



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**MONOGRAFÍA**

**ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE CALENTADORES  
SOLARES DE AGUA POTABLE TIPO “PLACA  
PLANA” Y “TUBOS AL VACÍO” EN EL  
ECUADOR**

**TRABAJO BIBLIOGRÁFICO**

**MONITOREO Y MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES**

**AUTOR**

**REYES VILLAMAR ADRIÁN GREGORIO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2021**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE CALENTADORES  
SOLARES DE AGUA POTABLE TIPO “PLACA  
PLANA” Y “TUBOS AL VACÍO” EN EL  
ECUADOR**

**EXAMEN COMPLEXIVO**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención  
del título de  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

**REYES VILLAMAR ADRIÁN GREGORIO**

**TUTOR**

**BLGO. RAÚL ARÍZAGA GAMBOA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2021**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, ARÍZAGA GAMBOA RAÚL ENRIQUE, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE CALENTADORES SOLARES DE AGUA POTABLE TIPO “PLACA PLANA” Y “TUBOS AL VACÍO” EN EL ECUADOR”, realizado por el estudiante REYES VILLAMAR ADRIÁN GREGORIO; con cédula de identidad N°0927086710 de la carrera INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

Guayaquil, 29 de octubre del 2021



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE CALENTADORES SOLARES DE AGUA POTABLE TIPO “PLACA PLANA” Y “TUBOS AL VACÍO” EN EL ECUADOR”, realizado por el estudiante REYES VILLAMAR ADRIÁN GREGORIO, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

Dr. Freddy Arcos Ramos  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Diego Muñoz Naranjo  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Ing. Diego Arcos Jácome  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

Blgo. Raúl Arízaga Gamboa  
**EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 29 de octubre del 2021

## **Dedicatoria**

A mis padres el Ing. Julio Reyes y la Lcda. Luisa Villamar, les dedico este trabajo monográfico, pues ellos han sido el apoyo más importante para lograr mis metas y propuestas como la de terminar mis estudios.

Gracias a ustedes por acompañarme y apoyarme en todo momento de la vida, son mi motivo para empezar mi carrera como profesional.

## **Agradecimiento**

Primero agradezco a Dios por darme esta hermosa vida y guiarme en el transcurso de estos años, luego a los docentes y a todos quienes forman parte de la Universidad Agraria del Ecuador, por todas sus enseñanzas que aplicaré en mi vida profesional y gracias a eso tomaré las mejores decisiones en pro del medio ambiente.

## **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, REYES VILLAMAR ADRIÁN GREGORIO, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DE CALENTADORES SOLARES DE AGUA POTABLE TIPO “PLACA PLANA” Y “TUBOS AL VACÍO” EN EL ECUADOR” para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 29 de octubre del 2021

REYES VILLAMAR ADRIÁN GREGORIO  
C.I. 0927086710

## Índice general

<b>PORTADA.....</b>	<b>2</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR .....</b>	<b>3</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>5</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>6</b>
<b>Autorización de Autoría Intelectual .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice general .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>10</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>11</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>12</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Importancia o caracterización del tema .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Actualidad del tema .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Novedad científica del tema .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 Justificación del tema.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Objetivo general .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5 Objetivos específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>2. Marco teórico .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Estado del arte.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Bases teóricas .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Análisis.....</b>	<b>32</b>
<b>3. Materiales y métodos .....</b>	<b>43</b>



<b>3.1 Enfoque de la investigación .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2 Metodología .....</b>	<b>44</b>
<b>4. Conclusiones .....</b>	<b>46</b>
<b>5. Bibliografía.....</b>	<b>47</b>
<b>6. Glosario .....</b>	<b>54</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Emisiones de Gases (energías convencionales y energía térmica).....	23
Tabla 2. Características generales de Colectores planos según su cubierta).....	34
Tabla 3. Ventajas de los tipos de Colectores de Placa Plana. .....	35
Tabla 4. Características de Colectores de tubos al vacío.....	36
Tabla 5. Ventajas de los tipos de Colectores de tubos al vacío. .....	37
Tabla 6. Rango de temperatura de los colectores de placa plana. .....	40
Tabla 7. Rango de temperatura de los colectores de tubos de vacío. .....	42
Tabla 8. Características Generales de los Colectores de Placa Plana.....	42
Tabla 9. Características Generales de Colectores de Tubos al vacío.....	42

## Índice de figuras

Figura 1. Insolación global promedio del Ecuador en los periodos 1985 a 1991.....	28
Figura 2. Componentes de un calentador solar plano de cobre .....	35
Figura 3. Componentes de colector de placa de absorción sin conductos.....	36
Figura 4. Componentes del colector de tubos al vacío "Water-in-glass .....	37
Figura 5. Croquis del tubo de vidrio al vacío "Water-in-glass" .....	38
Figura 6. Colector de tubos al vacío Heat-pipe. .....	38
Figura 7. Funcionamiento de un Colector de Placa Plana. .....	40
Figura 8. Sistema térmico solar en una vivienda .....	43

## **Resumen**

La energía solar en el Ecuador es de gran potencial energético, pero no es aprovechada al máximo, existen dos tipos de captación y transformación de dicha energía como es la energía solar fotovoltaica y energía solar térmica, la más usada en el país es la fotovoltaica para la producción de energía eléctrica.

En este trabajo investigativo se analiza la energía solar térmica, la cual no produce energía eléctrica, si no energía térmica para calentar agua o cualquier fluido que se desee.

Además, existe desconocimiento general acerca del uso de los calentadores solares, que son relativamente nuevos.

Se describen, detallan y comparan los calentadores solares de agua potable en el Ecuador haciendo un análisis de sus propiedades, características, funcionamiento, mantenimiento, ventajas y desventajas del uso de estos, para que, el lector pueda informarse acerca del uso de las energías renovables, en este caso puntual la energía solar térmica.

Palabras clave: energía renovable, energía solar, energía solar térmica, energía fotovoltaica, calentadores solares.

## **Abstract**

Solar energy in Ecuador has great energetic potential, but it is not used to its full potential. There are two types of capture and transformation of this energy: photovoltaic solar energy and thermal solar energy, the most used in the country is photovoltaic for the production of electric energy.

This research work analyzes solar thermal energy, which does not produce electricity, but thermal energy to heat water or any desired fluid.

In addition, there is a general lack of knowledge about the use of solar heaters, which are relatively new.

Solar water heaters in Ecuador are described, detailed and compared, analyzing their properties, characteristics, operation, maintenance, advantages and disadvantages of their use, so that the reader can be informed about the use of renewable energies, in this specific case, solar thermal energy.

Key words: renewable energy, solar energy, solar thermal energy, photovoltaic energy, solar heaters.

## 1. Introducción

### 1.1 Importancia o caracterización del tema

El presente trabajo investigativo surge porque existe una gran demanda mundial de combustibles fósiles para la generación de energía, según datos de la Agencia Internacional de Energía, (2012), dichos combustibles constituyen el 80% de la que se usa: 32% petróleo, 27% carbón y 21% gas.

Como ya se sabe, estos combustibles polucionan el medio ambiente, es por eso que, se considera importante el estudio de los calentadores solares de agua potable, ya que, al usar energía solar, se contribuye con la protección del medio ambiente y el uso de energías renovables en el Ecuador.

Se sabe que a través de los recursos naturales renovables se puede obtener energía.

“La energía renovable juega un papel crucial para el ambiente reduciendo las emisiones de gases y evitando agravar el llamado efecto invernadero” (Rodriguez & Arroyo, 2016, p.6).

(Cuevas et al., 2017) argumentan que implementar y usar adecuadamente las “tecnologías verdes” contribuirá a mejorar el desempeño de las organizaciones, satisfacer las necesidades de las generaciones venideras, reducir el consumo de recursos naturales y daños al ambiente.

Los calentadores solares con sus propiedades y funcionamiento no contaminan el medio ambiente, porque no emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera y además beneficia en la economía de la sociedad al no consumir de energía eléctrica, además de que, paulatinamente se iría suprimiendo el uso de energía no renovable para calentar agua y mitigando la contaminación que ha causado durante años.

## **1.1 Actualidad del tema**

Las tecnologías solares son de gran importancia en la actualidad, para la optimización de recursos y para evitar la contaminación ambiental a nivel mundial.

“Actualmente la energía solar es la principal fuente de calor del planeta, mediante la cual se producen los ciclos de vida” (Cajo & Taco, 2017, p.15).

“Es una de las principales fuentes de energía renovable y, aprovechándola, es posible reducir la contaminación ambiental que sufre el planeta en la actualidad” (Erenovable, 2016)

“EL calentamiento de agua por calentadores solares actualmente es muy común en países como: Alemania, Israel, Grecia, España, Portugal, Japón y Estados Unidos”. (GreenPeace, Sf, p.3)

Espejo, (2010) argumenta que España, ha sido pionera en el desarrollo de la energía solar, tanto térmica como eléctrica, debido a que a finales de los años setenta se construyeron muchos de estos inventos como el de la Plataforma Solar de Almería.

Actualmente en el mercado ecuatoriano no existe una empresa que fabrique calentadores solares, pero sí que comercialice estos sistemas, es decir ya se encuentran en venta los calentadores solares de marcas internacionales que son importados y vendidos en locales físicos, virtuales y brindando asesoría técnica.

## **1.2 Novedad científica del tema**

La cantidad de energía que produce el sol en 1 año, es comparable con 20 veces la energía de combustibles fósiles alrededor del mundo y aproximadamente 10000 veces más del consumo de energía de parte de los humanos hasta el día de hoy (Erenovable, 2016, p.1).

Se sabe que a partir de la captación de la radiación electromagnética que envía el sol, se obtiene energía que se puede transformar en eléctrica o térmica, esto quiere decir que la energía solar es gratuita y que durará el tiempo en el que siga emitiendo radiación.

El Ecuador se encuentra privilegiado para el uso y aprovechamiento de la energía solar debido a su posición geográfica, ya que este se encuentra en la línea ecuatorial, la cual divide horizontalmente al planeta en dos hemisferios, con un ángulo de casi 90°, por ende, debido a su ángulo de incidencia constante la radiación no cambia durante el año (Fernandez, 2016, p.20).

La base de los calentadores solares se rige en el uso de materiales termo conductores ideales para captar y absorber calor y su principal recurso energético es uno renovable y natural como es el sol.

“Estos, pueden dar temperaturas entre 50°-200°C, con una eficiencia promedio entre 40 al 60%” (Nandwani, 2005, p.6).

Las principales ventajas del aprovechamiento de la energía solar tienen que ver con el hecho de que se trata de una fuente renovable, es decir, que no se agota y no genera emisiones. Otro beneficio destacable es que se puede aprovechar a pequeña y gran escala.

### **1.3 Justificación del tema**

Desde tiempos antiguos el ser humano ha demandado grandes cantidades de energías fósiles no renovables para la generación de energía. Fernández (2005) afirma que:

El hombre ha pasado por un proceso de mejoramiento buscando siempre la eficiencia en sus procesos, lo que ha ocasionado emisiones de gases contaminantes perjudiciales para el medio ambiente y la salud de los seres vivos,

es por eso que, en desde el siglo XX hasta la actualidad, surge una preocupación mundial por detener el uso de estos combustibles fósiles. (p.9)

Con la demanda de producción de energía a base de recursos no renovables, las consecuencias ambientales que presentan son: la contaminación y cambio climático a nivel mundial, es por eso que resulta de gran ayuda estudiar nuevas alternativas de generación de energía que sean limpias y no generen repercusiones en el medio ambiente como la energía solar térmica para la producción de agua caliente.

Según CONELEC (2013), el organismo rector del sector eléctrico, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, tiene la misión de promover las energías renovables y es el responsable de satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, mediante la formulación de políticas sectoriales para el aprovechamiento eficiente de sus recursos.

La importancia de innovar en los procesos convencionales de calefacción del agua potable de todos los ecuatorianos con una propuesta distinta, pero con beneficios ambientales, económicos y sociales que ayudarían a toda la comunidad es imperativa.

Una de las variables meteorológicas que beneficia al Ecuador es la radiación solar, porque, su ángulo de incidencia a las radiaciones electromagnéticas es casi perpendicular a la superficie durante todo el año y solo varía por la geografía donde nos encontremos en el país (Calle y Tinoco, 2018, p36).

Es decir que en el país podemos usar calentadores solares de agua potable en nuestras viviendas y recibir asesoría técnica para lograr un uso eficiente de esta tecnología solar .



#### **1.4 Objetivo general**

Analizar las tecnologías de los calentadores solares de agua potable de tipo “placa plana” y “tubos al vacío”, mediante revisión bibliográfica, para demostrar su sostenibilidad en el Ecuador.

#### **1.5 Objetivos específicos**

- Describir las propiedades de los calentadores solares de agua potable de tipo “placa plana” y “tubos al vacío” mediante revisión bibliográfica.
- Detallar los funcionamientos de los calentadores solares de agua potable “placa plana” y “tubos al vacío” mediante revisión bibliográfica.
- Comparar las características generales de los 2 calentadores solares de agua potable mediante revisión bibliográfica.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 Estado del arte**

El análisis de la bibliografía reciente respecto al tema es para demostrar cronológicamente el incremento del interés científico, que tienen por la aplicación de la energía solar térmica para obtener agua potable caliente, calefacción y otros usos a nivel mundial, regional y nacional.

Espejo, (2011) argumentó que España ha sido pionera en el desarrollo de la energía solar, debido a la instalación a finales de los años setenta de la Plataforma Solar de Almería, centro de investigación de referencia a nivel mundial.

Esta aportación analiza los aspectos básicos de las tecnologías termo solares y la política que ha fomentado el desarrollo de esta energía en España.

Según Parás (2016) obtuvieron resultados positivos de eficiencias para dos calentadores solares de tecnología placa plana, se hace un análisis de algunos de los aspectos de los colectores solares de placa plana como; su funcionamiento mecánico, rendimiento térmico, la respuesta dinámica, sus pérdidas ópticas, entre otros.

Lozano (2019), presentó métodos simples para determinar la producción de calor útil de los colectores solares térmicos. Un colector solar térmico es un tipo especial de intercambiador de calor que transforma la radiación solar que incide sobre el mismo en energía térmica utilizable.

Paredes, (2012) estudió los diferentes tipos de colectores solares y el recurso solar de la zona. Además, realizó el diseño estructural del captador y del seguimiento solar de éste, puesto que el destino final del colector es específico.

También se analizaron las pérdidas y se dota al colector de un rendimiento a nivel global.

Faoroux y Jager, (2013) determinaron el hecho de que tanto el coeficiente de pérdidas totales, como el área del colector obtenidos en el trabajo de referencia sean mayores, demuestra que el modelo desarrollado es capaz de alcanzar una solución optimizada bajo las condiciones planteadas. La segunda comparación muestra que el rendimiento disminuye notablemente si aumenta la emisividad de la placa. Se pudo observar a través de dicha ecuación que un aumento en emisividad de la placa provoca un aumento del coeficiente de pérdidas de calor por la cubierta y, por consiguiente, el aumento del coeficiente de pérdidas de calor total y así disminuye el rendimiento.

Albizzati, (2016) analizó los daños ambientales causados por el uso de servicio eléctrico y gas licuado para calentar agua sanitaria y compararlos con los calentadores de agua solares. Llegó a la conclusión de que la huella de carbono de las emisiones de gases de efecto invernadero para la construcción de un colector solar plano es de apenas un 10% y que representan el 48.2% del consumo de energía anual en Argentina se tomó la fuente primaria de energía ya que si fuese una de origen renovable no convencional se cambiaría el impacto ambiental que las primarias generan.

Pesantez (2012), argumentó que el uso de sistemas de calentamiento de agua con energía solar térmica permitiría ahorrar al estado ecuatoriano una considerable cantidad de dinero que puede destinarse a otros fines; al mismo tiempo se contribuiría a la reducción de impactos negativos por la producción y el uso de derivados de petróleo y por supuesto por la generación de CO<sub>2</sub>.

Larreta, (2015) diseñó y construyó un calentador de agua solar, económico y asequible a la clase media-baja del Ecuador, concluye que de acuerdo al análisis de costos en el primer año se puede recuperar la inversión del calentador solar

construido en el presente proyecto, debido al costo del GLP y KW/H, a partir del segundo año se presenta un ahorro considerable, teniendo en cuenta que el equipo está construido para que tenga una vida útil de 15 a 20 años.

Cajo y Taco, (2017). Diseñaron y construyeron un sistema de Calentamiento de Agua Potable con una Capacidad de 60l/día, mediante el uso de energía solar para uso de una vivienda unipersonal, refieren que este proyecto técnico propone la generación de agua caliente sanitaria asistida con energía solar para el calentamiento de agua, desarrollando los cálculos correspondientes para obtener la mayor eficiencia. En las investigaciones previas se muestra que los calentadores solares térmicos tipo termosifón tienen eficiencias muy altas. En el sistema de termosifón instalado se determinó que con un área de 1.3 m<sup>2</sup> cubre la necesidad de 60 l / día.

Bravo, (2018) realizó una revisión sobre materiales para almacenamiento de Energía Solar Térmica y concluyó que la optimización de las propiedades termo físicas como el punto de fusión de los materiales de almacenamiento de energía térmica, para materiales de almacenamiento por calor sensibles y latentes, las tecnologías son bastante maduras y difundidas. Los materiales termoquímicos están todavía en fase de laboratorio, estos tienen un gran potencial como materiales de almacenamiento de energía térmica en el futuro debido a su gran capacidad de almacenamiento de energía por unidad de volumen.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Agua**

El agua se puede encontrar en distintas superficies según las cuales se le atribuye un nombre distinto. Una cuenca abarca todo territorio cuya agua desemboca en un río, lago o mar. Dentro de una misma cuenca pueden existir

climas diferentes dependiendo de los factores físicos y climáticos del terreno; también influye en este la orientación de las laderas. Estas pequeñas variaciones también influyen en qué tipo de vegetación ahí crece (FAO, 1996).

### **2.2.2 Propiedades físicas y químicas del agua**

Entre sus propiedades se pueden percibir varias anomalías como: los valores elevados en su punto de fusión, ebullición, vaporización y sublimación; conductividad y capacidad térmica, tensión superficial y constante eléctrica. Todas estas propiedades constituyen la explicación del por qué se considera que fue fundamental en el desarrollo de la vida (Beguería, 2018)

### **2.2.3 Importancia**

El agua dulce fue imprescindible para el desarrollo de la raza humana, sus usos más importantes están relacionados con la agricultura y consumo doméstico o industrial. Sin embargo, las lluvias no están distribuidas por igual en todas las regiones por lo que, dependiendo del lugar, la cantidad de agua disponible puede ser insuficiente, adecuada o excesiva (FAO, 1996).

### **2.2.4 La energía**

Es una cantidad que posee los objetos o sistemas para efectuar un trabajo (Jerry, Bufa y BoLou. 2007)

### **2.2.5 Recursos renovables como fuentes de energía limpia en Ecuador**

Cualquier recurso que es regenerado naturalmente en un periodo corto de tiempo y derivado directamente del sol (por ejemplo, térmica, fotoquímica o fotoeléctrica), indirectamente del sol (por ejemplo, eólica, hídrica, o energía fotosintética almacenada en la biomasa), o de otros movimientos y mecanismos naturales del planeta o medio ambiente (como es el caso de la energía geotérmica y de las olas). (Texas Renewable Energy Industry Alliance, 2016)

## 2.2.6 Uso de energías no renovables en el Ecuador

El petróleo es un recurso natural no renovable formado por descomposición de fósiles hace miles de años atrás creando una mezcla de hidrocarburos de consistencia muy variada, más ligero que el agua, de color negro o pardo muy oscuro y olor penetrante. (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2012)

**Tabla 1. Emisiones de Gases (energías convencionales y energía térmica)**

Emisiones	Unidades	Electricidad	Diesel	Sistema Solar
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	(Tn/año)	1.546	0.889	0.449
Monóxido de Carbono (CO)	$\left(\frac{\text{g}}{\text{año}}\right)$	374.6	1688	109.7
Oxido Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	$\left(\frac{\text{g}}{\text{año}}\right)$	56.3	1636	16.3
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	$\left(\frac{\text{g}}{\text{año}}\right)$	6.3	6.1	2.1
Metano (CH <sub>4</sub> )	$\left(\frac{\text{g}}{\text{año}}\right)$	9.3	13.6	2.7
Hidrocarburos	$\left(\frac{\text{g}}{\text{año}}\right)$	37.7	52.7	11.0
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	$\left(\frac{\text{g}}{\text{año}}\right)$	562.7	651.4	164.5

Quitiaquez, 2017

## 2.2.7 El sol como principal potencial energético

Energía obtenida a partir de la radiación del Sol y utilizada para usos térmicos mediante colectores o para generar electricidad con paneles fotovoltaicos. (Real Academia Española, 2019)

La potencia solar que recibe el planeta Tierra (fuera de la atmósfera) es cerca de  $173 \times 10^{12}$  kW o una energía de  $15 \times 10^{17}$  kWh por año. Al atravesar la atmósfera, cerca de 53% de esta radiación es reflejada y absorbida por el nitrógeno, oxígeno, ozono, dióxido de carbono, vapor de agua, polvo y las nubes. Por lo tanto, al pasar esta radiación por una distancia de 150 millones de km, se reduce esta cantidad y el planeta recibe energía promedio a  $3 \times 10^{17}$  kWh al año, equivalente a 4000 veces el consumo del mundo entero en un año, lo cual nos indica la enorme potencia del Sol. (Nandwani, 2005)

### **2.2.8 Radiación solar**

Se considera que la energía solar se proyecta en forma de radiación electromagnética, misma que se caracteriza por las ondas que produce la oscilación y aceleración de determinada carga eléctrica. Estas ondas electromagnéticas no precisan un medio físico para poder realizar su propagación, lo que les permite franquear el espacio interplanetario e interestelar, llegando a la Tierra desde la fuente que las provoca, en este caso el Sol y las Estrellas. Se caracterizan por; la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia ( $\nu$ ), ambos se relacionan a través de la igualdad  $\lambda\nu = c$  siendo  $c$  la velocidad de la luz, parámetros importantes para determinar la energía, visibilidad, el poder de la penetración de las ondas electromagnéticas, etc., (Chávez, 2018).

### **2.2.9 Distribución espectral de la radiación solar**

La radiación electromagnética puede ordenarse bajo un espectro en distintas longitudes de onda que se extienden desde; longitudes de onda corta representadas por billonésimas de metro, frecuencias muy altas (rayos gama), hasta longitudes de onda largas que se representan por kilómetros, frecuencias bajas (ondas de radio). Siendo la onda corta quien caracteriza la energía en forma

de radiación emitida por el sol enmarcándose en la banda ultravioleta, visible, cercana al infrarrojo (longitudes de onda de 2.0 y 3.0 micrómetros/200 a 3.000 nanómetros) (Chávez, 2018).

#### **2.2.10 Radiación fuera de la atmósfera terrestre**

La radiación del Sol al atravesar el espacio vacío en diferentes direcciones, no posee pérdidas apreciables debido a su interacción con distintos medios físicos o materiales. La irradiancia solar que se define como la densidad que presenta el flujo radiante solar, se atenúa mediante el cuadrado de la distancia sobre la que se proyecta; y que en parte es interceptada por el planeta Tierra, todo ello debido a la distancia en del Sol y el tamaño de nuestro planeta, por esta razón se podría decir que el valor de la irradiancia es constante en toda la superficie exterior de la atmósfera. Por ello se mantiene la constante solar  $B_0$  como la irradiancia del sol que incide en el plano Sol-Tierra, el valor promedio de la constante solar de acuerdo a diversos factores se ha definido como  $B_0=1367 \text{ W/m}^2$  (Perpiñán, 2020).

#### **2.2.11 Influencia de la Atmósfera terrestre en la radiación solar**

Debido al hecho de que la radiación solar se somete a un si número de procesos combinados de reflexión, atenuación y difusión que generan cambios en sus características, alterándolas; por ejemplo, la reflexión presente en las nubes que disminuye la radiación incidente, el ozono y el CO<sub>2</sub> por absorción que modifica sus características espectrales. Y la dispersión que las partículas producen, que modifican la distribución de la radiación en términos de espacio (Perpiñán, 2020).

#### **2.2.12 Radiación solar directa**

La radiación directa es, como su propio nombre indica, la que proviene directamente del sol.

#### **2.2.13 Radiación solar difusa**



La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.

#### **2.2.14 Radiación térmica**

Es propia de la región infrarroja generada por el espectro electromagnético, comúnmente se genera por el desplazamiento térmico de partículas cargadas en la materia, lo que significa que cualquier material que conserve una temperatura mayor al cero absoluto será capaz de emitir energía radiante, además de ello la energía térmica necesita un medio para la transferencia de la energía y puede ocurrir aún entre dos cuerpos que se encuentran separados por un medio mucho más frío. (Connor, 2019).

#### **2.2.15 Energía solar activa**

Esta se clasifica en:

Energía fotovoltaica: Se fundamenta en la conversión directa de radiación solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico. Se usa en dispositivos denominados "celdas fotovoltaicas", que se convierten en semiconductores sensibles a la luz solar, de manera que dichas celdas al momento de ser expuestas a la radiación, producen una corriente eléctrica en sus dos caras (Porconsi Dynamiza, 2016).

Energía Térmica: Se considera como “energía solar transformada en calor” mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. Se clasifica según su aprovechamiento en: de máximo, media y mínima; siendo sus límites más de 300°C, de 100°C a 300°C y menos de 100°C respectivamente (Erenovable, 2016).

#### **2.2.16 Energía solar pasiva**

Esta energía se caracteriza por no usar elementos mecánicos para producir energía, sino aprovechar al máximo la luz solar y el calor de manera natural mediante un buen diseño y el aprovechamiento de recursos (Robalino et. al, 2014).

#### **2.2.17 Energía solar en el Ecuador**

Para el Ecuador, la energía solar es renovable y se considera limpia, también conocida como “energía verde”. La radiación solar que recibe la tierra se puede aprovechar implementando sistemas que cambien el uso de energía eléctrica, haciendo uso de placas solares (Erenovable, 2016).

En el atlas solar ecuatoriano se encuentra elaborado un estudio de medición promedio de la radiación solar realizado por la Corporación para la Investigación Energética (CIE) tomando como información base los datos obtenidos en el laboratorio nacional de energías renovables de Estados Unidos que usan un modelo climatológico de radiación solar (CRS) para obtener cifras presentadas en W.H/M2/DIA en los periodos de 1985 a 1991.

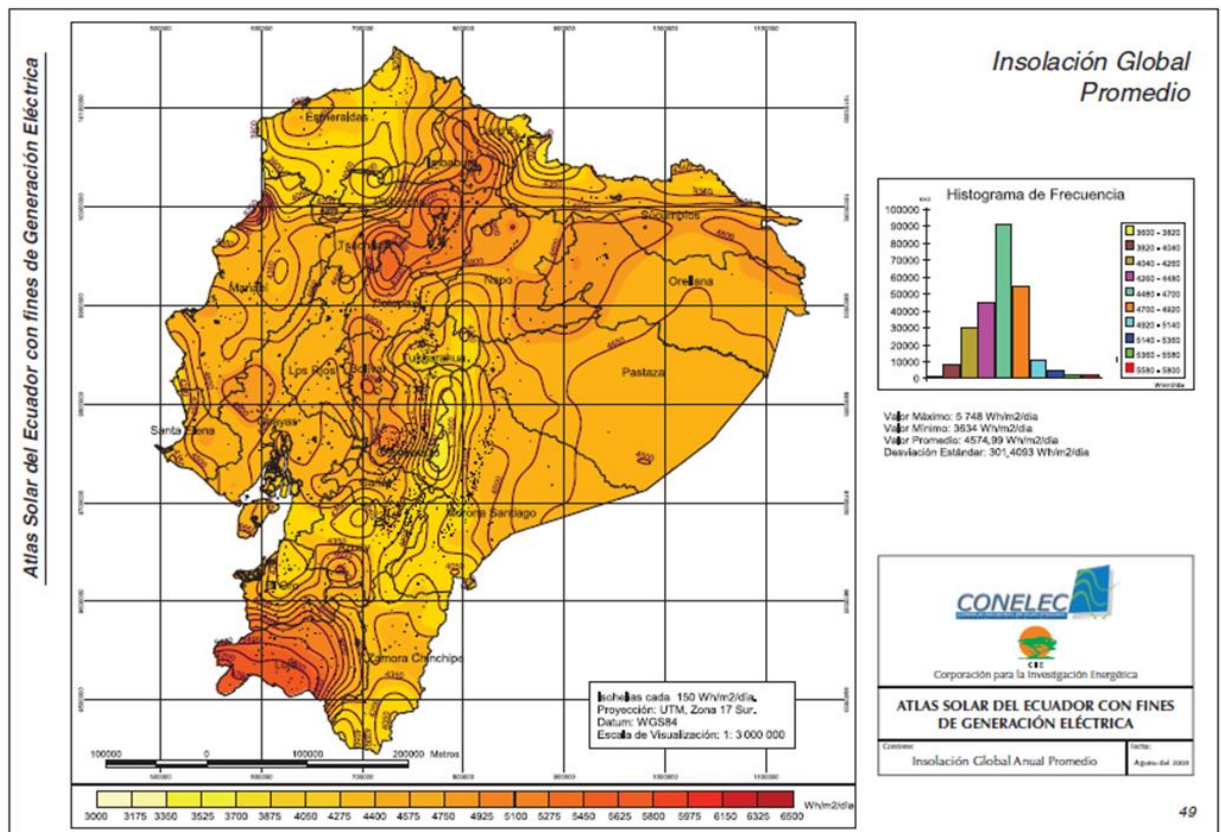


Figura 1. Insulación global promedio del Ecuador en los periodos 1985 a 1991 CONELEC, 2008

El calor se logra mediante captadores y electricidad, a través de módulos llamados celdas fotovoltaicas (Erenovable, 2016).

El satélite de la NASA, Surface Meteorology and Solar Energy, realizó mediciones acerca de la radiación solar diaria en  $kWhm^2$  y, en promedio, para la ciudad de Quito resultó de  $4.25 kWhm^2$ ; comparando resultados, en algunos países de Europa estas no llegan a los  $2 kWhm^2$  (Pesantez, 2012).

No existen datos específicos acerca de cuántas familias utilizan el sistema de calentamiento eléctrico de agua sanitaria, pero se estima que gran porcentaje de familias ecuatorianas, especialmente de la región Andina, la poseen, ya que no se cuenta con un sistema de gas licuado para calefones como en otros sitios del mundo (Cajo & Taco, 2017).

### **2.2.18 Sistemas de Calefacción de agua potable en Ecuador**

Para este fin se usan en la actualidad diversas tecnologías y métodos que brinden rapidez y consumo de energía relativamente bajo, proveniente principalmente del Gas Licuado de Petróleo (GLP), energía solar y energía eléctrica (Castro & Rojas, 2018) .

Pueden clasificarse en:

**Calentadores Instantáneos:** Rivera Coque y Flores Gutiérrez (2016, como citan Castro & Rojas (2018), en este grupo se encuentran sistemas capaces de calentar agua en el momento requerido. Por lo general, poseen un sistema que enciende cuando existe circulación de agua por las tuberías y no cuentan con un sistema de almacenamiento en tanques o reservorios.

**Calefones a GLP:** Calefones basados en Gas licuado de Petróleo. Son sistemas con funcionamiento continuo, diseñados especialmente para aumentar la temperatura del agua circulando en una serpentina, calentada por quemadores controlados. (Coque, Rosa, Gutierrez, & Alexander, 2016)

**Calentadores Eléctricos**

Utilizan resistencias eléctricas para calentar el agua empleando el efecto Joule. Poseen un diseño similar a los calentadores a GLP, pero con menores tamaños, permitiendo su uso en espacios reducidos (Molina, 2015, citado por Castro & Rojas, (2018).

Estos calentadores utilizan potencias entre 6 y 27 kW, dependiendo esta del requerimiento de caudal de agua a ser calentado. Las tecnologías usadas en este sistema reducen el consumo de energía y regulan la salida del agua entre 30°C y 60°C; poseen apoyo auxiliar en sistemas de energía solar como mecanismo de precalentamiento de agua (Castro & Rojas, 2018)

Duchas Eléctricas: Son un tipo de calentador instantáneo y cuasi-portátil que se coloca directamente en el punto donde se genera el caudal de agua, se acciona automáticamente al abrir el flujo de agua (Loayza & Mullo, 2017).

En el mercado se encuentran con una potencia de entre 3000 a 5000W y cuentan con un potenciómetro de 3 fases. Su funcionamiento está dado por una membrana que desplaza dos contactos que, al momento de encender el flujo, se unen, cerrando el circuito y activando las resistencias que dan paso al proceso de calefacción (Castro & Rojas, 2018)

Calentadores Acumuladores: En este grupo se encuentran los sistemas de calentamiento progresivo de agua mientras la acumulan en tanques de almacenamiento; dichos sistemas dependen de la cantidad de agua y temperatura deseada (Villalta & Buñay, 2016).

Termotanques a GLP: se caracterizan por tener un regulador de tiro automático que los hace capaces de minimizar la pérdida de calor, logrando un 80% de eficiencia térmica.

Termotanques Eléctricos: estos sistemas son generalmente usados con termostatos en cada resistencia, lo que permite el encendido independiente de ellas, minimizando el consumo energético. Su capacidad varía de 20 a 300 litros, mismos que pueden expandirse al tener la característica de poder ser colocados en serie, doblando o triplicando su capacidad para satisfacer las necesidades de abastecimiento. En este sistema se usan materiales aislantes para conservar el calor y compensar la disminución de temperatura del agua.

### **2.2.19 Sistema de Calentamiento Solar**

Para cualquiera de las aplicaciones de la energía solar la parte principal del sistema es el colector, el artefacto que capta energía solar y convierte en energía

útil, sea en forma calórica o eléctrica, la energía solar puede ser transferida en calor empleando captadores sencillos, los cuales pueden fabricar fácilmente y con los materiales disponibles en el mercado local (Nandwani, 2005).

Según (Villalta & Buñay, 2016) estos sistemas pueden proveer de agua caliente, principalmente menor a 100°C, a domicilios usando energía renovable y aprovechando los rayos solares como fuente de energía.

### **2.2.20 Calentadores Solares**

La caracterización principal por la cual se rigen los colectores, es de acuerdo al tipo de temperatura por el cual trabajan en el tiempo de operación, pues pueden ser de baja temperatura, media o alta. También se clasifican por incluirse como calentadores de agua solar con colector y tanque integrado ICS (Integral Collector Storage) en los que la placa de captación se integra al tanque de almacenamiento térmico, formando una sola pieza (Parás, 2011).

### **2.2.21 Clasificación de calentadores solares**

De acuerdo a Paredes (2012), se clasifican de diversas formas, sin embargo, el principio por el que se rigen es el mismo, por ello pueden clasificarse como:

#### **En función del aprovechamiento solar**

Se dividen en colectores que trabajan con energía solar global denominados “estacionarios”, y aquellos que funcionan con radiación solar directamente “seguidores”, denominados de esta forma porque necesitan realizar un seguimiento al recorrido ejecutado por el Sol a lo largo del día.

#### **En función de la temperatura del fluido a calentar**

La temperatura baja (30°C-100°C) se utilizan para el calentamiento de aguas de carácter sanitario, piscinas, calefacción, secado, desalinización y destilación. Se

caracterizan por ser híbridos, pues para su funcionamiento se necesitan del apoyo de otras energías debido a que la solar no se encuentra generalmente disponible.

La temperatura media (100°C-400°C) es alcanzada a través de concentradores de tipo lineal o esféricos, utilizados o aplicados en el sector industrial; ya sea en la industria láctea, procesamiento de residuos, refrigeración, procesos químicos o desalinización.

La temperatura alta (400°C-3000°C) se consigue mediante el uso de concentradores puntuales, tales como; disco parabólico, campo de heliostatos o central de torre.

### **En función de la razón de concentración**

El factor de concentración propiamente dicho se denota por la letra “C”, teniendo en cuenta que el colector solar se compone de dos elementos claves como lo son el concentrador y el receptor. Siendo el concentrador el elemento perteneciente al sistema óptico, y la parte que redirecciona la radiación sobre el receptor, puede ser definido de la siguiente forma:

- Captadores planos para agua: se utilizan generalmente para calentar agua sanitaria.
- Captador plano de aire: responden a la radiación de forma rápida, se utilizan por necesidades energéticas.
- Captador de Tubos de vacío: tiene la función de eliminar pérdidas generadas por convección, lo que aumenta la temperatura del fluido que porta el calor con la menor necesidad de captación efectiva. A su vez, se utilizan individualmente, de forma grupal, en haces o por sistemas de concentración lineal.

## 2.3 Análisis

### 2.3.1 Descripción de las propiedades de los calentadores solares de agua potable de tipo “placa plana” y “tubos al vacío “mediante revisión bibliográfica

#### **Placa plana:**

Es esencialmente una placa metálica que puede ser de acero, hierro galvanizado, aluminio o preferiblemente de cobre, pintada de color negro mate, con el fin de absorber al máximo la radiación directa. La radiación solar después de ser absorbida es transformada en energía térmica. (Nandwani, 2005).

Según Planas (2019), los colectores solares de placa plana pueden ser de cubierta vidriada o no, el equipo se forma comúnmente por los siguientes elementos:

- **Absorbedor:** es el elemento encargado de interceptar la radiación del sol (en el captador y transformarla en energía térmica; a ellos se incorpora una parrilla de conducción por el cual el fluido caloportador circulará.
- **Cubierta Transparente:** su ocupación es la de aislar el colector solar de las diversas condiciones ambientales exteriores, permitiendo que la radiación solar ingrese y se ejecute el efecto invernadero. Se compone usualmente por una sola lámina de vidrio templado aproximadamente de 4 mm de espesor.
- **Aislamiento:** es el elemento del colector solar encargado de evitar que se presenten pérdidas de calor dirigidas al exterior dentro del captador, específicamente en el absorbedor. Se compone por planchas de espuma sintética, que se posicionan en la parte posterior, en ambos lados de la placa solar.



- **Carcasa:** su función es la de alojar los componentes del colector solar, se caracteriza por ser aluminio anodizado lo que permite hacer del conjunto, algo resistente.

Los colectores de placa plana aprovechan el efecto invernadero que se genera en la superficie cerrada de captación, posee dimensiones aproximadas de 80 y 120 cm de ancho, de 150 y 200 cm de alto y 5 a 10 cm de grosor (SueloSolar, 2018).

Las características generales se determinan según su eficiencia, área y temperatura de los calentadores solares de placa plana, se detallan a continuación:

**Tabla 2. Características generales de Colectores planos según su cubierta**

Diseño	$\eta_0(\%)$	Area( m <sup>2</sup> )	T(°C)
Sin cubierta ni aislamiento	0,85-0,90	15-25	10-40
Cubierta simple	0,75-0,85	7-9	10-60
Cubierta doble	0,65-0,80	4-6	10-80
Superficie selectiva	0,75-0,85	5-6	10-80

no= % de eficiencia

Parás, 2011

Entre las principales ventajas que presentan los colectores de placa plana son:

**Tabla 3. Ventajas de los tipos de Colectores de Placa Plana.**

Colector de placa de absorción por conducto de cobre	Colector de placa de absorción sin conductos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los materiales que lo conforman varían de acuerdo a la placa de absorción y el aislamiento.</li> <li>▪ Varían de acuerdo al número de cubiertas que puedan tener y la configuración de los tubos que se le colocan en conjunto con la placa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No cuentan con un circuito integrado de tubos.</li> <li>▪ Se utilizan con calentadores de agua solares con colector y tanque integrado (ICS).</li> <li>▪ El fluido a calentar, cae en ellos en forma de cascada desde el tanque</li> </ul>

- 
- El conducto a utilizar tiene forma de almacenamiento (directo a la serpentín o una rejilla. placa).
  - Alcanzan temperaturas aproximadas hasta 100°C.
  - Trabajan a través del fenómeno de termosifón.
- 

Parás, 2011



Figura 2. Componentes de un calentador solar plano de cobre  
Lozano, 2019

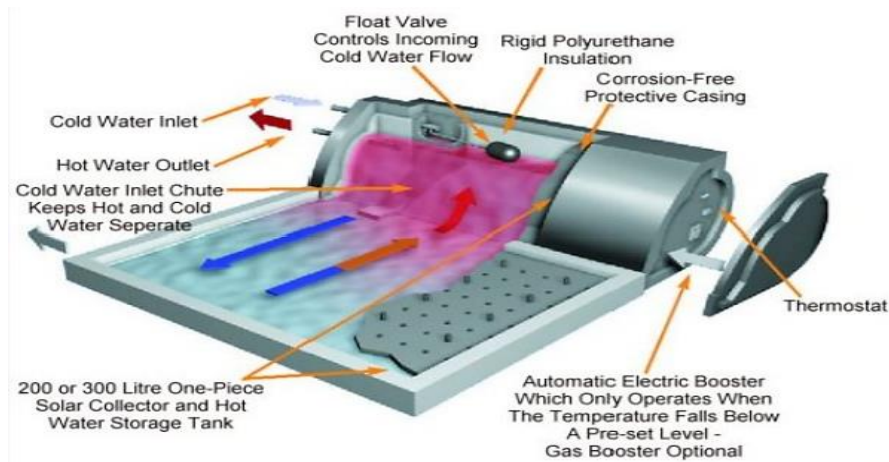


Figura n°3. Componentes de colector de placa de absorción sin conductos. Parás, 2011

### Tubos al vacío:

Se basa en el principio del efecto invernadero, que le permite recibir la radiación solar, mantenerla en su interior, evitando que escape al exterior y transformándola en energía térmica. Los materiales de cristal que lo estructuran le permiten reflejar la radiación infrarroja que dentro de él se proyecta, misma que se produce por el calentamiento que se genera en el captador; lo que es facilitado a su vez, por las propiedades aislantes que poseen sus capas inferiores (SueloSolar, 2017).

Las características generales se determinan según su eficiencia, área y temperatura de los calentadores solares de tubos al vacío, se detallan a continuación:

**Tabla 4. Características de Colectores de tubos al vacío.**

Diseño	$\eta_0$ (%)	Area( m <sup>2</sup> )	T°(C)
Tubos de vacío	0,65-0,95	2-3	10-103

\*  $\eta_0$  = Rendimiento

Parás, 2011

Presentan ventajas, entre las que están:

**Tabla 5. Ventajas de los tipos de Colectores de tubos al vacío.**

Colector Water-in-glass	Colector con heat pipe (tubo de calor introducido)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presentan un bajo costo de producción, pues son fabricados en serie.</li> <li>▪ Se componen de vidrio y una fina capa de nitrato de aluminio.</li> <li>▪ Se forma de manera visual, por dos tubos concéntricos de vidrio unidos en sus extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se fundamentan en el principio de conducción de calor.</li> <li>▪ Se forman de una aleta y una varilla con material de cobre, lo que les permite conducir el calor directamente un fluido que posterior a ello se gasifica, elevándose a un cabezal en el que el agua fluye.</li> </ul>

Parás, 2011

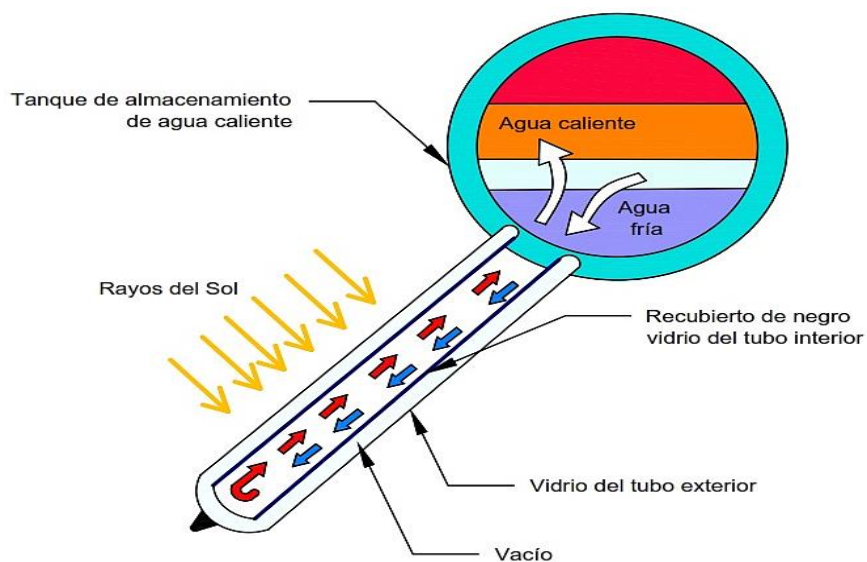


Figura n°4. Componentes del colector de tubos al vacío "Water-in-glass"  
Molina, 2016

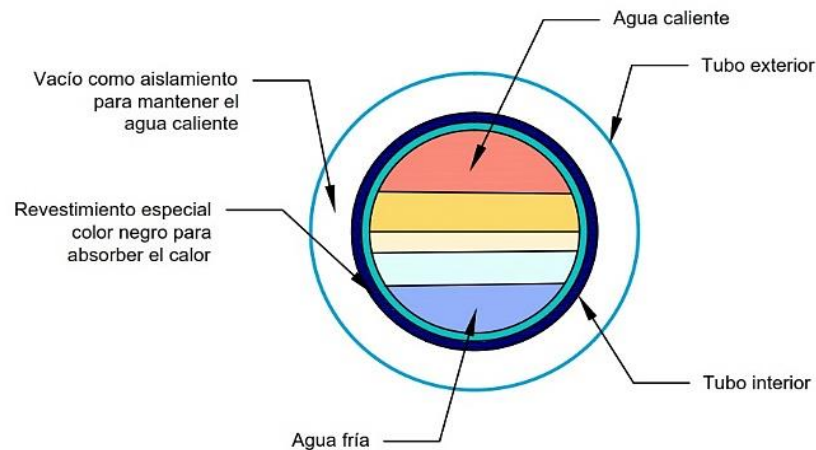


Figura nº5. Croquis del tubo de vidrio al vacío "Water-in-glass"  
Molina, 2016

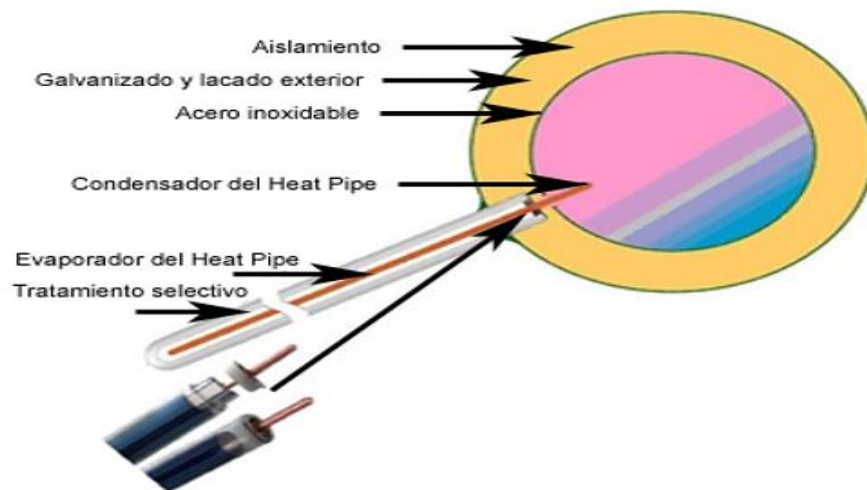


Figura nº6. Colector de tubos al vacío Heat-pipe.  
Termosifon, 2020

### 2.3.2 Detalles de los funcionamientos de los calentadores solares de agua potable de "placa plana" y "tubos al vacío" mediante revisión bibliográfica

#### Placa plana:

De acuerdo a Parás (2011) es una de las tecnologías más antiguas y sencillas para coleccionar energía solar, sin embargo, puede llegar a ser uno de los más costosos debido al material con el cual es fabricado. Pues este aumenta de acuerdo al material potenciado a utilizar, para la conducción del calor en la placa de absorción, que generalmente es cobre, aluminio o en algunos casos aleaciones. Se

utilizan comúnmente en el sector doméstico y comercial, aunque pueden ser utilizados en el sector industrial si se requiere calentar levemente un fluido (usualmente agua) o una mezcla de anticongelante/refrigerante (etilenglicol) con agua, es decir cualquier tipo de fluido al cual se desee aumentar su capacidad calórica.

Estos materiales pueden ser de longitud de onda baja u opaca a la radiación que se emite a través del absorbedor; caracterizados por provocar el efecto invernadero dentro del colector (Lozano, 2019).

El colector de placa plana funciona mediante la aplicación de tres principios físicos:

El cuerpo negro se define como el sistema ideal para la absorción de radiación incidente, consecuentemente la radiación electromagnética que se genera por un cuerpo negro se define como radiación de cuerpo negro. (Lozano, 2019).

Desde la superficie en la que impacta, esta clase de radiación se caracteriza por depender mayoritariamente de la temperatura y de las propiedades que conforman dicha superficie; a su vez, es originada por las partículas con carga aceleradas dentro de los átomos que se encuentran cerca de la superficie propia del objeto en el que se refleja; emitiendo abundantes cantidades de radiación. Las partículas ya agitadas de manera térmica, distribuyen la energía que es explicada por el espectro constante de radiación generado por el objeto (Lozano, 2019).

El efecto Invernadero se ejecuta en los cuerpos transparentes que conforman el colector solar. Dichos cuerpos al ser atravesados por radiaciones de longitud de onda aproximada entre las 0.3 y 3 micras, y, debido a que la radiación solar se encuentra entre las 0.3 y las 2.4 micras pudiendo efectivamente atravesar el vidrio, permite que la energía se encuentre con el absorbedor calentado emitiendo

radiaciones que oscilan entre los 4.5 y 7.2 micras en las que el vidrio resulta ser opaco.

La radiación captada que no puede salir, se refleja de nuevo hacia el interior del colector solar, provocando que una parte de la energía eleve la temperatura del vidrio en la que el cristal remite hacia dentro y fuera (Parás, 2011).

El tercer de los principios físicos que se generan al poner en marcha el funcionamiento del colector solar. El aislamiento propio del conjunto referenciado con el del exterior, caracterizado por el revestimiento interno de la caja que actúa como contenedor. Cumple el rol principal de aprovechar la energía térmica que se emite al cuerpo, en este caso al colector solar (Parás, 2011).

A continuación, se muestra el rango de temperatura que alcanza en su funcionamiento

**Tabla 6. Rango de temperatura de los colectores de placa plana.**

Tipo	Nombre	Temperatura
Estacionario-Absorbedor Plano	Captadora placa plana	30 a 250°C

Reyes, 2021

Como podemos observar en la tabla, el rango de temperatura de los calentadores solares de placa plana es de 30 a 250 °C.



Figura n°7. Funcionamiento de un Colector de Placa Plana.

Rosar, 2017

### **Tubos al vacío:**

En este tipo de colectores la radiación del sol incide en el tubo exterior de vidrio, penetrando en el tubo de absorción y convirtiéndose en calor. Posteriormente el calor es transportado al líquido o gas que circula en el interior del tubo por medio de sus paredes, concentrándolo en la parte superior del colector, lugar en el cual circula el líquido perteneciente al circuito primario. Los captadores de tubos al vacío calientan agua hasta temperaturas aproximadas de 110°C, posicionándose como uno de los mejores sistemas de distribución calorífica convencional, en cuanto a calefacción de agua se refiere (SueloSolar, 2017).

De acuerdo a Parás (2011), a pesar de que su funcionamiento se rige por el mismo principio de los colectores de placa plana, su tecnología es mucho más compleja, debido a:

La geometría cilíndrica que los caracteriza los convierte ópticamente en asimétricos, por ello se requiere utilizar diversos modificadores que puedan corregir el ángulo de incidencia del colector en diferentes planos, tanto en el longitudinal como en el transversal.

Su complejidad para medir el flujo másico: Cuando se utiliza esta clase de colectores en un sistema de calentador de agua solar, la medición del flujo se complica haciéndose inaccesible; esto, debido al hecho de que la entrada y la salida que conforman el tubo, se acopla aproximadamente a 5 cm en el interior de un tanque de almacenamiento térmico lo que imposibilita la introducción de instrumentos de medición.

A continuación, se muestra el rango de temperatura que alcanza en su funcionamiento



**Tabla 7. Rango de temperatura de los colectores de tubos de vacío.**

Tipo	Nombre	Temperatura
Estacionario-Absorbedor Plano	Tubos de vacío	50-200°C

Reyes, 2021

Como podemos observar en la tabla el rango de temperatura de los calentadores solares de tubos al vacío es de 50 a 200 °C.

### 2.3.2 Comparación de características generales de los 2 calentadores solares de agua potable mediante revisión bibliográfica

**Tabla 8. Características Generales de los Colectores de Placa Plana.**

Características	Propiedades o componentes
Longitud total	2.19m
Ancho total	1.27m
Alto total	90cm
Superficie total	2,79 m <sup>2</sup>
Peso	41kg
Eficiencia	80-85%
Temperatura máxima	220°C
Caudal	40-80L/h m <sup>2</sup>
Presión máxima	10 bar.
Material de carcasa	Aluminio anodizado en color aluminio natural
Absortividad	Polipropileno negro moldeado Lámina continua aluminio 0,95
Material de aislamiento	1Capa de poliuretano rígido inyectado + capa de lana mineral 25mm de espesor
Material de placa	Panel único templado de 3,2 mm de espesor de bajo contenido en hierro

Chromagen, 2019

**Tabla 9. Características Generales de Colectores de Tubos al vacío.**

Características	Propiedades o componentes
Longitud total	1.97m
Ancho total	9.82m
Alto total	1.35m
Superficie total	1,85 m <sup>2</sup>
Peso	41kg
Eficiencia	90-95%
Temperatura máxima	210°C

Caudal	60L/h m <sup>2</sup>
Presión máxima	10 bar.
Material de carcasa	Caja de aluminio aislada
Material de aislamiento	Espuma de polietileno 25mm de espesor
Material de tubos de captación solar	12 tubos de presión al vacío 58mm de diámetro 1.800mm de longitud
Absortividad	1,80

Chromagen, 2019

A través de ambas tablas y del material Bibliográfico ya expuesto, podemos observar que los colectores de placa plana trabajan con una superficie de absorbedor de 2,54 m<sup>2</sup>, un factor de eficiencia  $\eta^{\circ}$  de 0,801 a 0,85, caudales que oscilan entre los 40-80L/hm<sup>2</sup> y un Volumen de captación de 1.5 Litros.

Sin embargo, los colectores de tubos al vacío resultan ser mucho más ventajosos en comparación, pues, presentan un factor de eficiencia de acuerdo a las diferentes áreas de absorción que posee (bruta, apertura y absorbedor), con pérdidas menores que sobrepasan en menor escala, la unidad. Trabajan con mezclas de propilenglicol-agua y una capacidad de 0,83 L, caudales recomendados de 60L/h.m<sup>2</sup>

Se debe tener en cuenta, que, si bien, son mejores que los colectores de placa plana en eficiencia y rendimiento, solicitan un mayor cuidado a la hora del montaje y ubicación, debido a los tubos de vidrio que los componen.

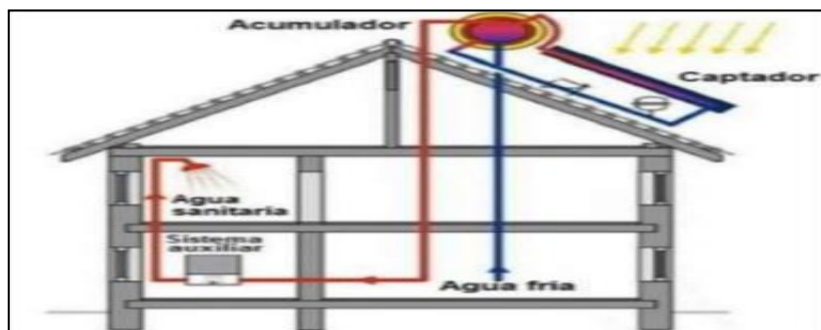


Figura n°8. Sistema térmico solar en una vivienda  
Molina, 2015

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Exploratoria: se aplicó la investigación exploratoria para comprender de mejor manera la problemática en estudio (Hernández y Quezada, 2016).

Con esta modalidad de investigación se puede llegar a conclusiones acerca de si existe beneficio para la comunidad y el medio ambiente con respecto a las tecnologías para el calentamiento de agua potable, mediante el uso de calentadores solares.

Documental: Este tipo de investigación consiste en una recopilación cualitativa de información por medio de las diferentes fuentes documentales sobre el tema de interés (Carrasco et al., 2017).

Se revisaron fuentes bibliográficas como libros, revistas, artículos científicos, documentos de grado, entre otros, los cuales contribuyeron para resumir los aspectos más importantes del proceso, realizando así un trabajo íntegro con respecto al calentamiento de agua potable mediante el uso de calentadores solares y teorías de autores varios en relación a dicha técnica.

##### **3.1.2 Diseño de investigación**

El diseño no experimental está enfocado en ejecutar un análisis a fondo de la información disponible con respecto a el calentamiento de agua potable mediante el uso de calentadores solares existentes, para debatir los resultados expuestos y, de esa forma, comprender el tema en su totalidad.

Se recopiló toda la información oportuna y pertinente para la elaboración del trabajo, a través de la revisión de artículos científicos, revistas académicas, tesis de grados y libros electrónicos (Gómez et al., 2014).

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Recolección de datos**

#### **3.2.1.1 Recursos Bibliográficos**

La presente monografía será realizada utilizando los siguientes recursos bibliográficos:

- Libros físicos
- Libros Web
- Artículos Web
- Revistas Web
- Buscador de internet
- Repositorios Virtuales

#### **Materiales y equipos**

La presente monografía fue realizada utilizando los siguientes recursos materiales:

- Celular
- Computadora con Windows Office
- Impresora
- Hojas A4
- Automóvil
- Cuaderno
- Lápiz
- Esfero
- CD
- Unidad de Memoria USB y cable USB

## **Recursos humanos**

La presente monografía fue realizada utilizando los siguientes recursos humanos:

- Docentes U.A.E.
- Familiares
- Compañeros

### **3.2.1.2 Técnicas**

Análisis de información: se organizó la información recolectada para establecer los subtemas correspondientes y delimitar la información a tratar, permitiendo mejorar la comprensión del tema de interés. Una vez organizada la información se procedió a redactar el proyecto de acuerdo a lo que se especifica en cada punto (Schettini y Cortazzo, 2015).

Revisión bibliográfica: el presente trabajo se desarrolló a través del manejo de fuentes de información, que consiste en la revisión intensiva de varios tipos de documentaciones que contienen antecedentes relevantes para compensar una demanda de conocimiento (Mejía et al., 2015).

Estas fuentes bibliográficas permitieron obtener toda la información, que dará paso a un análisis completo, con el fin de comprender los conceptos y procesos relevantes acerca del calentamiento de agua potable mediante el uso de calentadores solares, organizando las ideas y realizando un análisis íntegro para comprender el tema en su totalidad.

#### **4. Conclusiones**

Mediante el análisis de las propiedades de los calentadores solares de placa plana y tubos al vacío, se concluye que son ambientalmente viables y sostenibles para su uso en el Ecuador.

En cuanto a sus funcionamientos no causan impactos significativos al ambiente, porque no emiten gases contaminantes a la atmósfera ni poluciona el suelo o el agua, ya que, no genera energía eléctrica, sino, energía térmica misma que permite optimizar en mayor cantidad los diversos recursos naturales de los cuales disponemos, aportando a la conservación del planeta, generando un sistema de calentamiento eficiente y mucho más práctico.

En la comparación de ambas tecnologías, se concluye que, el calentador solar de agua potable de tubos al vacío es la tecnología más eficiente en cuanto al calentamiento de agua mediante el sol, ya que tienen un valor de 95% de eficiencia máx. en comparación con los de placa plana que son más antiguos y rústicos con una eficiencia máx. de 85%, estos dos tiene un tiempo de vida útil de entre 10 a 30 años, se comercializan en el mercado ecuatoriano y dependerá de cada persona y un asesor técnico elegir cual es el adecuado para su localidad.

## 5. Bibliografía

- Albizzati, E. (2016). Evaluación de la sustentabilidad de instalaciones solares con colectores de placa plana y tubos evacuados. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(3), 315-322. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v32n3/0188-4999-rica-32-03-00315.pdf>
- AulaFacil.com. (2017). Captadores Solares Planos. Recuperado de: <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-termica-1/captadores-solares-planos-l37775>
- Bravo, D. (2018). Una Revisión sobre Materiales para Almacenamiento de Energía Solar Térmica. *Revista Ingeniería*, 23(2), pp. 144-165
- Beguiría, S. (2018). El agua: características y propiedades. *Centro europeo de postgrado y empresa (CEPUE)*. Recuperado de: <https://www.ceupe.com/blog/el-agua-sus-caracteristicas-y-propiedades.html>
- Cajo, C., & Taco, J. (2017). *Diseño y construcción de un sistema de Calentamiento de Agua Potable con una Capacidad de 60l/día, mediante el uso de energía solar para uso de una vivienda unipersonal*. (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Calefacción Solar.com. (2016). Calefacción Solar <http://calefaccionsolar.com/tipos-de-energia-solar.html>.
- Calle, J., & Tinoco, O. (2018). Obtención de ACS con energía solar en el cantón Cuenca y análisis de contaminación ambiental. *Revista Ingenius*.(16),p.90.
- Castro, C., & Rojas, S. (2018). *Desarrollo de un sistema prototipo de calentamiento eficiente de agua potable por inducción electromagnética*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

- Carrasco, S. M. P., Chinguel, G. R. C., Cubas, M. M. F., y Cieza, R. Y. R. (2017). El estudio y la investigación documental: Estrategias metodológicas y herramientas TIC. Gerardo Chunga Chinguel.
- Chávez, D. (2018). *Modelamiento, simulación y control comparativo de un panel solar con Autoposicionamiento para la empresa AYNISAC-trujillo*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad, Perú.
- Chromagen Hot Water Solutions. (2019). *Chromagen: Fichas técnicas Captadores tubos vacío*. Sevilla, España: Fichas técnicas. Recuperado de: [https://chromagen.es/chromagen/wp-content/uploads/2019/10/Fichas\\_tecnicas\\_captadores\\_tubos\\_vacio.pdf](https://chromagen.es/chromagen/wp-content/uploads/2019/10/Fichas_tecnicas_captadores_tubos_vacio.pdf)
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). (2008). *Atlas Solar del Ecuador: Con fines de generación eléctrica*. Recuperado de : <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). (2013). *Plan maestro de electrificación*. Recuperado de: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion-2013-2022/>.
- Consejo Metropolitano de Quito. (2018). *Ordenanza Metropolitana*. (2 3). Recuperado de: [http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202018/ORDM-2018-0234-MANUEL%20CORDOVA%20GALARZA-PROYECTO%20URBANISTICO.pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202018/ORDM-2018-0234-MANUEL%20CORDOVA%20GALARZA-PROYECTO%20URBANISTICO.pdf)
- Coque, R., Rosa, A., Gutierrez, F., & Alexander, L. (2016). *Diseño e implementación de un calefón a inducción electromagnética para proveer de agua caliente a*



- viviendas unifamiliares*. (Tesis de grado). Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas. Latacunga, Ecuador.
- Cuevas, I., Soto, M., & Rocha, L. (2017). El uso de las tecnologías verdes y sus beneficios en las empresas medianas del sector agroindustrial en México. En J. Saavedra (Presidencia). *Gestión de la innovación para la competitividad*. Simposio llevado a cabo en el XVII Congreso latino iberoamericano de gestión tecnológica. Ciudad de México, México.
- Dávila, J. (2021). *Análisis del tarifario eléctrico en el sector guasmo sur cooperativa florida II, 2013-2018* (Tesis de grado). Repositorio Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Guayaquil, Ecuador.
- Erenovable. (2016). Energía solar pasiva. Obtenido de <https://erenovable.com/energia-solar-pasiva/>
- Espejo, C. (2010). Los nuevos paisajes de la energía solar. *Nimbus: revista de meteorología, climatología y paisaje*, 25, 65-92.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1996). *Ecología y Enseñanza Rural: Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*.
- Fauroux, L. y Jager, M. (2013). Diseño y Análisis de Colectores Solares Planos. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Instituto de Medio Ambiente, Universidad Nacional de La Matanza, v (1), 6-13
- Fernández, L. (2005). Energías alternativas. *Tecno Lógicas*, 14(1), 106.
- Fernández, I. (21 de Enero de 2021). La energía solar: todo sobre ella. *Greenteach*. Recuperado de :<https://www.greenteach.es/la-energia-solar-todo-sobre-ella>.

- Gómez, E., Navas, D., Aponte, G., y Betancourt, L. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. 81(184), 135-215.
- GreenPeace. (2010). Calentadores Solares: *Energía Renovable en tu Hogar. Campaña de Energía y Cambio Climático*. Obtenido de <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/calentadores-solares-energia.pdf>
- Hernández, F., y Quezada, D. (2016). Los recursos humanos en las bibliotecas públicas de México: Una investigación exploratoria. *Investigación bibliotecológica*, 30(68), 17-50. <https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.02.002>
- International Energy Agency (IEA). (2012). *World Energy*. Obtenido de: [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2012\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2012).pdf)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011). *Normas de construcción de colectores solares*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2016). *Rendimiento térmico de colectores solares*.
- IngeMecánica. (2021). *Instalaciones Termosolares para la Producción de Agua Caliente Sanitaria* (A.C.S.). <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>
- Jerry, W., Bufa, A., BoLou. (2007) Física. Recuperado de [https://www.academia.edu/36493670/Fisica\\_wilson\\_buffa\\_lou\\_vol](https://www.academia.edu/36493670/Fisica_wilson_buffa_lou_vol)
- Larreta, C. (2015). *Diseño y construcción de un calentador de agua solar, económico y asequible a la clase media-baja del Ecuador*. (Tesis de grado). Repositorio Escuela superior politécnica del litoral. Guayaquil, Ecuador.

- Loayza, O., & Mullo, M. (2017). *Diseño y construcción de una ducha de inducción*. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Cotopaxi. Latacunga, Ecuador.
- Lozano, M. (2019). *Colectores Solares Térmicos*. Zaragoza, España. Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad De Zaragoza.
- Martínez, D. (2005): Generación de electricidad mediante energía solar térmica.
- Nuestro socio del futuro: el sol (2016). Cenit Solar. España: Proconsi Dynamiza, S.L. [http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica\\_esquema.php](http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php)
- Mejía, R. (2016). *Ingeniería Energetica*. Cali, Colombia: Las Gaviotas.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE). (2012). *Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador*. Ecuador.
- Molina, J. (25 de diciembre de 2016). Calentador solar de agua de tubos al vacío o evacuados. (Mensaje en un blog.). Recuperado de [:http://alternativarenovable.blogspot.com/2016/12/calentador-solar-de-agua-de-tubos-al.html](http://alternativarenovable.blogspot.com/2016/12/calentador-solar-de-agua-de-tubos-al.html)
- Nandwani, S. (2005). *Energía solar: conceptos básicos y su utilización*. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (2020). Sistemas solares térmicos para agua caliente sanitaria (acs) aplicaciones menores a 100 °c.
- Parás, F. (2011). *Colectores solares de placa plana: análisis y métodos de prueba*. (Tesis de Grado). Instituto tecnológico y de estudios superiores de Monterrey, Monterrey, México.

- Paredes, C. (2012). *Diseño de captador solar cilíndrico parabólico para aplicaciones rurales en Paraguay*. (Tesis de Grado). Escuela técnica superior de ingenieros de Minas. Las Minas, Paraguay.
- Perpiñan, O. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Creative Commons.
- Pesantez, J. (2012). Reducción de Costos de Calentamiento de Agua en Ecuador a través de la sustitución de calefones con uso de GLP por sistemas de energía solar térmica. *Revista científica tecnológica Upse*, 1(1). Doi: [doi.org/10.26423/rctu.v1i1.2](https://doi.org/10.26423/rctu.v1i1.2)
- Plataforma solar de america latina (SOPELIA). (2017). Colector Solar Plano. Obtenido de : <https://www.energiasolar.lat/colector-solar-plano/>
- Quitiaquez, W., Toapanta, L., & Quitiaquez, R. (2017). Generación De Agua Caliente Sanitaria Mediante El Uso De Bombas De Calor Asistidas Por Energia Solar. En *Generación De Agua Caliente Sanitaria Mediante El Uso De Bombas De Calor Asistidas Por Energia Solar*. Asociación Colombiana De Facultades De Ingeniería Acofi.
- Real Academia Española. (2019). *Diccionario de la lengua española*.
- Robalino, A., Mena, A., & García, J. (2014). System Dynamics Modeling for Renewable Energy and CO2 Emissions: A Case Study of Ecuador. *Energy for Sustainable Development*, (2107) p.11-20.
- Rodriguez, D., & Arroyo, D. (2016). Energía Solar Fotovoltaica en Ecuador. *El Telégrafo*, p. 6-7.
- Schettini, P., y Cortazzo, I. (2015). Análisis de datos cualitativos en la investigación social. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/49017>

- SueloSolar. (2017). Captadores Térmicos. Obtenido de :  
<https://suelosolar.com/guia/acs-solar/rendimiento-colectores>
- Texas Renewable Energy Industry Alliance. (2016). *“Definition of renewable energy”*. Estados Unidos.
- Termosifon.es (2020). *Termosifón con heat pipe*. Obtenido de  
:<https://termosifon.es/termosifon-con-heat-pipe-fujisol/>
- Villalta, L., & Buñay, S. (2016). *Evaluación energética-económica en el uso de calentadores de agua en el cantón Paute*. (Tesis de pregrado). Univesidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

## 6. Glosario

Hermético: Que cierra perfectamente de modo que no deja pasar el aire ni el líquido.

Heat pipe: Es un tubo con alta conductividad usado para la transferencia de energía térmica.

KW/M: Kilos watts sobre metros.

NEC: Norma ecuatoriana de construcción.

Tecnología verde: Es la que se utiliza sin dañar el medio ambiente.

Termo tanque: Tanque o gran recipiente hermético.

Termo solar: Energía que se produce a partir del aprovechamiento de la energía térmica que produce el calor de la radiación solar.

Water in glass: Agua en vidrio.