

**Sistemas de calentamiento y la energía solar: Una revisión sistemática**

**Heating systems and solar energy: A systematic review**

**Emily Doménica Gómez-Naranjo<sup>1</sup>**

Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
emy199901@hotmail.com

**Marco Vinicio Bermeo-García<sup>2</sup>**

Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
mbermeo@upse.edu.ec

**Juan Carlos Muyulema-Allaica<sup>3</sup>**

Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
jmuyulema@upse.edu.ec

**Franklin Enrique Reyes-Soriano<sup>4</sup>**

Universidad Estatal Península de Santa Elena - Ecuador  
fereyes@upse.edu.ec

**[doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1349](https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1349)**

V7-N4-2 (ago) 2022, pp. 507-520 | Recibido: 15 de agosto de 2022 - Aceptado: 30 de agosto de 2022 (2 ronda rev.)  
Edición especial

---

<sup>1</sup> Egresada de la Universidad Estatal Península de Santa Elena  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7620-8540>

<sup>2</sup> Maestría en Gerencia Educativa, realizado en la Universidad estatal de Boliva  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2292-4218>

<sup>3</sup> Magister en Ingeniería Industrial, mención Planeación y Control de la Producción y los Servicios, Magister en Gestión Empresarial Basado en Métodos Cuantitativos  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9663-8935>

<sup>4</sup> Maestría en Sistema Integrado de Gestión realizado en la Universidad de Guayaquil  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0480-9689>

Descargar para Mendeley y Zotero

## RESUMEN

**Introducción.** La energía solar térmica (EST) encargada del aprovechamiento de la radiación solar para transformarla en calor es una de las formas más alentadora de generación. **Objetivo.** Efectuar una investigación mediante la revisión sistemática de la literatura (RSL) para responder la interrogante que nos dice ¿Cuáles son los métodos más precisos para la elaboración de un sistema de calentamiento eficiente utilizando energía solar? **Metodología.** Se trabajó en base a las tres fases de la RSL, que son la planificación, la conducción y la revisión. La base de datos estuvo delimitada a un periodo de 6 años, a partir del 01 de enero de 2016 al 8 de agosto de 2022. **Resultados.** Los resultados determinaron que las mejores formas de calentamiento es el uso de EST concentrada. Los Colectores Solares Fresnel (CSF) tipo lente generan una eficiencia variable de aproximadamente un 70%. **Conclusiones.** Se concluyó que los métodos más eficientes para calentamiento de agua o generación de vapor son los colectores solares tipo lente con temperaturas superiores a los 100°C y los colectores de tubos al vacío con temperaturas aproximadas de 120°C, sin embargo, se conoce que las lentes Fresnel varían dependiendo de la cantidad de radiación en el ambiente, por esto, puede llegar a tener temperaturas de hasta 600°C dependiendo de las condiciones climáticas del lugar.

**Palabras clave:** agua; colectores solares; energía solar térmica; eficiencia; radiación

## ABSTRACT

**Introduction.** Solar thermal energy (STE) responsible for harnessing solar radiation to transform it into heat is one of the most encouraging forms of generation. **Goal.** Carry out an investigation through the systematic review of the literature (SRL) to answer the question that tells us: What are the most accurate methods for the development of an efficient heating system using solar energy? **Methodology.** Work was carried out based on the 3 phases of the SRL, which are planning, conducting and reviewing. The database was limited to a period of 6 years from January 1, 2016 to August 8, 2022. **Results.** The results determined that the best forms of heating are the use of concentrated STE. Lens-type Fresnel Solar Collectors (FSC) generate a variable efficiency of approximately 70%. **Conclusions.** It was concluded that the most efficient methods for heating water or steam generation are lens-type solar collectors with temperatures above 100°C and vacuum tube collectors with temperatures of approximately 120°C, however, it is known that Fresnel lenses vary depending on the amount of radiation in the environment, for this reason, they can reach temperatures of up to 600°C depending on the climatic conditions of the place.

**Key words:** water; solar collectors; thermal solar energy; efficiency; radiation

## Introducción

La energía renovable se clasifica como una fuente de energía limpia que no emite contaminantes (Mustafa-M et al., 2021), una fuente pura que, al trabajar con ella reduce los gases de efecto invernadero emitidos al ambiente por procesos convencionales realizados (Venegas-Venegas et al., 2019), de esta forma se incluyen técnicas para el aprovechamiento de: energía solar, eólica, hidráulica, mini hidráulica, mareomotriz (ICCA, 2015), por este motivo se observaron diferentes artículos con los que sus propuestas sean significativas para la investigación científica. Gao et al., (2022) habla que en el caso de la energía solar hay un enorme potencial para trabajar en diferentes procesos, siendo el más común en sistemas de calentamiento, en base a esto (Bellos, 2019) hace referencia que la energía solar concentrada es una de las maneras más prometedoras de generar energía eléctrica por su alta eficiencia llegando así a las lentes de Fresnel, capaces de absorber la radiación del sistema y concentrarla hasta un punto focal funcionando bajo el principio de refracción para el trabajo con energía térmica (Moya-Baeza, 2020).

Carrión-Chamba et al., (2021) hablan de que la energía solar térmica (EST) trabaja de la mano con diferentes tipos de industria, efectuándose principalmente en procesos térmicos, en su defecto, (Schoeneberger et al., 2020) exponen que desde los años 60 se estudia con respecto a la EST en la industria por medio de esquemas de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), por esto a lo largo de la historia se fueron incorporando en diferentes procesos industriales, como indica (Ravi Kumar et al., 2021) al decir que entre las empresas que se destacan al requerir temperatura y por ende trabajan con EST tenemos a la industria química, de alimentos, de plásticos, textiles, metales y de papel. En el Ecuador la mayor fuente de generación de electricidad proviene de las hidroeléctricas teniendo como resultado que la energía solar, esté dentro de las tecnologías renovables no convencionales, sin embargo, se conoce en los informes anuales de la IEA que el número de las instalaciones solares han

crecido un 9,4% (Mugnier, 2014), no obstante, se propuso trabajar con energía solar sostenible puesto que la implementación de otros sistemas afectan al medio ambiente.

Basándonos en las investigaciones previas podemos expresar el objetivo de esta investigación, siendo este: Efectuar una investigación mediante la revisión sistemática de la literatura (RSL) para responder la interrogante de inicio, existente entre las formas de calentamiento y la energía solar, puesto que se trabajó en base a la necesidad de verificar un sistema que trabaje con energía renovable para la generación de vapor, o calentamiento de agua, así responderemos la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son los métodos más precisos para la elaboración de un sistema de calentamiento eficiente utilizando energía solar?

## Metodología

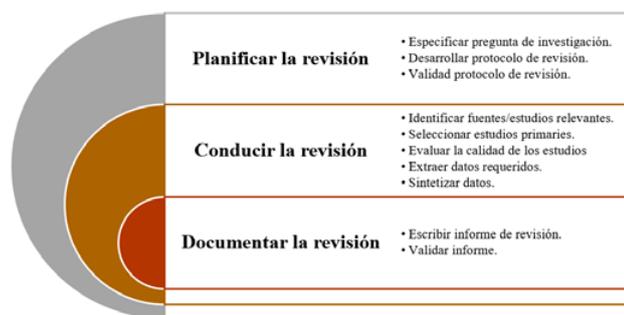
Se realizó la revisión sistemática de literatura (RSL) en ingeniería que para (García-Peñalvo, 2022) es aquella que recurre a búsquedas exhaustivas de artículos científicos relevantes sobre un tema aparente. Según Carrizo & Moller, (2018) la RSL usa diferentes mecanismos rigurosos para analizar, evaluar y ejecutar una o más acciones, mientras que para (Ierardi et al., 2017) la RSL es una manera en la que se estudia individualmente en una base de datos específica que sustentan a la revisión sistemática, puesto que como expresa (Muyulema-Allaica & Ruiz-Puente, 2022) tiene precisas habilidades de búsqueda, entonces se puede decir que, los artículos elegidos dan respuesta a las preguntas propuestas de investigación, las cuales expresa (Núñez-Naranjo et al., 2021) que, al emplear los criterios de inclusión y exclusión en la documentación facilita su selección.

Para la selección de la base de datos de la investigación se usaron términos que hagan referencia a lo estudiado, la variable y palabras relacionadas o implícitas dentro del sistema, como: (“heating system” OR “solar energy”), (“Thermal solar energy” OR “Design”), (“fresnel lenses” OR “sustainable design”), es preciso especificar el significado de los conectores

usados, por ende la Tabla 2 habla de estos teniendo en cuenta que los más usados para la búsqueda de los datos fueron el conector “OR” se lo usa para que el software arroje información que contenga una de las dos variables que se colocan y el conector “AND” para que el sistema estratifique información que contenga las dos variables a fin de terminar con la aplicación de las fases de la RSL (Figura 1).

**Figura 1**

*Fases de acción de la RSL*



**Nota:** Etapas fundamentales para realizar la RSL con efectividad propuesta por Kitchenham, (Tillaguango-Jiménez, 2021) hasta la fecha, existen aproximadamente 219 millones de contagiados, de los cuales 4,5 millones han muerto. En nuestro país, se estima que existen 508 mil casos confirmados y aproximadamente 32 mil muertes a causa de esta enfermedad. Pese a disponer de métodos verificados para diagnosticar Covid-19, las pruebas Polymerase Chain Reaction (PCR)

### Mecanismos de búsqueda

Son los principios para recaudar información relevante a fin de ayudar con la investigación o el caso de estudio. La data empleada en este artículo científico se visualizó principalmente en softwares que almacenan investigaciones científicas de autores confiables como: Scopus, ScienceDirect, Dialnet, Google Académico.

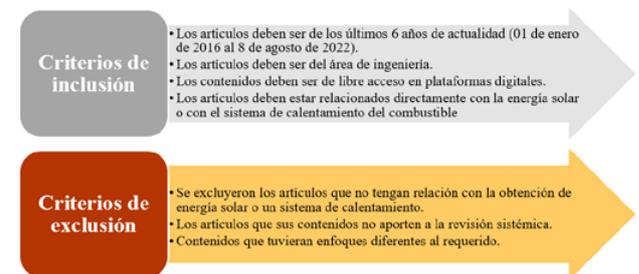
### Criterios por usar

Mediante el criterio de inclusión y exclusión Núñez-Naranjo et al., (2021) se verificó

la información más relevante relacionándolos directamente con el proceso investigativo, por lo tanto, de los 158 artículo científicos revisados, se filtraron para un estudio a profundidad solo 20 de ellos, puesto que estos cumplían con los criterios visualizados en le Figura 2, para la elaboración de la base de datos y ejecución de la investigación pertinente.

**Figura 2**

*Criterios usados en las fases de RSL*



**Nota:** Se consideraron en base al objetivo de estudio.

La RSL ayudó al cumplimiento que la selección de la base de datos pertinente para el estudio de las variables en investigaciones de investigación siendo así un proceso preciso y eficiente, ya que, como expresa Mena-Mejía et al., (2022) previniendo y mejorando así la reducción de accidentes laborales centrada en la aplicación de la norma ISO 45001:2018. Estos desafíos existenciales requieren que las empresas encuentren formas de volverse más resistentes frente a tales complejidades. La resiliencia es la capacidad que poseen los sistemas y subsistemas para mantener tanto sus funciones como sus estructuras frente al cambio. Objetivo. Realizar una investigación mediante la revisión sistemática de literatura (RSL el uso de la RSL permite manejar diversos diseños de investigación (método cualitativo, cuantitativo y mixto).

### Resultados

#### Planificación de los resultados

Tomando en consideración la flexibilidad de la RSL, en la Tabla 1, se expresa de modo sistémico, todas las actividades tomadas en

cuenta para este artículo de revisión.

**Tabla 1**

*Proceso de la RSL*

Etapas	Actividades
Planificación	Necesidad de una revisión
	Hipótesis o Pregunta de investigación
	Desarrollo protocolo
Conducción	Identificar fuentes o estudios relevantes
	Seleccionar estudios
	Resumir datos
Revisión	Redactar informe de revisión

### Identificación de la necesidad de la RSL

Mediante la RSL se necesita dar contestación a la pregunta de investigación, sobre qué método es el más apropiado para la obtención de energía térmica basada de energía solar para un sistema de calentamiento de agua, mediante una revisión sistemática de las investigaciones anteriores seleccionadas, por eso se realizaron los criterios de inclusión y exclusión para usar artículos referentes a lo que se necesita expresar.

### Especificación de la pregunta de Investigación

Para una mejor comprensión y guía de elaboración de la RSL se procedió a la elaboración de la pregunta de investigación, a fin de que este trabajo se enfoque en dar respuesta a esta pregunta conservando su enfoque en todo momento.

### Protocolo de búsqueda

Este apartado se lo puede llegar a ver en Metodología, puesto que se expresa la forma de búsqueda que se realizó, los sitios web que se usaron y los criterios de inclusión y exclusión especificados en la Tabla 2, sin embargo, la tabla 2 expresa el significado de los conectores lógicos utilizados para la búsqueda a fin de obtener nuestra base de datos y en la tabla 3 la base de datos usada junto con los artículos revisados.

**Tabla 2**

*Operadores de búsqueda*

Operador lógico	Función
AND	Liga las palabras claves y se extrae artículos con las dos variables.
“ ”	búsqueda de una frase completa
OR	Indica que buscará información de una palabra clave u otra
*;?	Restringir una palabra
NOT	Busca la primera variable excluyendo a la otra
( )	Determinar subconjunto de búsqueda

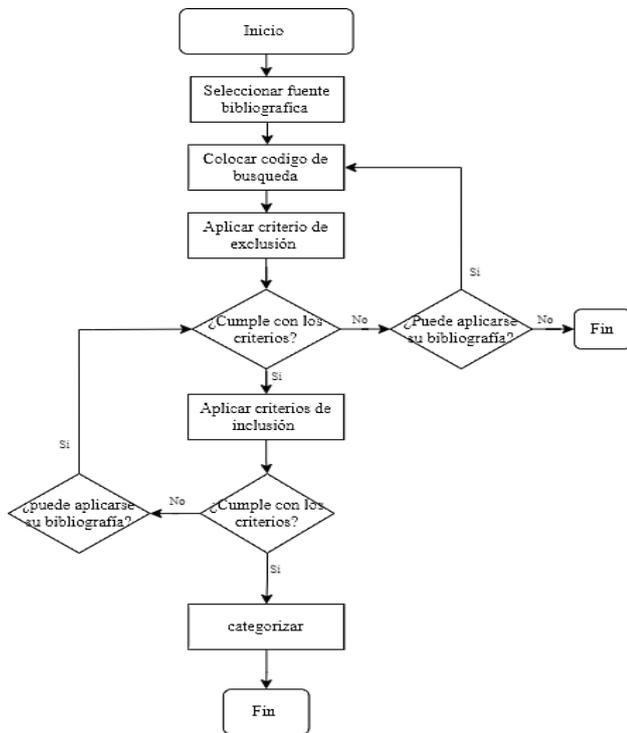
### Conducción de la revisión

#### Identificación de la investigación

Para la identificación de la investigación se estudia con el fin de contestar la pregunta de investigación, buscando artículos que relacionen conecten la energía solar para la realización de un sistema de calentamiento, formas de calentamiento generales o formas de obtención de energía solar, ya que es un tema relativamente nuevo o de actualidad la obtención de energía solar mediante CSF tipo lente para la realización de un sistema de calentamiento, por lo que se realizó una preselección hasta llegar con los artículos que ayuden de alguna manera a la comprensión de las variables y a la segregación de estas, por ende su proceso de selección se muestra en la Figura 3.

**Figura 3**

*Diagrama de flujo de procesos*



**Nota:** Actividades para la selección de los artículos

### Selección de estudios

Los estudios revisados y recopilados como base de datos para este artículo científico se detallan en la Tabla 3, puesto que tuvieron que pasar por un proceso de preselección y de estos, fueron seleccionados solo 20 artículos ya que cumplían con la RSL y se pudo trabajar con estos respectivamente puesto que tienen relevancia con lo estudiado.

**Tabla 3**

*Estudios encontrados y seleccionados por la RSL*

Motores de búsqueda	Encontrados	Seleccionados	Porcentaje
Scopus	42	7	35%
Science Direct	63	9	45%
Dialnet	15	2	10%
Google Académico	38	2	10%
Total	158	20	100%

**Nota:** Se seleccionaron 20 artículos para revisión al pasar los filtros de la SRL

### Síntesis de datos

Varela-Rodriguez et al., (2022); Jensen et al., (2022); García-Menéndez et al., (2022); Tarazona-Romero et al., (2020); Carrión-Chamba et al., (2021); Origel-Vázquez et al., (2018); Eryener & Akhan, (2016) proponen en cada una de sus investigaciones un sistema de calentamiento usando colectores solares tipo Fresnel puesto que consideran que soporta la mayor eficiencia en su absorción de radiación emitida en el sistema, por ende, mayor eficiencia al generar temperaturas altas y de esto realizar un sistema de calentamiento. Los múltiples ensayos plantean diferentes formas de calentamiento, desde paneles solares hasta colectores solares. Bajo estos argumentos, el presente estudio pretendió efectuar una investigación mediante la RSL para responder la interrogante que nos dice ¿Cuáles son los métodos más precisos para la elaboración de un sistema de calentamiento eficiente utilizando energía solar?

### Informe de revisión

Para dar explicación a los resultados más significativos se realizó la Tabla 4, en la que se recopilaron ciertos artículos para la base de datos, a fin de realizar un análisis de revisión sistemática y dar cumplimiento a los hallazgos más significativos junto con la validación del objeto de estudio.

**Tabla 4***Artículos seleccionados mediante la RSL*

No	Autor	Codificación	Significado de la notación	Propuesta
1	(Varella-Rodríguez et al., 2022)	FC	Formas de Calentamiento	Generación eléctrica mediante sistema Híbrido
2	(Jensen et al., 2022)	CSF	Colectores Solares Fresnel	Rendimiento térmico del colector solar
3	(García-Menéndez et al., 2022)	CSF	Colectores Solares Fresnel	Análisis energético de los CSF
4	(Mastrocinque et al., 2022)	ER	Energías Renovables	Desarrollo sostenible en la Cadena de Suministros
5	(Mustafa-M et al., 2021)	ER	Energías Renovables	Energías renovables y sus inversiones
6	(Carrión-Chamba et al., 2021)	CSF	Colectores Solares Fresnel	Avances de colectores solares
7	(Verma et al., 2020)	FC	Formas de Calentamiento	Sistema Fotovoltaico Híbrido
8	(Tarazona-Romero et al., 2020)	CSF	Colectores Solares Fresnel	A fin de producir vapor, se propone realizar un diseño trabajando con CSF
9	(Guan et al., 2020) and (ii)	FC	Formas de Calentamiento	Regulación de la temperatura de salida en un novedoso sistema de calentamiento de agua
10	(Parreño et al., 2020)	ER	Energías Renovables	Estrategias de ahorro energético
11	(Venegas-Venegas et al., 2019)	ER	Energías Renovables	Trabajo con energía renovable para reducción de Gases de efecto Invernadero (GEI)
12	(Origel-Vázquez et al., 2018)	CSF	Colectores Solares Fresnel	Funcionamiento del CSF tipo lente para uso doméstico
13	(Albizzati E. D., 2018)	CSF	Colectores Solares Fresnel	Análisis y manejo de datos de sistemas solares para calentamiento de agua
14	(Wang et al., 2017)	CSF	Colectores Solares Fresnel	Análisis de viabilidad de un sistema de calentamiento solar
15	(Harris & Rodríguez, 2017)	FC	Formas de Calentamiento	Modelado y análisis de factibilidad técnica
16	(Zainine et al., 2017)	FC	Formas de Calentamiento	Rendimiento de un sistema de calentamiento solar
17	(Mokhtar et al., 2016)	CSF	Colectores Solares Fresnel	Modelo experimental para calentamiento de agua con reflectores
18	(Fajardo-Muñoz & Páez-Fajardo, 2016) se llevó a cabo una simulación del calentamiento de Heavy Fuel Oil (HFO)	FC	Formas de Calentamiento	Simulación del tiempo de calentamiento del Fuel Oil Pesado
19	(Eryener & Akhan, 2016)	FC	Formas de Calentamiento	Análisis de rendimiento en los CSF
20	(Correa-Álvarez et al., 2016)	ER	Energías Renovables	Análisis de rendimiento en los CSF

### Formas de calentamiento

Varella-Rodríguez et al., (2022) realizaron investigaciones con respecto a los paneles fotovoltaicos y los concentradores solares luminiscentes para la generación de electricidad, ya que, la energía solar y la eólica son las energías que no contribuyen a la producción de gases de efecto invernadero al ambiente, trabajaron con celdas fotovoltaicas porque su objeto de estudio fue la producción

de electricidad en la menor cantidad de procesos posibles. Por otro lado, Verma et al., (2020) trabajan con un sistema híbrido, combinando un sistema EST con celdas fotovoltaicas que trabajan con Corriente continua (CC) como salida, se usaron lentes Fresnel para el mejoramiento de las celdas fotovoltaicas, concluyeron que su eficiencia eléctrica y térmica ronda entorno al 46,6% y el 53% a diferencia de los sistemas de

celdas fotovoltaicas convencionales que rondan por un 15% y un 25% de eficiencia.

Guan et al., (2020) and (ii) exteriorizaron la importancia de la temperatura es muy relevante, por esto se encargaron de elevar la confiabilidad de un sistema de calentamiento, se trabajó en cuanto al diseño y a la demanda que se tenía para determinar de forma precisa como suplirla, al trabajar con su diseño se llegó a la conclusión que estaban muy cerca de la temperatura que se necesitaba sin dejar de lado la idea de que la demanda de energía puede variar, eso influye directamente en la eficiencia del sistema, sin embargo, bajo un contexto de que no aumente la demanda de energía o cantidad de caudal a calentar, se concluye que la idea es viable.

Harris & Rodríguez, (2017) hablan de que en los últimos tiempos se han desarrollado diferentes formas en las que se benefician las pérdidas de energía, redirigiéndolas a proyectos más pequeños como el calentamiento para un domicilio, tuvieron como objetivo un sistema de enfriamiento utilizando energía captada del sol, con un modelo teórico experimental para tener como resultado la reducción de un 50% de consumo de energía eléctrica. En la misma línea, Zainine et al., (2017) estudiaron un sistema de calentamiento solar realizando una simulación de variables para determinar la mejor forma del sistema y el nivel óptimo de caudal de agua dentro del proceso de calentamiento, consiguiendo la información requerida siendo esta un total de 10kg /h m<sup>2</sup> para la producción anual de energía, concluyendo que a largo plazo es más rentable invertir en instalaciones solares para reemplazar otras formas de generación de energía eléctrica.

Fajardo-Muñoz & Páez-Fajardo, (2016) se llevó a cabo una simulación del calentamiento de Heavy Fuel Oil (HFO en su artículo científico habla sobre su estudio con respecto al tiempo promedio de calentamiento del Fuel Oil Pesado (HFO) siendo este un combustible de alta densidad que necesita un sistema eficiente para poder ser manipulado en procesos de producción de electricidad, por ende, se necesita aproximadamente 150°C de temperatura del combustible para que baje su nivel de viscosidad

y ya no sea demasiado elevado (454cSt) y se demora un aproximado de 12h en un tanque de: largo=11,74m; Ancho=30m; Alto=8,30m. Eryener & Akhan, (2016) estudiaron la oportunidad de la implementación de un colector solar transpirado, de la cual tuvieron una temperatura máxima de 45°C y temperatura mínima 20°C de que, para este caso, necesitan de este tipo de colectores puesto que el objeto de la investigación es la calefacción de aire, por eso, no es necesario temperaturas muy elevadas.

## Energía Solar

Mastrocinque et al., (2022) hicieron referencia a la cadena de suministro en el sector energético, siendo más concreto, en el sector de las energías renovables, puesto que trabaja de la mano con la generación de electricidad con paneles fotovoltaicos ya que completan un proceso productivo desde la obtención de radiación hasta el resultante que es la energía eléctrica, teniendo impacto en la industria 4.0, basándose en resultados de proyectos relevantes a nivel mundial, mostrando así que el creciente interés en obtener una industria 4.0 puede perjudicar considerablemente a la sostenibilidad.

Mustafa-M et al., (2021) establecieron que la industria sostenible ha tenido un aumento en las últimas dos décadas para mediante energías renovables generar electricidad, ofreciendo una oportunidad a la población en general disminuir el consumo de electricidad o procesos que necesitan combustibles fósiles para producir, teniendo en cuenta que la base de este documento es la flexibilidad, eficiencia y confiabilidad en la inversión para procesos sostenibles. En esta misma línea, Venegas-Venegas et al., (2019) presentaron su investigación sobre la energía renovable que se pueden trabajar en Chiapas, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) al ambiente, su propuesta es mediante el uso de biomasa generar energía limpia, siendo capaz de producir un potencial de 5381925m<sup>3</sup> de biogás por año y 2.4kW por metro cúbico de metano.

Consecuentemente, con los hallazgos ates expuestos, Parreño et al., (2020) presentaron

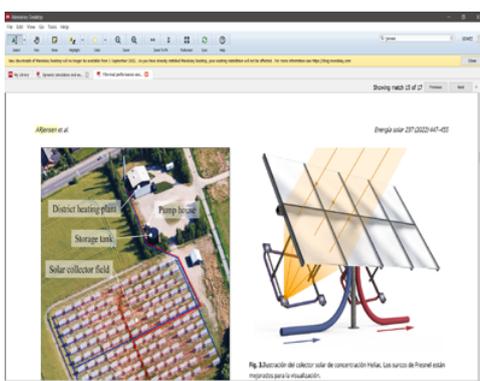
un diseño basado en energía solar en Ecuador, la idea de los autores fue principalmente el ahorro del consumo de energía en Cotopaxi, y la disminución del CO<sub>2</sub> se trabajó en base a la radiación del Ecuador específicamente en Latacunga, usando un proceso híbrido (celdas fotovoltaicas con sistema interconectado nacional) llegando a que el sistema es efectivo de 3-4 horas al día donde hay mayor radiación solar en el Ecuador, reduciendo un 5% de emisión de CO<sub>2</sub>. Así pues, Correa-Álvarez et al., (2016) hicieron referencia a que Ecuador es un país que promueve energéticamente al sector público y privado a la aplicación de tecnologías limpias, a través de sus normativas, como en el caso de la energía solar que es una fuente no convencional de mayor potencia, no contaminantes.

### Sistemas de calentamiento en base a la energía solar

Jensen et al., (2022) estudiaron a las lentes Fresnel teniendo en cuenta que estas funcionan por medio de la ley de refracción, que tienen muchos prismas pequeños paralelos funcionando de la forma en que la luz o radiación pasa por la lente y refracta a un punto focal donde se obtiene energía concentrada, determinándose que la eficiencia de la lente es superior a los 71.6% y que por las pérdidas de calor en el sistema, esta eficiencia puede decaer hasta un 11% por variaciones de radiación o si el lente está relativamente sucio, sin embargo obtenían temperaturas por encima de 100°C (Figura 4).

#### Figura 4

#### Colectores tipo lente



#### Nota: Colectores tipo lente para calentamiento

García-Menéndez et al., (2022) expresaron que para reducir el consumo de energía anual, se debe analizar sobre la posible creación de una instalación de colectores solares de placa plana que, proponen para empezar con 20 de estos, para sustentar su argumento, trabajaron con un software de simulación de variables dinámico llamado Trnsys obteniendo como resultado una eficiencia energética del 20% al 50% con un caudal aproximado de 3000 litros de agua. Por otro lado, Carrión-Chamba et al., (2021) mencionaron que, los sistema de EST son capaces de sustituir otro tipo de generación de energía o reducir considerablemente el consumo de combustibles fósiles puesto que, el 38% de la energía mundial es ocupada netamente en empresas industriales. La EST puede ser aprovechada de algunas formas, como por ejemplo el calentamiento de un fluido para transferencia de calor a otro medio dentro de un sistema. Para conseguir mayor eficiencia, esta energía se almacena como calor latente requiriendo menores volúmenes para mayor densidad de energía, mencionando varios tipos de colectores solares que han sido usados, entre las más comunes tenemos:

#### Colector solar de placa plana.

Encargada de generar energía térmica a base de la absorción de radiación del ambiente mediante paneles integrados por una tapa cristalina a fin de absorber la mayor cantidad de radiación posible, trabajando con un intervalo de baja temperatura (<100°C)

**Colector de tubos de vacío.** Colectan muy bien la radiación solar puesto que, como se muestra en la figura 3, están elaborados por varios tubos cristalinos que a su vez tienen dos tubos concéntricos, para mayor eficiencia todo sellado al vacío, alcanzando temperaturas de hasta 120°C.

#### Colector parabólico compuesto.

Formada por dos áreas parabólicas con material reflectante que emanan la radiación a un punto específico a fin de concentrar los mismos es un tubo absorbente como se observa en la ilustración

4, estas comprenden temperaturas aproximadas de 150°C

Tarazona-romero et al., (2020) proponen un prototipo de CSF lineal que, como objetivo fundamental tiene la capacidad de generar vapor de agua, puesto que, es un prototipo de calentamiento capaz de concentrar la irradiación directa y difusas de alto rendimiento, obteniendo niveles de temperaturas alcanzados de hasta 120°C y llegando así a mencionar que podría ser un sustituto a la generación de electricidad con combustibles fósiles, compuesto por espejos encargados de rebotar la radiación al tubo absorbente donde pasa el líquido a fin de conseguir la cantidad de temperatura necesaria. Origel-Vázquez et al., (2018) usando un método experimental produjeron energía térmica con una temperatura constante en un lapso de 4 a 7 horas aproximadamente con un CSF tipo lente, determinando que dependiendo del día y la radiación que se tenga en el día, esta arroja temperaturas por encima de los 100°C, entonces, se puede decir que entre mayor radiación en el ambiente, mayor eficiencia en el sistema de calentamiento.

Albizzati (2018) estudio de la EST, para esto, se identificaron las variables más importantes y con ayuda de un software de cálculo y modelado, System Advisor Model, consiguiendo la cantidad de radiación recibida de los CSF y exponiéndolos a una cantidad  $Q$  de radiación, al monitorear su comportamiento, estableciendo que estos trabajan a un 81% eficiencia al ubicarlos a una inclinación de 35°. Por otro lado, Wang et al., (2017) determinaron la eficiencia de un sistema de calentamiento experimental, realizando un muestreo de las diferentes temperaturas obtenidas en un punto focal a diferentes tipos de radiación emitidas del ambiente, teniendo un resultado significativo de que la garantía de calentamiento solar llega alrededor del 69%. En la misma línea, Mokhtar et al., (2016) se encargaron de generar un calentador solar con reflectores fresnel en Australia teniendo en cuenta que el rendimiento de los reflectores varía entre un 16% a 64% realizaron un diseño con tubos de absorción de cobre de diámetro de 22mm concluyendo con una eficiencia térmica

por encima del 29% y calentamiento del agua de entre 60 y 80°C.

Los hallazgos presentados indudablemente exponen que la energía solar es un recurso natural sostenible y fácilmente disponible que está ayudando a minimizar el consumo de energía no renovable. Los desarrollos en el campo de los sistemas solares fotovoltaicos han mostrado un vertiginoso desarrollo en los últimos años. En varios países del mundo, puesto que se están realizando investigaciones para hacer que los sistemas fotovoltaicos sean más eficientes y rentables.

## Discusiones

Del total de la base de datos recopilados se demuestra que la mayor parte de los métodos de calentamiento son evidenciados o estudiados con respecto a los colectores solares Fresnel (CSF) en un 66.67% aproximadamente, la segunda parte con un 16,67% hablan de paneles fotovoltaicos o fotovoltaicos híbridos y el 16,67% hace referencia a otras formas de calentamiento, sin embargo, se entiende que se recolecta información mayoritaria en lo que se quiere investigar, no obstante, se conoce que la EST es la menos usada en procesos de producción manejando la tecnología de Fresnel, por lo tanto, se considera trascendente y oportuno empezar a estudiar sobre los CSF tipo lente en los procesos productivos dentro de Ecuador, ya que el país está dentro de la línea ecuatorial, es viable trabajar con energía solar en las diferentes industrias.

Del porcentaje obtenido de los colectores solares, el 16,67% se trata netamente de los CSF tipo lente, estos en su la mayoría son teóricos o no están ligados a un proceso industrial real para la observación de su desempeño, por esto, se considera oportuno su estudio, a fin de aplicarlos en las industrias que necesiten la EST para sus procesos productivos, ya que, son capaces de generar un nivel de calentamiento de agua efectivo o de generación de vapor para usarse posiblemente en transferencia de temperatura con otros fluidos (Carrión-Chamba et al., 2021), esto es corroborado con estas investigaciones:

Jensen et al., (2022); Origel-Vázquez et al., (2018) hacen referencia que al trabajar con colectores solares Fresnel (CSF) tipo lente se determinó que estos arrojaban temperaturas por encima de los 100°C, con radiación directa por encima de los  $700 \frac{W}{m^2}$  en casos de la utilización de colectores solares de placas planas normales, su rendimiento y temperatura de salida es muy baja, variando desde 1% a 6% de eficiencia (García-Menéndez et al., 2022), sin embargo, según (Tarazona-Romero et al., 2020) su eficiencia varía dependiendo del caudal del agua que se utilice en el sistema, entre menos masa de agua, mayor calentamiento y viceversa, considerando de gran importancia la ejecución de estas investigaciones en el país.

Autores como Varella-Rodríguez et al., (2022) proponen una forma de coleccionar energía solar térmica (EST) utilizando las lentes Fresnel para impulsar a los paneles solares a fin de obtener mayor eficiencia en la producción de energía eléctrica, reduciendo los gases de efecto invernadero (GEI), puesto que, (Venegas-Venegas et al., 2019) en su artículo de revisión expresa que, desde 1990 estos han aumentado un 2.7% gracias a las industrias generadoras de electricidad, por este motivo, el objetivo de trabajar con energías renovables es sin lugar a duda no contribuir al aumento de los procesos que emanan GEI al ambiente. Origel-Vázquez et al., (2018) mencionan que la EST es precisa para ser incluida a la cadena de suministros energéticos, concluyendo que el tiempo efectivo generativo es de 6h aproximadamente.

Al definir que hay formas de obtención de energía solar eficientes y otros de bajo rendimiento. Un sistema fotovoltaico híbrido diseñado con celdas fotovoltaicas con CSF tipo lente podía aumentar su eficiencia de un 10% a un 40% (Verma et al., 2020), no obstante, en este diseño, es necesario el uso de baterías las cuales ayudan a la durabilidad de la energía, pero estas contienen materiales altamente tóxicos dañinos al medio ambiente, en su defecto, para seguir trabajando con procesos térmicos inclusive a la caída del sol, se debería pensar en propuesta de una forma de almacenamiento de energía

térmica a fin de conservar la temperatura mejor y garantizar su confiabilidad.

## Conclusiones

Mediante la revisión sistemática de literatura (RSL) se logró determinar la respuesta a la pregunta de investigación estableciendo los modelos de captación solar usados para un sistema de calentamiento, se determinaron que los métodos más eficientes para calentamiento de agua o generación de vapor son los colectores solares tipo lente con temperaturas superiores a los 100°C y los colectores de tubos al vacío con temperaturas aproximadas de 120°C, sin embargo, se conoce que las lentes Fresnel varían dependiendo de la cantidad de radiación en el ambiente por esto, puede llegar a tener temperaturas de hasta 600°C dependiendo de las condiciones climáticas del lugar.

De la RSL se obtuvo un análisis detallado del comportamiento de la energía solar en procesos de calentamiento y recolección de radiación usando los diferentes mecanismos de recolección, por ende, se excluyó en los CSF tipo lente son más influyentes que otros modelos de calentamiento en un 71% cuando existe radiación solar directa.

## Referencias bibliográficas

- Albizzati E. D. (2018). Estudio del comportamiento de sistemas solares para calentar agua usando un programa dinámico. *Renewable Energy*, 22(8), 5–24.
- Bellos, E. (2019). Progress in the design and the applications of linear Fresnel reflectors – A critical review. *Thermal Science and Engineering Progress*, 10, 112–137. <https://doi.org/10.1016/J.TSEP.2019.01.014>
- Carrión-Chamba, W., Murillo-Torres, W., & Montero-Izquierdo, A. (2021). Una revisión de los últimos avances de los colectores solares térmicos aplicados en la industria. *Ingenius*, 27, 59–73. <https://doi.org/10.17163/ings.n27.2022.06>

- Carrizo, D., & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 26, 45–54. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052018000500045>
- Correa-Álvarez, P.-F., González-González, D., & Pacheco-Alemán, J.-G. (2016). Energías renovables y medio ambiente, su regulación jurídica en el Ecuador. *Revista Científica Universidad y Sociedad*, 8, 150.
- Eryener, D., & Akhan, H. (2016). The Performance of First Transpired Solar Collector Installation in Turkey. *Energy Procedia*, 91(1115), 442–449. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.172>
- Fajardo-Muñoz, S.-E., & Páez-Fajardo, G. (2016). Simulación Del Tiempo De Calentamiento Del Fuel Oil Para Determinar Viscosidad Óptima De Bombeo. *Ingenius*, 16, 43. <https://doi.org/10.17163/ings.n16.2016.06>
- Gao, D., Hocksun-Kwan, T., Naji-Dabwan, Y., Hu, M., Hao, Y., Zhang, T., & Pei, G. (2022). Seasonal-regulatable energy systems design and optimization for solar energy year-round utilization☆. *Applied Energy*, 322, 119500. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2022.119500>
- García-Menéndez, D., Ríos-Fernández, J. C., Blanco-Marigorta, A. M., & Suárez-López, M. J. (2022). Dynamic simulation and exergetic analysis of a solar thermal collector installation. *Alexandria Engineering Journal*, 61(2), 1665–1677. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.06.075>
- García-Peñalvo, F. J. (2022). *Los métodos de revisión sistemática de literatura*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6320299>
- Guan, C., Lu, H., Zhang, L., & Yu, Z. (2020). Regulation of the output temperature in a novel water heating system using solid graphite as sensible heat thermal energy storage medium: Effects of water tank. *Energy Reports*, 6, 160–171. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.06.006>
- Harris, I., & Rodríguez, J. (2017). Caracterización, modelado y análisis de factibilidad técnica de un sistema de acondicionamiento de aire por adsorción, utilizando colectores solares térmicos como fuente energética principal. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 17, 5–14. <https://doi.org/10.17163/INGS.N17.2017.01>
- ICCA. (2015). Energías renovables Energías renovables. In *Knowledge Creation Diffusion Utilization*.
- Ierardi, C., Orihuela Espina, L., Flores, I. J., Rodríguez Del Nozal, A., & Tapia Córdoba, A. (2017). *Revisión sistemática de la literatura en ingeniería de sistemas. Caso práctico: técnicas de estimación distribuida de sistemas ciberfísicos*. 8. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497749.0084>
- Jensen, A. R., Sifnaios, I., Caringal, G. P., Furbo, S., & Dragsted, J. (2022). Thermal performance assessment of the world's first solar thermal Fresnel lens collector field. *Solar Energy*, 237, 447–455. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.01.067>
- Mastrocinque, E., Ramírez, F. J., Honrubia-Escribano, A., & Pham, D. T. (2022). Industry 4.0 enabling sustainable supply chain development in the renewable energy sector: A multi-criteria intelligent approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 182(September 2021), 121813. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121813>
- Mena-Mejía, S.-A., Muyulema-Allaica, J.-C., Bermeo-García, M.-V., & Reyes-Soriano, F.-E. (2022). La norma ISO

- 45001:2018 y la reducción de acci-  
dentabilidad en empresas resilientes.  
Una revisión sistemática. *AlfaPubli-  
caciones*, 4(3.1), 187–213. [https://doi.  
org/10.33262/ap.v4i3.1.247](https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.1.247)
- Mokhtar, G., Boussad, B., & Nouredine, S.  
(2016). A linear Fresnel reflector as a so-  
lar system for heating water: Theoretical  
and experimental study. *Case Studies in  
Thermal Engineering*, 8(August 2010),  
176–186. [https://doi.org/10.1016/j.csi-  
te.2016.06.006](https://doi.org/10.1016/j.csite.2016.06.006)
- Moya-Baeza, I. E. (2020). *Orientación y posi-  
cionamiento de lente*.
- Mugnier, D. (2014). *IEA SHC Task 52-Highli-  
ghts-2014. Quality Assurance and Su-  
pport Measures for Solar Cooling THE  
ISSUE*.
- Mustafa-M, S., Farhat, I. A., & Kagilik, A. S.  
(2021). *AIUE congress 2021: energy  
and human habitat conference AIUE  
Proceedings of the 2nd Energy and  
Human Habitat Conference 2021 Invest-  
ment Promotion in Renewable Energy in  
Libya; Vision & Methodology*.
- Muyulema-Allaica, J. C., & Ruiz-Puente, C.  
(2022). Framework proposal for the de-  
sign of lean circular production systems  
based on case studies. *DYNA, Dyna  
Acele(0)*, 1–10. [https://doi.org/https://  
doi.org/10.6036/10540](https://doi.org/https://doi.org/10.6036/10540)
- Núñez-Naranjo, A.-F., Becerra-García, E.-B., &  
Olalla-Pardo, V.-E. (2021). Autogestión  
del aprendizaje: Revisión de la litera-  
tura. *Explorador Digital*, 5(2), 6–22.  
[https://doi.org/10.33262/exploradordi-  
tal.v5i2.1649](https://doi.org/10.33262/exploradordigital.v5i2.1649)
- Origel-Vázquez, J.-D., Ramírez-Martínez,  
A.-L., & Rubio-Jiménez, C.-A. (2018).  
Variables Y Estándares Para El Fun-  
cionamiento De Un Colector Solar De  
Lente Tipo Fresnel, Para Uso Doméstico  
| Jóvenes En La Ciencia. *Jovenes en la  
Ciencia*, 4(1), 11–26.
- Parreño, J., Lara, O., Jumbo, R., Caicedo, H., &  
Sarzoza, D. (2020). *Diseño de un módu-  
lo de energía solar como estrategia de  
ahorro energético y disminución de la  
emisión de co2*. 2, 4–18.
- Ravi Kumar, K., Krishna Chaitanya, N. V. V., &  
Sendhil Kumar, N. (2021). Solar thermal  
energy technologies and its applications  
for process heating and power gene-  
ration – A review. *Journal of Cleaner  
Production*, 282, 125296. [https://doi.  
org/10.1016/j.jclepro.2020.125296](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125296)
- Schoeneberger, C. A., McMillan, C. A., Kurup,  
P., Akar, S., Margolis, R., & Masanet,  
E. (2020). Solar for industrial process  
heat: A review of technologies, analy-  
sis approaches, and potential appli-  
cations in the United States. *Energy*,  
206, 118083. [https://doi.org/10.1016/j.  
energy.2020.118083](https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118083)
- Tarazona-Romero, B. E., Campos-Celador, A.,  
Muñoz-Maldonado, Y. A., Sandoval-Ro-  
driguez, C. L., & Ascanio-villabona, J.  
G. (2020). *Linear Fresnel solar collec-  
tor prototype : Artisanal system for the  
production of hot water and / or water  
vapour*. 14(1), 35–42.
- Tillaguango-Jiménez, J.-R. (2021). Revisión  
Sistemática de Literatura: Análisis de  
viabilidad para la detección y diagnós-  
tico de Covid-19, aplicando modelos  
de Inteligencia Artificial (IA). *CE-  
DAMAZ*, 11(2), 142–151. [https://doi.  
org/10.54753/cedamaz.v11i2.1183](https://doi.org/10.54753/cedamaz.v11i2.1183)
- Varella-Rodriguez, A., Ribeiro-de Souza, D.-A.,  
Rivas-García, F.-D., Lima-Ribeiro, S.-,  
& José. (2022). Renewable energy for a  
green future: Electricity produced from  
efficient luminescent solar concentrators.  
*Solar Energy Advances*, 2, 100013. [ht-  
tps://doi.org/10.1016/j.seja.2022.100013](https://doi.org/10.1016/j.seja.2022.100013)
- Venegas-Venegas, J.-A., Aryal-Deb, R., & Pin-  
to-Ruíz, R. (2019). *Biogás , la energía  
renovable para el desarrollo de granjas*

*porcícolas en el estado de Chiapas.*  
*XXXIV*, 169–187.

Verma, S., Verma, A., Kumar, V., & Gangil, B. (2020). Concentrated photovoltaic thermal systems using Fresnel lenses-A review. *Materials Today: Proceedings*, 44(xxxx), 4256–4260. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.542>

Wang, Q., Zhou, Y., & Gao, S. (2017). Feasibility analysis of solar water heating system in rural areas. *Procedia Engineering*, 205, 3852–3859. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.065>

Zainine, M. A., Mezni, T., Dakhlaoui, M. A., & Guizani, A. (2017). Energetic performance and economic analysis of a solar water heating system for different flow rates values: A case study. *Solar Energy*, 147, 164–180. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.03.038>