente por ductos diferentes como se muestra en la imagen 3, este proceso es muy importante ya que brinda la posibilidad de extraer el agua caliente sin pérdidas de temperatura al mezclarse con el agua fría.

Imagen 3

Vista de la cámara con las dos válvulas ya instaladas. (Autor, 2017)



Debido a que el colector térmico solar se instaló en la ciudad de Pamplona Norte de Santander se tomó la decisión aislarlo de la intemperie mediante una caja de cristal que lo rodea, la cual maximiza el aprovechamiento de la radiación solar y a la vez reduce la exposición a corrientes de aire y bajas temperaturas del ambiente mejorando la capacidad de mantener la temperatura del agua.

En el esquema presentado en la figura 8 se muestra el proceso de construcción del colector térmico solar usando los elementos antes mencionados:

Figura 8

Esquema de la construcción del colector térmico solar. (Autor, 2017)

	<p>Se usa una llanta y neumático cuya vida útil en vehículos ya terminó, como componentes principales del Colector Térmico Solar, siendo necesario solamente un proceso de limpieza.</p>
	<p>El neumático funciona como depósito de agua, el cual tiene un volumen aproximado de 36.72 litros, para el caso de nuestro prototipo.</p>
	<p>Con el fin de mantener la temperatura del agua se construye una caja de cristal que aísla el colector de las variaciones de temperatura, corrientes de aire y reduce las pérdidas de temperatura del agua.</p>
	<p>El neumático cuenta con dos válvulas diferentes para permitir el llenado y vaciado del agua por ductos diferentes, brindando mayor facilidad de instalación y manejo, además se agregó una superficie reflejante en el centro del neumático para aprovechar al máximo la radiación solar, este elemento se construyó con una lámina de zinc reciclada.</p>
	<p>Se puede apreciar la lectura de temperatura del agua, en las lecturas de prueba se usó un método manual de muestras, para el seguimiento continuo las lecturas se adquirieron de forma remota.</p>

Ya estando el colector térmico solar construido e instalado, se procede al proceso de pruebas el cual se realizó tomando lecturas cada hora de la temperatura ambiente, temperatura del agua del grifo y la temperatura del agua del colector.

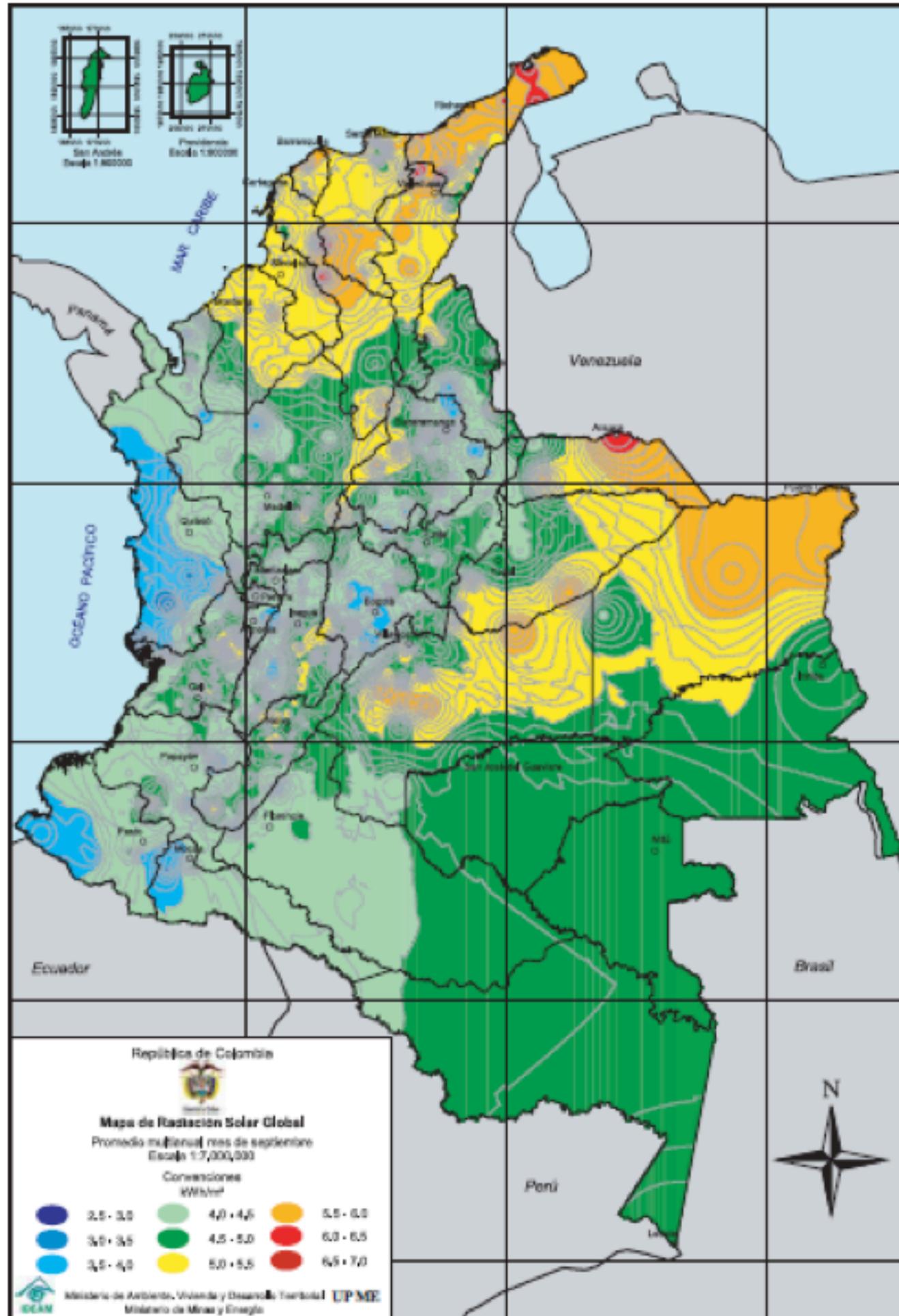
3. Resultados

El Colector Térmico Solar construido con materiales reciclados, se encuentra en la ciudad de Pamplona Norte de Santander (Colombia), la cual está ubicada a 2200 msnm, y tiene una temperatura promedio de 16 ° C. (Pamplona, 2017).

La radiación solar promedio para el mes de septiembre en el que se realizaron las pruebas fue de 4.0 a 4.5 kWh/m², valor tomado del mapa de radiación solar global como se observa en la figura 9. (ENERGIA-UPME, 2016)

Figura 9

Radiación solar promedio a nivel nacional en el mes de septiembre. (ENERGIA-UPME, 2016)



Ademas de las lecturas de temperatura se tomaron imágenes termograficas del colector termico solar, para apreciar las temperaturas que se alcanzaban en la superficie del colector, observadas en las figuras 10 y 11.

Figura 10

Imagen termo gráfica de la superficie del colector solar. (Autor, 2017)

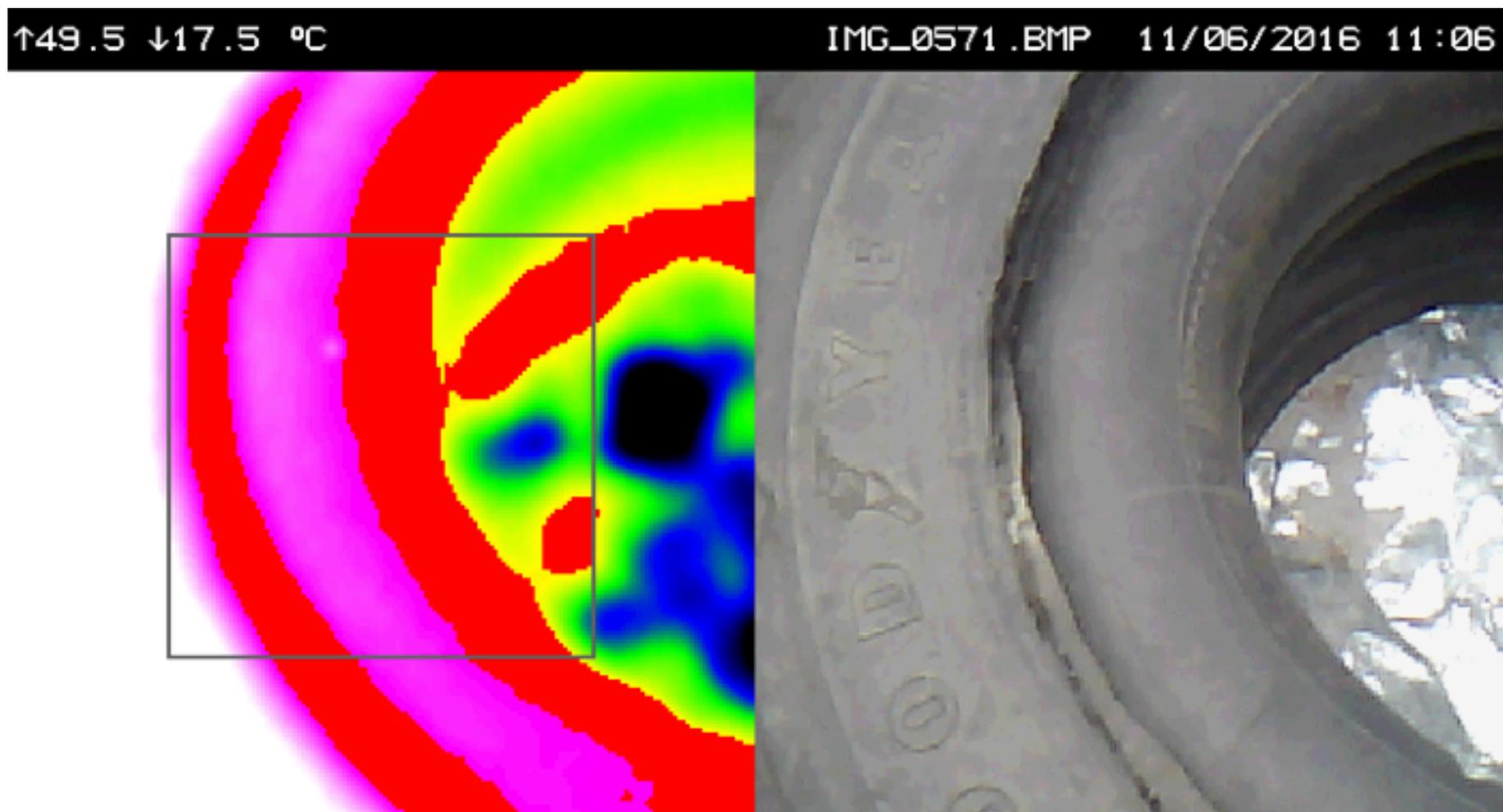
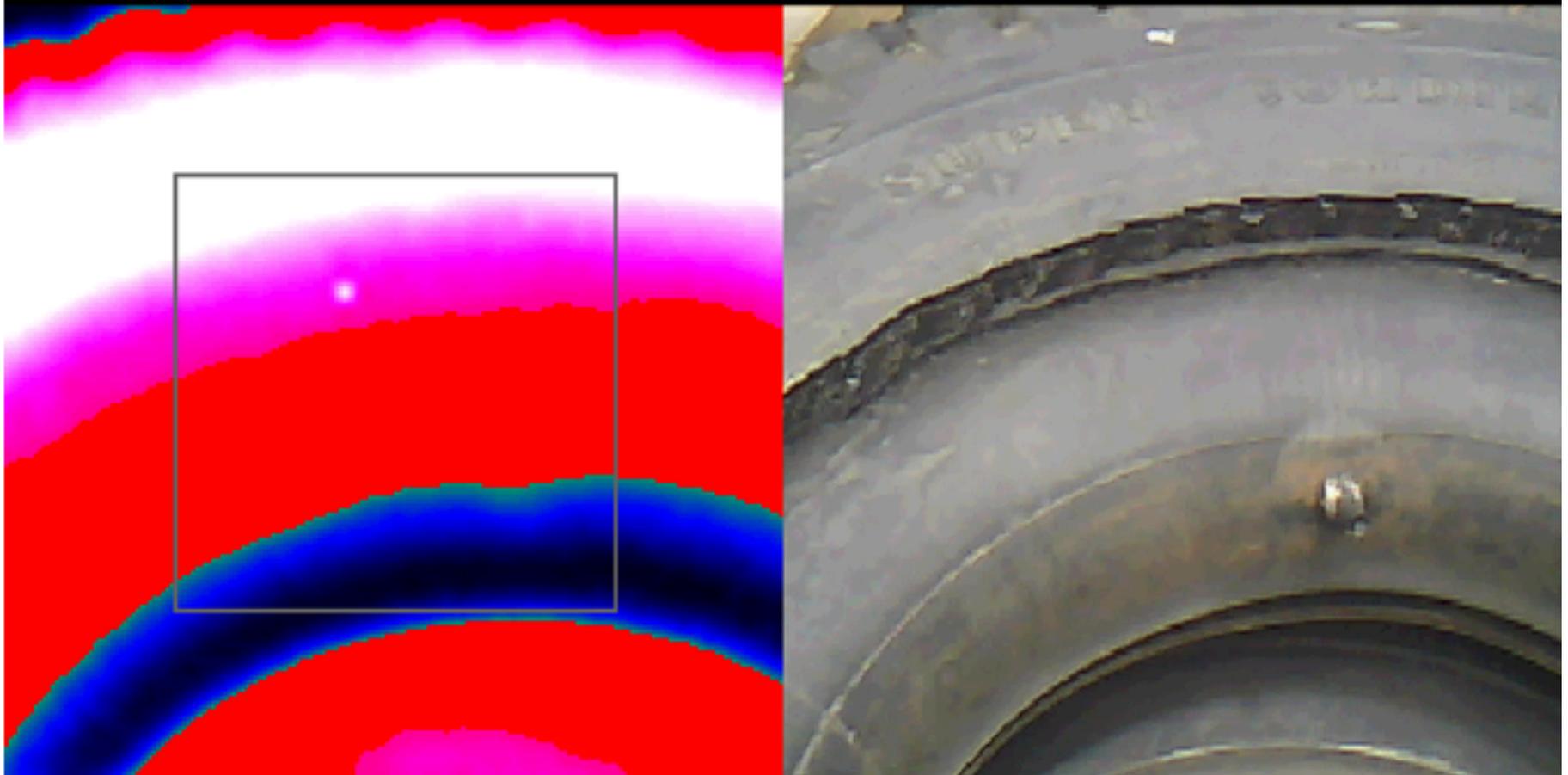


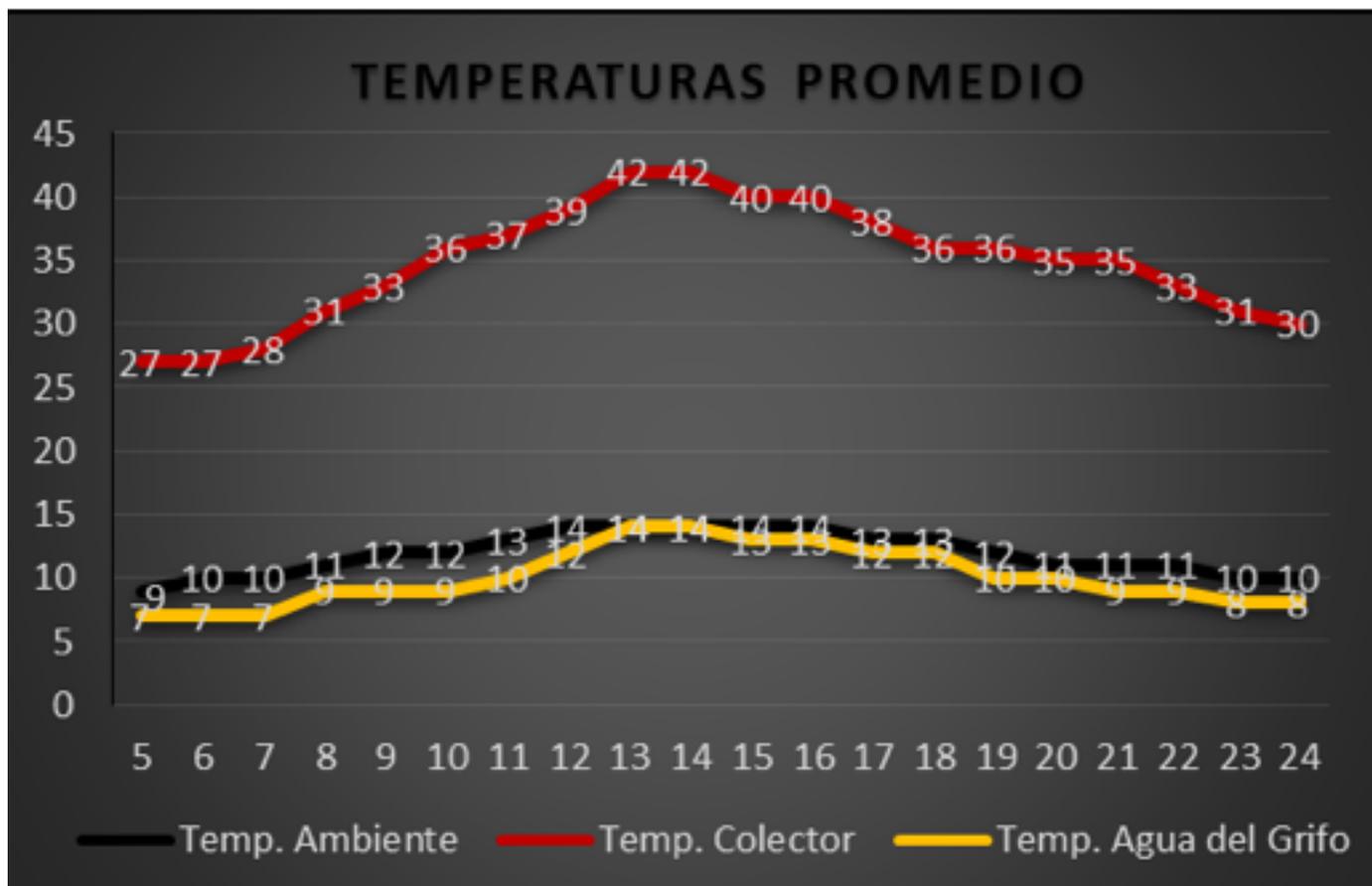
Figura 11

Imagen termo gráfica de la superficie del colector solar. (Autor, 2017)



Las pruebas se realizaron durante un periodo de 30 días que se observan la grafica 2, en los cuales se presentaron temperaturas ambiente que oscilan desde los 6 a los 19 ° C, tomando datos cada hora en los sensores de temperatura ubicados en la entrada de agua al colector, en la salida de agua del colector y la temperatura ambiente.

Grafica 2
Promedio de temperaturas obtenidas. (Autor, 2017)



Luego de adquisición de estos datos se procede a tabular y promediar los valores obteniendo como resultado la grafica 2, observando los datos se puede determinar que el gradiente de temperaturas entre el agua del grifo y el agua a la salida del colector se mantiene en un promedio de 23 ° C, en un piso térmico como el de la ciudad de Pamplona (Colombia),

condiciones que se podrían mejorar según el sitio de instalación. También se puede apreciar que la temperatura del agua al interior del colector nunca descendió por debajo de los 25 ° C así la temperatura ambiente llegara a ser de un dígito.

Tabla 2
Valores promedio de temperatura a la salida del colector.

	Colector solar hecho con neumáticos desechados.	Colector solar con botellas PET. *	Colector solar tubos de vacío. (comercial)
Temperatura promedio del agua.	42 ° C.	42 ° C. *	66 ° C.
Costo en pesos (USD)	60.000 pesos (20 USD aprox.)	50.000 pesos ** (17 USD aprox.)	Entre 2 ' 500.000 y 4 ' 500.000 de pesos (830 a 1500 USD)

(Autor, 2017) * valores tomados en la ciudad de Pereira. ** Este valor no incluye el tanque de almacenamiento que requiere el colector. (Macías, 2013).

4. Conclusiones

Al observar el comportamiento del colector térmico solar hecho con neumáticos usados y comparándolo con otros sistemas de colectores solares que usan materiales reciclados como lo es el colector con botellas PET se puede apreciar un comportamiento muy similar en los valores de temperaturas obtenidos, a pesar de tener diferencias como el hecho de que este último es probado en la Ciudad de Pereira (Colombia) que tiene un clima considerablemente más cálido que la Ciudad de Pamplona (Colombia), y que para construir el colector térmico solar con neumáticos desechados son necesarios solo una fracción de los componentes y del tiempo requerido en el colector con botellas PET, pero sobre todo que tiene la gran ventaja de no necesitar un depósito de agua caliente adicional, esto hace que el costo de implementación de este tipo de colectores sea reducido ya que necesita de un área menor para su instalación y funcionamiento.

Un colector térmico solar de tubos de vacío se encuentra en el mercado en un rango de precios que oscila entre los 2 ' 500.000 y 4 ' 500.000 de pesos (830 a 1500 USD) el cual brinda una temperatura promedio de 66 ° C. (Ambientes Soluciones 2017., 2017) pero su valor lo hace poco asequible a la mayoría de personas siendo la implementación de colectores solares contruidos con materiales descartados una de las mejores opciones para la implementación de esta tecnología a gran escala.

El colector solar construido con llantas desechadas tuvo un costo aproximado de 60.000 pesos (20 USD aprox.) incluyendo el vidrio necesario para contruir la caja que lo aísla, este valor se puede reducir considerablemente si el vidrio es reemplazado por plástico transparente en condiciones climáticas que así lo permitan, lo que significaría un valor total de aproximadamente 20.000 pesos (6 USD).

Además de generar beneficios en su uso como colector solar, el más grande aporte de este diseño es brindar una alternativa sencilla y fácil de replicar para los neumáticos que se encuentran desechados prolongando su ciclo de vida de forma indefinida ya que por las características que tienen la degradación cuando se usan como colectores solares es casi nula.

La prueba se realizó usando un neumático que brinda una capacidad de 36.72 litros lo cual es suficiente para una persona, al ser necesario el incremento de la capacidad es posible conectar cualquier cantidad de neumáticos para brindar la capacidad requerida, teniendo en cuenta lo

anterior se puede concluir que el uso de neumáticos usados como colectores térmicos solares es viable como alternativa a los procesos convencionales de calentamiento de agua sanitaria.

Referencias bibliográficas

Ambientes Soluciones 2017. (10 de noviembre de 2017). *Ambiente Soluciones energia solar-led*. Obtenido de <https://www.ambientesoluciones.com/sitio/index.php>

Dieter Holm, D. (2005). *White Paper – ISES (Internacional Solar Energy Society)- "Un Futuro Para el Mundo en Desarrollo Basada en las Fuentes Renovables de Energía."*. Freiburg.

ENERGIA-UPME, M. D. (2016). *Atlas de Radiacion Solar de Colombia*. Bogota D.C.

Macías, A. A. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SOLAR CON BOTELLAS RECICLABLES PET Y ANÁLISIS COMPARATIVO CON OTROS COLECTORES*. Pereira.

MOJICA, Ó. M. (20 de Noviembre de 2015). Decreto pone control al uso y comercialización de llantas. *EL TIEMPO*, pág. 1.

Pamplona, A. d. (20 de 10 de 2017). *Alcaldía de Pamplona*. Obtenido de <http://pamplona-nortedesantander.gov.co/Paginas/default.aspx>

REN21. (2017). *RENEWABLES 2017 GLOBAL STATUS REPORT*. PARIS.

World Business Council for Sustainable Development. (2008). *Managing End-of-Life Tires*. Washington: Atar Roto Presse SA.

1. Ingeniero Mecánico. Msc © en Ingeniería Ambiental. Docente del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pamplona, Pamplona N. de S. email: elkmes@gmail.com

2. PhD en química, Msc Gestión y Tratamiento Del Agua, Ingeniero químico, Docente Investigador, Universidad de Pamplona. Grupo de investigaciones Ambientales Agua Aire y Suelo (GIAAS). Jacipt@unipamplona.edu.co

3. Ingeniero ambiental, Investigador, Universidad de Pamplona. Grupo de investigaciones Ambientales Agua Aire y Suelo (GIAAS). jordipalaciosg@gmail.com

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 39 (Nº 13) Año 2018

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]

©2018. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados