

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA TERMA  
SOLAR POR TERMOSIFÓN PARA PRODUCIR AGUA  
CALIENTE SANITARIA, UTILIZANDO  
MATERIALES PLÁSTICOS**

**EN TACNA**

**TESIS**

Presentada por:

Bach. Carlos José Alvarado Banchero

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO**

TACNA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA TERMA  
SOLAR POR TERMOSIFÓN PARA PRODUCIR AGUA  
CALIENTE SANITARIA, UTILIZANDO MATERIALES  
PLÁSTICOS EN TACNA**

**TESIS**

Tesis sustentada, y aprobada el día 23 de diciembre del dos mil diecinueve por el Bachiller Carlos José Alvarado Banchemo, siendo el Jurado Calificador integrado por:

PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
ING. DANIEL CÁRDENAS GARCÍA

SECRETARIO:

  
\_\_\_\_\_  
MG. FRANCISCO GAMARRA GÓMEZ

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
ING. REYNALDO CLEMENTE TELLES RÍOS

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
DR. JESUS PLACIDO MEDINA SALAS

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a todas las personas que me apoyaron desde mis primeros pasos y me hicieron desarrollar como persona y supieron influir en mí profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a mi familia por haberme inculcado principios y valores, quienes forjaron los cimientos para lo que hoy soy.

Agradecer también a todas las personas que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas por sus buenos consejos y motivaciones.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>ÍNDICE</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	3
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA</b> .....	3
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	4
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA</b> .....	4
<b>1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES</b> .....	5
<b>1.4.1. ALCANCES</b> .....	5
<b>1.4.2. LIMITACIONES</b> .....	5

<b>1.5. OBJETIVOS</b> .....	6
<b>1.5.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	6
<b>1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS</b> .....	6
<b>1.6. HIPÓTESIS</b> .....	6
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	7
<b>2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO</b> .....	7
<b>2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES</b> .....	7
<b>2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES</b> .....	8
<b>2.2. BASES TEÓRICAS</b> .....	9
<b>2.2.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR PLÁSTICOS</b> .....	9
<b>2.2.2. COLECTORES SOLARES</b> .....	10
<b>2.2.3. CONCEPTOS PRECEDENTES</b> .....	11
<b>2.2.4. CONCEPTO DEL COLECTOR SOLAR</b> .....	18
<b>2.2.5. MODELOS DE COLECTORES SOLARES</b> .....	19
<b>2.2.6. PROTECCIÓN SOBRE COLECTORES PLANOS</b> .....	27
<b>2.2.7. DESPROTECCIÓN SOBRE COLECTORES PLANOS</b> .....	28

2.2.8.	MECÁNICA EN LOS COLECTORES.....	29
2.2.9.	ELECCIÓN DEL TIPO DE COLECTOR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA.....	34
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	35
	<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>38</b>
3.1.	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	38
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	38
3.2.1.	POBLACIÓN .....	38
3.2.2.	MUESTRA.....	38
3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	39
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.	39
3.5.	PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS .....	40
	<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>41</b>
4.1.	RESULTADOS .....	41
4.1.1.	COLECTOR.....	41
4.1.2.	TUBOS DE COBRE .....	42

<b>4.1.3. PLACA ABSORBEDORA</b> .....	50
<b>4.1.4. EL VIDRIO</b> .....	59
<b>4.1.5. TUBERÍAS AISLADAS</b> .....	61
<b>4.1.6. TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b> .....	65
<b>4.1.7. ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA EL COLECTOR</b> .....	75
<b>4.1.8. SOPORTE ESTRUCTURAL PARA EL TANQUE</b> .....	78
<b>4.1.9. MANTENIMIENTO</b> .....	81
<b>4.1.10. COSTOS DEL PROYECTO</b> .....	82
<b>4.2. DISCUSIÓN</b> .....	85
<b>CONCLUSIONES</b> .....	87
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	89
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	90
<b>ANEXO</b> .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Selección del colector .....	34
Tabla 2. Operacionalización de variables independiente y dependiente.....	39
Tabla 3. Costos realizados para la construcción del termosifón. ....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Incidencia de radiación solar en el colector.....	11
Figura 2. Pérdidas de la radiación solar .....	12
Figura 3. Irradiación en el Perú.....	14
Figura 4. Balance para el calor útil .....	15
Figura 5. Partes del colector.....	16
Figura 6. Composición de un colector de tubos de cobre. ....	19
Figura 7. Colector solar concentrado .....	20
Figura 8. Colector solar de placa plana.....	22
Figura 9. Posición del tubo de cobre con respecto a la placa absorbente .....	24
Figura 10. Comportamiento de un colector solar.....	25
Figura 11. Absorbedor plano.....	26
Figura 12. Protección sobre los colectores planos .....	28
Figura 13. Tubos de vacío.....	29
Figura 14. Mecanismo de los colectores .....	30

Figura 15. Colector solar.....	29
Figura 16. El contenedor.....	33
Figura 17. Colector unifamiliar.....	41
Figura 18. Tubo de cobre superior e inferior .....	43
Figura 19. Medida del tubo de cobre superior e inferior.....	44
Figura 20. Tubo de cobre vertical .....	44
Figura 21. Medida del tubo de cobre superior e inferior.....	45
Figura 22. Geometría del tubo horizontal .....	46
Figura 23. Forma del agujero del tubo horizontal.....	46
Figura 24. Medidas de la geometría del tubo horizontal.....	47
Figura 25. Corte del tubo vertical vista frontal .....	48
Figura 26. Dimensión del corte del tubo vertical.....	48
Figura 27. Unión por soldadura de los tubos verticales y horizontales .....	49
Figura 28. Dimensiones de las uniones en los tubos verticales y horizontales.....	50
Figura 29. Placa absorbedora .....	51
Figura 30. Aleta de cobre .....	53

Figura 31. Conjunto de aletas de cobre.....	54
Figura 32. Conjunto de aletas soldadas.....	55
Figura 34. Plásticos reciclados y placa absorbadora.....	56
Figura 35. Contenedor del colector.....	58
Figura 36. Dimensiones del contenedor.....	59
Figura 37. Vidrio para el colector.....	60
Figura 38. Tubo de conexión mediano.....	61
Figura 39. Medida del tubo de conexión mediano.....	62
Figura 40. Tubo de conexión largo.....	62
Figura 41. Medida del tubo de conexión largo.....	63
Figura 42. Tapón de las conexiones.....	63
Figura 43. Medidas del tapón de conexiones.....	64
Figura 44. Tanque de almacenamiento.....	65
Figura 45. Tanque de almacenamiento interior.....	68
Figura 46. Medidas del tanque de almacenamiento interior.....	68
Figura 47. Tanque de almacenamiento interior con tapa.....	69

Figura 48. Medidas de las tapas para el tanque interior.....	70
Figura 49. Aislante del tanque de almacenamiento .....	72
Figura 50. Medidas del aislante del tanque de almacenamiento.....	73
Figura 51. Tanque exterior.....	74
Figura 52. Medidas del tanque exterior.....	75
Figura 53. Soporte estructural para el colector .....	76
Figura 54. Dimensiones del soporte estructural de perfil cuadrado para el colector ..	77
Figura 55. Dimensiones del soporte estructural para el colector .....	78
Figura 56. Soporte estructural para el tanque de agua .....	79
Figura 57. Dimensiones del soporte estructural del tanque .....	80
Figura 58. Dimensiones del soporte para el tanque del agua.....	81

## **RESUMEN**

En esta tesis titulada "Construcción y mantenimiento de una terma solar por Termosifón para producir agua caliente sanitaria, utilizando materiales plásticos en Tacna" ha obtenido el propósito de solucionar el problema ambiental y del confort que padece la ciudadanía tacneña, este problema se solucionó mediante la construcción y mantenimiento de una terma solar, por medio de la construcción del colector solar, del tanque de almacenamiento con sus estructuras de soporte y sus correspondientes mantenimientos, que con este proceder se obtiene la solución adecuada a este problema. Con los objetivos cubiertos y con estas acciones se construyó el colector y el calentador del agua para 200 litros con soportes de 60 cm x 60 cm y 40 cm x 40 cm de perfil cuadrático, además el colector tiene una dimensión nominal de 1,5 m x 0,84 m x 0,1 m de geometría paralelepípedo.

Palabras clave: Construcción, Mantenimiento, Plásticos, Termosifón.

## **ABSTRACT**

In this thesis titled "Construction and maintenance of a solar thermal by Termosiphon to produce sanitary hot water, using plastic materials in Tacna" construction and maintenance of a solar thermal, by means of the construction of the solar collector, the storage tank with its structures support and its corresponding maintenance, that with this procedure the adequate solution to this problem is obtained. With the objectives covered and with these actions, the collector and the water heater for 200 liters were built with supports of 60 cm x 60 cm and 40 cm x 40 cm of quadratic profile, in addition the collector has a nominal dimension of 1,5 cm 0,84 cm 0,1 cm of parallelepiped geometry.

Keywords: Construction, Maintenance, Plastics, Termosiphon.

## **INTRODUCCIÓN**

Es necesidad de la ciudadanía tacneña tener un medio ambiente equilibrado y el confort frente a sus necesidades higiénicas, por tal motivo se presenta esta tesis mediante el cual se propone mejorar la construcción del Termosifón empleando los plásticos que se reciclan.

Es necesario además contrarrestar el deterioro medioambiental, esta acción que tiene el consumidor para emplear el plástico en un solo uso, materiales que se puede transformar en una alternativa positiva frente al confort que cada ciudadano lo requiere.

Buscando dar solución al desgaste ambiental y considerando la necesidad de confort en los hábitos de higiene es que se detalla de manera introductoria la construcción de un Termosifón, la cual tiene la siguiente organización.

El primer capítulo presenta el problema de la investigación que describe la realidad actual y se centra en el problema, para ser llevado a la formulación del problema, el objetivo que requiere la tesis en elementos metodológicos que guían la investigación.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico, en el mismo que están los antecedentes o investigaciones anteriores vinculadas con esta tesis, el marco teórico está relacionado a la construcción y mantenimiento de un termosifón.

El tercer capítulo contempla la participación metodológica donde se explica la metodología que sustenta a esta tesis, donde se puntualiza el problema de estudio para poder enmarcar el tipo de investigación que se va a llevar a cabo.

En el cuarto capítulo, nombrado como resultado y discusión, se reafirma los resultados de la construcción del colector, el soporte del colector, el tanque de agua, el soporte del tanque de agua además el mantenimiento que requiere estas construcciones, luego se realiza una confrontación sobre las similitudes y/o discrepancias de los resultados de esta tesis con respecto a los antecedentes de estudio.

Se finaliza con las conclusiones y recomendaciones, son las que permiten la construcción del Termosifón y sus dimensiones.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA**

#### **1.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

En la actualidad el creciente uso de los materiales plásticos es la preocupación número uno en el entorno mundial, este material está destruyendo la fauna marina. “La continuación de esta contaminación provocará que se desencadene un desequilibrio medio ambiental” (Revista NU2, 2017).

En el territorio peruano, actualmente se está haciendo frente a este problema para ello la ley 30884 y su reglamento 006-2019-MINAM ponen medidas reguladoras para el uso del plástico. “Pero estas medidas no destruyen el uso del plástico solo estimula al usuario a que deje de adquirirlas” (Estado Peruano, 2019).

En la región de Tacna, también se padece este problema con alto índice de consumo de plásticos, es preocupante la contaminación, y todos tenemos derechos a un medio ambiente equilibrado.

### **1.1.2. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN**

El problema de la contaminación ambiental es un problema que estamos padeciendo ya bastantes años y es por ello que el reciclaje es una acción inteligente para transformar la contaminación en fuentes de confort.

El uso de calentadores de agua por energías renovables estimula que se aproveche el recurso de la energía solar como fuente energética.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El uso de materiales plásticos para la construcción y mantenimiento de una terma solar permitirá disminuir la contaminación ambiental y producir agua caliente sanitaria en la región de Tacna?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

La propuesta de construcción y mantenimiento de una terma solar es una herramienta que permite mejorar la vida de los ciudadanos de la región de Tacna y tener un medio ambiente equilibrado contrarrestando el incremento del plástico de manera contaminante.

Es por el cual, en la presente tesis se considera investigar la construcción de un equipo que permita agua caliente sanitaria y utilizado para esto como aislante térmico los plásticos reciclados para la región de Tacna.

#### **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

##### **1.4.1. ALCANCES**

La concretización del presente estudio consiguió la construcción de una terma solar por termosifón, la cual utiliza como fuente energético energías renovables y contrarresta la contaminación plástica.

Dentro de la construcción se consiguió el armado del colector y el tanque de almacenamiento del agua caliente sanitaria para el uso doméstico, al mismo tiempo utilizando plásticos reciclados se contrarresta el incremento de la contaminación ambiental consiguiendo confort en cada ciudadano tacneño.

##### **1.4.2. LIMITACIONES**

La poca información que se tiene sobre la construcción de termosifones para tener agua sanitaria, conlleva a que muchas personas tengan intenciones de tener agua para el confort, pero no puedan construirlo ya que no hay guías de construcción.

La poca difusión e incentivo para realizar este tipo de proyectos pausa el beneficio que pudieran obtener la comunidad tacneña.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Construir y mantener una terma solar por termosifón para producir agua caliente sanitaria, utilizando materiales plásticos en Tacna.

### **1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Construir el colector del termosifón para producir agua caliente sanitaria, utilizando materiales plásticos en Tacna.
- Construir el soporte para el colector del termosifón para producir agua caliente sanitaria, utilizando materiales plásticos en Tacna.
- Construir el tanque de almacenamiento del termosifón para producir agua caliente sanitaria, utilizando materiales plásticos en Tacna.
- Construir el soporte para el tanque de almacenamiento para producir agua caliente sanitaria, utilizando materiales plásticos en Tacna.
- Usar los materiales plásticos reciclados en el termosifón para producir agua caliente sanitaria, utilizando materiales plásticos en Tacna.

## **1.6. HIPÓTESIS**

La construcción del termosifón utilizando materiales plásticos reciclados permitirá producir agua caliente sanitaria en Tacna.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

1. En Bucaramanga, Venezuela, Luis Adalberto Solano Díaz y Heizer Amaya Durán (2014), en su tesis para título de Ingeniero Mecánico sustentó la investigación: Diseño, construcción y evaluación de un sistema de calentamiento de agua, con un arreglo en serie de colectores de placa plana, utilizando energía solar, el objetivo de la tesis fue proponer un diseño, para un sistema de calentamiento de agua, con un arreglo en serie de colectores de placa plana.

Desarrolló una investigación aplicada y las conclusiones de esta investigación indican que el diseño, construcción y evaluación de un sistema de calentamiento de agua, con un arreglo de serie-paralelo de colectores de placa plana para una capacidad de 150L pueden ser utilizados para suministrar agua caliente a la cafetería campestre dentro del campus universitario de la Universidad Pontificia Bolivariana.

2. En Baja California, México, Fernando Lara (2016), realizó una presentación de trabajo en la XL semana nacional de energía solar 2016, con el tema Sistema de calentamiento de agua solar tipo CPC (concentrador solar parabolico compuesto) con termosifón para aplicaciones residenciales.

Desarrolló una investigación aplicada y las conclusiones de esta investigación indican que el uso de un CPC destinado al calentamiento de agua para aplicaciones residenciales bajo el esquema de termosifón se ha visto viable desde el punto de vista técnico para la ciudad de Mexicali. Durante la temporada de invierno (diciembre) cuando la temperatura ambiente alcanza 12,83 °C, el sistema propuesto permite cubrir necesidades básicas en un periodo autónomo de 7 horas alcanzando una temperatura máxima de 36,04 °C sin necesidad de un sistema auxiliar al emplear un área de captación de 1,79 m<sup>2</sup>.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

1. En la ciudad de Lima, Perú, Richard Layseca (2009), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista sustentó la siguiente investigación: Diseño, fabricación y pruebas de un calentador de agua portátil a leña hecho con materiales reciclables. Con el objetivo de satisfacer la demanda energética de agua caliente en las poblaciones rurales y urbano-marginales.

Desarrolló una investigación aplicada y las conclusiones de esta investigación indica que es posible realizar la fabricación del calentador de agua portátil a leña con materiales recolectados íntegramente en el mercado nacional.

2. En Tacna, Perú, Carlos Polo (2017), presento el Informe de proyecto de investigación denominado Adaptación de la tecnología RAOS aplicando el calentamiento solar en las aguas del río Sama - provincia de Tacna. Con el objetivo de Remover el arsénico en el agua del río Sama mediante la adaptación de la tecnología RAOS con calentamiento solar.

Desarrolló una investigación aplicada y las conclusiones de esta investigación indica que se ha diseñado un sistema de adaptación de la tecnología RAOS conformado por un reactor tipo bacht de 14 litros, el colector fotocatalítico conformado por tubos de vidrio con un área de colección de 1,14 m<sup>2</sup>.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR PLÁSTICOS**

Lastimosamente el plástico se encuentra en todo lugar siendo este prácticamente omnipresente, puesto que se ve en envases de productos que consume la humanidad, en la ropa, en las construcciones, juguetes hasta en los utensilios.

Se estima que más de 500 millones de toneladas anuales son de plásticos y esta cifra tiende a incrementar.

Es por eso que todas las naciones están ejecutando proyectos para frenar esta crisis.

### **2.2.2. COLECTORES SOLARES**

Los colectores solares se encargan de captar la luz solar. “Gracias a Albert Einstein, a quien se le otorgó el premio Nobel por la publicación del Efecto Fotoeléctrico hacemos uso de recolectar todo el espectro de luz solar para beneficiarnos de la transferencia de calor” (Polo, et al., 2016, p.18). Con esta teoría se puede captar la luz solar y cuantificar la transmisión de energía que hay en los distintos materiales.

El uso del colector posibilita adquirir energía. “Mediante la captación de la radiación difusa así también como la directa, por medio de una placa que capta energía solar o también llamado superficie absorbente, la cual debe ser lo más eficaz para que pueda transferir a un fluido caloportador” (Espinoza-Paredes, 2015, p.11).

Para los colectores solares existen variedades de formas de captación. “Las captaciones más eficientes son los de tubo de calor de aluminio extruido, para termosifones bifásicos cerrados, aprovechando el vacío en su interior, los campos electromagnéticos que inciden a los tubos son los más óptimos para el termosifón” (Felipe-Duque, 2004, p.45). Según la Figura 1 se puede ver el efecto que causa la

radiación solar sobre un colector representado de color azul el agua fría y de color rojo el agua caliente mediante la radiación solar empleando el efecto fotoeléctrico y una buena selección de materiales.

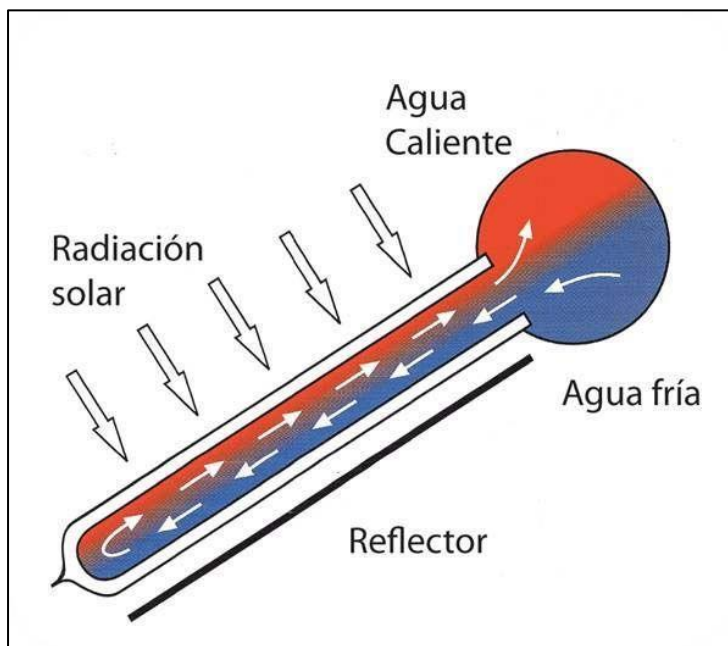


Figura 1. Incidencia de radiación solar en el colector

Fuente: SolarMat, 2016.

### **2.2.3. CONCEPTOS PRECEDENTES**

#### **2.2.3.1. RADIACIÓN SOLAR**

Las formas de aprovechar el recurso renovable del sol son muchas. “Puesto que la tierra está a 149,5 millones de km existe la incidencia nominal de  $1\,373\text{ W/m}^2$ , pero

debido a las estaciones del año este valor cambia en un 3,5 % entre 1 418 W/m<sup>2</sup> y 1 325 W/m<sup>2</sup> del 3 de enero y 4 de julio respectivamente” (Cengel, 2013, p. 892). Esta diferencia se debe a que en el 3 de enero la tierra se encuentra más cerca al sol y el 4 de julio más alejado al sol.

Cuando la radiación solar incide sobre la tierra y esta llega a la superficie terrestre, su intensidad disminuye. “Llega a la superficie solo un 51,6 % ya que existe pérdidas por reflexión en un 31 % y absorción en 17,4 % en la densidad del aire” (Castro Huaman & Torres Quispe, 2017, p. 23). En la Figura 2 se muestra la forma en que la radiación solar entra al interior de la tierra y esta es rechazada por la atmosfera y también es absorbida por la misma esto también cambia por las condiciones climáticas.

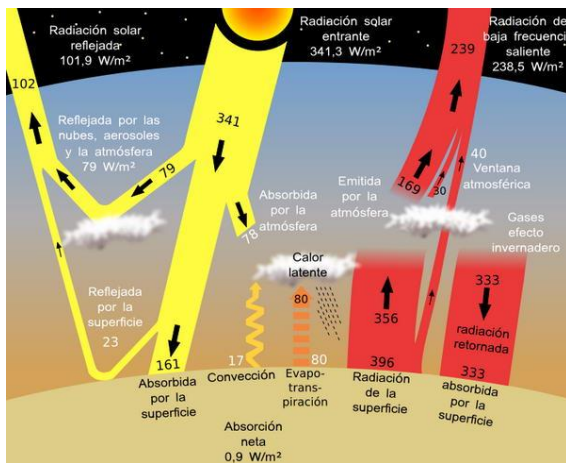


Figura 2. Pérdidas de la radiación solar

Fuente: Pueblo en Línea, s. f.

Es bueno saber que los rayos ultravioletas, lo cual es nocivo para el ser humano, es detenido por la atmosfera. “Gran parte de las longitudes de ondas nocivas para el ser humano debido a que en el interior del sol se realiza la fusión nuclear del hidrógeno es rechazada gracias al campo electromagnético que posee la tierra” (Cengel, 2013, p. 893).

#### **2.2.3.2. IRRADIACIÓN SOLAR**

La irradiación cuantifica el fenómeno ocasionado por el sol. “La irradiación describe a la potencia con respecto a un área siendo su dimensión  $W/m^2$  y que en este caso proviene del sol como fuente de energía” (Chura Esquinarila, 2016, p, 53). Esta irradiación en el Perú es alta, en especial en la ciudad de Tacna que llega a limites elevados como se muestra en el anexo se tiene un máximo de una escala mayor a  $7,5 \text{ kW-h/m}^2$  siendo esto que sea muy aprovechable para este tipo de proyectos.

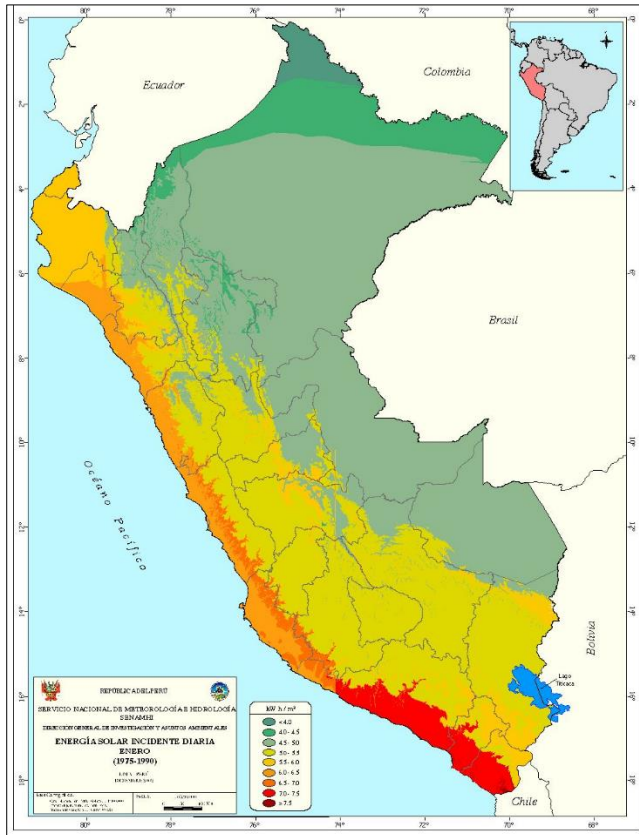


Figura 3. Irradiación en el Perú

Fuente: Delta Volt SAC, 2019.

### 2.2.3.3. EQUILIBRIO ENERGÉTICO DEL CALENTADOR SOLAR

Para realizar los cálculos se requiere hacer un análisis sobre las pérdidas de energía que hay incidentes al colector. “En la Figura 4 se aprecia las pérdidas y el  $q_{\text{útil}}$  es el que

se transferirá al agua y luego pasará a ser almacenado en un contenedor” (Sanchez, 2012, p. 21). Además, en la misma figura se puede notar las pérdidas de energía por reflexión y absorción ( $H_{TA_e}(1-\tau\alpha)$ ), pérdidas de calor en el colector solar  $q_{pe}$ , pérdidas de calor en el depósito de almacenamiento  $q_{da}$  y pérdidas de calor en las conexiones colector-deposito  $q_{cx}$ , todas estas pérdidas son disipadas en el ambiente interno del colector.

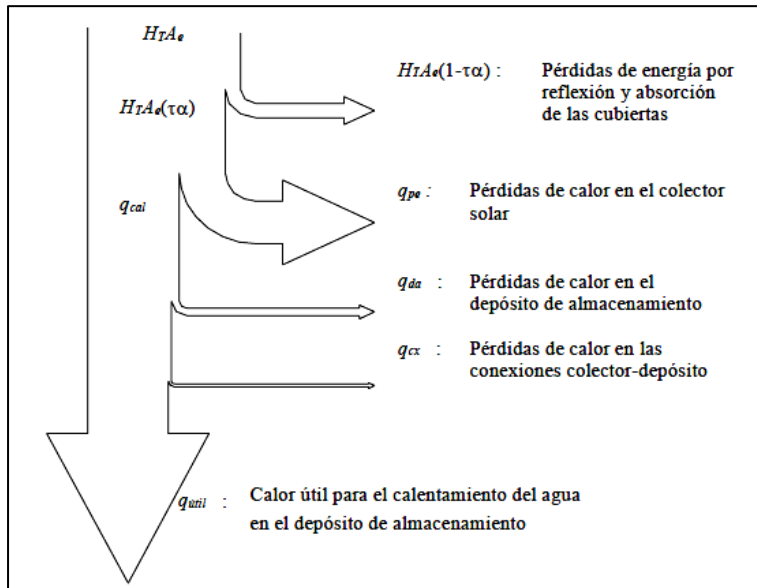


Figura 4. Balance para el calor útil

Fuente: Sanchez, 2012.

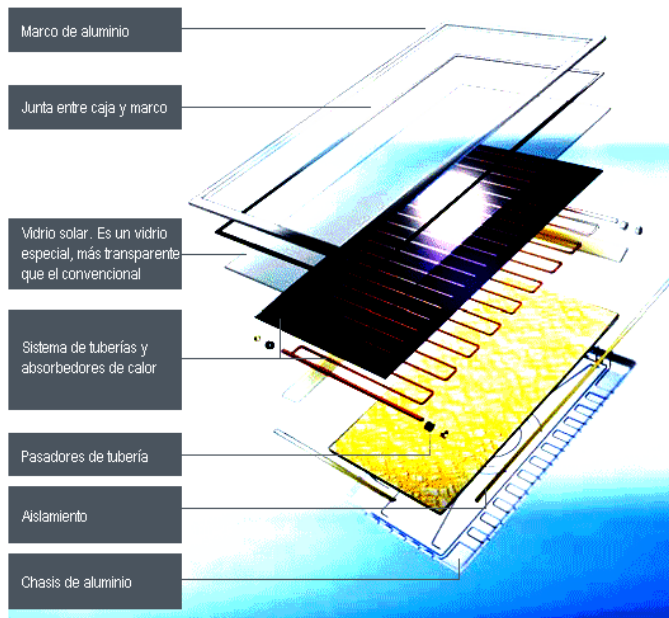


Figura 5. Partes del colector

Fuente: Sanchez, 2012.

Entonces la ecuación para la radiación total será de la siguiente manera.

$$H_T A_e = q_{util} + q_{pe} + q_{da} + q_{cx} \quad [ 1 ]$$

Donde:

$H_T$ : Es la radiación total solar

$A_e$ : Área total del colector

Para el calor útil se debe introducir el flujo de masa del agua  $\dot{m}$  para el proceso de calentamiento. “El calor sensible nos proporciona información para el fenómeno de cambio de temperatura” (Bergman & Incropera, 2002). Entonces se obtendrá la ecuación siguiente.

$$q_{util} = \dot{m}C_p(T_{fe} - T_{fs}) \quad [ 2]$$

Donde:

$\dot{m}$ : Flujo de la masa del agua.

$C_p$ : Capacidad calorífica para el agua (4,18kJ/kg-°C).

$T_{fe}$ : Temperatura en el ingreso del colector.

$T_{fs}$ : Temperatura en la salida del colector.

Entonces de la ecuación [ 2] en [ 1] se podrá obtener la siguiente ecuación.

$$q_{util} = H_T A_e - (q_{pe} + q_{da} + q_{cx}) \quad [ 3]$$

$$(T_{fe} - T_{fs}) = \frac{H_T A_e - (q_{pe} + q_{da} + q_{cx})}{\dot{m}C_p} \quad [ 4]$$

La ecuación [ 4] [ 3] relaciona la diferencia de temperatura con respecto a las pérdidas.

#### **2.2.4. CONCEPTO DEL COLECTOR SOLAR**

Los colectores solares están compuestos principalmente por un circuito de cañerías. “Para poder ahorrar dinero son hechas de cobre, por su precio y alta conductancia de la temperatura se junta a una lámina negra, siendo necesarios 4 metros cuadrados para 200 litros de agua para abastecer a una familia de 4 integrantes” (Chipugsi Calero, 2014, p. 9). La forma geométrica que tienen los colectores por su fácil empleabilidad es cuadrada.

Los colectores requieren una posición ideal para captar de manera más continua los rayos solares. “El ángulo de inclinación para los colectores en la ciudad de Tacna se recomienda una inclinación de 15° de latitud y con una orientación de 20° latitud Sur o latitud Norte” (Chura Esquinarila, 2016, p. 64). Estas medidas se orientan mediante los hemisferios sur o norte.

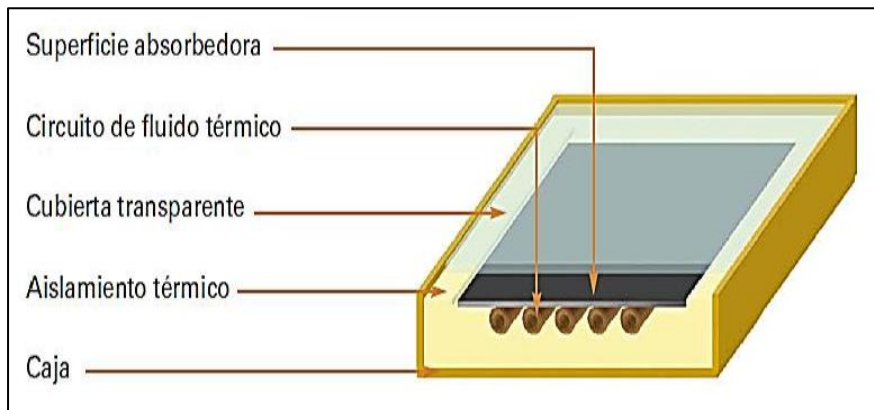


Figura 6. Composición de un colector de tubos de cobre.

Fuente: Chipugsi Calero, 2014.

### 2.2.5. MODELOS DE COLECTORES SOLARES

El avance de la tecnología y las nuevas formas para absorber la mayor cantidad de radiación solar son útiles para una alta eficiencia. “Para los termosifones de circulación forzada requiere que el absorbedor sea compuesta de una placa de material de cobre con tratamiento adecuado y que estas sean unidas con tratamiento de láser, con aislamiento interior y su carcasa de aluminio” (Molero, 2011, p. 41). En base a estos requerimientos se puede clasificar en los siguientes modelos.

#### 2.2.5.1. COLECTORES SOLARES DESCONCENTRADOS

Este tipo de colector aprovecha el estudio del foco en la geometría de la parábola. “La concentra de la radiación solar es reflejada y concentrada en un punto focal en

donde está situado el absorvedor teniendo de esta forma una alta eficacia y logrando alcanzar altas temperaturas” (Castro Huaman & Torres Quispe, 2017, p. 52). De esta forma solo se necesita una dimensión pequeña de tubo de cobre para captar la alta temperatura, pero este tipo de colector requiere de un mecanismo electrónico que haga seguimiento a la radiación solar, para así estar ubicado en la posición más óptima.

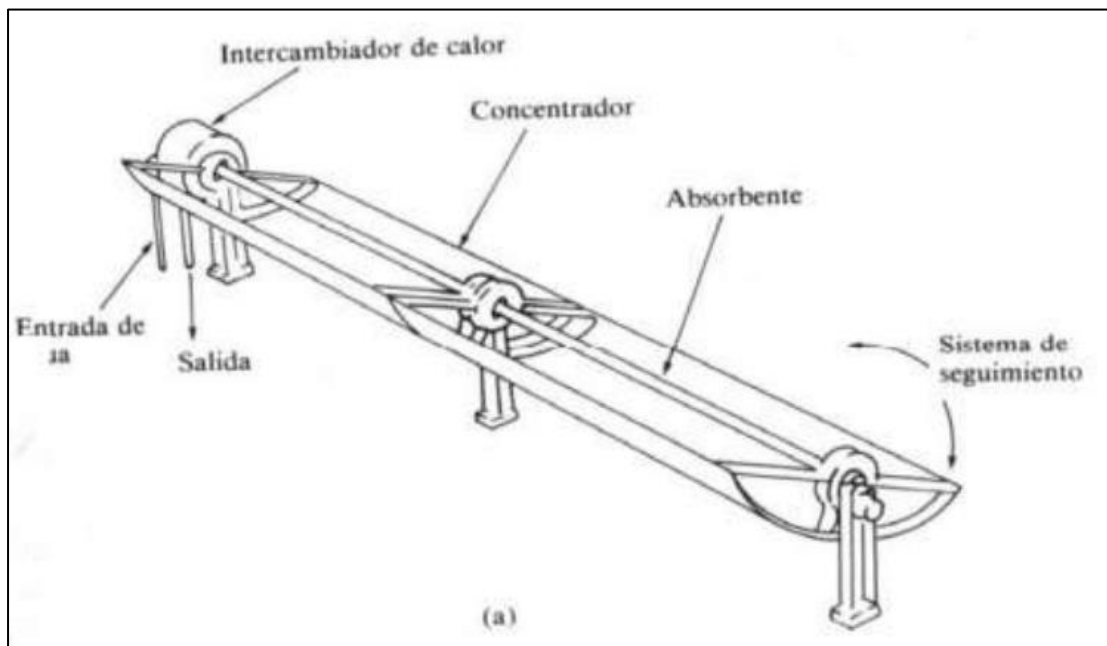


Figura 7. Colector solar concentrado

Fuente: Castro Huaman & Torres Quispe, 2017.

### **2.2.5.2. COLECTORES SOLARES CONCENTRADOS**

El colector solar desconcentrado, que en el presente caso vendrá a ser de placa plana, se usa muy comúnmente casi en todas las instalaciones. “Por razones económicas y tecnológicas este tipo de colector es usado para temperaturas hasta los 100 °C aprovechando la forma geométrica se puede captar el calor por medio de aletas y todos estos componentes son bañados de color oscuro mate para la absorción más eficiente” (Castro Huaman & Torres Quispe, 2017, p. 54). Este tipo de colector no requiere un sistema electrónico de seguimiento de radiación solar, únicamente requerirá 20° de inclinación.



Figura 8. Colector solar de placa plana

Fuente: Molero, 2011.

### **2.2.5.3. ÁREAS DISTINTAS PARA EL CAPTADOR**

Dentro del análisis sobre las áreas en cuestión se tiene que diferenciarlas, estas son:

#### **ÁREA TOTAL**

El área total ( $A_t$ ), tiene como el área resultante externas del captador que se encuentran en los bordes extremos de la carcasa.

## **ÁREA DE APERTURA**

En esta área de apertura ( $A_a$ ), se encuentran los tubos de cobre, por lo que esta cubierta por el vidrio seleccionado, en caso de usar tubo de vacío el área será el diámetro por la longitud esta será multiplicada por la cantidad de tubos que se instalarán dentro del captador.

## **ÁREA DE ABSORCIÓN**

Para el área de absorción ( $A_A$ ), se encuentran inmersas geoméricamente los tubos de cobre y sus aletas que al estar expuestas permanentemente a las incidencias de la radiación solar llegan a coleccionar toda su energía.

### **2.2.5.4. MECANISMO DE ABSORCIÓN**

Para entender el mecanismo de absorción es necesario definir un cuerpo negro. “El cuerpo negro tiene como característica la perfección de absorber o emitir radiación y no hay otra superficie que se le pueda comparar absorbiendo o emitiendo toda clase de longitud de ondas y de todas direcciones” (Cengel, 2013, p. 667).

En el presente caso se podrá acercarse al cuerpo negro utilizando tipo de color de pintura. “Los tubos hechos de cobre tienen una alta conductividad térmica y esto aumentado con aletas, logran una buena forma para atraer la radiación solar y esto será pintado con el color mate negro” (Cruzado Sánchez & Eduardo Ríos, 2017, p. 48).

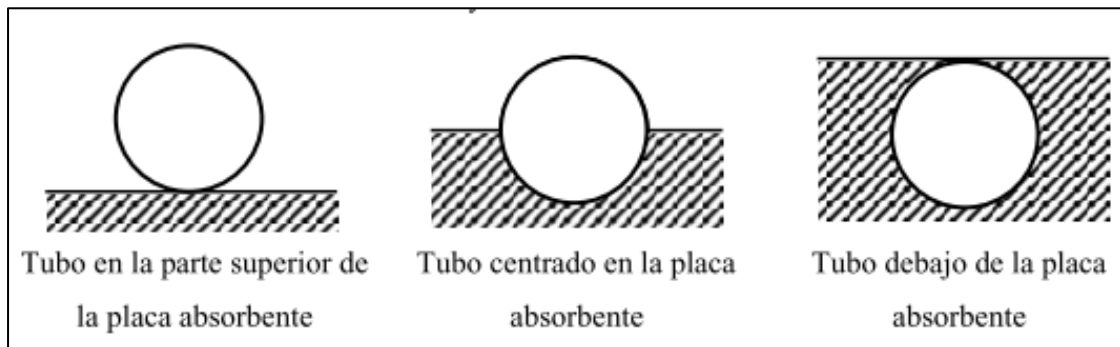


Figura 9. Posición del tubo de cobre con respecto a la placa absorbente

Fuente: Cruzado Sánchez & Eduardo Ríos, 2017.

En la Figura 9 se puede apreciar las posiciones con las que la placa puede estar posicionada con respecto al tubo de cobre, lo cual para el presente proyecto se elige el tubo centrado en la placa absorbente.

Al momento que la radiación solar incidirá sobre la superficie del colector, esta será reflejada y absorbida. “La absorción de la radiación se transformará en energía calorífica la cual será transferida al líquido de forma cíclica, el absorbedor tiene el objetivo de retener la mayor radiación posible” (Chura Esquinarila, 2016, pp. 14-20).

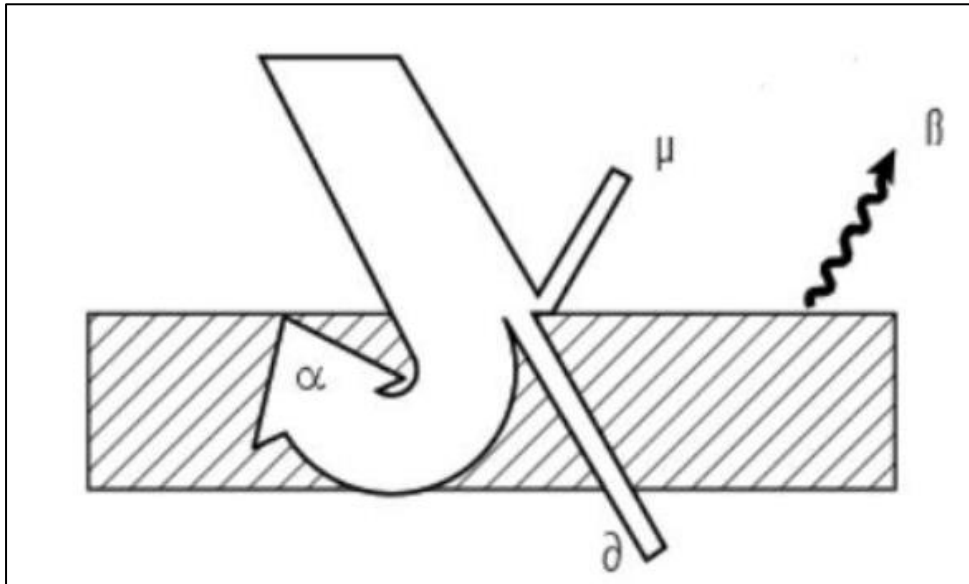


Figura 10. Comportamiento de un colector solar

Fuente: Chipugsi Calero, 2014

En la Figura 10 se puede apreciar que la mayor incidencia de la radiación solar es retenida por el colector, es por eso que el colector requiere un recubrimiento mate negro, y pueda ser conducido el calor al tubo de cobre.

Donde:

$\mu$ : Es la reflectancia, es una fracción de rayos del sol la cual es reflejada desde el colector hacia el exterior.

$\alpha$ : Es la absorbancia, es la mayor fracción de la radiación solar que es aprovechada por el colector solar mediante el tubo revestido y las aletas.

$\beta$ : Es la emisividad, que es una fracción del rayo solar incidente que es absorbida pero no aprovechada por el colector solar.

$\delta$ : Es la transmitancia, es una fracción de la radiación solar que no es aprovechada por el colector solar puesto que está fuera de rango de la longitud de onda que puede absorber el colector solar.

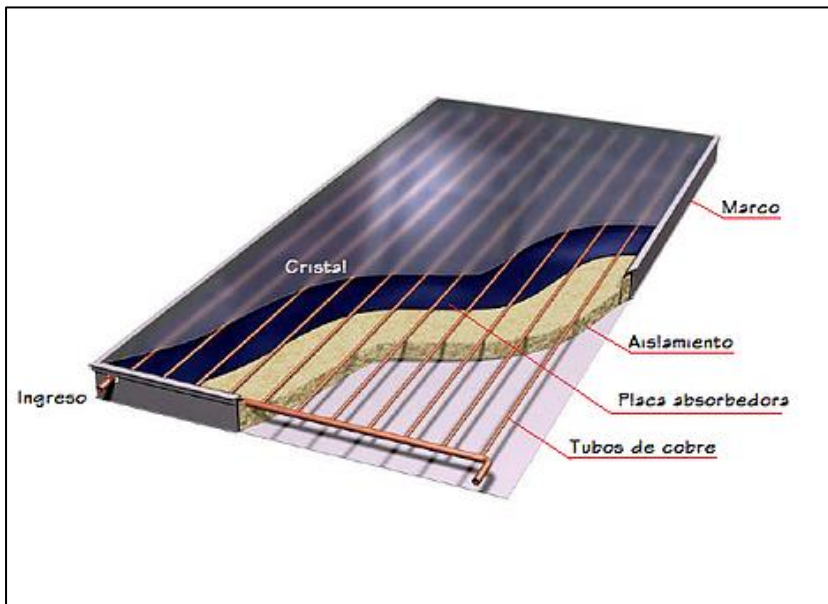


Figura 11. Absorbedor plano

Fuente: Allpakhuyana, 2019

### **2.2.6. PROTECCIÓN SOBRE COLECTORES PLANOS**

Se requiere evitar pérdidas por convección, dentro del colector y para esto se construye formas geométricas aceptables, Chipugsi Calero (2014) afirma:

El captador normalmente es de forma rectangular y sus dimensiones están adecuadas a la superficie en donde estarán apoyadas, tiene un vidrio especial que dejará el paso de la radiación hacia la parrilla y este al mismo tiempo evitará la transferencia por convección natural este vidrio será de un espesor reducido y de alta resistencia a impactos, el vidrio estará apoyado sobre la estructura de fibra de vidrio como se muestra en la Figura 12.

Dentro de la parrilla la placa que tendrá la forma de aletas para los tubos de cobre estarán unidas por medio de soldadura a los conductos que se encuentran en forma paralela y luego serán revestidas en pintura negra mate.

De esta forma se puede conocer los procesos para la protección hacia los colectores planos.

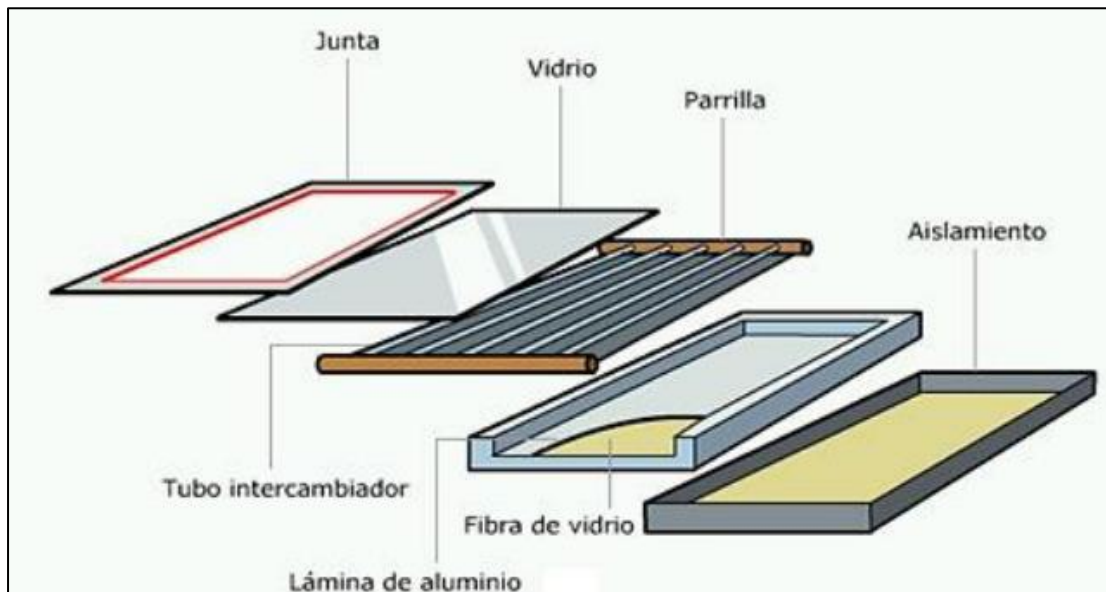


Figura 12. Protección sobre los colectores planos

Fuente: Chipugsi Calero, 2014

### 2.2.7. DESPROTECCIÓN SOBRE COLECTORES PLANOS

Es adecuado para este tipo de colectores cuando se usa los tubos de vacío, estos tubos son de alta eficacia puesto que evita en su interior la pérdida por convección natural. “Los tubos de vacío son frágiles y su mantenimiento es especializado con una duración de 10 a 15 años de uso devaluándose su eficiencia paulatinamente, pero en su interior puede alcanzar temperaturas de hasta 121 °C”. Se muestra en la Figura 13, tiene una cobertura de anti reflexión, una cobertura de alta absorbancia y en su interior de alta conductancia.

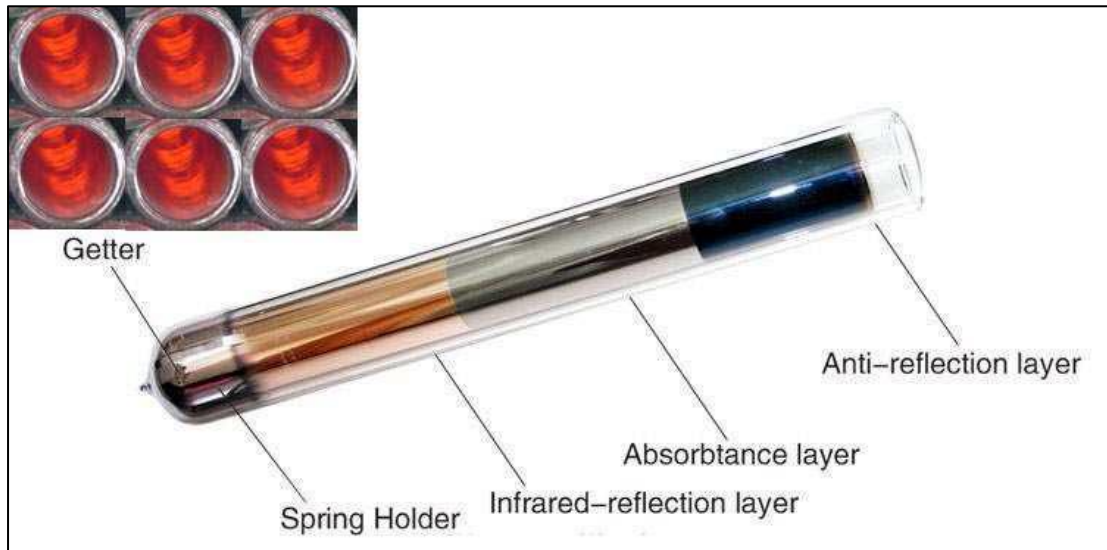


Figura 13. Tubos de vacío.

Fuente: Full Mecánica, 2014

### 2.2.8. MECÁNICA EN LOS COLECTORES

En este tipo de colector solar, utilizando tubos de cobre y con aletas para su mejor absorción de la radiación solar. “Se utiliza el concepto del efecto invernadero capturando la mayor cantidad de radiación y del calor atrapado, es el vidrio quien evita que haya perdidas por convección” (Espinoza Paredes, 2015, p. 31).

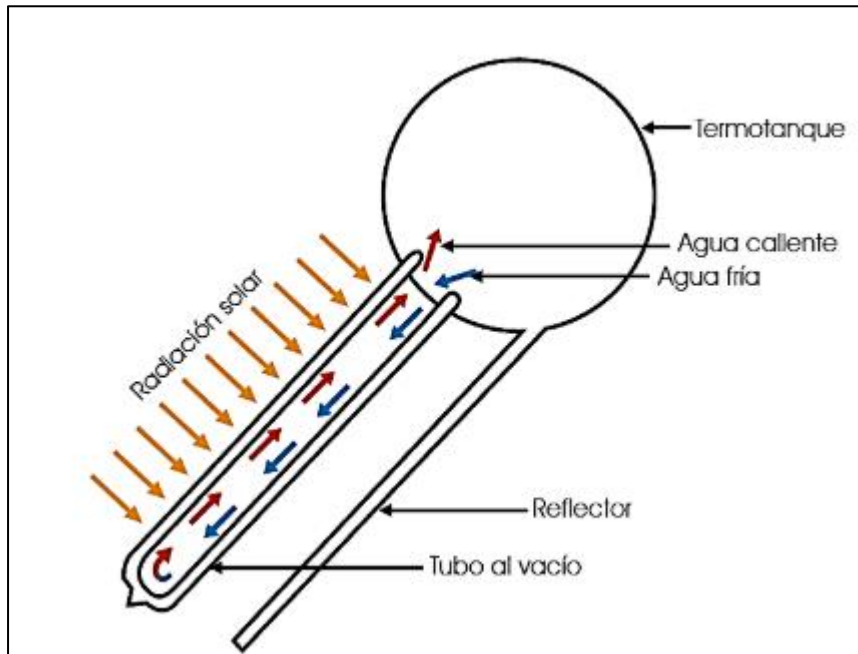


Figura 14. Mecanismo de los colectores

Fuente: Chipugsi Calero, 2014.

En la Figura 14 se visualiza la incidencia de la radiación solar sobre el colector la que mayor parte es rayo solar visible y como la tapa es de vidrio deja pasar ciertas longitudes de ondas la cual impacta a la superficie del colector y esta se convierte en energía calorífica y esta energía calorífica es transferida al tubo de cobre que a la vez es transferida al fluido y este fluido que se representa de color azul cambia a color rojo gracias a que absorbió energía calorífica. “Cuando el agua es calentada su propiedad de densidad se modifica, aumentando su volumen se consigue que se eleve a una

distancia mayor a la de menor temperatura y de esta forma se encuentra en un ciclo de calentamiento” (Fernández, 2015). En la mecánica de calentamiento para 4 componentes básico, colector, sustancia de trabajo y el tanque donde se almacena el agua y un contenedor.

### 2.2.8.1. EL COLECTOR

El colector también conocido como placa plana. “Es el primer elemento que tiene contacto con la radiación solar externa es por eso que también le llaman captador solar o panel termo solar y es el responsable de contener los tubos de cobre para transmisión del agua caliente” (Chipugsi Calero, 2014, p. 20; Energía Solar, 2019, p. 1).



Figura 15. Colector solar

Fuente: Chipugsi Calero, 2014

En la Figura 15 se puede notar que el colector comprende en todo el sistema interno tanto los tubos de cobre, aislante, caja hermética y el cristal para que deje pasar los rayos solares y evite las pérdidas por convección.

#### **2.2.8.2. EL CONTENEDOR**

El contenedor se encarga de almacenar el agua y es al mismo tiempo donde sucede intercambios de calor. “Posteriormente de que el colector a transferido el calor al agua este líquido es almacenado en un tanque aislado para evitar las pérdidas por conducción además el tanque tiene que soportar las presiones variantes con respecto al cambio de densidad” (Sanchez, 2012, p. 12). En la Figura 16 se observa que la entrada del agua calentada está por arriba de la salida del agua y a la vez el ingreso del agua fría del tanque está en la parte inferior y el agua que se ha de utilizar se encuentra arriba, este tipo de funcionamiento es básico para realizar la selección de un contenedor.

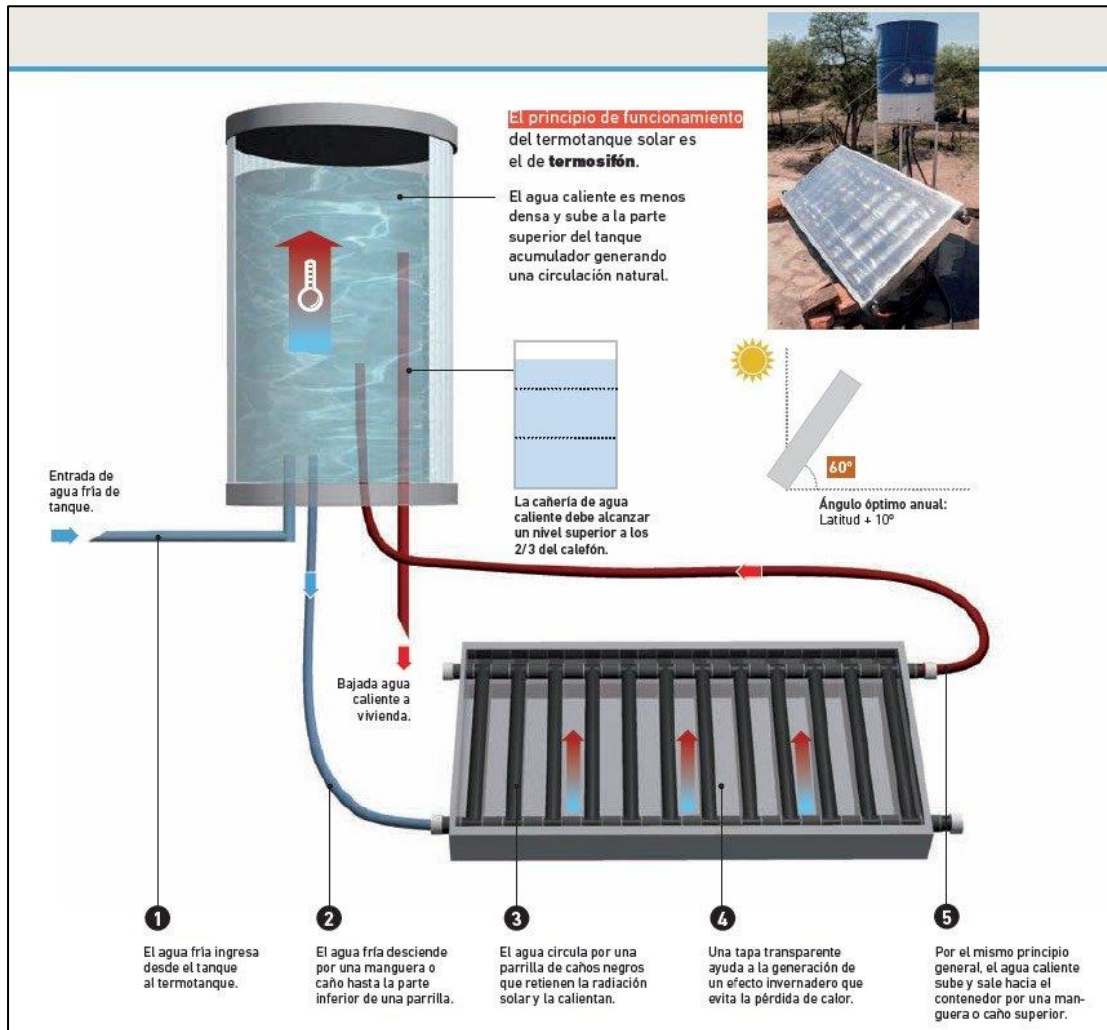


Figura 16. El contenedor

Fuente: EcoInventos, 2019.

### 2.2.9. ELECCIÓN DEL TIPO DE COLECTOR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA

Para realizar una buena elección del tipo de colector que se ha de seleccionar se debe tener en consideración el costo, de mantenimiento, del tipo de eficiencia y el área de trabajo para el termosifón de tipo plano.

**Tabla 1**

*Selección del colector*

Colectores planos	Características
Macizo para termosifón.	Son los más económicos y requiere poco mantenimiento.
Tubos de vacío, tipo U.	son los más eficientes, son frágiles y su mantenimiento es complicado.
Macizo para el termosifón usando tubos de vacío.	Son eficientes y mediamente caras, el manteniendo es constante.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 1 se puede apreciar que para una familia de 4 integrantes es conveniente usar un termosifón macizo, puesto que se requiere poco mantenimiento.

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

**Absorbente.** – Característica que tiene un cuerpo para retener una sustancia.

**Absorción.** – Acción de retener alguna sustancia, así como los rayos solares.

**Aletas.** – Son extensiones de un cuerpo como son para los tubos de cobre.

**Caja hermética.** – Es un envase cerrado que evita la pérdida de calor que está internamente.

**Circuito de cañerías.** – Tiene forma de parrilla hueco internamente para que fluya el agua y esta pueda ganar calor.

**Colector solar.** – Conocido también como captador solar, la cual recoge la radiación solar para aumentar la temperatura al agua.

**Conductividad térmica.** – Mide la capacidad térmica que puede conducir de un cuerpo a otro cuerpo siendo esta una propiedad física.

**Contaminación.** – Es la introducción de un cuerpo o sustancia en un medio provocando cambios nocivos.

**Convección natural.** – Es un movimiento del calor mediante un fluido generado por el mismo ambiente natural.

**Efecto fotoeléctrico.** - Consiste en la emisión de electrones por un material al incidir sobre él una radiación electromagnética.

**Eficacia.** – Consiste en un grado de alcanzar el cumplimiento de las metas.

**Fluido.** – Es un tipo de medio continuo por alguna sustancia entre las partículas existe una atracción débil.

**Frágil.** – Es la capacidad de fracturarse sin volver a su estado anterior.

**Geometría.** – Es la propiedad de las medidas que tiene un cuerpo.

**Mantenimiento.** - Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

**Maquinado.** - El mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material.

**Plásticos.** - Material sintético, obtenido por polimerización del carbono, que puede ser moldeado mediante presión o calor.

**PVC.** - El policloruro de vinilo (PVC)  $(C_2H_3Cl)_n$  es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo. Es el derivado del plástico más versátil.

**Radiación difusa.** – Es cuando la radiación solar que alcanza la superficie de la atmósfera de la Tierra se dispersa de su dirección.

**Radiación solar.** – Es la suma de emisiones solares electromagnéticas disparadas del sol a la tierra.

**Recurso renovable.** – Es un recurso que existe en la naturaleza que se puede restaurar mediante procesos naturales a una rapidez superior al consumo de la humanidad.

**Reflexión.** – Es el cambio del curso de su dirección de la onda electromagnética del sol cuando ingresa al contacto con la superficie de cisma entre dos medios.

**Sistema electrónico de seguimiento.** – Es una configuración electrónica donde la cual controla al objeto para que varíe su movimiento.

**Soldadura.** – Es un proceso de adherencia para realizar la unión o más de piezas de un material.

**Soldadura blanda.** – Es una secuencia de la que tiene como objetivo unir piezas mediante un material de aportación para fijarlos.

**Tanque.** – Es un contenedor de forma cilíndrica y que se usa para guardar o preservar agua generalmente y aislarlos.

**Termosifón.** – Es un mecanismo que permite calentar agua en un circuito cerrado, destinado generalmente para la calefacción de la habitación de una casa.

**Transferencia de calor.** – Es un proceso de propagación del calor a distintos medios.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es no experimental, puesto que no se modificó la variable independiente de forma ideal, lo que se quiere es dar a conocer las anormalidades tal como se dan en su entorno.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.2.1. POBLACIÓN**

La ciudadanía tacneña

##### **3.2.2. MUESTRA**

El área de energías renovables.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables independiente y dependiente*

Variable	Dimensión	Indicador
Variable independiente:	Construcción	Visual
Construcción y mantenimiento de una terma solar.	Mantenimiento	Cronológico
Variable dependiente:		
Producir agua caliente sanitaria.	Termodinámico	Temperatura

---

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Análisis documentarios.

Revistas científicas.

### **3.5. PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS**

No aplica

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. COLECTOR

Para comenzar con la construcción para el colector del termosifón se realizó como la Figura 17 que es necesaria para una familia de 4 personas. La parte del colector es la que tiene una geometría paralelepípeda.

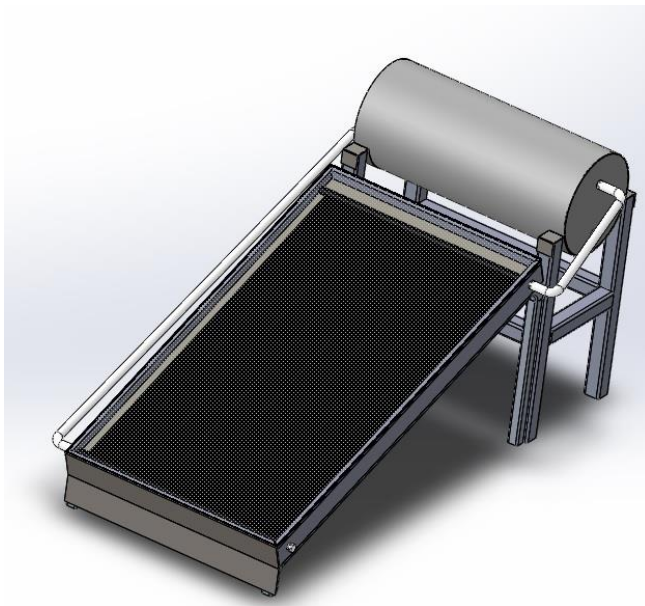


Figura 17. Colector unifamiliar

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. TUBOS DE COBRE

##### Tubo horizontal

Para realizar el circuito de los tubos de cobre, fue necesario realizar los cortes respectivos puesto que se utilizaron 2 tubos de cobre de 1 pulgada de diámetro y 0,86 metros de largo como se muestra en la Figura 18 y en la Figura 19, se puede observar que tiene agujeros simétricamente distribuidos en espacios de 0,1 m o 100 milímetros la separación del roscado y el agujero en un extremo es de 130 mm.

El tubo de cobre de la parte superior e inferior tiene 7 orificios, los cuales son para que se unan los tubos verticales.

La separación entre agujeros es:

$$Sa = \frac{Dt - 2xDl}{6} \quad [ 5]$$

$$Sa = 100 \text{ mm} \quad [ 6]$$

Donde:

Sa: Separación entre agujeros

Dt: Distancia de la longitud total.

Dl: Distancia de la longitud de un extremo al agujero más cercano.

El volumen que ocupó el tubo fue el siguiente:

$$Vt = \pi x r^2 x ht \quad [ 7 ]$$

$$Vt = \pi x 28,58^2 x 860 \quad [ 8 ]$$

$$Vt = \pi x 28,58^2 x 860 \quad [ 9 ]$$

$$Vt = 0,002m^3 \quad [ 10 ]$$

Donde:

Vt: Volumen que toma el tubo horizontal.

r: Radio interno del tubo horizontal.

ht: Altura o largo del tubo horizontal.

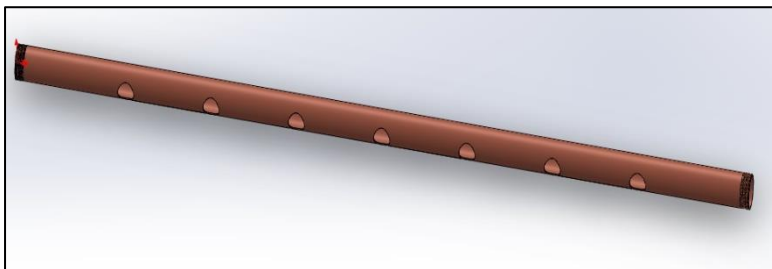


Figura 18. Tubo de cobre superior e inferior

Fuente: Elaboración propia.

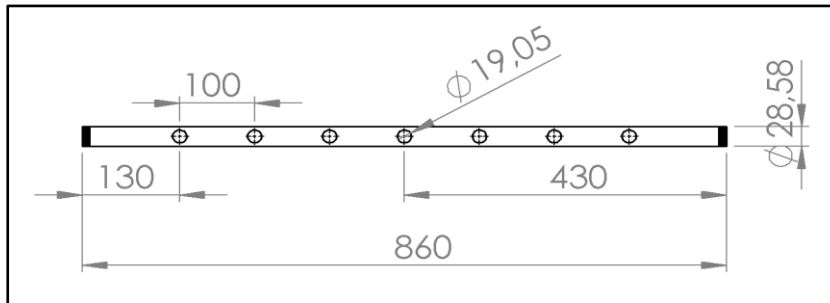


Figura 19. Medida del tubo de cobre superior e inferior

Fuente Elaboración propia.

### Tubo vertical

Los tubos de cobre verticales son 7 y estas se unieron a los tubos horizontales, se muestra que en las extremidades de estos tubos tienen cortes, estos cortes van acorde a la superficie de los agujeros, en la vista de la Figura 21 se puede notar una forma circular, lo cual luego se explicará al respecto, luego de ese corte se tiene una medida de 1,34 m aproximadamente de distancia y el diámetro exterior de 16,05 mm y interior de 16,92 mm.



Figura 20. Tubo de cobre vertical

Fuente Elaboración propia.

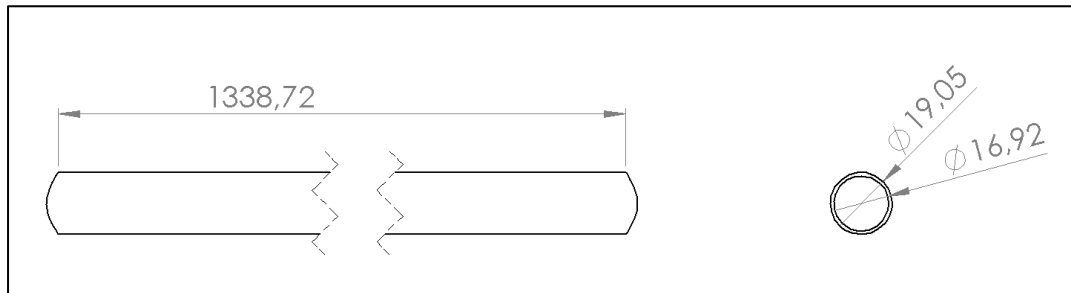


Figura 21. Medida del tubo de cobre superior e inferior

Fuente Elaboración propia.

#### 4.1.2.1. CORTES DE TUBOS HORIZONTALES

Para la geometría del tubo horizontal, en sus agujeros se ve la siguiente medida en la Figura 22 y la Figura 23 se ve la forma posterior al maquinado de taladro.

Al efectuar el maquinado es recomendable colocar una madera en el interior de tubo de 1 pulgada para evitar dañar la superficie del otro extremo.

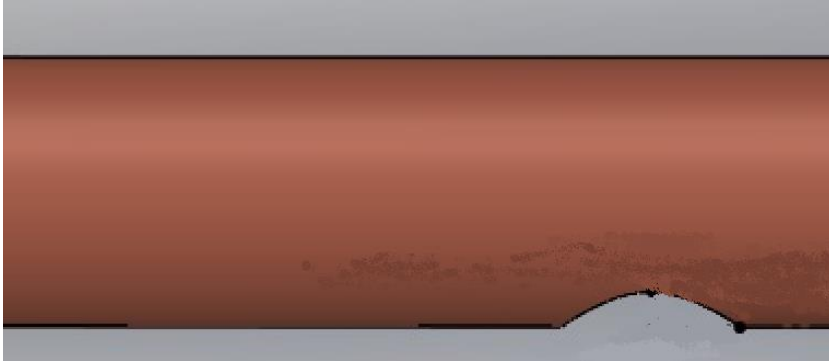


Figura 22. Geometría del tubo horizontal

Fuente: Elaboración propia.

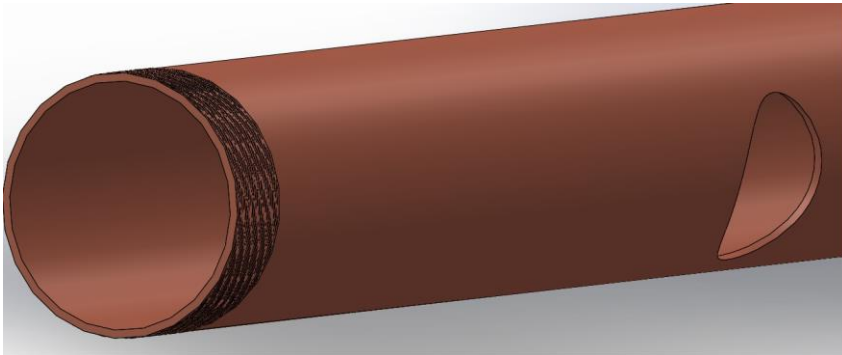


Figura 23. Forma del agujero del tubo horizontal

Fuente: Elaboración propia.

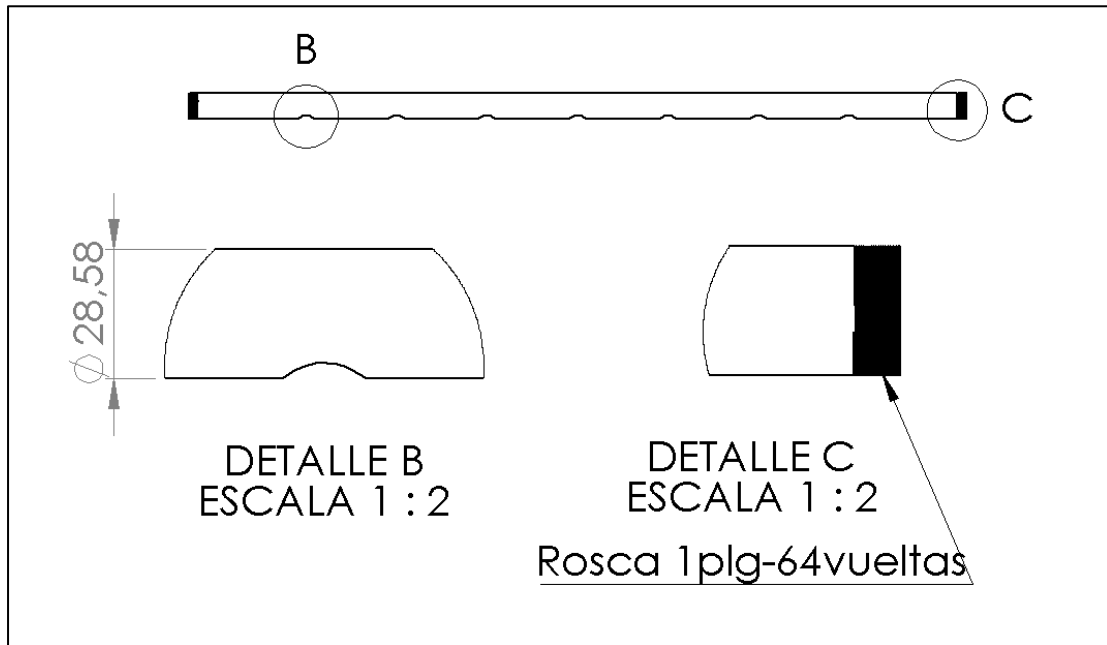


Figura 24. Medidas de la geometría del tubo horizontal

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.2. CORTES DE TUBO VERTICALES

Para el tubo vertical se realizó corte como se muestra en la Figura 25 y Figura 26 se puede observar la medida y el acabado que debe tener en los dos extremos de los tubos de cobre para el colector que se ubicó de forma vertical.

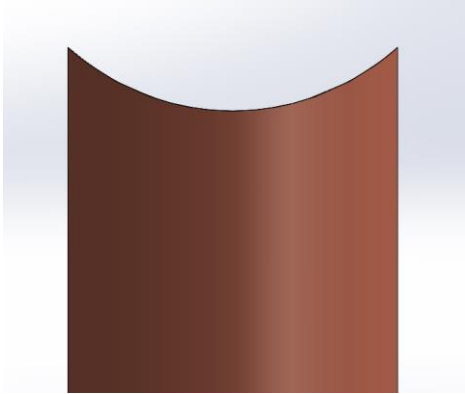


Figura 25. Corte del tubo vertical vista frontal

Fuente: Elaboración propia.

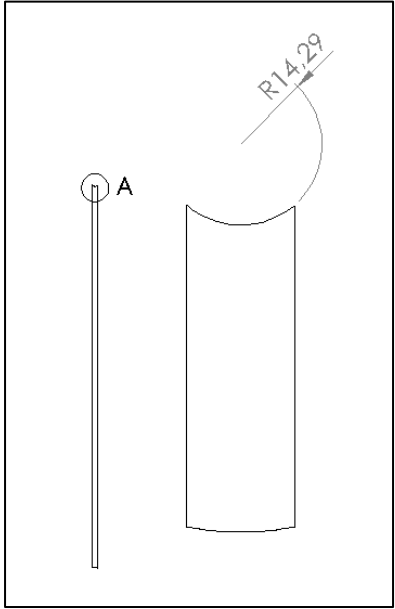


Figura 26. Dimensión del corte del tubo vertical

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.3. UNIÓN DE LOS TUBOS HORIZONTALES Y VERTICALES

Para que el armado del circuito del colector en los tubos de cobre que están en forma paralela, se encuentran unidas por medio de soldadura de cobre por todo el contorno y de forma continua, la cuales se muestran en la Figura 27 y Figura 28. Se recomienda que después de realizar la soldadura ejecutar una prueba con el agua para verificar que no haya fugas y en caso de haber, taparlos con soldadura blanda.

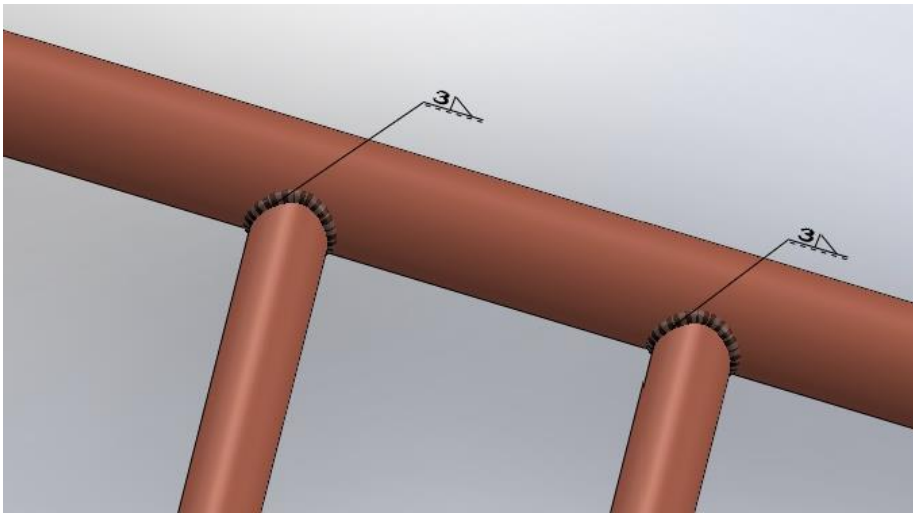


Figura 27. Unión por soldadura de los tubos verticales y horizontales

Fuente: Elaboración propia.

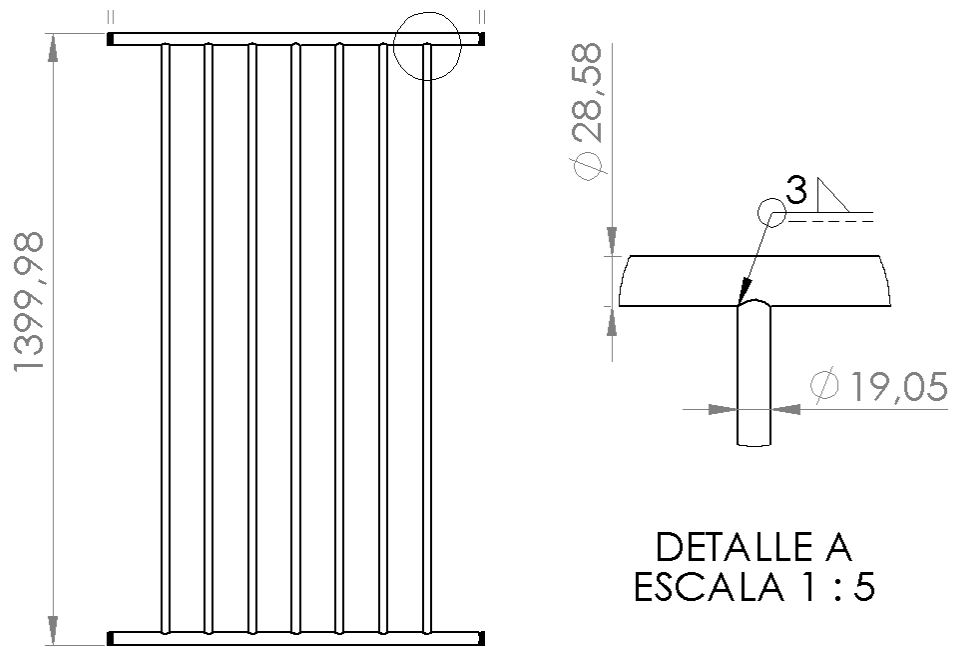


Figura 28. Dimensiones de las uniones en los tubos verticales y horizontales

Fuentes: Elaboración propia.

#### 4.1.3. PLACA ABSORBEDORA

La placa absorbedora tiene la función de retener la radiación solar y transformarla en energía calorífica. En la Figura 29 se puede observar la placa pintada con color mate negro, la cual es la mejor pintura para absorber la radiación solar. Esta placa comprende las aletas del circuito de tubos de cobre.



Figura 29. Placa absorbadora

Fuente Elaboración propia.

#### **4.1.3.1. ALETAS**

Las aletas son parte esencial para capturar la radiación solar están hechas de placas de cobre de 1 mm de grosor que están unidas por medio de soldadura por todos sus contornos de los tubos de cobre como se muestran en la Figura 30, Figura 31 y Figura 32.

En la Figura 30 se muestra empalmada una aleta entre los tubos de cobre.

En la Figura 31 se muestra el conjunto de aletas empalmadas en los tubos de cobre.

En la Figura 32 se muestra el conjunto de aletas empalmadas mediante soldadura.

En la Figura 33 se puede observar las dimensiones que tiene todo el conjunto de cobre, las medidas están referenciadas en milímetros.

El área total de las aletas fue:

$$A_{ale} = L_{ale} \times A_{ale} \times 6 \quad [ 11 ]$$

$$A_{ale} = 0,08 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 6 \quad [ 12 ]$$

$$A_{ale} = 0,624 \quad [ 13 ]$$

Donde:

$A_{ale}$ : Área total de las aletas.

$L_{ale}$ : Longitud de la aleta.

$A_{ale}$ : Ancho de la aleta.

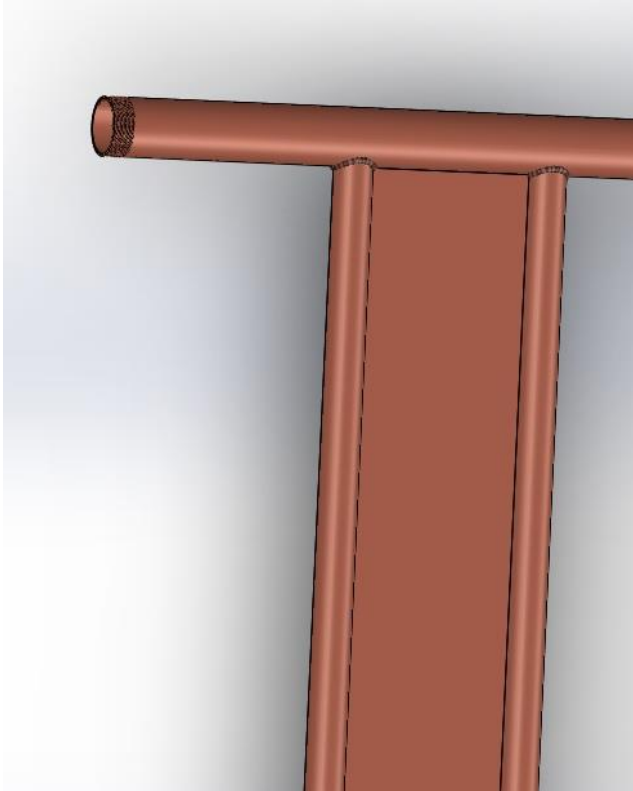


Figura 30. Aleta de cobre

Fuente: Elaboración propia.

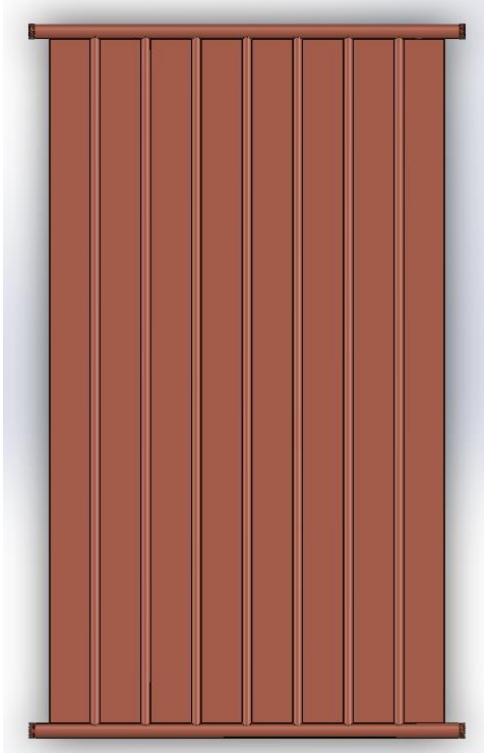


Figura 31. Conjunto de aletas de cobre

Fuente: Elaboración propia.

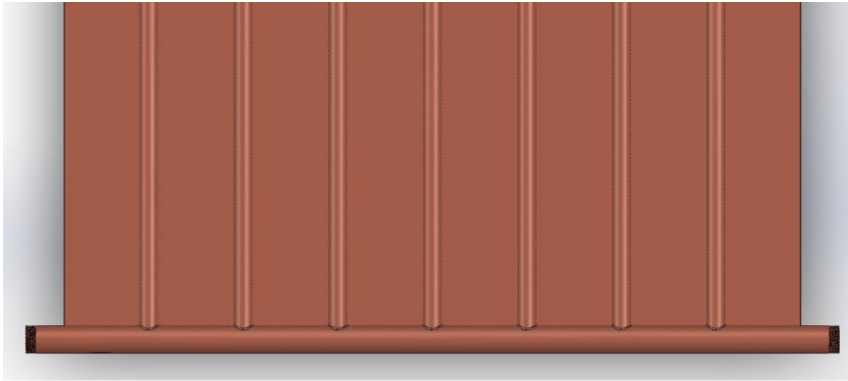


Figura 32. Conjunto de aletas soldadas

Fuente: Elaboración propia.

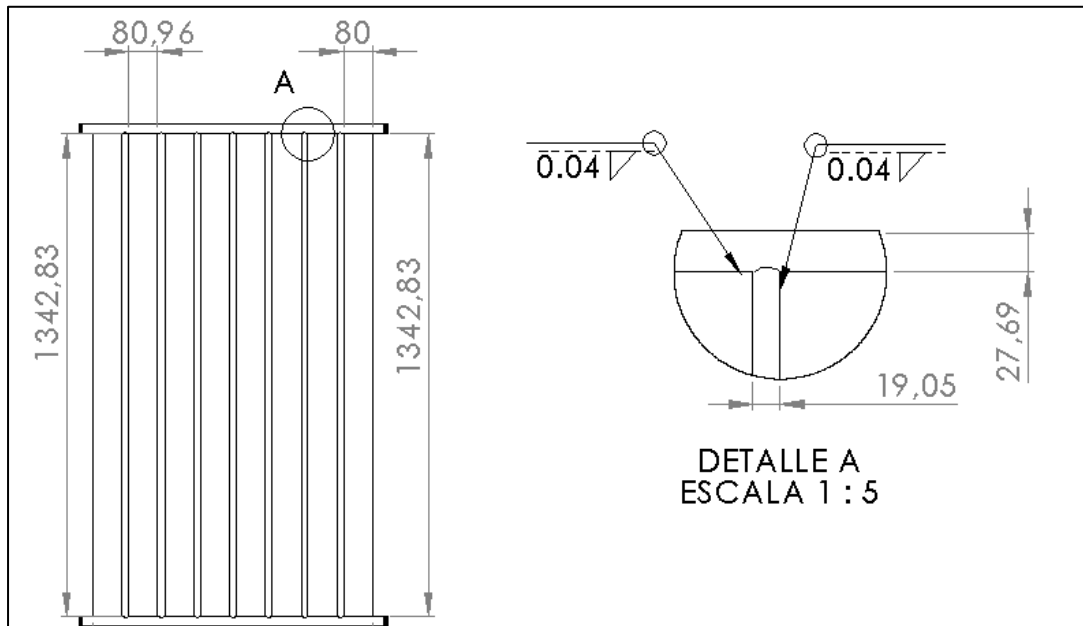


Figura 33. Dimensiones del conjunto de aletas soldadas.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3.2. AISLANTES

Para reducir las pérdidas por conducción se utilizó los plásticos reciclados, los cuales evitarán que el calor generado por el efecto invernadero se pierda por conducción además esta resiste altas temperaturas. El aislante deberá estar en todas las superficies internas del contenedor.

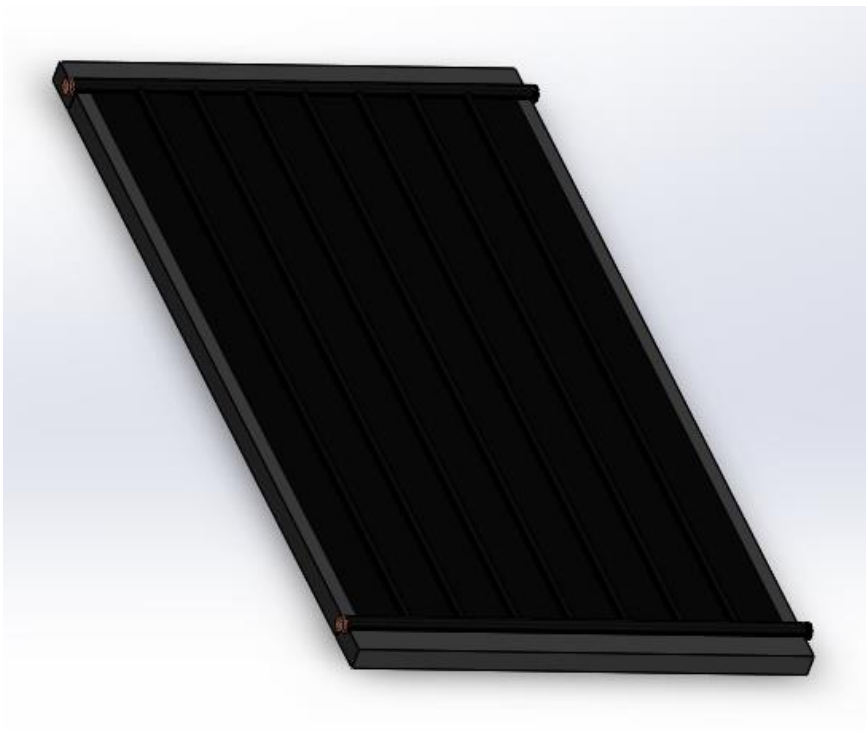


Figura 34. Plásticos reciclados y placa absorbedora

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3.3. CONTENEDOR

El contenedor es el conjunto que separa el colector con el ambiente exterior en la Figura 35 se puede observar la geometría del contenedor. Las dimensiones se puede observar en la Figura 36, en donde se ve el radio de doblado es 0,74 mm hacia abajo y otras dimensiones. El grosor de la plancha es de 3 mm de acero galvanizado. Todas las dimensiones están en milímetros.

El volumen del contenedor es:

$$V_c = L_c \times A_c \times h_c \quad [ 14]$$

$$V_c = 1,5 \text{ m} \times 0,83 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \quad [ 15]$$

$$V_c = 0,12 \text{ m}^3 \quad [ 16]$$

Donde:

$V_c$ : Volumen del contenedor.

$L_c$ : Largo del contenedor.

$A_c$ : Ancho del contenedor.

$h_c$ : alto del contenedor.

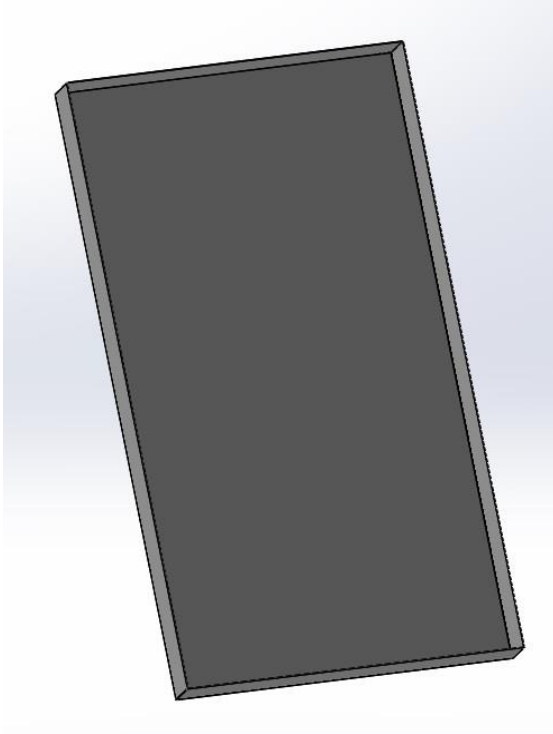


Figura 35. Contenedor del colector

Fuente: Elaboración propia

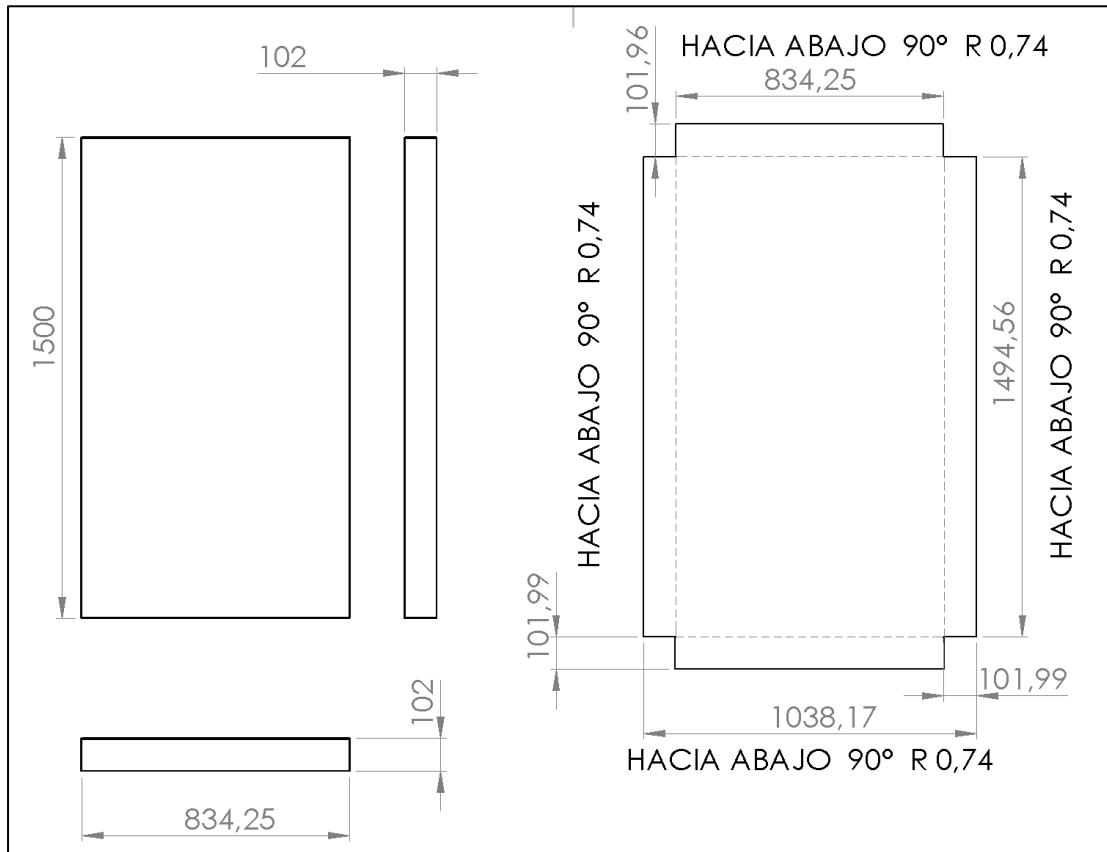


Figura 36. Dimensiones del contenedor

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. EL VIDRIO

El vidrio evitará que el calor interno escape por medio de convección natural, el vidrio tiene un espesor de 5 mm y el área de 1,5 m x 0,84 m, En la Figura 37 se muestra el vidrio, el cual estará encuadrado sobre el sujetador de sección L y estará unida por

medio de un fijador resistente a altas temperaturas. El vidrio es transparente dejando pasar la radiación solar, pero estará sellado para evitar la pérdida por convección natural.

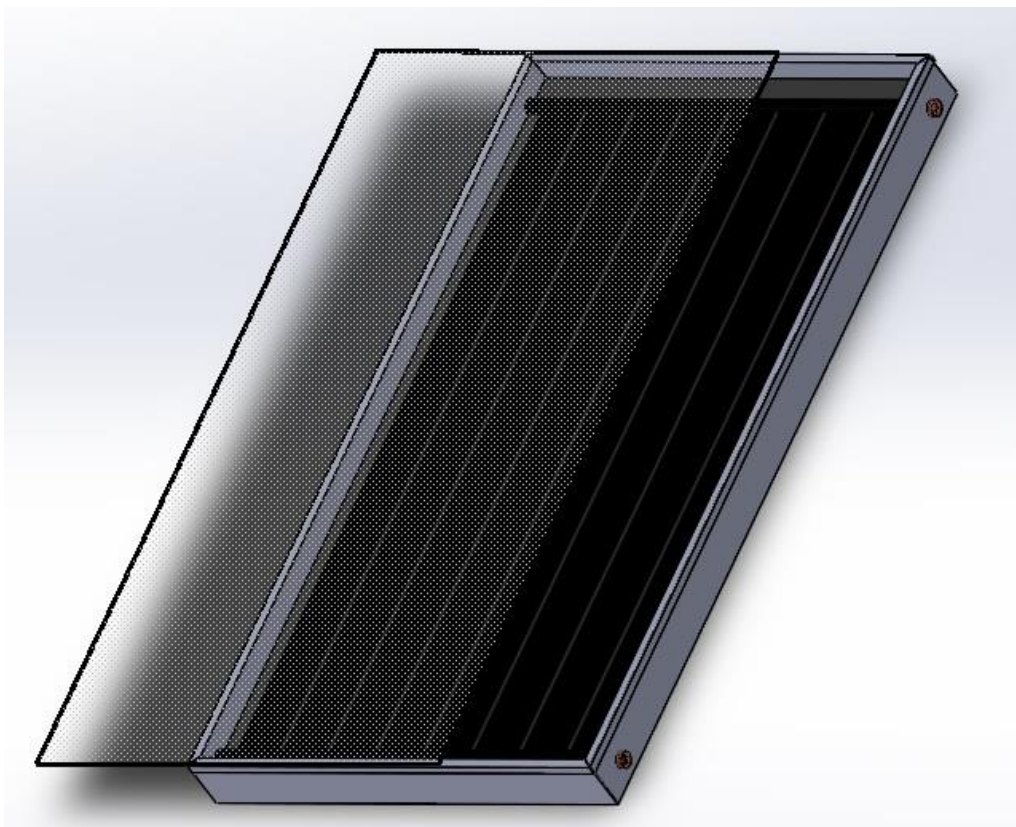


Figura 37. Vidrio para el colector

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5. TUBERÍAS AISLADAS

La Figura 38, Figura 39, Figura 40 y Figura 41 están relacionadas con el sistema de tuberías de conexión entre el tanque de agua y el colector, estas tuberías son de PVC rígido, los cuales serán aislados con plásticos reciclados sobre toda la superficie de los tubos de PVC.

La Figura 42, Figura 43 muestra el tapón para el colector, puesto que se puede intercambiar la posición de las tuberías por la más adecuada. Tiene 1 pulgada de diámetro nominal y 64 vueltas.

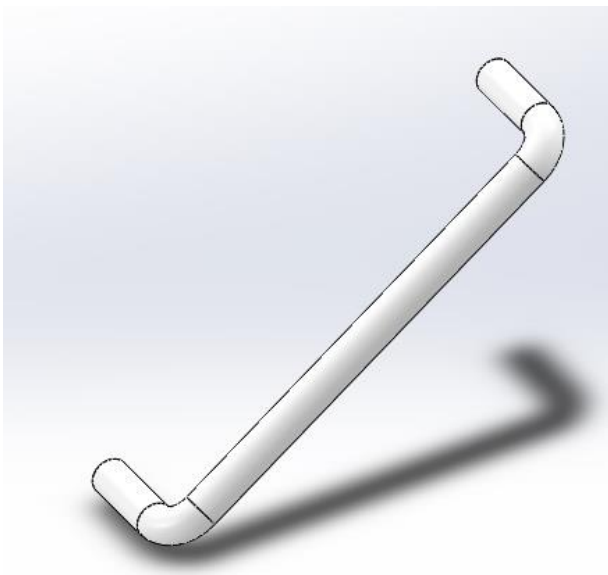


Figura 38. Tubo de conexión mediano

Fuente: Elaboración propia.

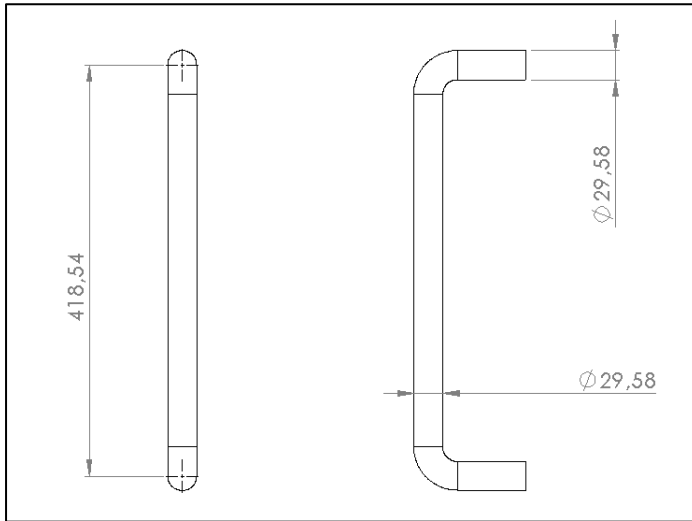


Figura 39. Medida del tubo de conexión mediano

Fuente: Elaboración propia.

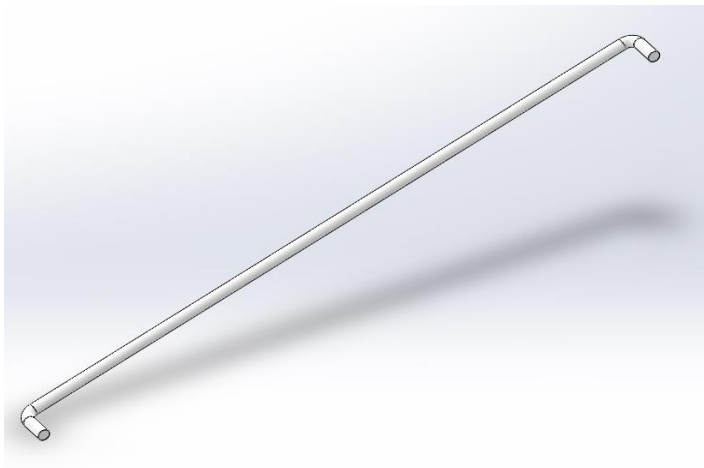


Figura 40. Tubo de conexión largo

Fuente: Elaboración propia.

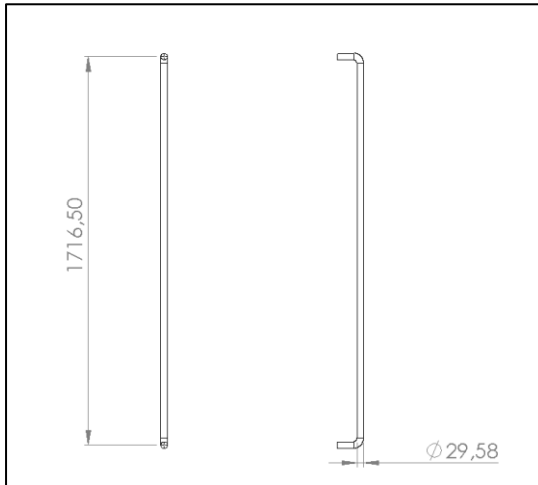


Figura 41. Medida del tubo de conexión largo

Fuente: Elaboración propia.

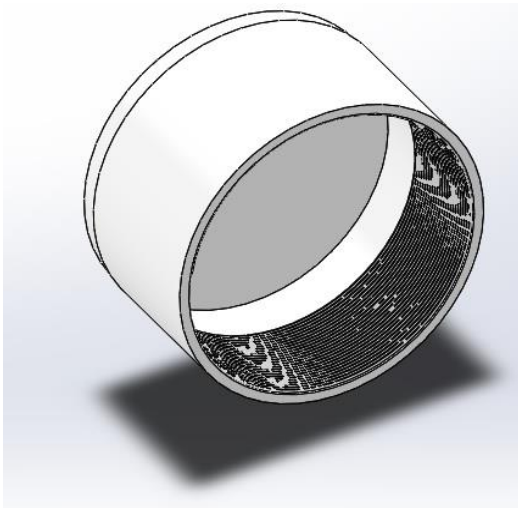


Figura 42. Tapón de las conexiones

Fuente: Elaboración propia.

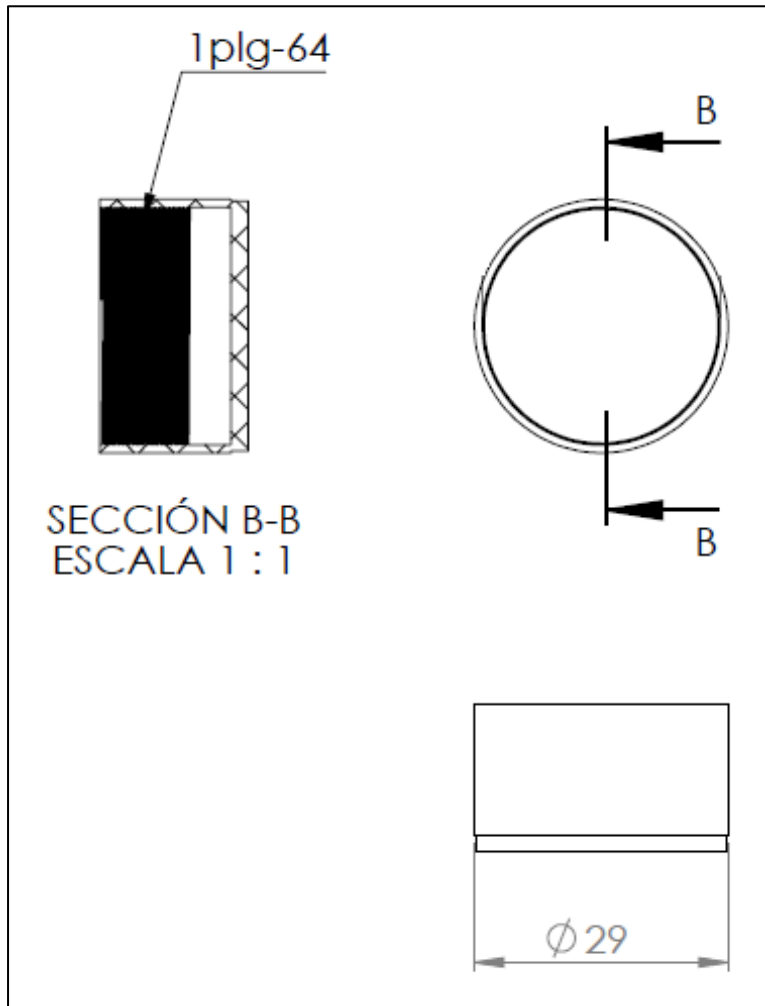


Figura 43. Medidas del tapón de conexiones

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6. TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El tanque de almacenamiento es un contenedor de agua calentada por el colector, para luego ser utilizada por el usuario.

El tanque de almacenamiento puede contener hasta 200 litro o 0,2 m<sup>3</sup>. Contiene 4 orificios de los cuales 2 son para entrada y salida del agua fría y 2 para la entrada y salida del agua caliente.

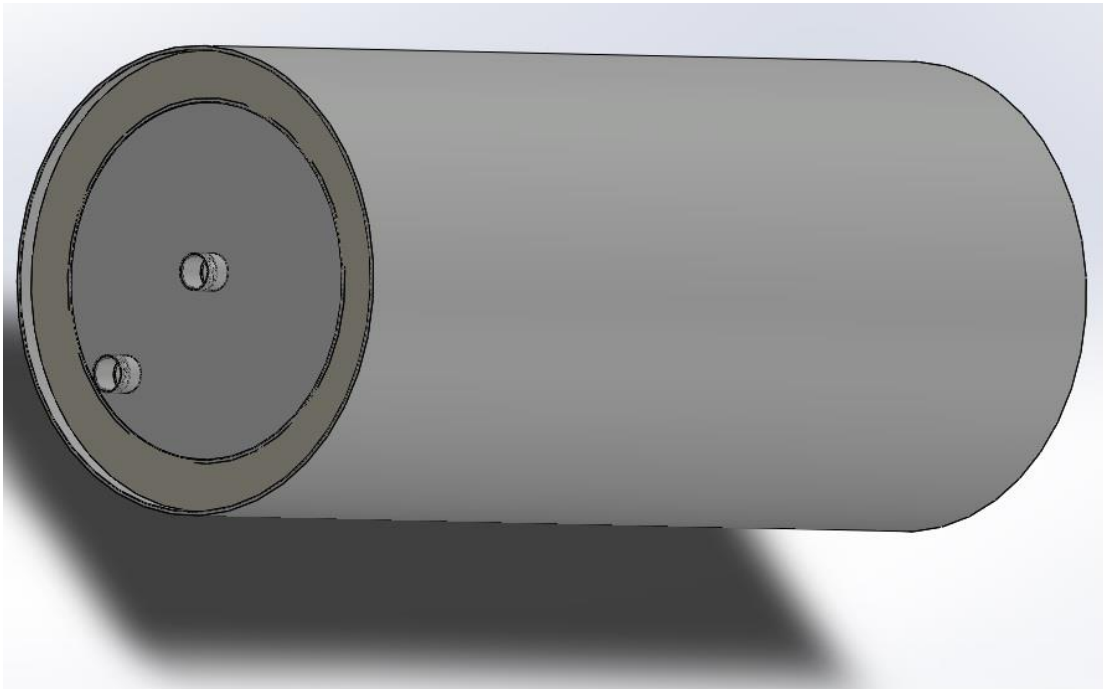


Figura 44. Tanque de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia.

El tanque está compuesto de un tanque interior, tubo de ingreso y egreso, aislante y tanque exterior

El volumen del tanque exterior es:

$$V_{tex} = \pi \times r_{tex}^2 \times h_{tex} \quad [ 17]$$

$$V_{tex} = \pi \times (0,30 \text{ m})^2 \times 0,84 \text{ m} \quad [ 18]$$

$$V_{tex} = 0,24 \text{ m}^2 \quad [ 19]$$

Donde:

$V_{tex}$ : Volumen del tanque exterior.

$r_{tex}$ : Radio del tanque exterior.

$h_{tex}$ : Altura del tanque exterior.

#### **4.1.6.1. TANQUE INTERIOR**

El tanque interior está compuesto de un cilindro hueco y sus tapas, las tapas estan taladradas con un diámetro 28,58 mm para luego insertar un tubo de la misma medida y una rosca de 1 pulgada-64 vueltas en 4 lugares específicos que se muestra en la Figura 48, distribuidas para una cara de salida del agua caliente para que el usuario lo pueda utilizar y la otra parte que tiene contacto con el colector mediante una cañería.

En la Figura 45 y Figura 46 se puede observar que la geometría y sus dimensiones están en orden milimétrico, el acero a utilizar es el galvanizado con un espesor de 3 mm.

El volumen del tanque interior es:

$$V_{tex} = \pi \times r_{tin}^2 \times h_{tin} \quad [ 20]$$

$$V_{tex} = \pi \times (0,274 \text{ m})^2 \times 0,81 \text{ m} \quad [ 21]$$

$$V_{tex} = 0,2 \text{ m}^3 \quad [ 22]$$

Donde:

$V_{tex}$ : Volumen del tanque interior.

$r_{tex}$ : Radio del tanque interior.

$h_{tex}$ : Altura del tanque interior.

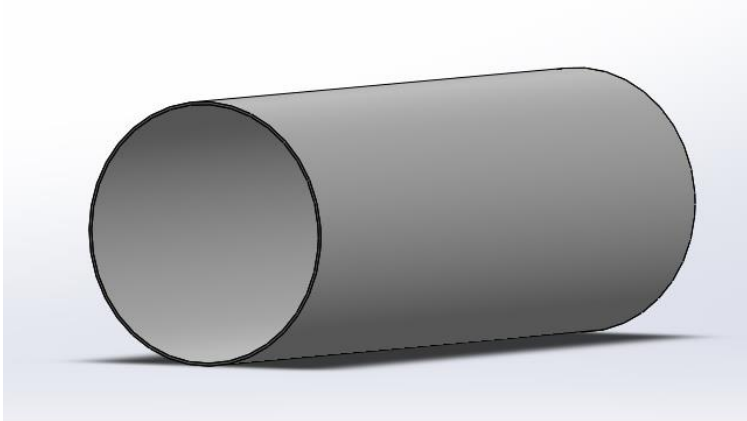


Figura 45. Tanque de almacenamiento interior

Fuente: Elaboración propia.

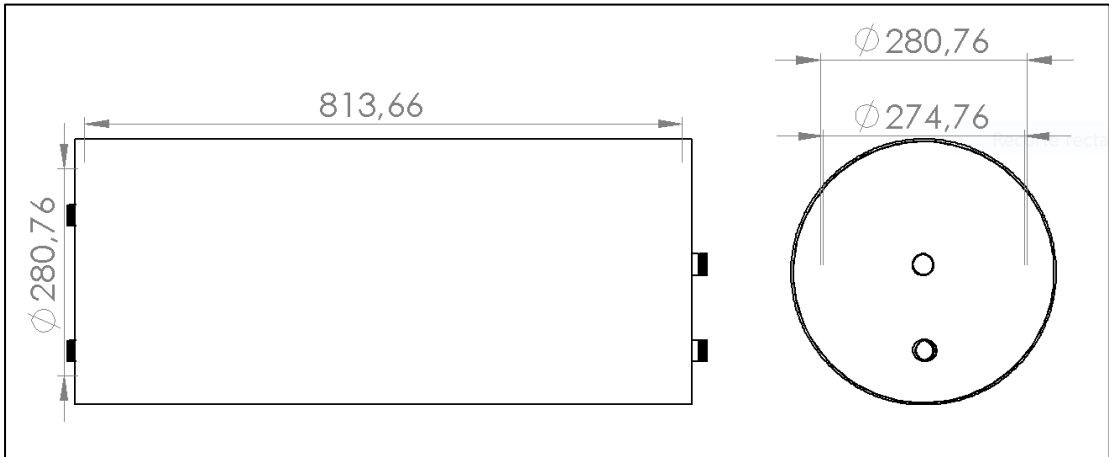


Figura 46. Medidas del tanque de almacenamiento interior

Fuente: Elaboración propia.

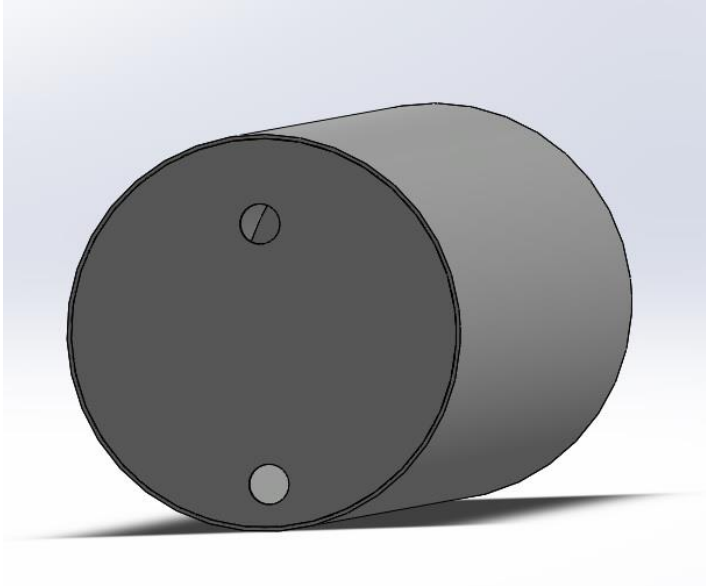


Figura 47. Tanque de almacenamiento interior con tapa

Fuente: Elaboración propia.

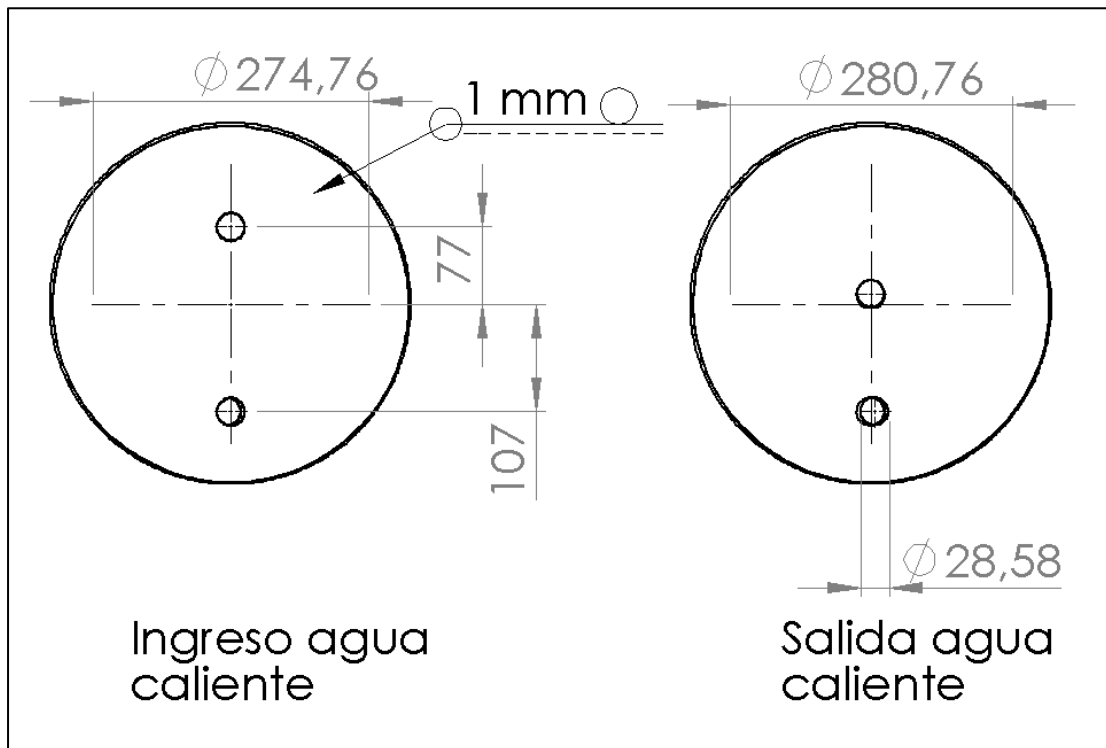


Figura 48. Medidas de las tapas para el tanque interior

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6.2. AISLANTE PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Pieza importante para evitar pérdidas, fugas de calor mediante conducción. Para esto se utilizará plásticos reciclados, el cual se encontrará entre los cilindros interior y exterior como se muestra en la Figura 49 y sus medidas en la Figura 50.

Volumen del aislante.

$$V_{tais} = \pi \times (r_{tex}^2 - r_{int}^2) \times h_t \quad [ 23]$$

$$V_{tais} = \pi \times (0,354^2 - 0,274^2) \times 0,81 \text{ m} \quad [ 24]$$

$$V_{tais} = 0,127 \text{ m}^3 \quad [ 25]$$

$$V_{taex} = \pi \times r_{taex}^2 \times h_{taex} \quad [ 26]$$

$$V_{taex} = \pi \times (0,34 \text{ m})^2 \times 0,01 \text{ m} \quad [ 27]$$

$$V_{taex} = 0,0036 \text{ m}^3 \quad [ 28]$$

$$V_{ais \text{ total}} = V_{tais} + V_{taex} \quad [ 29]$$

$$V_{ais \text{ total}} = 0,1306 \text{ m}^3 \quad [ 30]$$

Donde:

$V_{tais}$ : Volumen del tanque en aislante.

$r_{tex}$ : Radio del tanque exterior.

$r_{tin}$ : Radio del tanque interior

$h_{tex}$ : Altura del tanque interior.

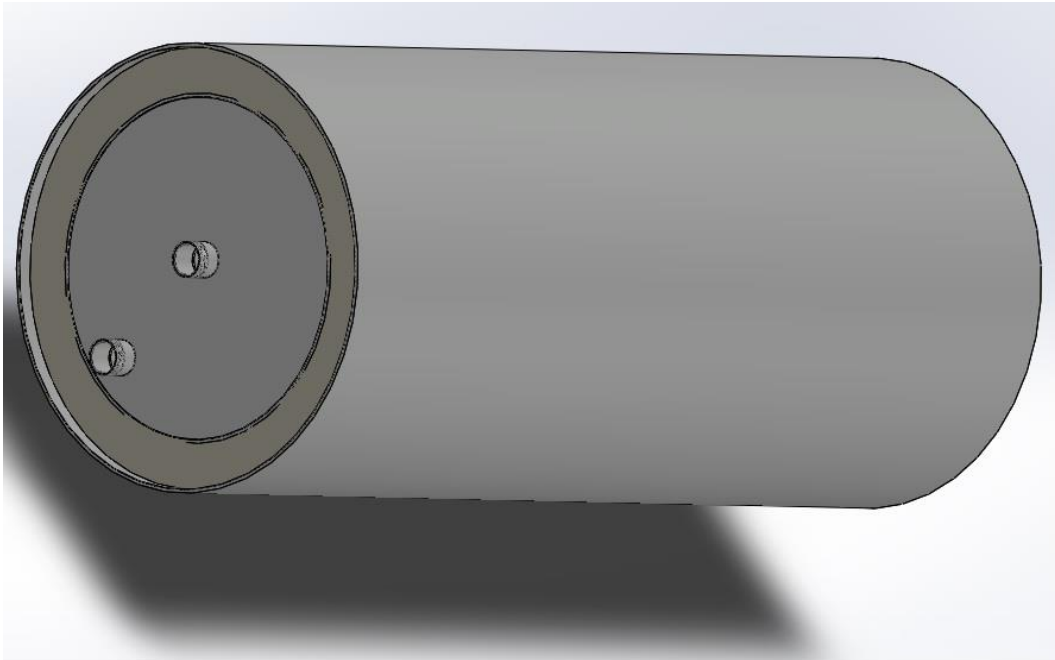


Figura 49. Aislante del tanque de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia.

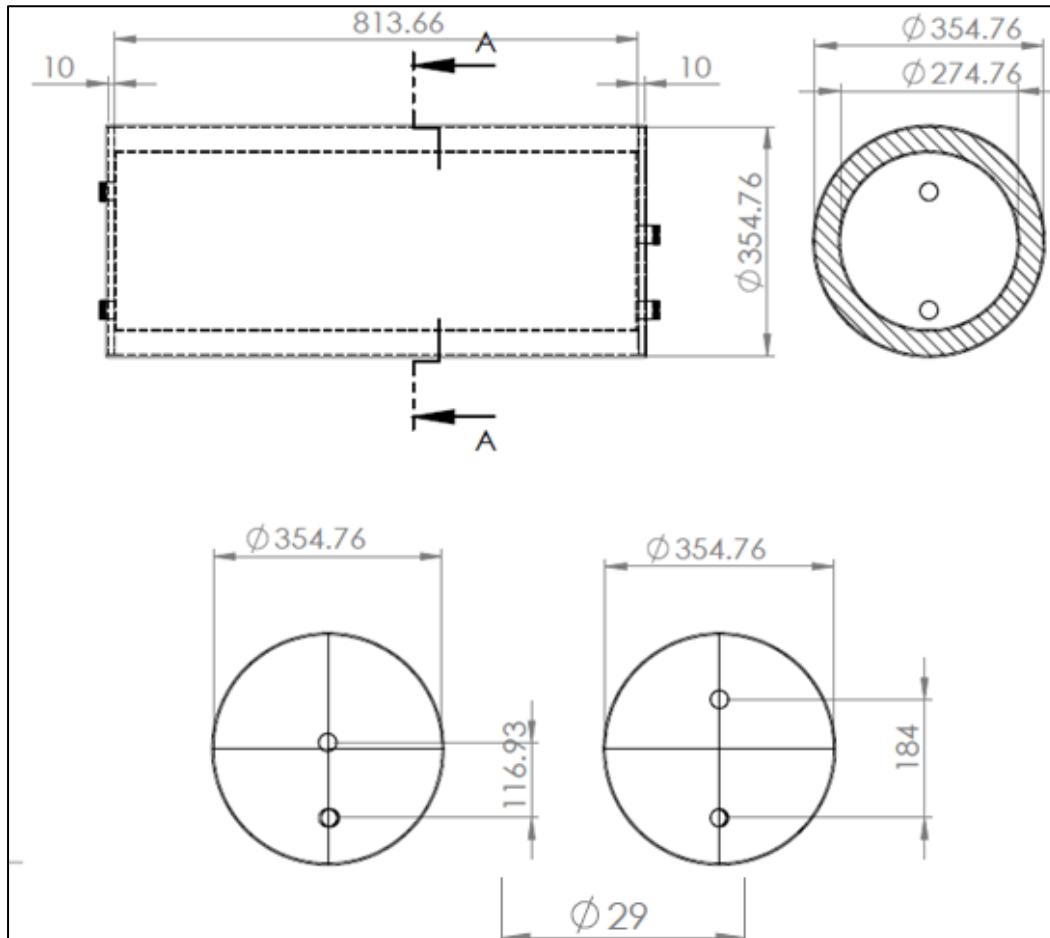


Figura 50. Medidas del aislante del tanque de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6.3. TANQUE EXTERIOR

Para complementar el contenedor del agua es necesario la construcción del tanque exterior, en el cual se usará el acero galvanizado de 3 mm de espesor, esta pieza

contendrá al líquido en el interior, al tanque interior, al aislante. Para unir la tapa al tanque interior se usará soldadura y posteriormente un sellador para evitar cualquier fuga de calor por medio de convección sea forzado o natural.

En la Figura 51 y Figura 52 se muestra la geometría y las medidas que están en milímetros.

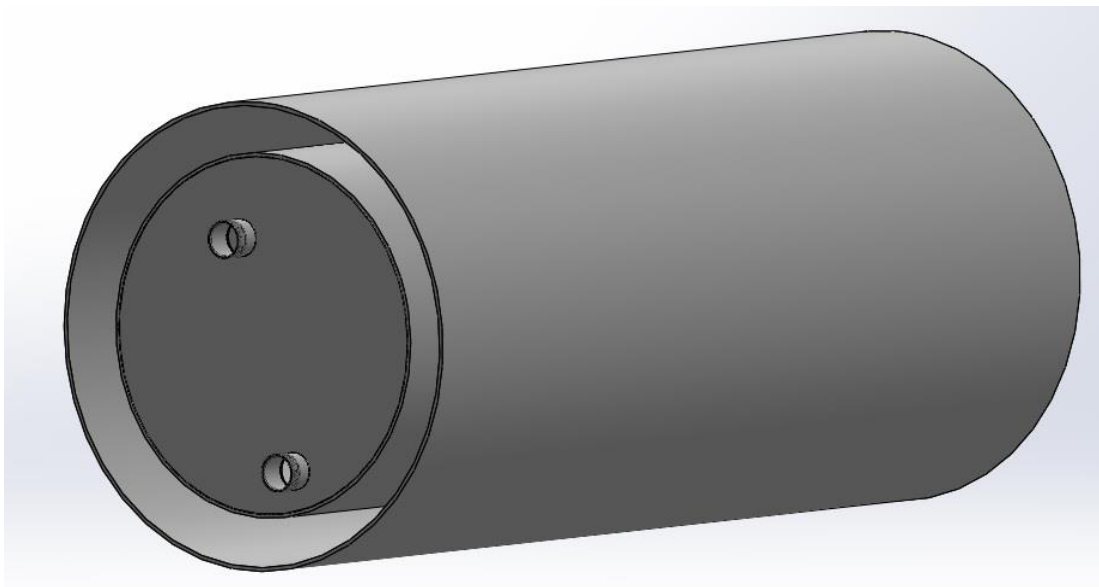


Figura 51. Tanque exterior

Fuente: Elaboración propia.

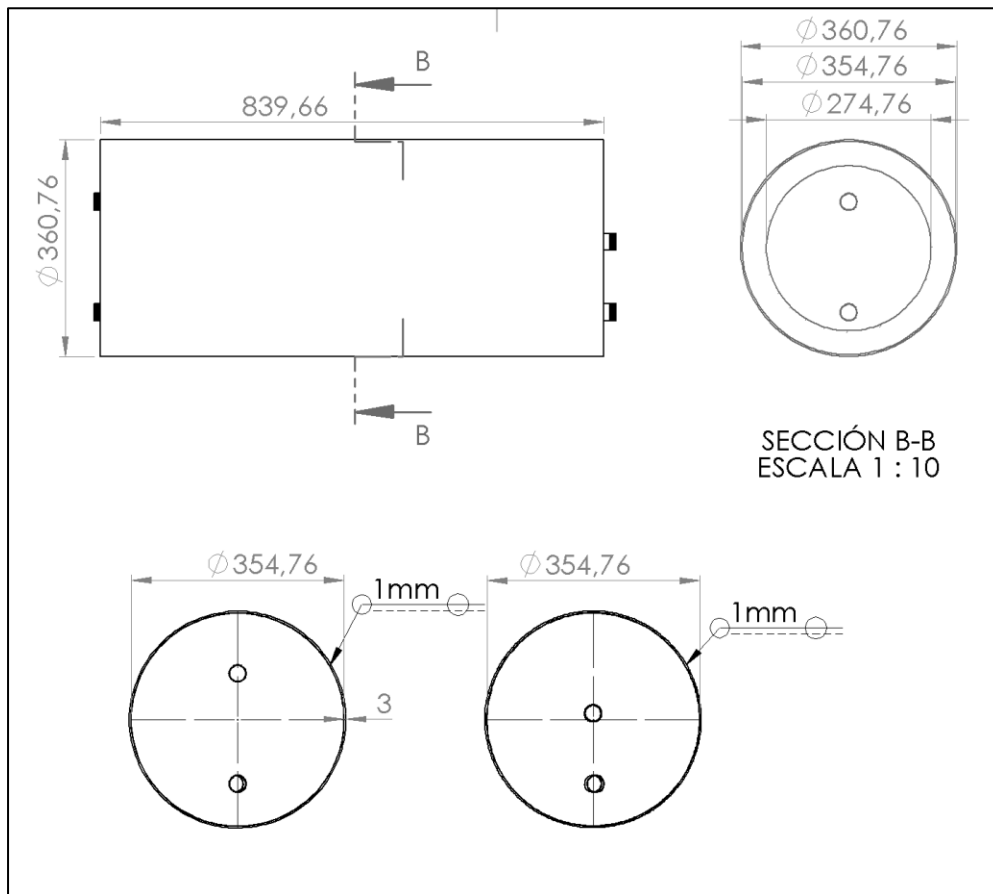


Figura 52. Medidas del tanque exterior

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.7. ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA EL COLECTOR

La estructura donde se encontrará anclada el colector está hecha de aluminio con un perfil cuadrado 40 mm x 40 mm y un espesor de 3,20 mm. Este soporte tiene una

inclinación de  $20^\circ$  las patas más largas están unidas con el soporte del tanque por medio de pernos.

En la Figura 53 y Figura 54 se muestra la estructura para el colector que además está compuesta de un soporte de retención para que no se deslice hacia abajo por acción de la aceleración de la gravedad. Este soporte estará unida a la pata más corta por medio de pernos.

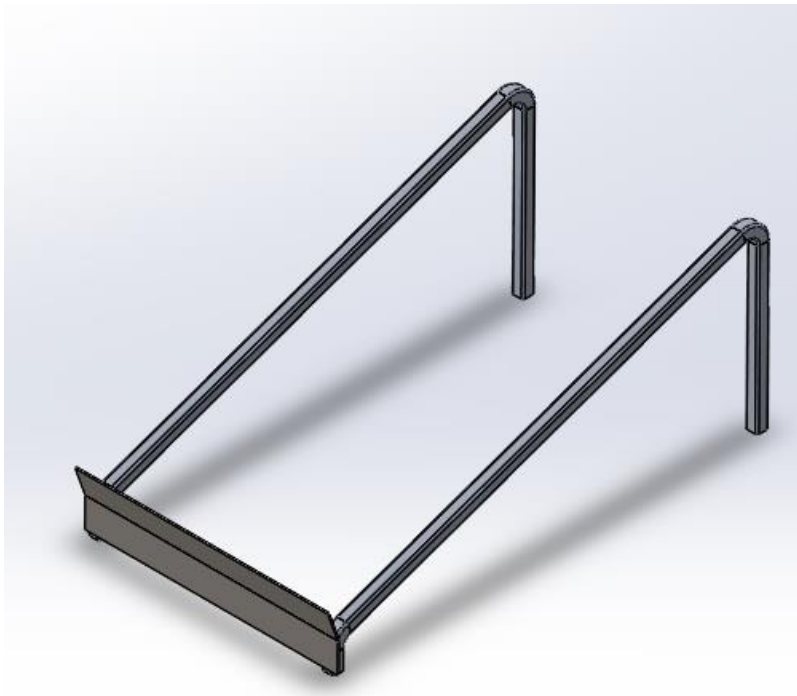


Figura 53. Soporte estructural para el colector

Fuente: Elaboración propia.

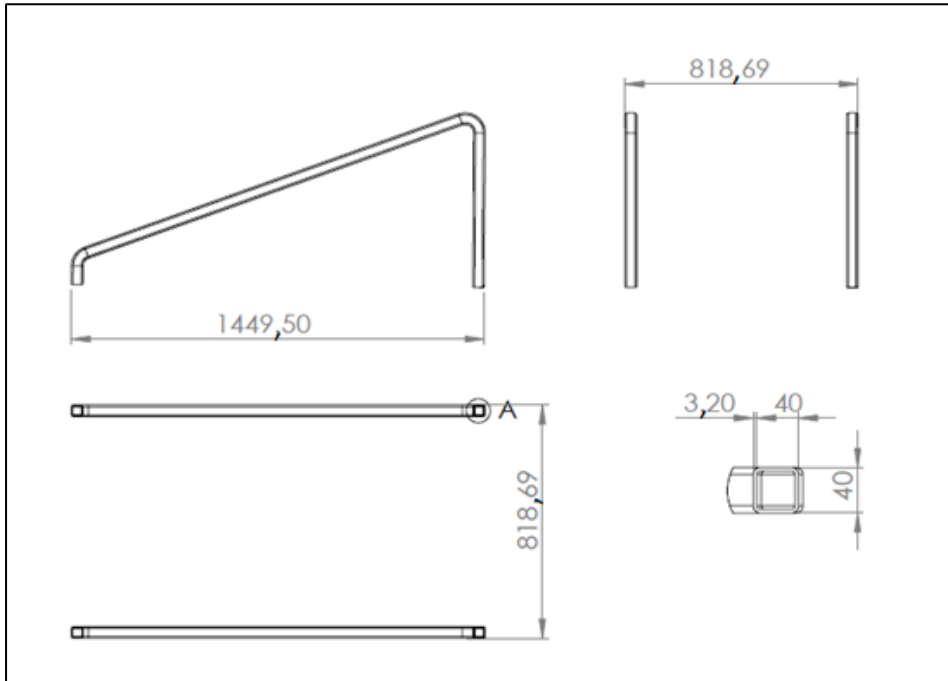


Figura 54. Dimensiones del soporte estructural de perfil cuadrado para el colector

Fuente: Elaboración propia.

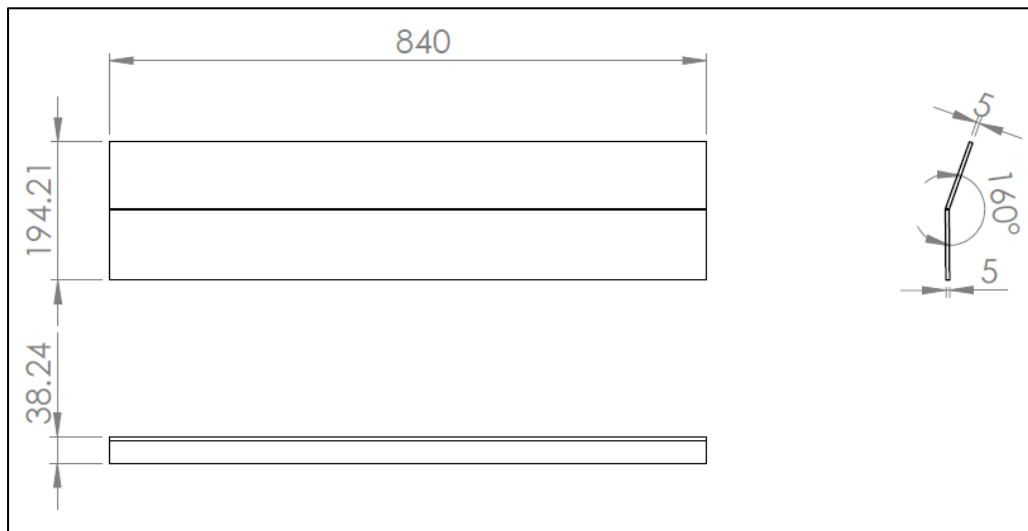


Figura 55. Dimensiones del soporte estructural para el colector

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.8. SOPORTE ESTRUCTURAL PARA EL TANQUE

El soporte para el tanque de agua está compuesto de una estructura de aluminio de 60 mm x 60 mm y 4 mm de espesor tal como se muestra en la Figura 56 y Figura 57. La cinta metálica tiene un espesor de 3 mm teniendo dimensiones y geometría como se muestra en la Figura 58, el cual estará sujeto mediante pernos sobre las patas de la estructura, además estará fija al tanque mediante un sellador para evitar cualquier movimiento accidental.

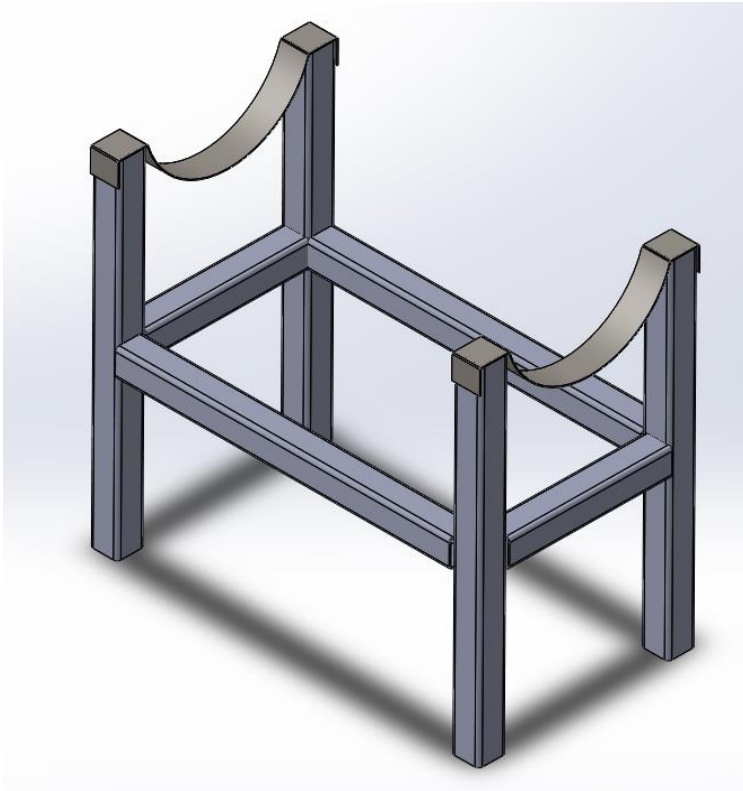


Figura 56. Soporte estructural para el tanque de agua

Fuente: Elaboración propia.

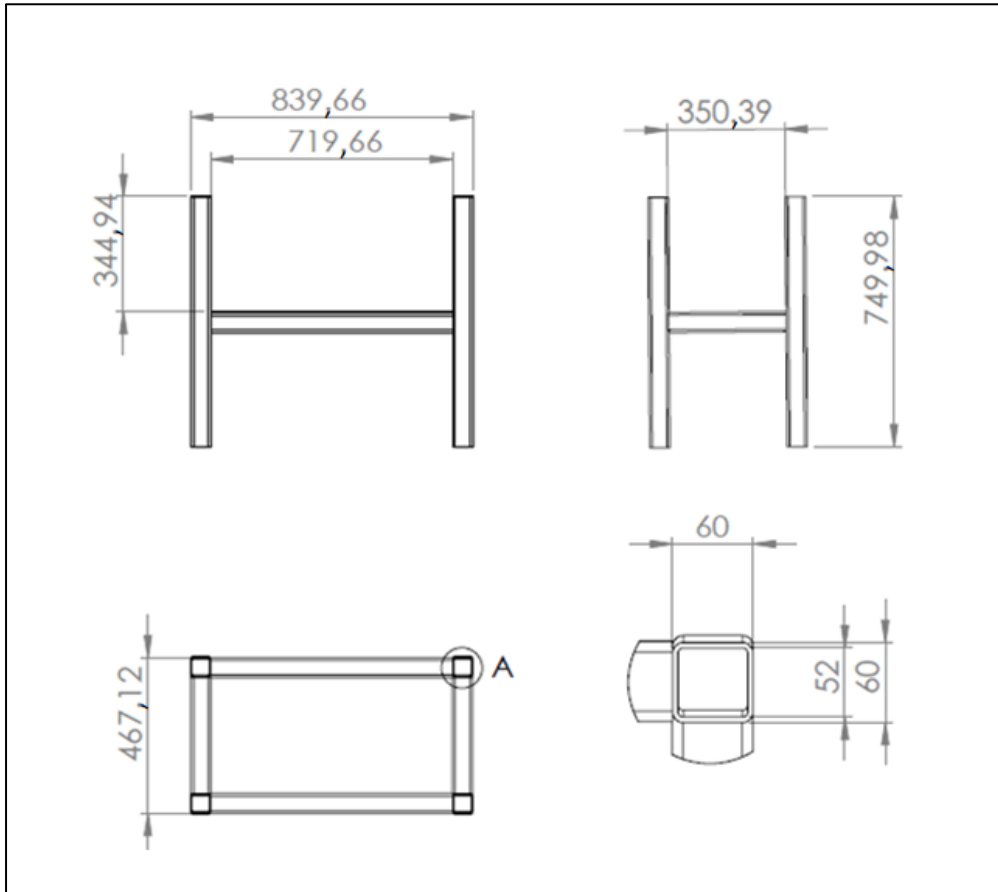


Figura 57. Dimensiones del soporte estructural del tanque

Fuente: Elaboración propia.

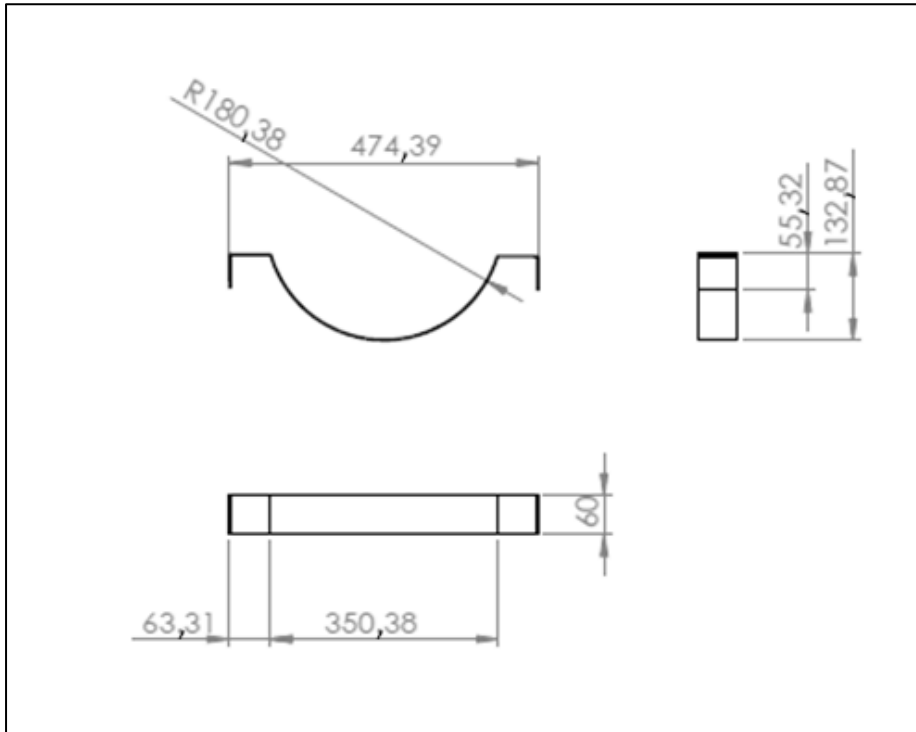


Figura 58. Dimensiones del soporte para el tanque del agua

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.9. MANTENIMIENTO

Se debe tener cuidado con la superficie del vidrio ya que este material se caracteriza por ser muy frágil. Al mismo tiempo, tenerlo limpio puesto que el polvo impide el paso de la radiación solar.

Con respecto a las tuberías, realizar una limpieza trimestralmente, puesto que las impurezas del agua potable se llegan a acumular en la parta baja, obstruyendo de esta manera el paso del agua.

Verificar el estado de los pernos anualmente si se encuentran corroídos y en caso que lo estén realizar el cambio de estos.

Verificar trimestralmente que no haya filtración en los tubos de cobre, en caso los haya aplicar el sellador.

Verificar el estado de la pintura, si está perdiendo sus propiedades aplicar una nueva capa de pintura mate negro.

#### **4.1.10. COSTOS DEL PROYECTO**

**Tabla 3**

*Costos realizados para la construcción del termosifón*

N.º de elemento	Pieza	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Sujetado tanque vertical	Tubo cuadrado de 3 m de largo y 60x60 cm de perfil cuadrado Aluminio	2	S/.80,00	S/.160,00

2	Sujetador cilindro	del	Cinta de metálica	2	S/.15,00	S/.30,00
3	Estructura colector	para	Tubo cuadrado de 3 m de largo y 40x40cm de perfil cuadrado Aluminio	2	S/.60,00	S/.120,00
4	Sujetador frontal		Plancha de acero	1	S/.20,00	S/.20,00
5	Plástico reciclado		Plástico molido	2	S/.30,00	S/.60,00
6	Plástico reciclado 01		Plástico molido	1	S/.70,00	S/.70,00
7	Circuito de tubos de cobre y aletas soldado negro		10m de tubo de 3/4 plg + 3 m de 1plg + planchas de cobre de 1000x80x1m m	1	S/.1000,00	S/.1000,00
8	Contenedor del colector		Plancha de acero galvanizado 1700 x 1038 mm	1	S/.45,00	S/.45,00
9	Volante perfil 1346	L	Soporte de unión del contenedor y el vidrio 1,346 m	2	S/.25,00	S/.50,00
10	Volante perfil 800	L	Soporte de unión del contenedor y el vidrio 0,8 m	2	S/.22,00	S/.44,00
11	Vidrio		Vidrio de 1,5 x 0,84 x 0,005 m	1	S/.250,00	S/.250,00

12	Tanque de agua	Lamina interna para 200 l	1	S/.15,00	S/.15,00
13	Tapa tanque entrada agua caliente	Superficie Circular soldada para el tanque interno	u	S/.15,00	S/.15,00
14	Tanque externo	Lamina externa para 200 l	1	S/.25,00	S/.25,00
15	Acople tanque	Unión roscado del tanque interno	4	S/.5,00	S/.20,00
16	Tapa tanque externo entrada agua caliente	Superficie circular soldada para el tanque externo	1	S/.20,00	S/.20,00
17	Tapa tanque externo salida agua caliente	Superficie circular soldada para el tanque externo.	1	S/.20,00	S/.20,00
18	Tapa tanque salida agua caliente	Superficie circular soldada para el tanque interno	1	S/.15,00	S/.15,00
19	Tapa tanque entrada agua caliente poliuretano	Plástico reciclado	1	S/.5,00	S/.5,00
20	Plástico reciclado	Plástico reciclado.	1	S/.13,00	S/.13,00
21	Tapa tanque salida agua caliente Plástico reciclado	Plástico reciclado	1	S/.5,00	S/.5,00

22	Tubo chico	Tubo PVC estándar 1 plg.	1	S/.5,00	S/.5,00
23	Tubo largo	Tubo PVC estándar 1 plg.	1	S/.15,00	S/.15,00
24	Tapón	Bloqueo para el agua y apertura opcional.	2	S/.3,00	S/.6,00
25	Tanque sujetador horizontal	Tubo cuadrado de 30 cm de largo y 60x60 cm de perfil cuadrado Aluminio.	2	S/.10,00	S/.20,00
26	Tanque sujetador horizontal largo	Tubo cuadrado de 20 cm de largo y 60x60 cm de perfil cuadrado de aluminio.	2	S/.8,00	S/.16,00
				Total	S/.2 064,00

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. DISCUSIÓN

Con respecto al antecedente internacional 1:

Se realizó la construcción detallada de un termosifón utilizando materiales plásticos para el sistema aislador, encontrando similitudes entre ambos trabajos además son complementarios puesto que el presente trabajo está orientado a un ámbito ambiental consiguiendo un tanque de almacenamiento de 200 litros a diferencia del otro trabajo con 150 litros de agua.

Con respecto al antecedente internacional 2:

Para este antecedente no se encuentran muchas similitudes respecto a esta tesis, puesto que los investigadores realizan el análisis para un colector de forma parabólica y el presente trabajo es de placa plana construida para un fácil mantenimiento.

Con respecto al antecedente nacional 1:

Este antecedente no tiene similitud con el presente trabajo puesto que lo que deseamos es reducir la contaminación dando confort a los habitantes de la región Tacna, además el mecanismo de conseguir el agua caliente es distinto al del termosifón.

## CONCLUSIONES

Se logró realizar la construcción de una terma solar por termosifón para producir agua caliente sanitaria utilizando materiales plásticos en Tacna, de los cuales requiere una inclinación de  $20^{\circ}$  con respecto a la superficie tomando en cuenta el recorrido del sol.

Se obtuvo la construcción del colector del termosifón, conformado en su interior por plástico reciclado, el cual cumple la función de aislante y siendo el colector herméticamente cerrado mediante selladores y el vidrio, captando la radiación solar mediante una pintura negro mate y esta transfiriéndose al agua a través de las cañerías y aletas de cobre.

La construcción de la estructura de soporte para el colector está construida mediante un perfil cuadrático de 40 cm x 40 cm y un grosor de 3,20 cm, además se encuentran distanciadas en 0,82 m.

Se construyó el tanque de almacenamiento de geometría cilíndrica con un radio de 0,36 m y un largo de 0,84 m, la cual en su interior tiene un aislante de materiales plásticos reciclados a la vez un tanque de 200 litros de capacidad.

Se construyó el soporte para el tanque de almacenamiento siendo su perfil cuadrático de 60 cm x 60 cm, con un grosor de 4 cm, tiene una altura de 0,85 m.

Se utilizó materiales plásticos para ser utilizados como aislantes de conducción térmica, los cuales son reciclados y a la vez reduce la contaminación ambiental.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda que el termosifón se encuentre en un lugar seguro de cualquier tipo de proyectil que pudiera quebrar el vidrio.

Se recomienda utilizar selladores que soporte altas temperaturas, puesto que en verano puede alcanzar temperaturas elevadas a 120° Celsius, en el colector.

El termosifón tiene un tiempo de vida de 15 años, luego de ese periodo revisar si hay grietas ocasionadas por la corrosión e impurezas del agua potable.

Realizar el mantenimiento periódico según lo dispuesto en el presente trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allpakhuyana. (2019). Colectores planos | Calentadores de agua con energía solar | Ecuador | Av. Interoceánica. Recuperado 4 de septiembre de 2019, de <https://www.allpakhuyana.com/colectores-planos>
- Bergman, T. L., & Incropera, F. P. (Eds.). (2002). *Fundamentals of heat and mass transfer* (7th ed). United States of America: Wiley.
- Polo, Carlos A., Choque, Jorge A., Cuevas, Nilda R., Cotrado, F. (2016). *Adaptación de la tecnología RAOS aplicando el calentamiento solar en las aguas del río Sama - provincia de Tacna*. Recuperado de [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1549/proin\\_058\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1549/proin_058_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castro Huaman, J. R., & Torres Quispe, R. Y. (2017). *Influencia de la concentración del Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y el tipo de recubrimiento del absorbedor en la eficiencia de un colector solar plano por termosifón* (Tesis para optar el título profesional de ingeniero químico industrial, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCPC/3792/Castro Huaman-Torres Quispe.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCPC/3792/Castro_Huaman-Torres_Quispe.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cengel, Y. (2013). Transferencia de calor y masa. En P. E. Roig Vázquez & A. L.

Delgado Rodríguez (Eds.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (Tercera ed, Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Chipugsi Calero, F. J. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de energía producida por un colector solar plano*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas). Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8819/1/T-ESPEL-EMI-0262.pdf>

Chura Esquinarila, J. L. (2016). *Centro de investigación de energía solar, para fortalecer el desarrollo energético sustentable de la región Tacna, año 2015*. Tesis para optar el Título de Arquitecto, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Cruzado Sánchez, S. K., & Eduardo Ríos, B. J. (2017). *Influencia del tamaño de partícula y concentración del Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en la eficiencia de un colector solar plano por termosifón* (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ). Recuperado de [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3767/Cruzado Sanchez-Rios Buendia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3767/Cruzado_Sanchez-Rios_Buendia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Delta Volt SAC. (2019). Energía Renovable Perú con Deltavolt. Recuperado 2 de

septiembre de 2019, de <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar>

EcoInventos. (2019). Cómo hacer un termotanque solar de agua casero. Recuperado 6 de septiembre de 2019, de <https://ecoinventos.com/como-hacer-un-termotanque-solar-de-agua/>

Energía Solar. (2019). Colector solar. Recuperado 6 de septiembre de 2019, de <https://solar-energia.net/definiciones/colector-solar.html>

Espinoza Paredes, R. (2015). *Introducción, difusión y aceptación de tecnología solar térmica en Jauja, aplicada al calentamiento de agua en piscinas* (Tesina para optar el título de segunda especialización profesional en Energía Solar, Universidad Nacional de Ingeniería). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5727>

Estado Peruano. *Ley N° 30884, Ley que regula el plástico.* , (2019).

Felipe Duque, D. A. (2004). *Diseño y construcción de un prototipo de intercambiador de calor utilizando termosifones bifásicos*. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico, Universidad EAFIT Escuela.

Fernández, J. L. (2015). Dilatación Térmica. Recuperado 10 de agosto de 2019, de <https://www.fisicalab.com/apartado/dilatacion-termica#contenidos>

Full Mecánica. (2014). COLECTOR SOLAR DE TUBOS DE VACÍO - para calentar agua. Recuperado 5 de septiembre de 2019, de <http://www.fullmecanica.com/definiciones/c/1632-colector-solar-de-tubos-de-vacio-para-calentar-agua>

Molero, J. (2011). Manual técnico energía solar térmica. En *SALVADOR ESCODA S.A.* (N.º Cuarta). Barcelona.

Pueblo en Línea. (s. f.). Balance energético de la Tierra. Recuperado 2 de septiembre de 2019, de <http://spanish.peopledaily.com.cn/32001/99056/99094/6834116.html>

Revista NU2. (2017). EL PROBLEMA DEL PLÁSTICO. Recuperado 26 de septiembre de 2019, de Mar y Arte website: <http://nu2.es/listas/reportajes/el-problema-del-plastico/>

Sanchez, J. (2012). *Diseño de colectores solares de placa plana por Efecto Termosifón* (Tesis para obtener el grado de: Maestro en Ciencias (Energía Solar Térmica), Centro de Investigación en Materiales Avanzados A.C.). Recuperado de [https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/647/1/Tesis\\_Juan\\_Sanchez\\_de\\_Lara.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/647/1/Tesis_Juan_Sanchez_de_Lara.pdf)

SolarMat. (2016). Ahora instalamos nuestros Kits Termosifón en toda la península - Blog de SOLARMAT. Recuperado 2 de septiembre de 2019, de Blog website:

<http://www.solarmat.es/blog/ahora-instalamos-nuestros-kits-termosifon-en-toda-la-peninsula/>

# ANEXO

