



Desarrollo de calefactor solar según requerimiento de Patente NC2017/0005748

concedida a la UAN

Sergio Alejandro Rodríguez Vanegas - 20451721423

Víctor Alonso Ortega Laiton - 20451728642

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Tunja, Colombia

2022

**Desarrollo de calefactor solar según requerimiento de Patente NC2017/0005748
concedida a la UAN**

Sergio Alejandro Rodríguez Vanegas

Víctor Alonso Ortega Laiton

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director (a):

PhD. Carlos Ramón Batista Rodríguez

Línea de Investigación:

Tecnologías de aprovechamiento de las fuentes de energías renovables

Grupo de Investigación:

REM

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Tunja, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado
Desarrollo de calefactor solar según
requerimiento de Patente NC2017/0005748
concedida a la UAN,
Cumple con los requisitos para optar
Al título de Ingeniero Mecánico.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Tabla de contenido

RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO REFERENCIAL.....	21
1.1 Energía renovable a nivel mundial	22
1.2 Efecto invernadero	24
1.3 Reducción de CO₂ (Dióxido de carbono)	24
1.4 Energía Solar.....	25
1.4.1 <i>Beneficios de la energía solar</i>	26
1.5 Características de la radiación solar.....	26
1.6 Sistema de coordenadas horizontales del sol	27
1.7 Componentes del recurso solar	31
1.8 Colector solar	32
1.9 Calentadores Solares.....	32
1.9.1 <i>Desarrollo de calentadores solares en Colombia</i>	33
1.9.2 <i>Tipos de calentadores solares</i>	34
1.9.2.1 <i>Calentador solar de gravedad</i>	34
1.9.2.2 <i>Calentador solar presurizado o de presión</i>	35
1.9.2.3 <i>Calentador de panel solar</i>	36
1.9.2.4 <i>Calentadores planos o de cama plana</i>	37
1.9.2.5 <i>Calentador solar de concentración</i>	38
1.9.2.6 <i>Calentador solar para piscina</i>	39
1.10 Efecto Termosifón	40

1.10.1 <i>Funcionamiento de la circulación termosifón en un sistema solar</i>	41
1.11	Transferencia de calor.....	42
1.11.1	<i>Conductividad térmica</i>	43
1.11.2	<i>Ley de Fourier de la conducción de calor</i>	44
1.11.3	<i>Cálculo de pérdida de calor en una tubería</i>	44
2.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE CALEFACTOR SOLAR Y COLECTORES.....	46
2.1	Desarrollo metodológico.....	46
2.2	Metodología general	46
	Fase 1: Rediseñar el calefactor solar de acuerdo con las reivindicaciones aprobadas en la patente NC2017/0005748.	47
	Fase 2: Construir el calefactor solar con materiales reciclables y del menor costo posible.....	51
	Definición de Materiales para Calentador solar.....	57
3.	CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DEL CALEFACTOR SOLAR.....	60
3.1	Construcción de la estructura.....	60
3.2	Ensamble Calefactor Solar.....	69
4.	CONCLUSIONES	74
5.	RECOMENDACIONES.....	75
6.	ANEXOS	76
	Anexo 1. Análisis de costos de construcción del prototipo	76
	Anexo 2. Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente	77
	Anexo 3. Características físicas Tambor 208L.....	78
	Anexo 4. Propiedades Acero 316.....	79
	Anexo 5. Ficha técnica manguera polietileno.....	80
	Anexo 6. Medidas estructura (Inventor).....	81

Anexo 7. Simulación (Inventor)	82
Anexo 8. Mediciones tanque agua caliente (Autores)	86
Anexo 9. Alternativa 8 (Autores).....	91
Anexo 10. Cronograma de actividades (Autores).....	97
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Consumo de energía mundial para el año 2016</i>	22
Figura 2. <i>Consumo de energías renovables para el año 2016</i>	23
Figura 3. <i>Coordenadas celestes horizontales</i>	27
Figura 4. <i>Orientación geográfica del Panel</i>	28
Figura 5. <i>Radiación directa.</i>	29
Figura 6. <i>Radiación directa sobre el colector de 45° y 20° de inclinación</i>	30
Figura 7. <i>Calentador de la cafetería de la antigua Empresa de Energía de Bogotá (EEB)</i>	34
Figura 8. <i>Calentador Solar de gravedad</i>	35
Figura 9. <i>Calentador solar de Presión</i>	36
Figura 10. <i>Calentador de panel solar.</i>	37
Figura 11. <i>Calentador solar de cama plana</i>	38
Figura 12. <i>Calentador solar de concentración</i>	39
Figura 13. <i>Calentador solar de piscinas.</i>	40
Figura 14. <i>Efecto Termosifón</i>	41
Figura 15. <i>Teoría del calórico</i>	42
Figura 16. <i>Estructura base (Inventor) (Autores)</i>	48
Figura 17. <i>Soporte tanque de Almacenamiento (Inventor) (Autores)</i>	49
Figura 18. <i>Factor de diseño mínimo (Inventor) (Autores)</i>	50
Figura 19. <i>Datalogger (Autores)</i>	51
Figura 20. <i>Piranómetro y Anemómetro (Autores)</i>	52
Figura 21. <i>Estructura Base (Autores)</i>	60
Figura 22. <i>Soporte tanque de Almacenamiento (Autores)</i>	61
Figura 23. <i>Construcción brazos para colectores (Autores)</i>	62
Figura 24. <i>Construcción Soporte brazo para colector (Autores)</i>	62
Figura 25. <i>Tanque de almacenamiento (Autores)</i>	63
Figura 26. <i>Instalación tanque de almacenamiento en estructura base (Autores)</i>	64
Figura 27. <i>Prueba de fugas (Autores)</i>	65
Figura 28. <i>Relleno aislante tanque de almacenamiento (Autores)</i>	65
Figura 29. <i>Instalación brazos para colectores (Autores)</i>	70
Figura 30. <i>Conexiones entre colectores pintadas de Negro (Autores)</i>	71
Figura 31. <i>Calefactor solar (Autores)</i>	72
Figura 32. <i>Calefactor solar (Autores)</i>	73
Figura 33. <i>Conductividad térmica de algunos</i>	77
Figura 34. <i>Tambor anillo integrado 208L</i>	78
Figura 35. <i>Propiedades planchas de acero A36</i>	79
Figura 36. <i>Manguera polietileno</i>	80
Figura 37. <i>brazos para colectores (Inventor)(Autores)</i>	81

Figura 38. <i>Soporte brazo para colector (Inventor) (Autores)</i>	81
Figura 39. <i>Esfuerzos máximos y mínimos (Autores)</i>	82
Figura 40. <i>Deformaciones máximas y mínimas (Autores)</i>	83
Figura 41. <i>Factor de seguridad máximo y mínimo (Autores)</i>	84
Figura 42. <i>Cargas del peso del agua del tanque, de las mangueras y del viento sobre la estructura (Inventor) (Autores)</i>	84
Figura 43. <i>Máximo esfuerzo en la estructura (Inventor) (Autores)</i>	84
Figura 44. <i>Máxima deformación (Inventor) (Autores)</i>	85

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Alternativas de colectores (Autores)</i>	52
Tabla 2. <i>Presupuesto (Autores)</i>	76
Tabla 3. <i>Mediciones tanque agua caliente (Autores)</i>	86
Tabla 4. <i>Alternativa 8 de mejor resultado (Autores)</i>	91
Tabla 5. <i>Cronograma de actividades (Autores)</i>	97

Ilustraciones

Ilustración 1 <i>Grafica sobre relación temperatura-tiempo sobre la eficiencia del tanque de almacenamiento (Autores)</i>	66
--	----

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a Dios principalmente quien nos permitió llegar a este punto. A nuestras familias que con gran aprecio y dedicación nos han brindado su apoyo durante todo el tiempo, a nuestros docentes y compañeros que aún siguen persiguiendo este sueño de poder trascender en la vida.

Agradecimientos

Queremos dar las gracias a nuestro director de proyecto, el Ing. Carlos Ramon Batista Rodriguez por ser nuestro guía en este proceso, quien con su valioso conocimiento nos aportó su tiempo y disposición para llevar a buen término este proyecto, a nuestro director de carrera el Ing. Miller Cely por darnos su apoyo y seguimiento en todo el proceso.

Yo Víctor Alonso Ortegón Laiton quiero agradecer a mis padres, familiares y amigos que con sus consejos y apoyo me ayudaron a dar más de mí para poder soñar y creer que los sueños si se hacen realidad con esfuerzo y dedicación.

Yo Sergio Alejandro Rodriguez agradezco a mis padres, hermanos y amigos por apoyarme en cada una de mis decisiones. A mis padres especialmente por darme la vida, apoyo y el estudio suficiente que han hecho en mí ser un gran ser humano para poder lograr lo que me propongo, porque gracias a ellos no hubiese alcanzado este escalón más en mi vida.

Resumen

El trabajo desarrollado se fundamenta en la problemática del rediseño de un prototipo de calefactor solar, que cumpla una serie de reivindicaciones planteadas en la patente NC2017/005748 concedida a la UAN en el año 2020, para lo cual se formuló el objetivo: Desarrollar un calefactor solar que cumpla con las reivindicaciones aprobadas en la patente NC2017/0005748, para alcanzar el objetivo propuesto se realizaron diferentes tareas, de diseño, construcción y ensayos de diferentes componentes del calefactor solar. Con las pruebas realizadas se analizó que existen la posibilidad del uso de materiales locales, lo que permitió elegir la mejor variable de colector solar compuesto por dos mangueras y láminas de envases reciclables. Respecto al deposito de agua caliente se comprobó que mantiene la temperatura alrededor de unas doce horas. Sin embargo, al integrar los diferentes componentes no se logra que se caliente el agua debido a una incorrecta instalación que o permite que el sistema funcione bajo el principio de termo sifón. De forma general se concluyó que se desarrollaron los objetivos propuestos de la investigación, pero los resultados alcanzados no satisficieron las expectativas de la investigación.

Palabras claves: Calefactor solar, radiación, rediseño, termosifón

Abstract

The work developed is based on the problem of redesigning a prototype solar heater, which meets a series of claims raised in patent NC2017/005748 granted to the UAN in 2020, for which the objective was formulated: Develop a heater that complies with the claims approved in patent NC2017/0005748, to achieve the proposed objective, different tasks were carried out, design, construction and testing of different components of the solar heater. With the tests carried out, it was analyzed that there is the possibility of using local materials, which allowed choosing the best solar collector variable composed of two hoses and recyclable packaging sheets. Regarding the hot water tank, it was found that it maintains the temperature for about twelve hours. However, by integrating the different components, it is not possible to heat the water due to an incorrect installation that does not allow the system to work under the thermo-siphon principle. In general, it was concluded that the proposed objectives of the research were developed, but the results achieved did not meet the expectations of the research.

Keywords: Solar heater, radiation, redesign, thermosyphon

1. Introducción

Es importante en el área de investigación el uso apropiado de la energía en forma de radiación solar a nivel mundial ya que no genera contaminación ambiental y contribuye al desarrollo económico y sustentable de la humanidad, haciendo parte este tipo de energía de una de las energías renovables y más abundantes en el planeta que se va rehaciendo continuamente con el pasar del tiempo. Dentro de las energías renovables encontramos: solar, geotérmica, eólica, biomasa, hidroeléctrica y oceánica.

Los calefactores con energía solar y los calentadores de agua ayudan a disminuir el deterioro en la calidad del aire y disminuir en gran parte las emisiones de gases contaminantes de efecto invernadero producidos por los combustibles fósiles y producen una alteración en el cambio climático.

La energía solar térmica consiste en la captación de la radiación del sol y su transformación en calor para su aprovechamiento en diversas aplicaciones. Esta transformación se realiza por medio de unos dispositivos específicamente diseñados a tal fin, denominados colectores solares.

La invención del colector solar con fluido líquido es atribuida a H.B. Saussure durante la segunda mitad del siglo XVIII y otros investigadores, como Herschel (1837) y Tellier (1885), que ensayaron colectores muy semejantes a como se utilizan en la actualidad. Pero fue Clarence M. Kemp (EE.UU.) quien, en 1892, fabricó por primera vez para su venta un colector solar de agua. (Zabalza Bribian & Aranda Uson, 2009, p. 13)

De acuerdo a esta idea se han diseñado dos prototipos, uno de ellos se construyó utilizando latas de cerveza recicladas que recubrían la superficie formando un espiral y este prototipo alcanzó una temperatura de 40°C (Acero & González, 2019).

El segundo prototipo fue presentado como una mejora al primero. La estructura dejó de ser en espiral a poseer columnas, igualmente se modificó la forma de recubrir la superficie, donde se encontraban latas cubiertas con pintura negra e impregnaciones de carbón mineral en polvo, para una mayor absorción alcanzando así una temperatura de 48°C (Acero & González, 2019).

En el programa de ingeniería mecánica de la sede Tunja se busca implementar, investigar y desarrollar nuevos dispositivos capaces de utilizar energías limpias e innovadores que aporten a un desarrollo sostenible de la ingeniería en la rama del saber. La energía solar tiene muchas aplicaciones y por ende que nace este proyecto que se desarrollara en la Universidad Antonia Nariño como línea de investigación pretende realizar un rediseño estructural y acogerse a las reivindicaciones planteadas en la patente del calefactor solar inicial buscando siempre una mejora de acuerdo a los anteriores hechos para analizar el funcionamiento ideal de este prototipo.

Por otro lado, a nivel internacional existen algunos estudios de medidas de consumo doméstico de agua. En general, se piensa que un gasto medio típico es del orden de los 40 litros por día y persona. En los países en desarrollo, este consumo constituye entre el 30 y el 40% del consumo de energía de un hogar. Tal porcentaje es mayor que en los países desarrollados, donde el empleo de energía para producir agua caliente sanitaria (ACS) supone el 26% del consumo total de la vivienda, En general,

a nivel Mundial, el calentamiento de agua mediante energía solar, más allá de ser una alternativa ecológica, se ha convertido en una tecnología económicamente atractiva y competitiva en muchos países (Placco et al., n.d.).

Según Camilo Arancibia Bulnes y Roberto Best y Brown: En términos generales, las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar pueden clasificarse en solares térmicas y solares fotovoltaicos(Arancibia et al., 2010, p. 12)

Cabe resaltar que se está produciendo un incremento destacable de instalaciones de energía del sol en el planeta. Los adelantos tecnológicos han permitido la creación de sistemas de mejor calidad y menor valor en tanto la sociedad está entendiendo la necesidad de sustituir los combustibles fósiles. Los colectores solares son gadgets usados para coleccionar, absorber y trasladar energía del sol a un fluido, que puede ser agua o aire. La energía del sol puede ser usada para calentar agua, para sistemas de calefacción o para climatización de piscinas (Placco et al., n.d.)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los mayores desafíos en el siglo XXI que enfrenta la sociedad en el mundo es el cambio climático global por el efecto invernadero que se produce de la industrialización y quema de combustibles fósiles que generan un mayor aumento en las emisiones de CO₂. En lo cual los científicos aseguran que la subida de la temperatura global del planeta ha llegado a registros nunca antes vistos y ocasionando un deterioro grave en la capa de ozono.

Ante esta situación que va más allá de conveniencias sociales, políticas y económicas los países. Es una problemática que compete al mundo entero el realizar una transición energética ya que los combustibles fósiles se agotaran en algún momento, mientras que las energías renovables son inagotables y la vida útil del sol comprende unos 10.000 millones de años aproximadamente.

Este prototipo que nace como idea a la mejora del desarrollo de un calefactor solar sencillo y compacto a la vez anteriormente desarrollados busca garantizar que se cumpla una serie de requerimientos y reivindicaciones que fueron presentadas en la invención del "calefactor tipo solar" la cual tiene como expediente NC2017/0005748.

Las reivindicaciones comprenden de un depósito de agua que posee una entrada y salida, las cuales están conectadas entre sí, además de una tubería en forma de espiral que se encuentra alrededor del depósito. Dentro de dichas reivindicaciones no se tendrá en cuenta la utilización del acumulador térmico (Batista Rodriguez, 2020)

De acuerdo con esta idea se han diseñado dos prototipos

El primero de los estos se construyó usando latas de aluminio que recubrían toda la superficie formando una espiral, este prototipo alcanzó una temperatura de 40°C (Acero & González, 2019).

El prototipo no logró obtener una hermeticidad absoluta entre los conductos y la capacidad de almacenamiento de agua era de 90 L, mayor a la especificada en la patente, no hubo un adecuado recubrimiento entre las líneas de unión del depósito.

El segundo prototipo se presentó como una mejora al primero, la estructura geométrica de disposición de los colectores solares pasó de ser en forma de espiral a por columnas, igualmente se modificó la forma de recubrir la superficie, en éste se utilizaron láminas de aluminio recubiertas con pintura negra mate con impregnaciones de polvo de carbón mineral, para mejorar la absorción, alcanzando una temperatura de 48°C (Acero & González, 2019).

El volumen de almacenamiento era de 50 L Este prototipo presento diferentes fallas en el funcionamiento, se presentaron fugas de agua, la estructura cónica de un prototipo a otro se conservó. Es muy robusta y no desmontable, lo cual la hace muy pesada y difícil de transportar

Resumiendo lo anterior: se han diseñado hasta el momento en la sede Tunja dos diferentes calefactores solares, percibiendo que uno de los cuales no ha sido funcional y el otro funcionó correctamente. Sin embargo, la forma estructural de ese último no está de acuerdo con los requerimientos de la mencionada patente NC2017/0005748. Por esas razones, es necesario realizar un rediseño de los

prototipos fabricados calefactor solar que ajuste su forma y funcionalidad a los requerimientos y así desarrollar estrategias que busquen una mejora con el uso adecuado del recurso hídrico.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Porque desarrollar un calefactor solar que cumpla los lineamientos establecidos en la patente NC2017/0005748 y mejore las características de prototipos antes realizados con un desarrollo estructural más compacto?

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un calefactor solar que cumpla con las reivindicaciones aprobadas en la patente NC2017/0005748 concedida a la UAN en 2020 a excepción el acumulador térmico

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Rediseñar el calefactor solar de acuerdo con las reivindicaciones aprobadas en la patente NC2017/0005748.
- Construir el calefactor solar con materiales reciclables y del menor costo posible.
- Realizar los ensayos o pruebas funcionales del prototipo

JUSTIFICACIÓN

Este rediseño de calefactor solar se realiza con el fin de garantizar la originalidad reconocida según la patente registrada NC2017/0005748, aspecto de gran importancia para la explotación comercial de esta invención, que forma parte de los prototipos de energía renovable. Estos pueden y deben contribuir a su utilización a mediana y gran escala de este tipo, así como ayudar a la conservación del medio ambiente con energías limpias.

¿Por qué desarrollar un calefactor solar?

El calefactor solar es un dispositivo capaz de generar un servicio eficiente para el calentamiento de agua, aprovechando la energía solar la cual es inagotable. Por ende, se busca diseñar este tipo de calefactor cumpliendo el estándar de la patente inicial y reducir en gran medida su costo de fabricación.

¿Qué beneficios trae diseñar un calefactor solar?

Hoy en día, los costos en el recibo de luz son excesivos, ya que los electrodomésticos funcionan a base de energía eléctrica. Además de ese aspecto económico familiar, debe tenerse siempre presente que en el país en general y en el departamento de Boyacá en particular existen muchas regiones no interconectadas. Su población tiene condiciones de vida muy inferiores por esa razón, y para garantizar el agua caliente necesaria es común que empleen recursos más contaminantes y perjudiciales para el medio ambiente, como la quema de carbón y leña.

Con el rediseño de este calefactor solar se busca motivar a que mayor población adapte nuevas prácticas del uso de energías renovables, con alta eficiencia de consumo.

ALCANCE

Una vez finalizado este proyecto se busca probar el prototipo bajo las condiciones ambientales de la UAN sede Tunja. Debe destacarse que el prototipo no incluye el acumulador térmico, que también aparece en las reivindicaciones de la patente, pero no forma parte del presente proyecto.

LIMITACIONES

Solamente se desarrollará la parte mecánica del rediseño del calefactor solar, sin trabajar en el sistema electrónico de funcionamiento y control, como el sensor de temperatura.

No se acoplará el acumulador térmico y solo se harán las pruebas necesarias bajo las condiciones ambientales de la ciudad de Tunja.

1. Marco Referencial

Las ciudades y regiones son una de las bases del crecimiento económico, la productividad, y el desarrollo social de los países, por ello, su transformación debe estar alineada a los procesos y cambios tecnológicos debido a que en los últimos años el país ha enfrentado un acelerado proceso de urbanización y lo que se espera es que en las próximas décadas esto continúe. Como es bien sabido, este proceso de evolución seguirá avanzando y el no contar con los medios ni una correcta planificación en cuanto al uso de energías renovables que actualmente se encuentra en auge, y hoy en día debido al calentamiento global que se está presentando y los fuertes cambios climáticos, conlleva a impulsar una implementación de nuevas tecnologías capaces de brindar energía más limpia que la que se da por los combustibles fósiles que son más costosos.

Si no se desarrolla se generará desigualdad para las personas con un bajo nivel socioeconómico puesto que se presenta una reacción en cadena porque se da un incremento de la informalidad económica, servicios públicos deficientes, deterioro ambiental, entre otros porque dichas comunidades no tendrán acceso equitativo al uso de energía renovable a un precio asequible.

Es por ello que para la implementación de este proyecto se usará la energía solar térmica, la cual consiste en la captación de la radiación del sol y su transformación en calor para su aprovechamiento en diversas aplicaciones. Esta transformación se realiza por medio de unos dispositivos específicamente diseñados denominados colectores solares, esto se realizará con material reciclable para que su uso tenga bajos costos y se pueda presentar en Colombia, puesto que el aprovechamiento de la energía solar garantiza

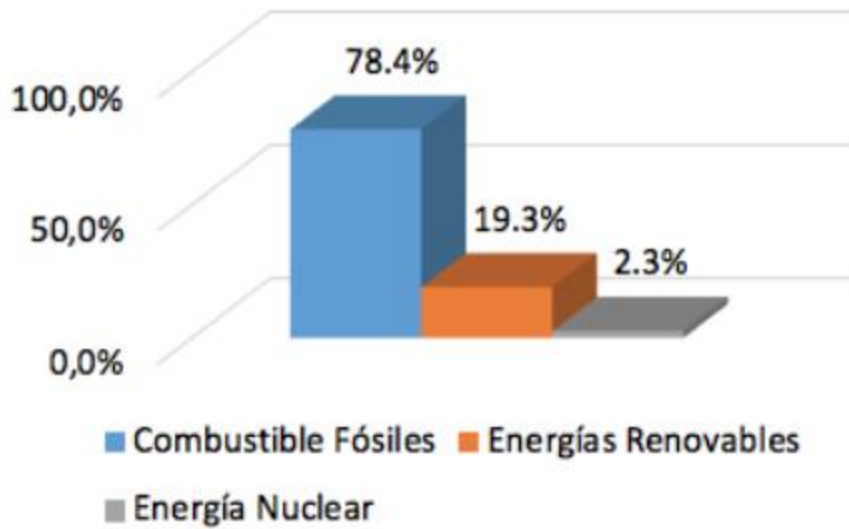
la sostenibilidad y desarrollo de comunidades de bajos niveles socioeconómicos con el simple hecho de poder acceder a un servicio eficiente de agua caliente en sus hogares a un bajo costo.

Además, a continuación, se darán a conocer los términos y conceptos más relevantes para el desarrollo del proyecto del calefactor solar según requerimiento de Patente NC2017/0005748 concedida a la UAN. Adicionalmente, se dará a conocer una breve historia acerca del desarrollo de los calentadores solares en Colombia para tener una perspectiva mejor sobre este tema que es de gran importancia.

1.1 Energía renovable a nivel mundial

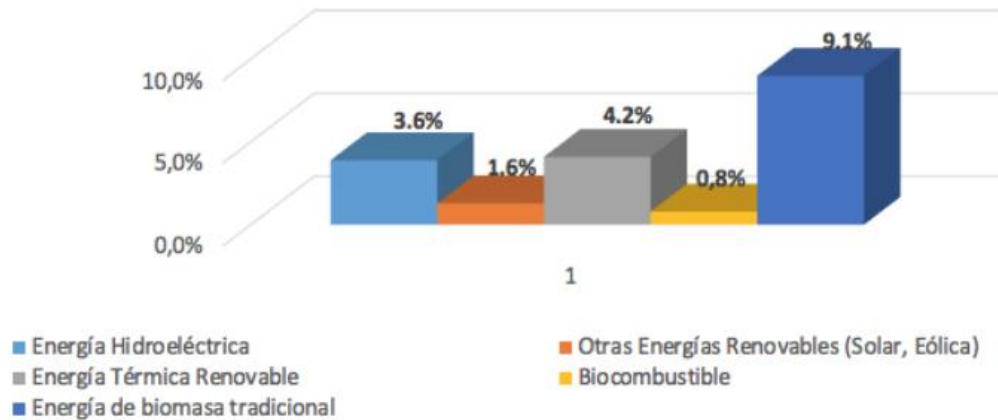
Según Energy international agency (EIA 2017) el incremento de uso de energías renovables incremento un 2,3% a nivel mundial para lo cual ha contribuido que se mantuvieran estables los niveles de emisiones contaminantes. En 2016 el uso de ER (energía renovable) a nivel mundial apporto un estimado de 19,3%del consumo mundial de energía donde un 9,1% se debió al uso de biomasa para sistemas de calefacción en áreas rurales y un 10,2%en ER tales como la energía fotovoltaica, eólica, hidroeléctrica, solar térmica y biocombustibles.(Robles & Rodriguez, 2018)

Figura 1. *Consumo de energía mundial para el año 2016*



Fuente: (Robles & Rodriguez, 2018, p. 3)

Figura 2. Consumo de energías renovables para el año 2016



Fuente: (Robles & Rodriguez, 2018, p. 3)

Para International Renewable Energy Agency (IRENA) Colombia gracias a la ubicación en el trópico, montañas de los andes y sus condiciones climatológicas posee gran potencial para realizar un desarrollo a gran escala en el uso de energía renovables. La UPME (unidad de planeación minero- energética) en su plan de desarrollo de 2011 – 2020 junto

con el consorcio energético CORPOEMA 2010 estableció un subprograma estratégico que busca impulsar el uso y desarrollo de energías no convencionales.(Robles & Rodriguez, 2018)

1.2 Efecto invernadero

Se llama efecto invernadero gracias a la similitud con el desempeño de los invernaderos. Estos sistemas tienen la capacidad de retener el calor dentro suyo. Lo que lo distingue reside en que el invernadero usa el cristal y no los gases de la atmósfera para retener el calor.

Cuando se habla del efecto invernadero básicamente es sobre el efecto producido en el planeta Tierra. Por otro lado, además se produce de manera semejante a otros planetas como Venus y Marte.

Las ocupaciones humanas y las primordiales fuentes de energía no renovable han causado un incremento elevado del efecto invernadero. Una de las virtudes de las energías sustentables como la energía del sol es que no emiten gases. Las energías alternativas es una aceptable opción para contrarrestar estos efectos (Planas, 2016).

1.3 Reducción de CO_2 (Dióxido de carbono)

Uno de los principales objetivos a nivel general con la implementación de energías renovables en el planeta es la disminución de toneladas de CO_2 que se generan hoy en día por consumo de combustible fósil y demás fuentes de contaminación que produce el ser humano, en Colombia hoy en día una empresa pionera en el desarrollo de generación de electricidad a partir del aprovechamiento de paneles solares capaces de dar un buen manejo a la radiación proveniente del sol es la empresa CELSIA donde en el municipio de Yumbo

en el valle del cauca implemento la primera granja solar de gran escala en Colombia. Según CELSIA cuenta con 35000 módulos fotovoltaicos y genera una capacidad de 16,5GWh de energía al año lo cual equivale al consumo de 8 mil hogares.(Celsia, 2018)

Creada en septiembre de 2017 se dice que con esta área de 18 hectáreas de granja solar evitara la emisión de 160 mil toneladas de (CO_2) durante 25 años, lo cual es una gran iniciativa de generar un desarrollo sostenible en el uso de este tipo de energía que brinde mejoras en las comunidades que allí habitan.(Celsia, 2018)

1.4 Energía Solar

El Sol es la fuente de energía que mantiene vivo al planeta Tierra. Emite continuamente una potencia de 62 mil 600 kilowatts (o kilovatios) por cada metro cuadrado de su superficie. Esto ha venido ocurriendo a lo largo de 4 mil 500 millones de años, y se estima que continuará así por otros 5 mil millones de años, lo cual, en términos de la existencia que ha tenido la humanidad, es prácticamente ilimitado. De hecho, en un periodo de tan sólo dos días, el planeta recibe una cantidad de energía equivalente a todas las reservas probadas que existen de petróleo, gas y carbón. Esto equivale a cerca de 60 veces el consumo anual de la sociedad humana, lo cual da una idea del potencial impresionante que tiene la energía del Sol para satisfacer las demandas energéticas del mundo. (Arancibia et al., 2010)

Esta energía solar es clave para la sostenibilidad del planeta, la energía solar llega en forma de radiación electromagnética mediante luz, calor y rayos ultravioleta. Además, esta energía es renovable puesto que se obtiene de una fuente natural e inagotable. Esta energía

trae múltiples beneficios porque es una mejor opción en cuanto al dejar de usar fuentes de energía no renovable como lo es la energía nuclear y la energía fósil.

1.4.1 Beneficios de la energía solar

A nivel general uno de los beneficios más grandes de este tipo de energía solar es la reducción de las emisiones contaminantes de efecto invernadero que causan el calentamiento global. Por otro lado, se cuenta con que es una energía renovable y se encuentra de forma ilimitada y se encuentra en todo el planeta lo cual es más económico el costo después de la inversión inicial y permite generar un desarrollo sostenible al aprovechar la energía solar y convertirla en electricidad.

Uno de los beneficios también del sol es que puede producir energía limpia y de dos formas; una de ellas es utilizar receptores tipo espejo para calentar un fluido en su mayoría agua elevando la temperatura incluso hasta los 1000 °C. y este genera vapor que es aprovechado para mover una turbina a presión y así poderla convertir en electricidad.

1.5 Características de la radiación solar

La radiación solar es la energía difundida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones por medio del espacio por medio de ondas electromagnéticas y se crea en las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y es difundida por el área del sol. Esa energía es el motor que establece la dinámica de los procesos atmosféricos y el tiempo.(IDEAM, n.d.)

Su empleo como fuente opción de energía en la generación de electricidad y en el diseño y uso de sistemas de calentamiento de agua, el diseño de inmuebles e infraestructura,

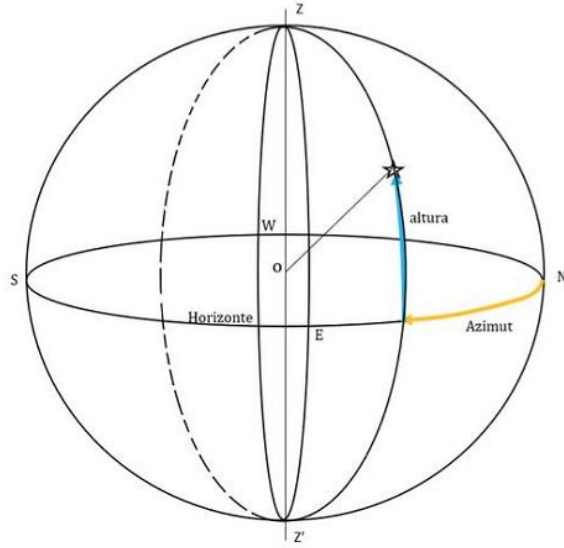
el chequeo del desarrollo de plantas, la deshidratación de comestibles, implicaciones en la salud (ej. cáncer de piel o tratamientos curativos), el examen de la evaporación e irrigación, su sustancial papel en los modelos de calidad del aire y de predicción del tiempo y el tiempo y muchas otras aplicaciones y usos que emplean la radiación del sol como una de sus fuentes de energía.

1.6 Sistema de coordenadas horizontales del sol

Principalmente para tomar un punto de referencia que permita localizar las coordenadas angulares del sol dentro de la esfera celeste, se tiene el plano horizontal según un observador. El primero de ellos es el (azimut) β el cual es una proyección cercana del astro sobre un plano horizontal y el norte en el hemisferio sur o el sur cardinal el cual difiere que es el hemisferio norte, este ángulo se toma en sentido horario desde el punto de referencia de un observador.

Por otro lado, se tiene la altura solar o ángulo de inclinación Ω el cual es un arco formado por la recta que une al observador y el sol en el mismo plano horizontal con un ángulo de 0° a 90° c de forma positiva hacia el cenit(Castellanos et al., 2021)

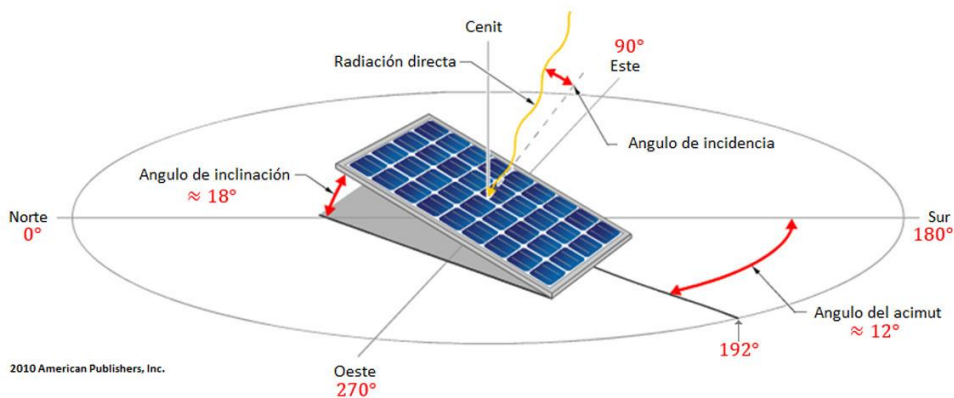
Figura 3. *Coordenadas celestes horizontales*



Fuente: (Castellanos et al., 2021, p. 16)

Según la incidencia de los rayos solares que se generan en una superficie plana tomando la referencia para acondicionar el dispositivo de calefactor solar que permita un mayor aprovechamiento de la irradiancia que se genera como se puede observar en una superficie plana.

Figura 4. Orientación geográfica del Panel



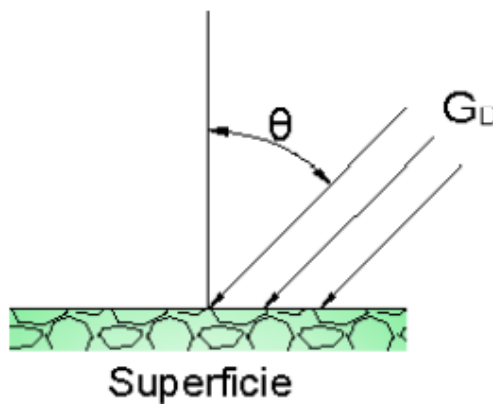
Fuente: (Ros Mario Alberto et al., 2020)

Al momento de captar la energía solar, es importante el ángulo que este tenga, puesto que cuando se reduce el ángulo de inclinación de los colectores solares lo que más se pueda, se incrementa la capacidad de captación solar y ello se explica detalladamente con la siguiente ecuación: (Fernando & Procel, 2010):

$$G_{solar} = G_D * \cos \theta \quad (1)$$

dónde: G_{solar} es la energía solar que incide sobre una superficie, G_D es la radiación solar directa (Figura 1) y θ es el ángulo de incidencia de la radiación solar directa, ver Figura 1 (Fernando & Procel, 2010).

Figura 5. Radiación directa.

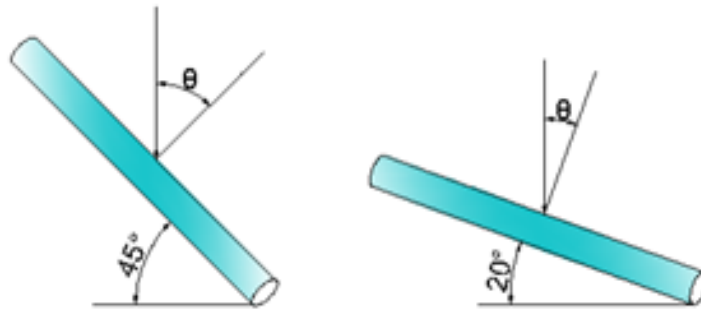


Fuente: (Fernando & Procel, 2010, p. 77)

De la ecuación (1) se puede deducir que, mientras más pequeño sea el ángulo θ , mayor será la energía total que incide sobre una superficie. Se debe tomar en cuenta que las mediciones de radiación solar tomadas en el proyecto de investigación

y de las cuales se ha tomado el valor medio, fueron realizadas en el mismo ángulo en que se encuentran los tubos, es decir, 45° (Fernando & Procel, 2010).

Figura 6. Radiación directa sobre el colector de 45° y 20° de inclinación



Fuente: (John et al., 2010, p. 63)

Para demostrar esto analíticamente, primero se tiene que calcular el valor de la radiación solar directa, para lo cual se despeja de la ecuación (1), entonces (Fernando & Procel, 2010):

$$G_{solar} = G_D * \cos \theta$$

$$G_D = \frac{G_{solar}}{\cos \theta}$$

$$G_D = \frac{384,26}{\cos 45^\circ}$$

$$G_D = 543,42 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Entonces, el valor de radiación solar directa promedio fue 543.42 W/m². En este momento se establece qué porcentaje de la radiación directa al ángulo de 45° se está aprovechando: (Fernando & Procel, 2010)

$$\frac{384,26}{543,42} = 0,70 \approx 70\%$$

Ahora con el ángulo de 20°:

$$G_{solar} = G_D * \cos \theta$$

$$G_{solar} = 543,42 * \cos 20^\circ$$

$$G_{solar} = 510,64 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$\frac{510,64}{543,42} = 0,93 \approx 93\%$$

Fuente: (Fernando & Procel, 2010, p. 78)

Como se puede mostrar analíticamente, al disminuir el ángulo de inclinación de los tubos de vacío en relación a la horizontal de 45° a 20°, va a incrementar en un 23% la aptitud de captación del sol, lo que por supuesto va a hacer mejor la eficacia del colector (Fernando & Procel, 2010).

1.7 Componentes del recurso solar

Principalmente para realizar el rediseño estructural de este calefactor solar se debe analizar y estudiar el área donde se encontrará trabajando bajo las condiciones ambientales adecuadas, ya que en diferentes regiones del país presentará variaciones en la irradiancia y otros componentes como la velocidad del aire en la ciudad de Tunja. Es por ello que para conocer estos datos se cuenta con un albedometro

1.8 Colector solar

Un colector solar es un artefacto pensado para coleccionar(recoger) la energía recibida del sol y subir la temperatura de agua con vistas a su aprovechamiento. Los colectores se dividen en dos enormes grupos: los captadores de baja temperatura, usados principalmente en sistemas domésticos de calefacción, agua ardiente sanitaria y climatización de piscinas, principalmente, y los colectores de alta temperatura, conformados por medio de espejos, y usados por lo general para producir vapor que desplaza una turbina que va a generar energía eléctrica.(Placco et al., n.d.)

1.9 Calentadores Solares

Los calentadores solares se han convertido en un mecanismo de mejorar las condiciones climáticas que se han presentado en el mundo hace algunos años y una forma viable y sostenible a la crisis energética que se vive hoy en día en el mundo. Ya que el costo de combustible fósil va aumentando cada día, el uso de estos calentadores solares térmicos en los tejados de las viviendas ha aumentado considerablemente donde china va liderando la cifra donde alrededor de 4000 compañías se encuentran fabricando este tipo de dispositivos.

Este uso de aprovechamiento de la energía solar además de ser una energía renovable, garantiza la sostenibilidad y desarrollo de comunidades de bajos recursos con el simple hecho de poder acceder a un servicio de agua caliente en los hogares a un bajo costo.

1.9.1 Desarrollo de calentadores solares en Colombia

según iniciativas en la aplicación de energía térmica para el desarrollo de calentadores solares en Colombia se dio en Santa Martha donde fueron instalados en las casas de algunos empleados de las bananeras por la época de los sesenta. Más tarde en 1973 con la crisis de petróleo varias instituciones universitarias como la universidad de los andes del valle y la universidad nacional de Bogotá. Realizaron instalaciones de sistemas de calentamiento de agua en varios lugares como hospitales colegios centros de encuentro comunitario.

Años después en Colombia varias organizaciones como CORELCA (corporación de energía eléctrica de la costa atlántica) el ICA (instituto colombiano agropecuario entre otras, dieron realización a un sinnúmero de pruebas y ensayos donde instalaron calentadores solares en la costa atlántica para poder comprobar su eficiencia en este tipo de sistemas. De acuerdo a este estudio a finales de los ochenta se puede considerar como el desarrollo y uso de normas establecidas que son de seguimiento por el ICONTEC (instituto colombiano de normas técnicas).(Rodríguez, 2009)

Figura 7. *Calentador de la cafetería de la antigua Empresa de Energía de Bogotá (EEB)*



Construido en 1983 por el Centro Las Gaviotas (140 m² de colectores, tanque de 12 000 litros) y desde entonces en operación. Estudios previos para la EEB por la Universidad Nacional de Colombia.

Fuente: (Rodríguez, 2009, p. 3)

1.9.2 *Tipos de calentadores solares*

1.9.2.1 *Calentador solar de gravedad*

Es un de los calentadores que tiene mayor demanda en el mercado cuyo costo es inferior al de los demás, donde se encuentra un depósito de agua en la parte superior y el agua pasa por la tubería de este, para que a través de la radiación solar que aumenta hasta 1000 veces pueda circular el agua caliente por efecto termosifón y poder usarla para el uso doméstico.(Osorio, 2019)

Figura 8. *Calentador Solar de gravedad*



Fuente: (Osorio, 2019)

1.9.2.2 *Calentador solar presurizado o de presión*

Este tipo de calentadores son también utilizados y su mayor utilización es para edificaciones que manejan altas presiones con una presión hasta de 80 psi y que utilicen una bomba de agua. En este tipo de calentador los colectores tienen incrustado un canal de cobre lo cual entra en contacto con el agua al transferir el calor que absorbe a través de la radiación solar. (Osorio, 2019)

Figura 9. *Calentador solar de Presión*



Fuente: (Osorio, 2019)

1.9.2.3 *Calentador de panel solar*

Este tipo de calentador consta de paneles con un conjunto de módulos fotovoltaicos de celdas que producen electricidad a partir de la luz solar que cuenta con dos semiconductores y forman un campo eléctrico capaz de generar corriente para calentar el agua.(Osorio, 2019)

Figura 10. *Calentador de panel solar.*

Calentador solar de panel solar



Fuente: (Osorio, 2019)

1.9.2.4 Calentadores planos o de cama plana

Son los calentadores solares menos común, pero cuentan con buena eficiencia al ser aprovechada la radiación solar que es transformada en energía térmica. Ya que la luz solar impacta en las placas térmica que son de hierro, cobre, aluminio o cristal templado.(Osorio, 2019)

Figura 11. *Calentador solar de cama plana*

Calentador solar de cama plana



Fuente: (Osorio, 2019)

1.9.2.5 *Calentador solar de concentración*

Este tipo de calefactor es utilizado de manera industrial ya que permite llegar a temperaturas muy altas al tener una superficie cóncava capaz de proyectar la energía solar a un solo punto.(Osorio, 2019)

Figura 12. *Calentador solar de concentración*



Fuente: (Osorio, 2019)

1.9.2.6 *Calentador solar para piscina*

La función de este calentador toma la radiación solar calentado el agua y permite activar una bomba eléctrica para dar cambio al agua fría que se encuentra en la piscina con los sensores de temperatura(Osorio, 2019)

Figura 13. *Calentador solar de piscinas*

Calentador solar de piscina



Fuente: (Osorio, 2019)

1.10 Efecto Termosifón

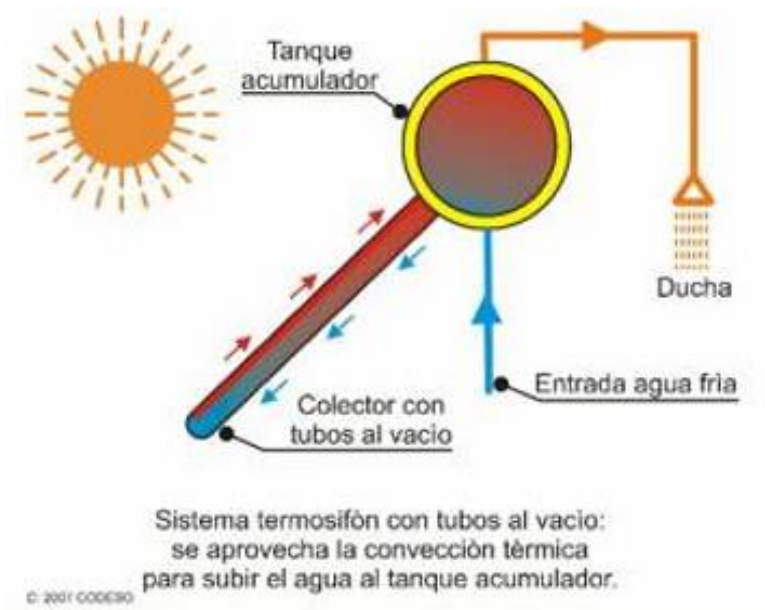
Pertenece a los efectos en los que se basa la energía del sol. Se utiliza en los equipos de Energía Del sol Térmica.

Según el inicio del Efecto Termosifón, el agua al calentarse sufre un movimiento vertical y hacia arriba apoyado en la reducción de su consistencia con el incremento de la temperatura. Esto ofrece un resultado a que el agua que esté en un depósito se encuentre estratificada, ocupando las posiciones más altas, las de más importante energía o temperatura.

La iniciativa primordial radica en tomar el agua contenida en la parte de abajo del depósito (la más fría), hacerla circular por medio de los colectores para subir su temperatura y devolverla otra vez a la parte de arriba del depósito (la más caliente), así se va

transformando el agua fría en agua caliente. El mismo depósito sirve de acumulador para tener agua caliente en los ciclos de baja o nula radiación. (Water and Sun Company, 2013)

Figura 14. *Efecto Termosifón*



Fuente: (Water and Sun Company, 2013)

1.10.1 *Funcionamiento de la circulación termosifón en un sistema solar*

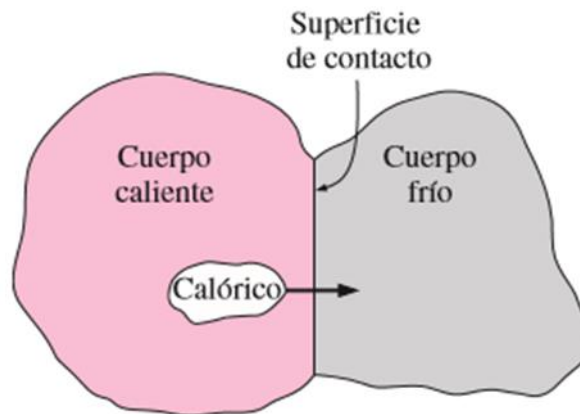
El funcionamiento consiste en que las tuberías del colector absorban la energía solar en forma de radiación para que a través de la absorción por las paredes de la tubería permitan llevar el líquido más caliente se eleva al ser más ligera y con menor densidad que es transferido al intercambiador de calor (depósito) que se encuentra en la parte superior y de manera aislado.

La radiación solar es indispensable para un buen funcionamiento continuo de la circulación por termosifón, de lo contrario no habrá aumento de temperatura en el calefactor solar (Termic Ltda, 2016).

1.11 Transferencia de calor

La transferencia de calor comprende una gran área de aplicación en el mundo y en la ingeniería muy fundamental para analizar diferentes procesos donde busca estudiar el comportamiento en “la ausencia de temperatura de un cuerpo” es una rama fundamental de la termodinámica que permite conocer que cantidad de energía que transfiere un cuerpo a otro en un sistema hasta llegar a un equilibrio térmico, donde un objeto o cuerpo de mayor temperatura realiza una transferencia de calor hacia el objeto o cuerpo de menor temperatura. Según el libro transferencia de calor y masa cuarta edición indica que existen tres principales formas fundamentales de transferencia de calor como lo son la conducción, convección y la radiación.(Çengel & Ghajar, 2011)

Figura 15. *Teoría del calórico*



Fuente: (Çengel & Ghajar, 2011, p. 4)

La conducción es el proceso donde hay transmisión de calor entre dos cuerpos por contacto directo entre ellos sin existir intercambio de materia, aquí las partículas de mayor energía en una sustancia transfieren calor a las partículas de menor energía hasta generar un equilibrio de temperatura. La convección es un proceso en el cual, si existe transferencia de

materia en una sustancia debido al movimiento constante en moléculas de los fluidos como gases y líquidos principalmente, y comprende efectos de combinados de conducción esta forma de transferencia de calor se divide en convección forzada y convección natural. Donde la convección forzada está dada por componentes externos que someten al fluido a ir en otras direcciones de manera forzada. por otro lado, la convección natural donde el movimiento del fluido es causado por fuerzas que dependen de la densidad y temperatura del fluido.

Por último, la radiación la cual es la forma de transferencia de calor que más interviene en el calefactor solar y que tiene como principal objetivo realizar una gran captación de ella para ofrecer un buen funcionamiento del mismo. Se dice que todo cuerpo que tiene una temperatura por arriba del cero absoluto emite radiación.

1.11.1 Conductividad térmica

La conductividad térmica se define generalmente como (K) se dice que es la capacidad o propiedad de cada material que tiene para conducir calor por unidad de área, un alto valor de la conductividad térmica indica que es un material con buena conducción de calor y por el contrario los materiales que poseen un bajo valor de conductividad térmica se pueden definir como aislante térmico.(Çengel & Ghajar, 2011)

1.11.2 Ley de Fourier de la conducción de calor

La ley de Fourier permite calcular el calor por conducción de acuerdo a ciertos datos que se conocen al analizar un sistema donde el calor es conducido del punto de mayor temperatura hacia el punto de menor temperatura, esta ley es fundamental de la transferencia de calor donde está dada por:(Çengel & Ghajar, 2011)

$$Q_{cond} = -KA \frac{dT}{dx} \quad (W) \quad (2)$$

Qcond = calor por conduccion en (W)

K = conductividad termica de cada material

A = area normal a la direccion de transferencia

dT = gradiente de temperatura

dX = es el espesor o longitud que debe atravesar la pared

Nótese que el signo (-) negativo en esta ecuación garantiza que en la dirección x sea positivo

1.11.3 Cálculo de perdida de calor en una tubería

Para calcular la perdida de calor en una tubería se utilizó la siguiente ecuación.

$$Q = 2 * \pi * k * \frac{L(T_1 - T_2)}{\left[\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \right]} \quad (3)$$

Fuente:(Smith, 2021)

- Donde k es igual al coeficiente de transferencia de calor del material de la tubería

- T_1 es igual a la temperatura en el interior de la tubería, que puede ser asumida como la misma temperatura del fluido
- T_2 es igual a la temperatura exterior de la tubería, que puede ser asumida como la misma que la temperatura ambiente fuera de la tubería
- L es igual a la longitud de la tubería en la que se transporta el fluido
- r_1 es igual al radio interior de la tubería
- r_2 es igual al radio exterior de la tubería

2. Diseño de la estructura de calefactor solar y colectores

En este punto principalmente se realizará la construcción de la estructura metálica que es parte fundamental del prototipo, la cual sujeta todos los demás componentes en varios pasos con las siguientes herramientas:

2.1 Desarrollo metodológico

En el capítulo en desarrollo se dan algunos de los factores principales que permitirán llevar a cabo una buena metodología en la construcción del calefactor solar que garantice el máximo aprovechamiento de energía solar para el calentamiento de agua en este prototipo

En la metodología que se plantea es de tipo investigativo y experimental cumpliendo bajo ciertas condiciones para la obtención de una serie de datos confiables que ayuden a estudios futuros poder dar soporte en mejoras de aprovechamiento de energía solar. En la metodología a desarrollar comprende de 4 fases básicamente, desde un rediseño estructural de los elementos principales hasta una construcción final mediante el uso de sistemas importantes como el software inventor.

Dando cumplimiento a los objetivos previstos en la ejecución de este proyecto se procederá a realizar una serie de pasos descritos a continuación:

2.2 Metodología general

La metodología busca garantizar el cumplimiento y desarrollo de objetivos de este proyecto con lo cual se darán en las siguientes fases:

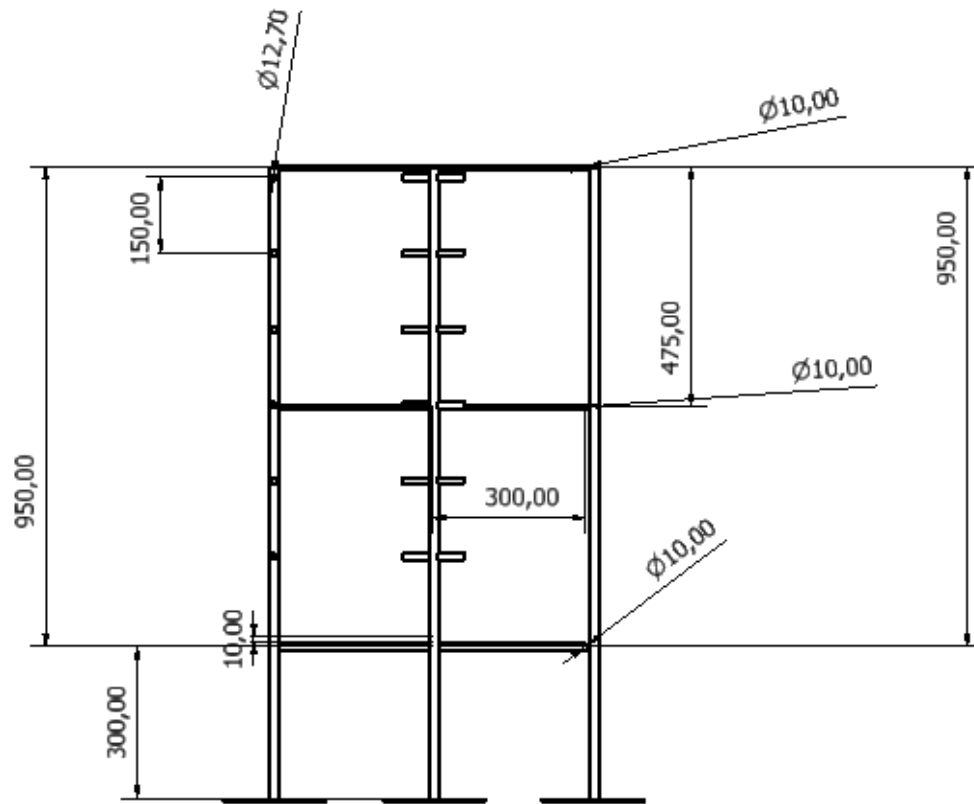
Fase 1: Rediseñar el calefactor solar de acuerdo con las reivindicaciones aprobadas en la patente NC2017/0005748.

Fase 2: Construir el calefactor solar con materiales reciclables y del menor costo posible.

Fase 1: Rediseñar el calefactor solar de acuerdo con las reivindicaciones aprobadas en la patente NC2017/0005748.

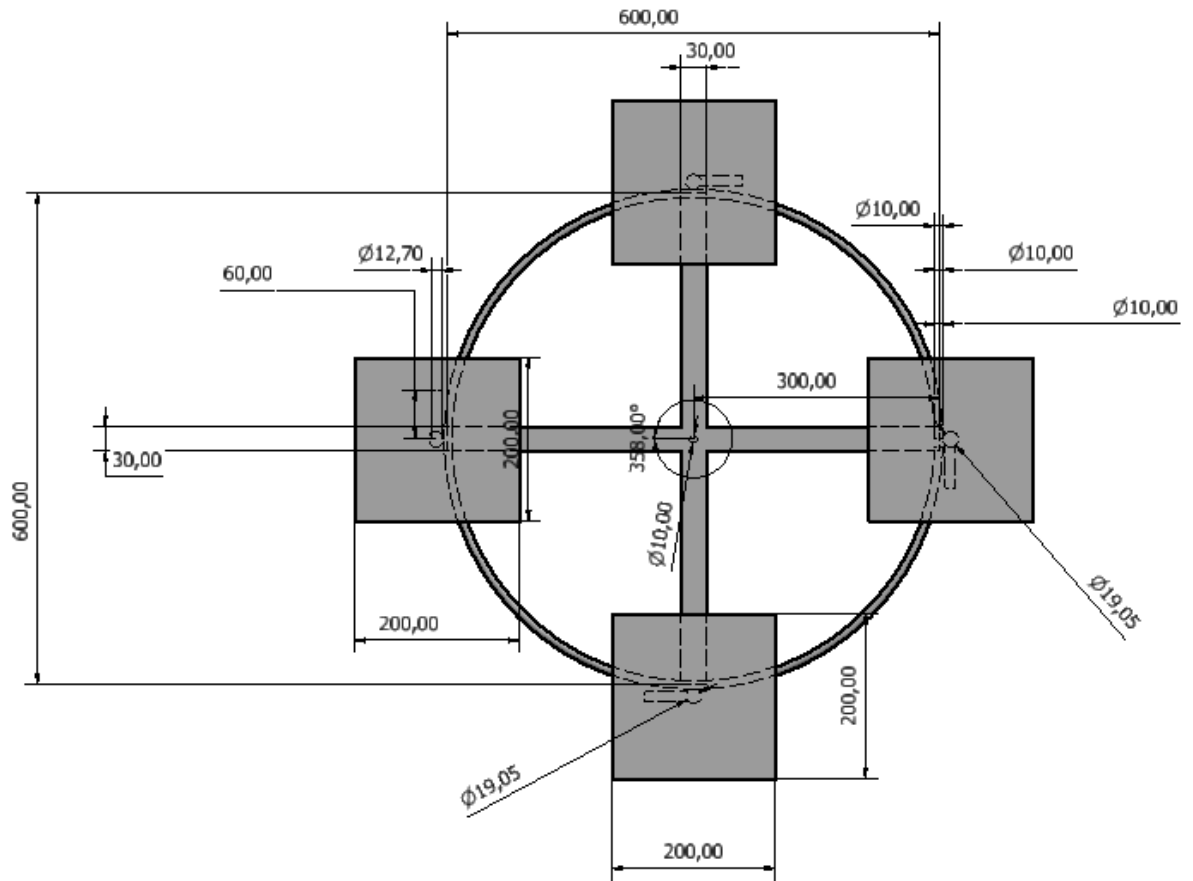
Principalmente respecto a la estructura se tomó como principal objetivo satisfacer las reivindicaciones establecidas en la patente **NC2017/0005748**, para lo cual mantener su forma geométrica cónica es fundamental para generar un mayor aprovechamiento en la incidencia de los rayos solares. En las columnas principales se soldaron tuercas con el objetivo de que los brazos laterales se pueda cambiar el grado de inclinación cuando se requiera, algunos de los factores tomados en cuenta según la estructura presentada. El peso y la facilidad de desarme para un posible traslado. Para poder lograr estas mejoras fue necesario la utilización de software inventor, que permitió dar un mejor diseño en la estructura según las especificaciones requeridas por la patente antes de su montaje. En la figura 16 y 17 se observa el diseño de la estructura base y los soportes de tanque de almacenamiento que sostiene el tanque principal de almacenamiento de agua.

Figura 16. Estructura base (Inventor) (Autores)



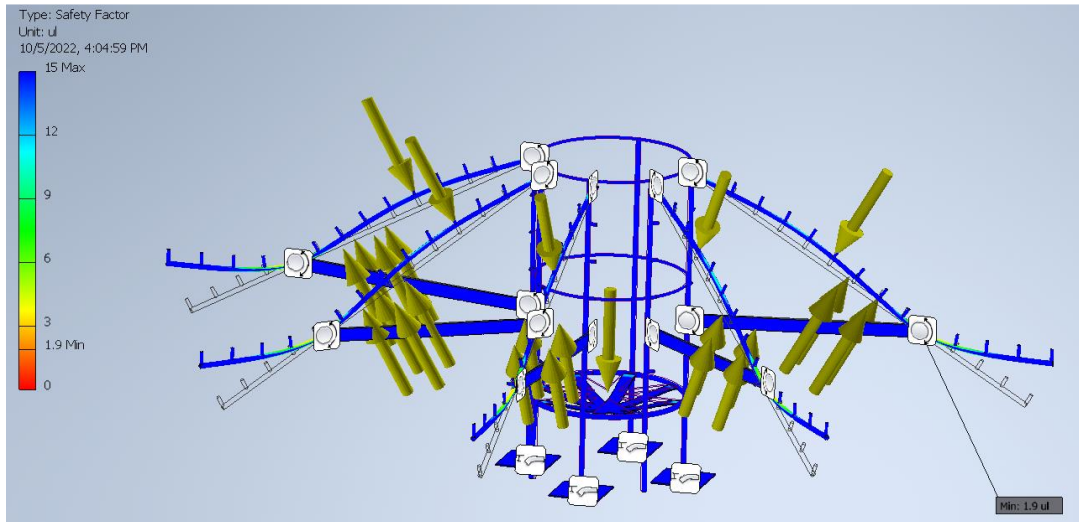
Fuente: (Autores)

Figura 17. Soporte tanque de Almacenamiento (Inventor) (Autores)



Fuente: (Autores)

Figura 18. *Factor de diseño mínimo (Inventor) (Autores)*



En la figura 18 representa el factor de seguridad mínimo el cual fue de 1,9. También se evidencia la Proyección de las cargas como colectores, fuerza del aire entre otros. Sobré la estructura

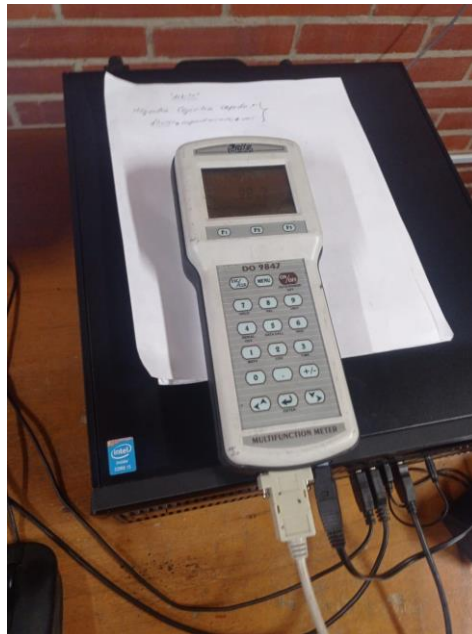
Fase 2: Construir el calefactor solar con materiales reciclables y del menor costo posible.

Construcción del calefactor solar: en este proceso se realizará el rediseño estructural del calefactor cómo se estableció en la patente, de igual forma se construye con base a materiales reciclables que garanticen una adquisición del menor costo posible con relación a un calefactor de origen chino que oscila alrededor de \$3500000 COP. Estos materiales con los cuales se construye son de origen nacional lo que permite un desarrollo económico de gran importancia ya que garantiza un doble beneficio en el costo de adquisición de este tipo de calefactores y un aporte en el uso de productos nacionales.

Alternativas de colectores:

En las pruebas que se realizaron se instaló un sensor (pt 100) conectado al datalogger para obtener los resultados

Figura 19. *Datalogger* (Autores)






además, fue necesario instalar el piranómetro para tomar la irradiancia generada en el transcurso del día y la velocidad del viento para así tener un diferencial de temperaturas, entre la temperatura ambiente y la temperatura interior de la tubería. Estas pruebas fueron tomadas al aire libre en días despejados en el cual están perfectamente sellados los extremos de la tubería de muestreo.



Figura 20. *Piranómetro y Anemómetro (Autores)*








Cada una de estas pruebas se le hizo un estudio de 7 am a 5 pm esto con el fin de saber cuál alternativa que brindaba mejor resultado, Dentro de las pruebas y medidas tomadas a las diferentes probetas que posteriormente se darían como alternativas para ser usadas como colectores para el desarrollo del calefactor solar final son las siguientes:

Tabla 1. *Alternativas de colectores (Autores)*

Alternativa	Ilustración	Características	Fecha	T_{prom} Ambiente (°c)	T_{prom} Agua (°c)	Irradia ncia (W/ m²)	Watts para elevar 1°C
Alternativa 1		Poli espumó en este caso se usó poliestireno expandido (eps), más conocido como icopor ya que cuenta con una excelente capacidad de aislante térmico al estar constituido por un 98% de aire y este aire al encontrarse en reposo es el mejor aislante térmico.	2022/06/25	17,659	22,832	347,12 8	67,107
Alternativa 2		Cubierta de latas negras se tomó una sección de manguera y se le adherió latas de cerveza pintadas de negro esto con el fin de generar una mayor conducción de calor al interior de la manguera y así elevar la temperatura del agua con mayor rapidez.	2022/06/26	15,950	17,878	295,45 6	153,27 8
			2022/06/27	19,784	27,7066	506,99 4	63,995
Alternativa 3		manguera transparente con manguera negra interna: se procedió a tomar dos secciones de mangueras, la transparente de 1½ y la manguera negra de ½ y sellarlas en sus extremos para	2022/07/71	16,520	18,915	323,08 9	134,88 0

		que el aire interno entre las paredes de las dos mangueras mantuviera el calor absorbido.					
Alternativa 4		cubierta de vidrio y latas negras: para esta probeta fue necesaria la utilización de un tubo en vidrio ya que poseen buena resistencia a las altas temperaturas. Se pintaron latas de cerveza de color negro junto con carbón mineral triturado para poder generar mayor absorción solar.	2022/07/15	19,943	27,004	609,358	86,299
Alternativa 5		latas de aluminio internas: para este caso se decidió introducir las latas de cerveza en el interior de la manguera negra de otro lado se insertó la manguera negra en la transparente, para generar un aislamiento térmico y no permitir que el calor ganado al interior de esta manguera sea perdido por las paredes de esta. Al haber una convección forzada por el viento que la genera.	2022/07/22	20,454	31,100	491,393	46,157
			2022/07/23	20,984	29,335	443,688	53,131

<p>Alternativa 6</p>		<p>manguera pintada sin latas exteriores: en esta prueba se realizó la pintada de la manguera negra con carbón mineral e introducida en la manguera transparente este ensayo obtuvo una irradiancia de 566.201 W/m²</p>	<p>2022/07/30</p>	<p>23,009</p>	<p>37,757</p>	<p>566,20 1</p>	<p>38,392</p>
<p>Alternativa 7</p>		<p>Latas de aluminio por dentro y latas externas con manguera pintada de negro: esta probeta consiste en introducir las latas de aluminio envueltas en forma cilíndrica en la manguera de ½ y externo a la manguera transparente se pusieron una serie de latas de cerveza cortadas en forma cóncava para aumentar la capacidad de absorción solar y ser transmitida al agua.</p>	<p>2022/07/31</p>	<p>19,957</p>	<p>32,675</p>	<p>484,23 6</p>	<p>38,073</p>
		<p>Latas de aluminio por dentro y manguera negra pintada: dentro de las alternativas y pruebas realizadas a las probetas se destaca esta. Ya que presento una irradiancia de 565.526 W/m² elevando la temperatura en el interior a 35.716°C. Este resultado fue bueno teniendo en cuenta que</p>	<p>2022/08/01</p>	<p>18,679</p>	<p>29,465</p>	<p>388,38 2</p>	<p>36,008</p>
<p>Alternativa 8</p>		<p>Latas de aluminio por dentro y manguera negra pintada: dentro de las alternativas y pruebas realizadas a las probetas se destaca esta. Ya que presento una irradiancia de 565.526 W/m² elevando la temperatura en el interior a 35.716°C. Este resultado fue bueno teniendo en cuenta que</p>	<p>2022/08/03</p>	<p>19,980</p>	<p>35,716</p>	<p>565,52 6</p>	<p>35,940</p>

		la temperatura ambiente promedio fue de 19.980°C se procedió a introducir las latas de aluminio dentro de la manguera de ½ y esta a su vez fue pintada con carbón mineral mezclado con pintura negra para posteriormente ser introducido en la tubería transparente y así ser instalado en la estructura para los ensayos finales.					
Alternativa 9		latas exteriores sin tener latas internas: en este ensayo se recortaron las lastas de forma cóncava como se ve en la imagen. Este resultado fue tomado en el mes de agosto.	2022/08/14	21,515	30,504	379,13 3	42,177
			2022/08/15	17,775	29,228	460,50 9	40,209
Alternativa 10		latas por fuera pintadas de negro: esta alternativa que se realizó fue pintada las latas cóncavas que fueron instaladas en el exterior de la manguera transparente para poder generar una mayor absorción de calor para el agua al interior de la tubería.	2022/08/21	17,619	25,134	428,97 9	57,084
			2022/08/22	19,795	31,087	644,38 8	57,063

Una de las alternativas que se escogió después de varios ensayos y pruebas realizadas durante este tiempo de investigación fue la alternativa 8, la cual demostró un mejor resultado en la temperatura interna del agua donde se introdujo las latas de cerveza en la manguera negra de tal manera que estas pudieran absorber mayor irradiación y poderla transferir al agua en el momento que circule por esta. Además de ello fue necesario dejar esta manguera negra lo más centrada posible dentro de la tubería transparente para que el calor no se disipara entre las tuberías y así no generar pérdidas de energía.

Definición de Materiales para Calentador solar

- 1. Varilla de acero:** superficie lisa de sección circular la cual es fabricada a partir de palanquillas laminada en caliente de $\frac{1}{2}$ de diámetro.
- 2. Caneca de 55 galones:** elaborada a base de polietileno de alta densidad (PEAD) y alto peso molecular con un peso aproximado de 9,8 Kg
- 3. Caneca de 30 litros:** fabricada con polietileno de alta densidad
- 4. Planchas de acero:** 4 placas de acero $\frac{1}{4}$ 200mm x 200 mm laminado en caliente que se encuentran en la base de la estructura del calefactor solar
- 5. Tuercas galvanizadas:** tuercas al medio carbono $\frac{3}{8}$ '' se utilizan para dar graduación a los brazos que soportan la tubería
- 6. Manguera de riego negra de $\frac{1}{2}$ '':** manguera hecha de polietileno de baja densidad hecha para soportar a la intemperie y soportar altas temperaturas
- 7. Manguera transparente:** manguera industrial de $1 \frac{1}{2}$ '' (38,10mm) de capa única PVC de alta resistencia con una temperatura de trabajo de $5^{\circ}\text{c} - 60^{\circ}\text{c}$, esta manguera recubrirá la manguera negra con el fin de mantener la temperatura constante y evitar que se disipe el calor fácilmente.
- 8. Tubería PVC de $\frac{1}{2}$ '':** esta tubería se utiliza para realizar las uniones al tanque o depósito de agua
- 9. Fibra de vidrio:** este material se utiliza para aislar el depósito de agua y permitir que ocurra transferencia de calor por conducción y convección forzada que se genera al estar el depósito de agua expuesto al ambiente o en contacto con el tanque grande.
- 10. Cinta teflón:** usada para permitir sellar todas las conexiones entre las tuberías
- 11. Codos en PVC:** utilizados para conectar la tubería en los brazos de apoyo de la estructura

12. Válvulas de paso PVC: se usan para dar paso al vaciado del tanque

13. Flotador: permite sellar el flujo de agua que ingresa al tanque una vez esté completamente lleno

3. Construcción y ensayo del calefactor solar

3.1 Construcción de la estructura

En la construcción de la estructura, se llevó a cabo diferentes pasos y según el diseño realizado en Inventor con las herramientas adecuadas se realizó las siguientes piezas:

- a. Estructura Base:** Se realizaron cortes con Plasma para las cuatro bases de la estructura las cuales son láminas de 20x20 cm de 1/8, luego se le soldaron las varillas de $\frac{3}{4}$ en el centro, para ello se utilizó equipo de soldadura revestida, para finalizar se unió esto con planchuelas de 1/8 y haciendo un aro para que las bases queden fijas con esto se puede tener una estabilidad para el uso correcto del calentador

Figura 21. *Estructura Base* (Autores)



b. Soporte tanque de Almacenamiento para la construcción de este soporte se manejó un aro de rin de un camión, con el fin de que el tanque de almacenamiento quede firme, además de esto se le soldó las planchuelas en “X” para unirlo a la estructura base.

Figura 22. *Soporte tanque de Almacenamiento* (Autores)



Figura 23. *Construcción brazos para colectores* (Autores)



- c. Soporte brazo para colector:** Para el soporte del brazo se usaron planchuelas de $\frac{1}{4}$ x 60cm en los extremos se le soldó un tornillo de $\frac{1}{2}$ con soldadura revestida 6013 esto para que la estructura sea desmontable

Figura 24. *Construcción Soporte brazo para colector* (Autores)



- d. Tanque de almacenamiento:** Se realizó la perforación de dos orificios de ½” en la parte inferior del depósito de agua donde estará conectado uno de ellos a la tubería colectora y el otro será el que permita vaciar todo el sistema, también se hizo la perforación de dos orificios de ½” en la parte superior de la caneca que será la entrada de agua de mayor temperatura que se dispone para una recirculación posteriormente y el otro conducto será la salida de agua hacia el consumidor.

Figura 25. *Tanque de almacenamiento* (Autores)



- e. Instalación del tanque:** se introduce el tanque de 208 L en la estructura principal donde estará el depósito de agua junto con el aislamiento

Figura 26. *Instalación tanque de almacenamiento en estructura base (Autores)*



en este punto se realizó una pequeña prueba de hermeticidad del tanque y los orificios los cuales fueron perforados para alcanzar una mayor efectividad en los resultados

Figura 27. *Prueba de fugas* (Autores)



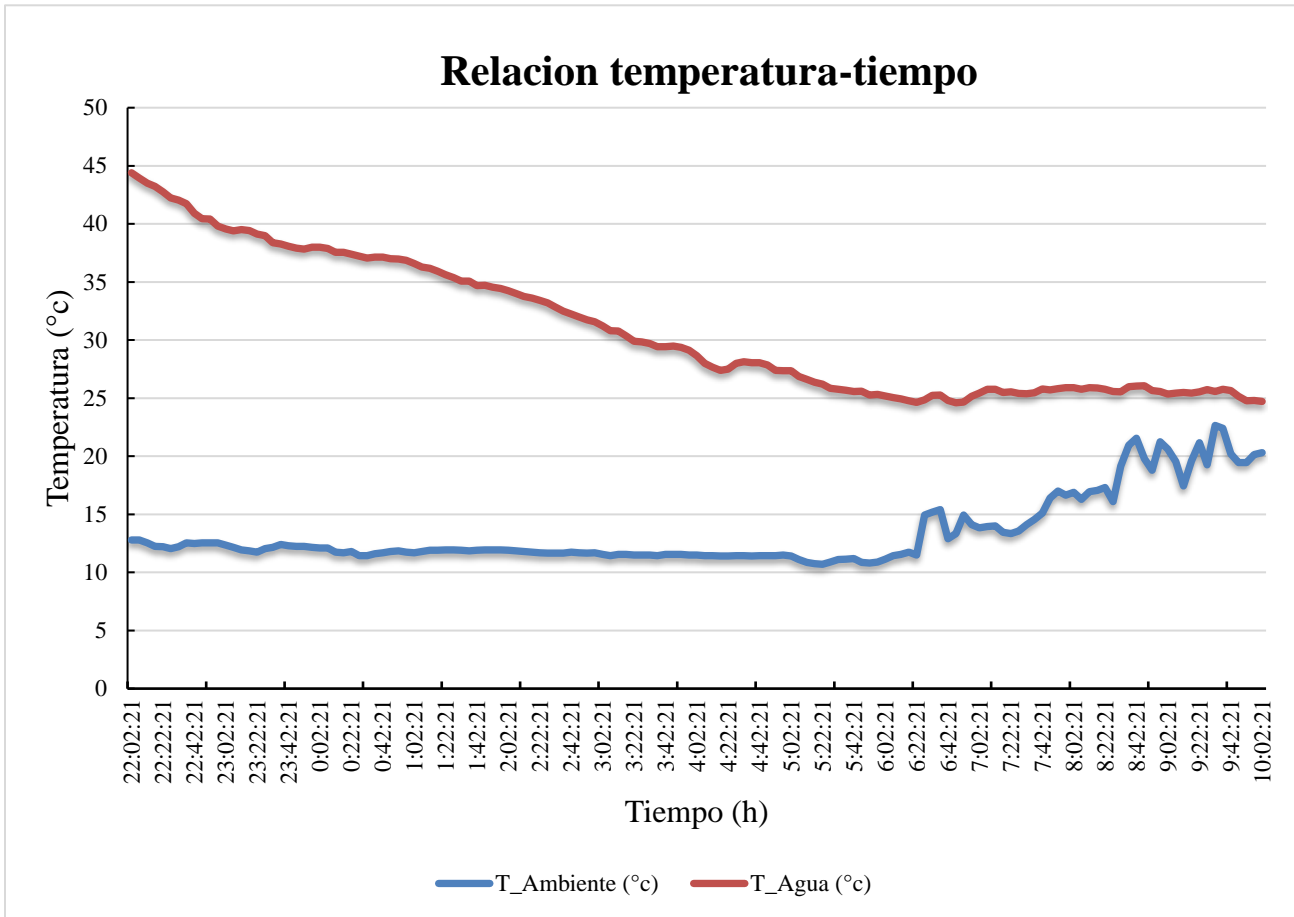
Se realizó el relleno de aislante en el área intermedia de los dos tanques de tal manera que no se disipe el calor entre las paredes de estos tanques.

Figura 28. *Relleno aislante tanque de almacenamiento* (Autores)



Para la medición del tanque se tiene que:

Ilustración 1. Grafica sobre relación temperatura-tiempo (Anexo 8) sobre la eficiencia del tanque de almacenamiento (Autores)



Calculo peso total tanque Almacenamiento

material del tanque interno: pvc

material tanque exterior: pvc

temperatura tanque exterior: 12 [C°]

velocidad del aire: 0,5 $\left[\frac{m}{s}\right]$

volumen de agua: 70931,7 [cm³]

densidad de agua: 1 [$\frac{g}{cm^3}$]

Se calcula la masa del agua:

$$\begin{aligned} \text{masa de agua} &= \frac{\text{densidad} * \text{volumen}}{1000} \\ &= \frac{1 \frac{g}{cm^3} * 70931,7 cm^3}{1000} = 70,9317 [Kg] \end{aligned}$$

Al calcular el peso del agua:

$$\begin{aligned} \text{peso del agua} &= \text{masa} * \text{gravedad} \\ &= 70,9317 [Kg] * 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] = 695,84 [N] \end{aligned}$$

$$\text{volumen del aislante} = 9483,26 \text{ cm}^3$$

$$\text{densidad del aislante} = 0,15 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{masa del aislante} = \frac{\text{densidad} * \text{volumen}}{1000} = \frac{0,15 \frac{g}{cm^3} * 9483,26 \text{ cm}^3}{1000}$$

$$\text{masa del aislante} = 1,422489 [Kg]$$

$$\text{peso del aislante} = \text{masa} * \text{gravedad} = 1,422489 [Kg] * \frac{9,81m}{s^2}$$

$$\text{peso del aislante} = 13,95462 [N]$$

$$\text{masa de los dos tanques vacios} = 13,667 [Kg]$$

$$\text{peso de los dos tanques} = 13,667 [Kg] * \frac{9,81m}{s^2} = 134,0733 [N]$$

peso total de tanques con agua caliente = peso del agua + peso de los 2 tanques + peso aislante

peso total de tanques de agua caliente = 695,84 N + 134,0733 N + 13,95462 N

= 843,8679 N (Anexo 7)

3.2 Ensamble Calefactor Solar

En este proceso se realiza el montaje de cada uno de los componentes que se requieren para el rediseño del calefactor solar, como principal operación se introduce el tanque azul de mayor capacidad en la estructura. De seguido se realiza la perforación donde estarán ubicadas las salidas hacia la tubería y el desagüe, también se introduce el recipiente el cual será depósito de agua que recirculará por la tubería con el fin de mantener una temperatura elevada y constante de todo el sistema.

Se procede a conectar todos los acoples del depósito revisando que se encuentren totalmente sellados y evitar así alguna fuga entre estos. Se instala el sensor de temperatura pt100 a la parte inferior del tanque la cual brindara los datos de la temperatura del agua en el interior del tanque en tiempo real de manera que se pueda tener resultado del trabajo realizado y poder tener la temperatura capaz de demostrar un resultado conciso en lo planteado, por otro lado, se instalan los brazos que soportaran la tubería colectora a la estructura base del calefactor con las respectivas tuercas y dejar en una posición de 45° respecto a la horizontal.

Figura 29. *Instalación brazos para colectores (Autores)*



Se instalan las tuberías colectoras en un orden ascendente en su longitud y conectar cada una de ellas en sus extremos al tanque. Cada uno de estos colectores se instalaron con conectores macho $\frac{1}{2}$ PVC y tees $\frac{1}{2}$ PVC, luego de esto se sellaron con soldadura líquida PVC, se corrigieron fugas y se pintaron de color negro con carbón mineral triturado

Figura 30. *Conexiones entre colectores pintadas de Negro (Autores)*



Figura 31. *Calefactor solar* (Autores)



Figura 32. *Calefactor solar* (Autores)



4. Conclusiones

- Fue desarrollado en su totalidad un calefactor solar siguiendo las reivindicaciones expuestas en el capítulo 1 del presente trabajo y dando cumplimiento a ellas exceptuando un acumulador térmico en la parte inferior del depósito.
- Se rediseñó de manera adecuada el calefactor solar cumpliendo las pautas establecidas en la patente.
- Dentro de los costos de construcción del calefactor se evidenció un ahorro considerable en comparación a un calefactor de origen chino. En el (Anexo 1) se encuentra el análisis de costos de construcción del prototipo.
- Se demostró que dentro de los materiales utilizados en la construcción del prototipo fueron de origen nacional y fácil acceso.
- Se observa que el calefactor no genera una eficiencia adecuada, de acuerdo a la reivindicación dada en la patente que debía estar los colectores en espiral alrededor del tanque.
- Se realizaron los ensayos correspondientes en el calefactor solar en un día soleado con radiación 435 kw/m^2 y se evidenció que no realiza el efecto termosifón por la posición en la cual se encuentran los colectores. Al realizar la toma de datos en el calefactor solar se identificó que la temperatura máxima alcanzada es de 22 grados centígrados

5. Recomendaciones

- Se recomienda cambiar la posición de los colectores de forma vertical a una inclinación de 45° respecto a la horizontal. Para que ocurra el proceso de termosifón y estos estén conectados al tanque de almacenamiento

6. Anexos

Anexo 1. Análisis de costos de construcción del prototipo

Como análisis de costos en el rediseño del prototipo calefactor solar se da en este capítulo, donde se realizó la presente investigación científica en el segundo semestre del 2022. donde se lleva a cabo una relación de costos de acuerdo al valor comercial de un calefactor chino.

Tabla 2. *Presupuesto* (Autores)

Descripción	Fuentes	
	Recursos propios	UAN
Manguera ½ polietileno x100m	\$ 70.000,00	
Manguera 1½ transparente x50m	\$ 498.000,00	
Brocas	\$ 20.000,00	
Pintura negra	\$ 30.000,00	
Accesorios PVC	\$ 50.000,00	
Teflón	\$ 3.000,00	
Caneca plástica de 208 L	\$ 140.000,00	
Caneca plástica De 125 L	\$ 45.000,00	
Pegante PVC	\$ 10.000,00	
Disco de corte	\$ 15.000,00	
Electrodos 6013	\$ 12.000,00	
Tornillería	\$ 40.000,00	
Software de diseño (Inventor)		Cortesía Autodesk
Pegante Instantáneo	\$ 3.500,00	
lamina 1/4	\$ 48.000,00	
Abrazaderas 3/4	\$ 26.000,00	
Varilla 3/4 y de 3/16	\$ 150.000,00	
Planchuela 1/8 y de 1/4	\$ 60.000,00	
Esparrago roscado 3/4	\$ 30.000,00	
Aislante térmico fibra de vidrio	\$ 100.000,00	
Pintura negro mate	\$ 20.000,00	
Sellante Sika Flex	\$ 60.000,00	
Latas de cerveza	\$ 20.000,00	
Equipo laboratorio		\$ 400.000,00
TOTAL	\$ 1.450.500,00	\$ 400.000,00
VALOR TOTAL	\$ 1.850.500,00	

Anexo 2. Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente

Figura 33. Conductividad térmica de algunos

Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente

Material	k , W/m · °C*
Diamante	2 300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua (l)	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

*Multiplíquese por 0.5778 para convertir a Btu/h · ft · °F.

Fuente: *materiales* (Çengel & Ghajar, 2011, p. 20)

Anexo 3. Características físicas Tambor 208L

Figura 34. Tambor anillo integrado 208L

TAMBOR ANILLO INTEGRADO 208 L.	
CERTIFICACIÓN UN	
UN 1H1/Y1.9/100/2021*	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
REFERENCIA: TAI 208.	
DESCRIPCIÓN GENÉRICA: Tambor cerrado con capacidad de 208 L (55 gal).	
PESO: 9.8 Kg (+/- 0.5) (22 lb).	
ESPESOR PROMEDIO DE PARED: 3.5 mm (0.13" in) mínimo. 3.0 mm (0.11" in) en esquina mínimo.	
CAPACIDAD NOMINAL: 208 Litros 55 Galones. CAPACIDAD AL REBOSE: 213 Litros (+/- 5) 56.2 Galones.	
DIMENSIONES: Diámetro 593 mm (+/-10) 23.3" in. Altura 930 mm (+/-10) 35.8" in.	
MATERIAL: Polietileno de Alta Densidad y Alto Peso Molecular.	
CARGA ESTÁTICA: Resiste una carga estática por 28 días sin deformación significativa estando con 208 L de agua a 25°C. ESTIBA: 4 tambores por estiba. NIVELES: 3 máximo.	CAÍDA LIBRE: Resiste el impacto en caída libre a 2.4 m (7.87 ft) de altura sobre concreto, estando lleno de agua a temperatura ambiente (debe soportar esta prueba al menos una vez).
PRESIÓN HIDROSTÁTICA: El tambor TAI 208 recibe una presión de 250 KPa (36 Psi) durante 30 min, con agua a 25°C.	INTEMPERISMO: Exposición a la intemperie por 1 año sin afectar las propiedades mecánicas.

Fuente: (Plastank Colombia LTDA, n.d.)

Anexo 4. Propiedades Acero 316

Figura 35. *Propiedades planchas de acero A36*

PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/mm ²)	24 min.
	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	41 min
	Alargamiento (%) en 50 mm	18 min.

NORMA TÉCNICA	GRADO B				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2	0.040 máx	0.050 máx	0.40 máx

Anexo 5. Ficha técnica manguera polietileno

Figura 36. Manguera polietileno

DATOS TÉCNICOS												
DIMENSIONES	DIÁMETRO INTERNO	N/A	N/A	N/A	N/A	3/8	1/2	3/4	1"	1" 1/4	1" 1/2	2"
		1,8mm	3mm	4mm	6mm	9,7mm	12,7mm	19mm	25,4mm	29mm	37,5mm	45,5mm
	DIÁMETRO EXTERNO	3mm	5mm	6mm	8mm	12mm	16mm	22,5mm	29mm	33mm	42,5mm	52mm
ESPESOR DE PARED	0,6mm	1mm	1mm	1mm	1,15mm	1,65mm	1,75mm	1,8mm	2mm	2,5mm	3,25mm	
PRESIÓN DE TRABAJO	90 PSI	90 PSI	90 PSI	90 PSI	90 PSI	120 PSI	120 PSI	120 PSI	120 PSI	120 PSI	120 PSI	120 PSI
PRESIÓN DE ROTURA	180 PSI	180 PSI	180 PSI	180 PSI	180 PSI	240 PSI	240 PSI	240 PSI	240 PSI	240 PSI	240 PSI	240 PSI
TOLERANCIA DIMENSIONAL	3%											
RANGO DE TEMPERATURA	Desde -10°C hasta 60°C											
CONSTRUCCIÓN	Monocapa											
MATERIAL (Interior)	Polietileno de baja densidad											
MATERIAL (Exterior)	N/A											
REFUERZO	N/A											
COLOR	Negro											
PRESENTACIÓN	Rollos de 50 y 100 metros											

Fuente: (Plaxco, n.d.)

Anexo 6. Medidas estructura (Inventor)

Figura 37. brazos para colectores (Inventor)(Autores)

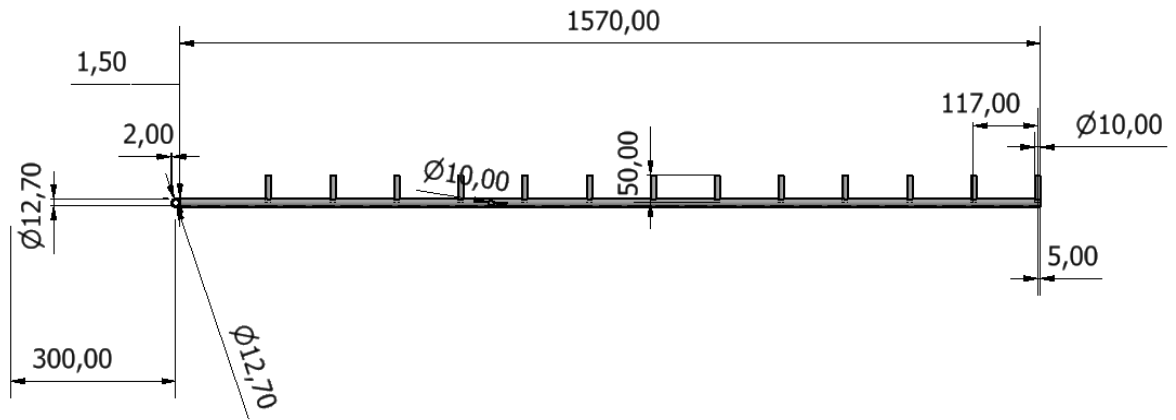
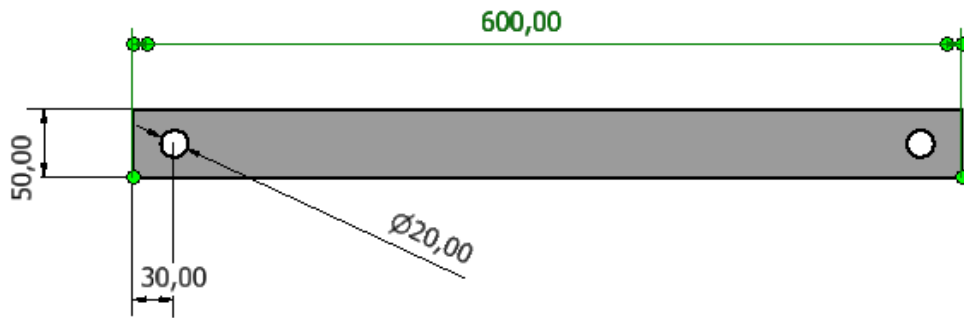


Figura 38. Soporte brazo para colector (Inventor) (Autores)



Anexo 7. Simulación (Inventor)

Figura 39. Esfuerzos máximos y mínimos (Autores)

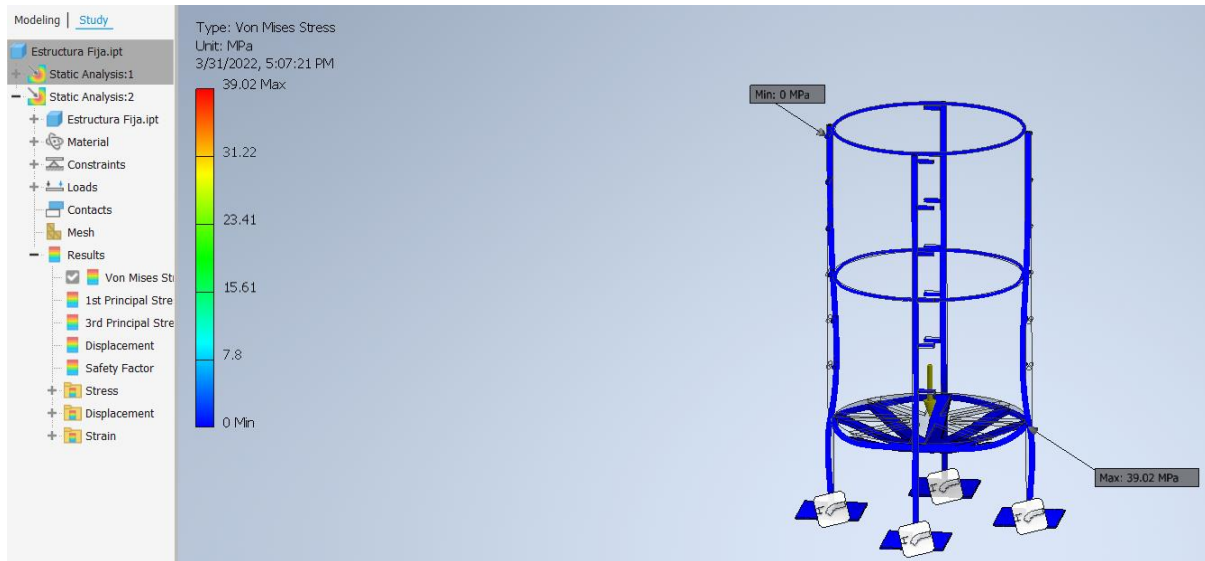


Figura 40. Deformaciones máximas y mínimas (Autores)

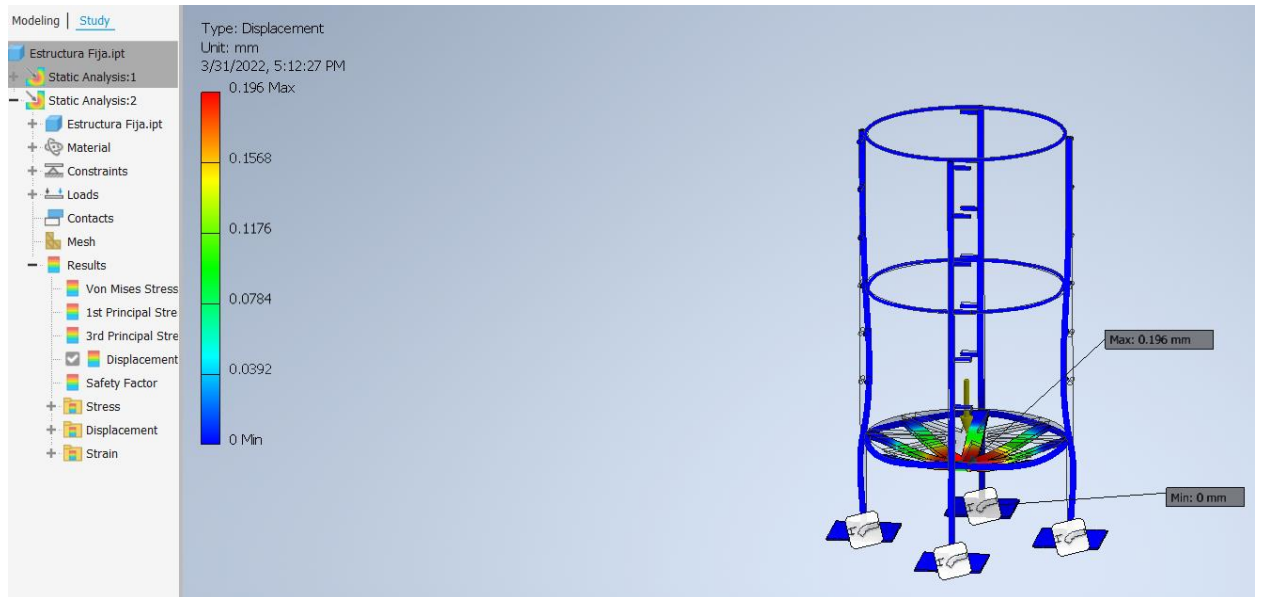


Figura 41. Factor de seguridad máximo y mínimo (Autores)

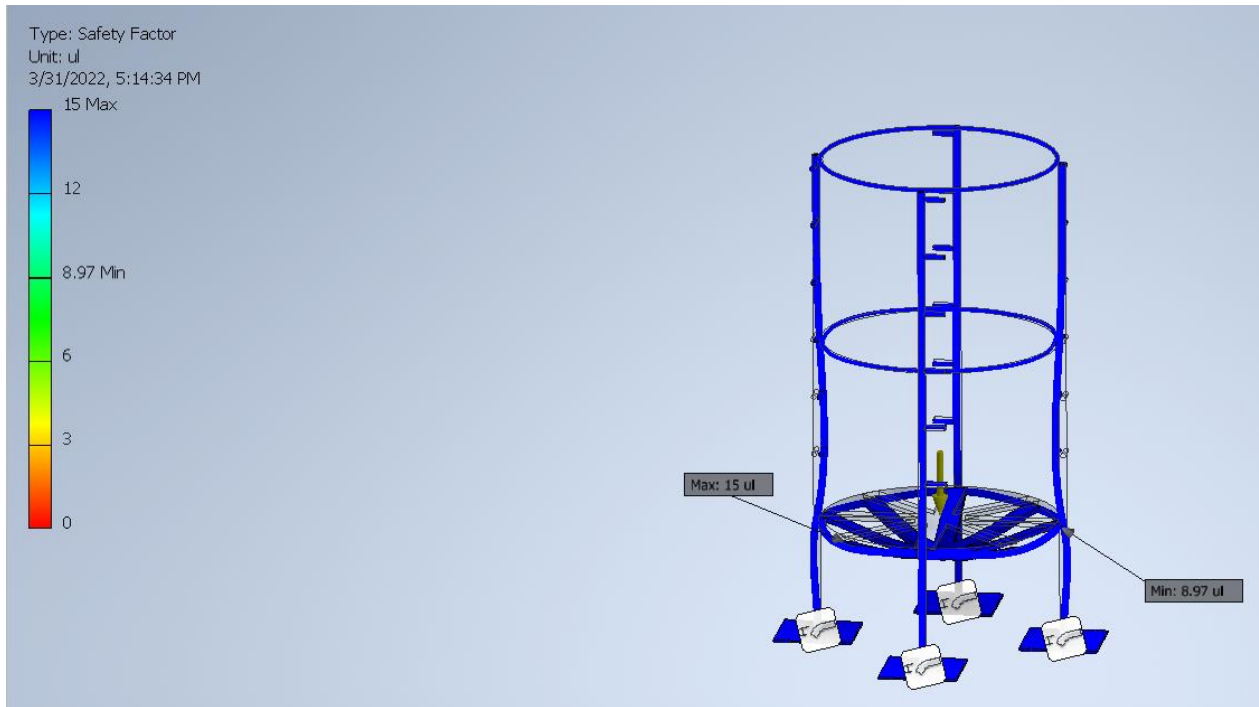


Figura 42. Cargas del peso del agua del tanque, de las mangueras y del viento sobre la estructura (Inventor) (Autores)

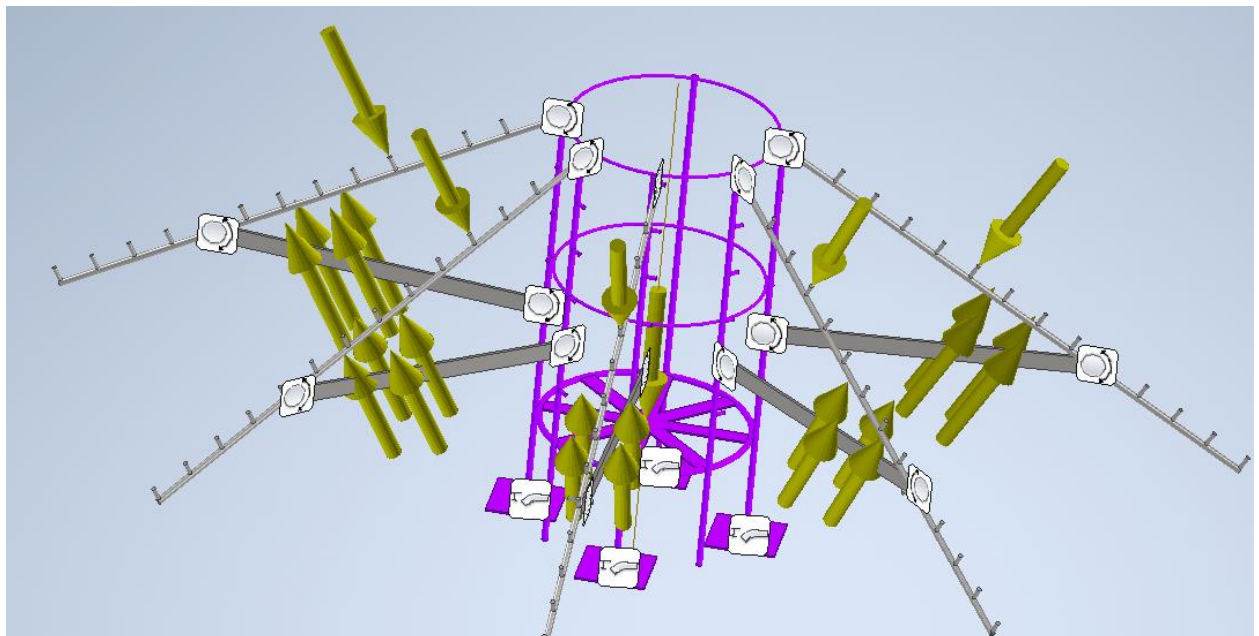
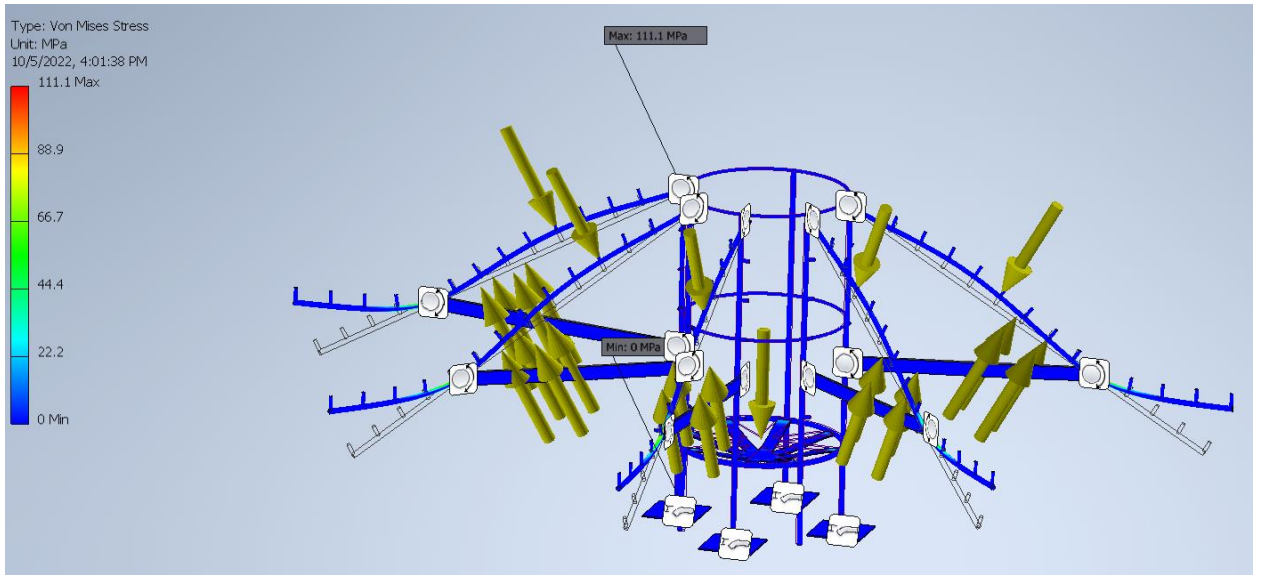
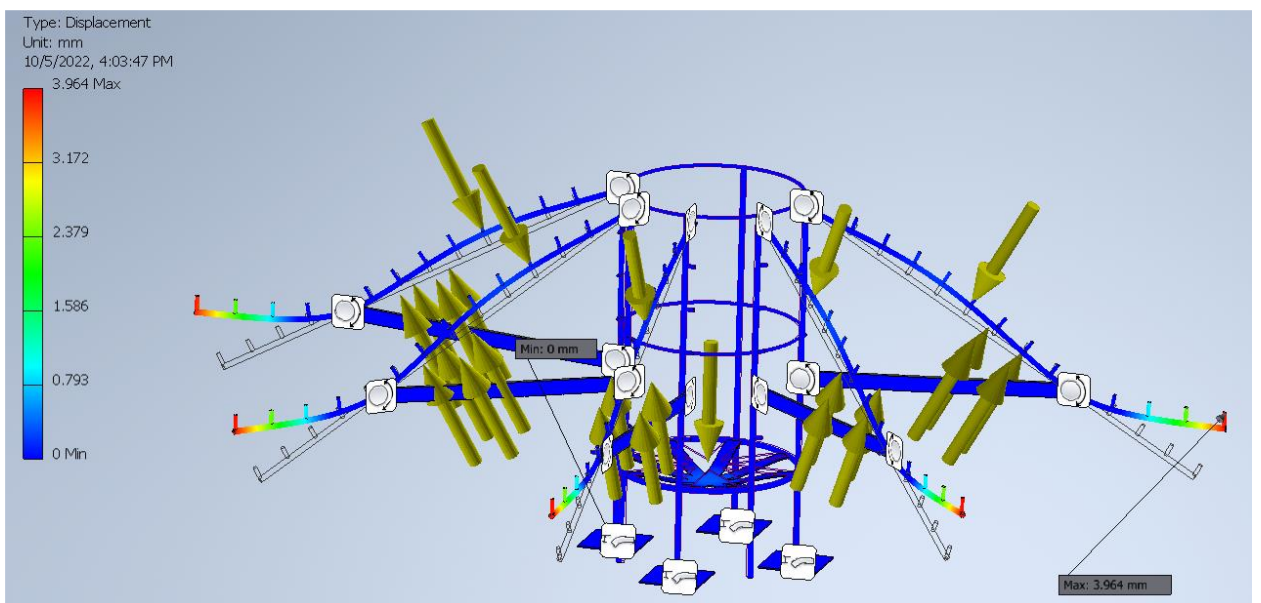


Figura 43. Máximo esfuerzo en la estructura (Inventor) (Autores)



Máxima deformación: en la siguiente imagen encontramos las cargas aplicadas que se asumen como el peso de los colectores y la velocidad del viento. Se observa la máxima deformación en los extremos de los brazos para colectores.

Figura 44. *Máxima deformación (Inventor) (Autores)*



Anexo 8. Mediciones tanque agua caliente (Autores)

Tabla 3. Mediciones tanque agua caliente (Autores)

Fecha	Hora	$T_{Ambiente}(^{\circ}C)$	$T_{Agua}(^{\circ}C)$
2022/09/02	22:02:21	12,8	44,4
2022/09/02	22:07:21	12,8	43,94
2022/09/02	22:12:21	12,55	43,5
2022/09/02	22:17:21	12,25	43,22
2022/09/02	22:22:21	12,2	42,75
2022/09/02	22:27:21	12,05	42,24
2022/09/02	22:32:21	12,2	42,04
2022/09/02	22:37:21	12,55	41,75
2022/09/02	22:42:21	12,5	40,91
2022/09/02	22:47:21	12,55	40,45
2022/09/02	22:52:21	12,55	40,42
2022/09/02	22:57:21	12,55	39,81
2022/09/02	23:02:21	12,35	39,57
2022/09/02	23:07:21	12,15	39,41
2022/09/02	23:12:21	11,95	39,52
2022/09/02	23:17:21	11,85	39,42
2022/09/02	23:22:21	11,75	39,13
2022/09/02	23:27:21	12,05	38,99
2022/09/02	23:32:21	12,15	38,38
2022/09/02	23:37:21	12,4	38,27
2022/09/02	23:42:21	12,3	38,08
2022/09/02	23:47:21	12,25	37,9
2022/09/02	23:52:21	12,25	37,84
2022/09/02	23:57:21	12,15	38
2022/09/03	00:02:21	12,1	37,99
2022/09/03	00:07:21	12,1	37,88
2022/09/03	00:12:21	11,75	37,56
2022/09/03	00:17:21	11,7	37,56
2022/09/03	00:22:21	11,8	37,4
2022/09/03	00:27:21	11,45	37,21
2022/09/03	00:32:21	11,45	37,05
2022/09/03	00:37:21	11,6	37,14
2022/09/03	00:42:21	11,7	37,15
2022/09/03	00:47:21	11,8	36,99
2022/09/03	00:52:21	11,85	36,96
2022/09/03	00:57:21	11,75	36,86
2022/09/03	01:02:21	11,7	36,58
2022/09/03	01:07:21	11,8	36,29

2022/09/03	01:12:21	11,9	36,17
2022/09/03	01:17:21	11,9	35,92
2022/09/03	01:22:21	11,95	35,63
2022/09/03	01:27:21	11,95	35,38
2022/09/03	01:32:21	11,9	35,08
2022/09/03	01:37:21	11,85	35,06
2022/09/03	01:42:21	11,9	34,7
2022/09/03	01:47:21	11,95	34,72
2022/09/03	01:52:21	11,95	34,56
2022/09/03	01:57:21	11,95	34,43
2022/09/03	02:02:21	11,9	34,25
2022/09/03	02:07:21	11,85	34,01
2022/09/03	02:12:21	11,8	33,75
2022/09/03	02:17:21	11,75	33,62
2022/09/03	02:22:21	11,7	33,42
2022/09/03	02:27:21	11,65	33,21
2022/09/03	02:32:21	11,65	32,85
2022/09/03	02:37:21	11,65	32,48
2022/09/03	02:42:21	11,75	32,23
2022/09/03	02:47:21	11,7	31,99
2022/09/03	02:52:21	11,65	31,73
2022/09/03	02:57:21	11,7	31,58
2022/09/03	03:02:21	11,55	31,23
2022/09/03	03:07:21	11,45	30,8
2022/09/03	03:12:21	11,55	30,78
2022/09/03	03:17:21	11,55	30,36
2022/09/03	03:22:21	11,5	29,9
2022/09/03	03:27:21	11,5	29,83
2022/09/03	03:32:21	11,5	29,69
2022/09/03	03:37:21	11,45	29,42
2022/09/03	03:42:21	11,55	29,43
2022/09/03	03:47:21	11,55	29,49
2022/09/03	03:52:21	11,55	29,36
2022/09/03	03:57:21	11,5	29,13
2022/09/03	04:02:21	11,5	28,66
2022/09/03	04:07:21	11,45	27,99
2022/09/03	04:12:21	11,45	27,67
2022/09/03	04:17:21	11,4	27,4
2022/09/03	04:22:21	11,4	27,49
2022/09/03	04:27:21	11,45	27,99
2022/09/03	04:32:21	11,45	28,13
2022/09/03	04:37:21	11,4	28,06
2022/09/03	04:42:21	11,45	28,06
2022/09/03	04:47:21	11,45	27,86
2022/09/03	04:52:21	11,45	27,38

2022/09/03	04:57:21	11,5	27,36
2022/09/03	05:02:21	11,4	27,35
2022/09/03	05:07:21	11,1	26,87
2022/09/03	05:12:21	10,85	26,61
2022/09/03	05:17:21	10,75	26,37
2022/09/03	05:22:21	10,7	26,2
2022/09/03	05:27:21	10,9	25,85
2022/09/03	05:32:21	11,1	25,76
2022/09/03	05:37:21	11,15	25,67
2022/09/03	05:42:21	11,2	25,58
2022/09/03	05:47:21	10,85	25,59
2022/09/03	05:52:21	10,8	25,28
2022/09/03	05:57:21	10,9	25,33
2022/09/03	06:02:21	11,15	25,18
2022/09/03	06:07:21	11,45	25,06
2022/09/03	06:12:21	11,55	24,93
2022/09/03	06:17:21	11,75	24,76
2022/09/03	06:22:21	11,5	24,64
2022/09/03	06:27:21	14,95	24,86
2022/09/03	06:32:21	15,2	25,25
2022/09/03	06:37:21	15,4	25,27
2022/09/03	06:42:21	12,9	24,79
2022/09/03	06:47:21	13,35	24,6
2022/09/03	06:52:21	14,95	24,66
2022/09/03	06:57:21	14,1	25,16
2022/09/03	07:02:21	13,85	25,43
2022/09/03	07:07:21	13,95	25,75
2022/09/03	07:12:21	14	25,77
2022/09/03	07:17:21	13,45	25,49
2022/09/03	07:22:21	13,35	25,53
2022/09/03	07:27:21	13,55	25,4
2022/09/03	07:32:21	14,1	25,38
2022/09/03	07:37:21	14,55	25,45
2022/09/03	07:42:21	15,1	25,79
2022/09/03	07:47:21	16,4	25,7
2022/09/03	07:52:21	17	25,81
2022/09/03	07:57:21	16,65	25,91
2022/09/03	08:02:21	16,9	25,9
2022/09/03	08:07:21	16,3	25,76
2022/09/03	08:12:21	16,95	25,91
2022/09/03	08:17:21	17,05	25,87
2022/09/03	08:22:21	17,3	25,75
2022/09/03	08:27:21	16,1	25,58
2022/09/03	08:32:21	19,15	25,53
2022/09/03	08:37:21	20,95	25,98

2022/09/03	08:42:21	21,55	26,05
2022/09/03	08:47:21	19,8	26,08
2022/09/03	08:52:21	18,8	25,65
2022/09/03	08:57:21	21,25	25,58
2022/09/03	09:02:21	20,6	25,34
2022/09/03	09:07:21	19,55	25,43
2022/09/03	09:12:21	17,45	25,49
2022/09/03	09:17:21	19,6	25,42
2022/09/03	09:22:21	21,15	25,55
2022/09/03	09:27:21	19,25	25,74
2022/09/03	09:32:21	22,65	25,56
2022/09/03	09:37:21	22,4	25,76
2022/09/03	09:42:21	20,2	25,65
2022/09/03	09:47:21	19,45	25,15
2022/09/03	09:52:21	19,45	24,76
2022/09/03	09:57:21	20,15	24,8
2022/09/03	10:02:21	20,3	24,73

Anexo 9. Alternativa 8 (Autores)

Tabla 4. Alternativa 8 de mejor resultado (Autores)

Fecha	Hora	$T_{Ambiente}(^{\circ}C)$	$T_{Agua}(^{\circ}C)$	I[mv]	Irradiancia (W/m^2)	V_{viento}
2022/08/03	07:02:18	22,55	14,53	2,273	172,589218	0,06
2022/08/03	07:07:18	17,55	17,72	1,928	146,393318	0,06
2022/08/03	07:12:18	21,6	19,55	1,58	119,969628	0,06
2022/08/03	07:17:18	20,1	20,55	1,598	121,336371	0,06
2022/08/03	07:22:18	13,6	19,94	1,327	100,759301	0,06
2022/08/03	07:27:18	13,15	18,41	1,375	104,403948	0,06
2022/08/03	07:32:18	13,5	17,36	1,586	120,425209	0,06
2022/08/03	07:37:18	14,65	16,88	2,262	171,753986	0,06
2022/08/03	07:42:18	13,7	16,74	2,006	152,315869	0,06
2022/08/03	07:47:18	13	16,64	1,76	133,637054	0,06
2022/08/03	07:52:18	13,4	16,37	1,495	113,515566	0,06
2022/08/03	07:57:18	13,75	16,11	2,075	157,555049	0,06
2022/08/03	08:02:18	16,95	16,38	4,013	304,707669	0,06
2022/08/03	08:07:18	15,95	17,63	2,865	217,539863	0,06
2022/08/03	08:12:18	17,5	18,84	3,292	249,962035	0,06
2022/08/03	08:17:18	28,3	21,85	7,986	606,378132	0,06
2022/08/03	08:22:18	24,4	25,34	7,887	598,861048	0,2
2022/08/03	08:27:18	26,2	28,15	8,32	631,7388	0
2022/08/03	08:32:18	22,7	30,68	6,746	512,224753	1,45
2022/08/03	08:37:18	22,7	32,41	6,749	512,452544	0,06
2022/08/03	08:42:18	19,15	32,31	6,781	514,882308	0
2022/08/03	08:47:18	19,8	33,08	6,626	503,113136	0,06

2022/08/03	08:52:18	22,5	33,73	6,202	470,918755	0,06
2022/08/03	08:57:18	29,8	36,02	11,015	836,370539	0
2022/08/03	09:02:18	24,75	38,85	10,367	787,167806	0,85
2022/08/03	09:07:18	26,45	40,49	12,81	972,665148	0,51
2022/08/03	09:12:18	27,25	42,54	12,133	921,26044	0,06
2022/08/03	09:17:18	27,55	44,21	11,756	892,634776	0
2022/08/03	09:22:18	24	45,59	11,913	904,555809	0,06
2022/08/03	09:27:18	25	46,54	12,865	976,841306	0,77
2022/08/03	09:32:18	21,2	47,16	12,113	919,741838	1,08
2022/08/03	09:37:18	25,85	46,65	13,983	1061,73121	0,06
2022/08/03	09:42:18	26,05	47,43	14,805	1124,14579	0,06
2022/08/03	09:47:18	20,15	46,36	6,889	523,082764	0,06
2022/08/03	09:52:18	25,3	45,55	12,885	978,359909	0,17
2022/08/03	09:57:18	26,6	46,64	16,938	1286,10478	0,65
2022/08/03	10:02:18	22,5	49,34	8,536	648,139711	0,43
2022/08/03	10:07:18	23,75	49,97	7,389	561,047836	0,57
2022/08/03	10:12:18	22,7	47,49	13,351	1013,74336	0,06
2022/08/03	10:17:18	18,55	46,04	3,695	280,561883	0,06
2022/08/03	10:22:18	19,25	42,48	7,455	566,059226	0,11
2022/08/03	10:27:18	20,5	40,82	6,001	455,656796	0,4
2022/08/03	10:32:18	17,9	39,02	4,905	372,437358	0,06
2022/08/03	10:37:18	20,65	36,82	8,705	660,971906	0,06
2022/08/03	10:42:18	20,4	37,19	15,688	1191,1921	0,17
2022/08/03	10:47:18	20,85	39,04	10,09	766,135156	0,45
2022/08/03	10:52:18	20,65	38,94	6,468	491,116173	0,06
2022/08/03	10:57:18	20,15	38,67	5,253	398,861048	0,06
2022/08/03	11:02:18	18,75	37,57	4,102	311,465452	0,06

2022/08/03	11:07:18	19,85	36,12	5,946	451,480638	0,06
2022/08/03	11:12:18	18,85	35,54	5,622	426,879271	0,06
2022/08/03	11:17:18	20,55	35,22	6,526	495,520121	0,06
2022/08/03	11:22:18	20,55	35,74	7,118	540,470767	0,06
2022/08/03	11:27:18	17,8	36,03	4,504	341,98937	0,06
2022/08/03	11:32:18	18,2	34,58	11,611	881,624905	0,06
2022/08/03	11:37:18	21,15	36,2	15,368	1166,89446	0,31
2022/08/03	11:42:18	20,65	38,32	8,183	621,336371	0,06
2022/08/03	11:47:18	19,15	38,82	7,896	599,544419	0,51
2022/08/03	11:52:18	20,95	40,03	11,879	901,974184	0,94
2022/08/03	11:57:18	19,65	41,08	15,892	1206,68185	0,43
2022/08/03	12:02:18	19,55	44,1	12,003	911,389522	1,05
2022/08/03	12:07:18	18,65	44,32	5,136	389,977221	0,06
2022/08/03	12:12:18	19,1	42,36	7,815	593,394077	0
2022/08/03	12:17:18	20,6	41,68	7,771	590,053151	0,06
2022/08/03	12:22:18	19,75	40,55	15,588	1183,59909	0,06
2022/08/03	12:27:18	19,8	40,43	7,857	596,583144	1,28
2022/08/03	12:32:18	19,85	41,17	7,229	548,899013	0,94
2022/08/03	12:37:18	19,05	40,42	7,545	572,892938	0,51
2022/08/03	12:42:18	20,7	41,15	8,485	644,267274	0,06
2022/08/03	12:47:18	19,6	40,71	7,191	546,013667	1,56
2022/08/03	12:52:18	19,2	39,75	8,925	677,676538	0,06
2022/08/03	12:57:18	18,7	39,26	6,943	527,182992	0,68
2022/08/03	13:02:18	21,15	39,73	11,397	865,375854	0,71
2022/08/03	13:07:18	20,7	40,25	7,592	576,461655	1,02
2022/08/03	13:12:18	20,95	39,22	6,276	476,537585	0,06
2022/08/03	13:17:18	20,3	39,46	16,052	1218,83068	0,06

2022/08/03	13:22:18	21,3	41,11	14,397	1093,16629	0,57
2022/08/03	13:27:18	21	42,2	6,251	474,639332	1,59
2022/08/03	13:32:18	20,8	42,65	9,183	697,266515	0,06
2022/08/03	13:37:18	20,75	40,91	12,94	982,536067	0,06
2022/08/03	13:42:18	20,6	40,71	8,839	671,146545	0,31
2022/08/03	13:47:18	18,8	39,26	4,374	332,118451	0,06
2022/08/03	13:52:18	18,55	38,35	7,299	554,214123	0,63
2022/08/03	13:57:18	19,35	36,79	10,692	811,845103	0,54
2022/08/03	14:02:18	20,05	38,5	13,142	997,873956	0,51
2022/08/03	14:07:18	19,6	39,76	5,333	404,935459	0,2
2022/08/03	14:12:18	19,5	39,74	8,875	673,88003	0,65
2022/08/03	14:17:18	20,7	39,09	6,236	473,50038	0,06
2022/08/03	14:22:18	21	38,34	7,624	578,89142	0,82
2022/08/03	14:27:18	18,3	37	3,558	270,159453	0,06
2022/08/03	14:32:18	16,85	34,15	2,874	218,223235	0,06
2022/08/03	14:37:18	15,55	31,02	2,173	164,996203	0,06
2022/08/03	14:42:18	17,75	28,32	9,296	705,846621	0,06
2022/08/03	14:47:18	19,35	29,98	7,72	586,180714	0,14
2022/08/03	14:52:18	19,65	31,19	8,367	635,307517	0,06
2022/08/03	14:57:18	19,55	31,99	9,183	697,266515	0,34
2022/08/03	15:02:18	19,35	33,26	8,271	628,018223	1,05
2022/08/03	15:07:18	21,7	34,67	8,705	660,971906	0,4
2022/08/03	15:12:18	21,8	36,72	8,365	635,155657	0,06
2022/08/03	15:17:18	21,85	38,71	9,46	718,299165	0,51
2022/08/03	15:22:18	21,5	39,28	9,299	706,074412	0,31
2022/08/03	15:27:18	21,05	40,2	9,035	686,028853	1,73
2022/08/03	15:32:18	18,35	39,48	1,627	123,538345	0,06

2022/08/03	15:37:18	17,4	36,2	1,365	103,644647	0,06
2022/08/03	15:42:18	16,35	32,8	1,461	110,933941	0,06
2022/08/03	15:47:18	21,4	31,39	6,325	480,258162	0,06
2022/08/03	15:52:18	19,55	31,85	3,622	275,018983	0,06
2022/08/03	15:57:18	18,95	31,11	5,714	433,864844	0,06
2022/08/03	16:02:18	19,75	31,05	6,161	467,805619	1,36
2022/08/03	16:07:18	22,1	32,9	5,734	435,383447	0,11
2022/08/03	16:12:18	21,15	33,73	5,635	427,866363	0,06
2022/08/03	16:17:18	18,4	32,82	2,69	204,252088	0,06
2022/08/03	16:22:18	16,85	30,83	1,955	148,443432	0,06
2022/08/03	16:27:18	17,6	28,8	2,192	166,438876	0,06
2022/08/03	16:32:18	16,2	27,3	1,324	100,531511	0,06
2022/08/03	16:37:18	16,2	25,56	1,475	111,996963	0,06
2022/08/03	16:42:18	16	24,44	1,244	94,4570995	0,06
2022/08/03	16:47:18	15,8	23,37	1,294	98,2536067	0,06
2022/08/03	16:52:18	15,85	22,41	1,306	99,1647684	0,06
2022/08/03	16:57:18	15,3	21,53	1,344	102,050114	0,06

Anexo 10. Cronograma de actividades (Autores)

Tabla 5. Cronograma de actividades (Autores)

Cronograma																				
Actividades (descritas en la metodología a)	Meses (Semanas)																			
	Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Planteamiento del problema	X																			
Investigación marco teórico	X	X																		
Construcción de objetivos		X	X																	
Desarrollo metodológico			X	X																
Rediseño de estructura del calefactor solar			X	X																
Construcción de estructura		X	X	X			X				X		X							
Construcción y ensayo de alternativas de colectores				X	X	X	X	X	X	X	X	X								
Ensamble del calefactor														X	X	X				
Ensayo de variantes y muestreo																	X			

7. Referencias Bibliográficas

- Acero, E., & González, J. (2019). Trabajo de grado ezequiel - 31 mayo 2019. *Tesis*.
- Arancibia, C., Best, R., & Brown. (2010, June). *Energía solar*.
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf
- Batista Rodriguez, C. (2020). *Patente Calefactor Solar NC2017/0005748*.
- Castellanos, A. L., Ángel, M., & Esteve, P. (2021). *Sistema de ayuda al posicionamiento de placas solares basado en microcontrolador*. Universidad de Sevilla.
- Celsia. (2018, May 31). *Todo lo que debes saber sobre energía solar en Colombia - Celsia - Eficiencia energética*. <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia-de-calor-y-masa.-Fundamentos-y-aplicaciones-Cuarta-Edición*.
- Fernando, L., & Procel, S. (2010). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA "ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR PARA AGUA CALIENTE SANITARIA" TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO*.
- IDEAM. (n.d.). *CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN SOLAR - IDEAM*. Retrieved March 27, 2022, from <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>
- John, I., Sc, C. M., Fajardo, I. J., & Luis Sánchez, I. (2010). *Agua caliente sanitaria de uso doméstico con Energía Solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca*.
- Osorio, A. (2019). *Tipos de calentadores solares que existen - Calentadores Premium*.
https://www.calentadorespremium.com/blog/24_tipos-de-calentadores-solares-que-existen
- Placco, C., Saravia, L., & Cadena, C. (n.d.). *COLECTORES SOLARES PARA AGUA CALIENTE*.
- Planas, O. (2016, July 25). *¿Qué es el efecto invernadero? Concepto y definición*.
<https://solar-energia.net/cambio-climatico/efecto-invernadero>
- Plastank Colombia LTDA. (n.d.). *TAMBOR ANILLO INTEGRADO 208 L*. Retrieved May 2, 2022, from <https://irp->

cdn.multiscreensite.com/64316ae4/files/uploaded/01%20TAI%20208%2013%20Ene%2021.pdf

- Plaxco. (n.d.). *Ficha técnica manguera polietileno*. Retrieved May 2, 2022, from <https://plaxco.com.co/wp-content/uploads/2020/10/Ficha-Tecnica-Manguera-Polietileno.pdf>
- Robles, C., & Rodriguez, O. (2018). *Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia*. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p10.pdf>
- Rodríguez, H. (2009). *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*. <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/revinge.28.11>
- Ros Mario Alberto, Rosatti Ezequiel Adrián, & Soto Walter Ariel. (2020). Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos 2019. *AJEA*, 1. <https://doi.org/10.33414/ajea.1.594.2019>
- Smith, A. (2021, November 20). *Cómo calcular la pérdida de calor en una tubería*. https://www.ehowenespanol.com/calcular-perdida-calor-tuberia-como_521090/
- Termic Ltda. (2016, June 28). *Que es Termosifon?* <https://www.termic.cl/post/2016/06/28/qu%C3%A9-es-termosif%C3%B3n>
- Water and Sun Company. (2013). *Calentadores solares Water and Sun Morelia Michoacán*. <https://www.calentadoresws.com/>
- Zabalza Bribian, Ignacio., & Aranda Uson, Alfonso. (2009). Energía solar termica. In *Prensas Universitarias de Zaragoza* (Vol. 7, Issue 2).