



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN
ELECTROMECAÁNICA**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA**

AUTOR: ANALUISA MENDOZA, EDISON OMAR

**DIRECTOR: ING. LARA JÁCOME, ÓSCAR RODRIGO
LATACUNGA**

2021





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE COLECTOR SOLAR MEDIANTE ELEMENTOS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y MECÁNICOS PARA MEJORAR EL AHORRO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE LATACUNGA AÑO 2021.



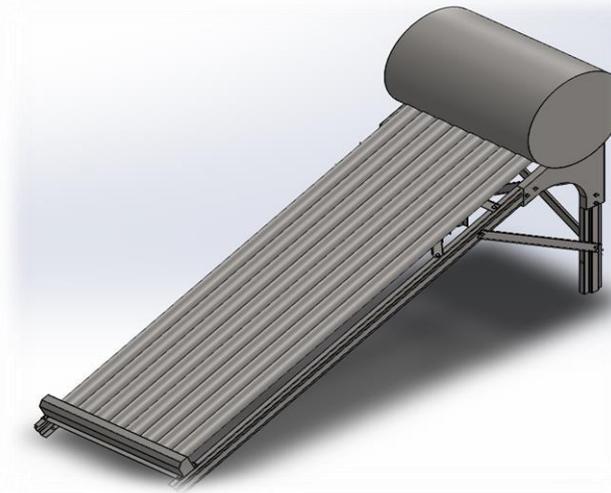
Agenda

- ✓ Justificación
- ✓ Objetivos
- ✓ Desarrollo
- ✓ Implementación
- ✓ Ensamblaje
- ✓ Análisis y Resultados
- ✓ Conclusiones
- ✓ Recomendaciones

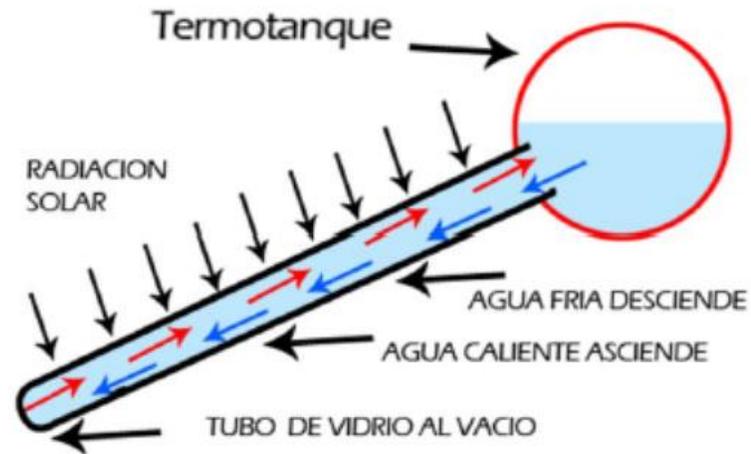


JUSTIFICACIÓN

Mediante la implementación del colector solar se busca aprovechar al máximo la energía del sol, representando un ahorro energético a los beneficiarios. Este prototipo puede ser utilizado como modelo de futuras investigaciones que pueden realizarse acerca de energías renovables y su aprovechamiento, así como también ir de a poco involucrando en el mercado sistemas de energías renovables que ayuden con el ahorro energético.



Con la implementación de este prototipo se pretende mejorar el ahorro energético en la vivienda en donde se va a implementar el sistema para calentamiento de agua a base de energía renovable, tratando de mantener una temperatura del agua adecuada para el confort de los beneficiarios, con la menor cantidad de pérdidas dentro del acumulador de agua caliente, para que la misma pueda ser aprovechada al máximo.



OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un prototipo de colector solar mediante elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos para mejorar el ahorro energético en viviendas.



Objetivos Específicos

Determinar los parámetros y variables necesarias para obtener un aprovechamiento de la energía solar y buen funcionamiento del colector solar.

Seleccionar los elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos necesarios que permitan obtener un prototipo de colector solar adecuado.

Implementar el prototipo con los elementos seleccionados para obtener un funcionamiento eficiente.

Realizar análisis y pruebas de funcionamiento del prototipo.



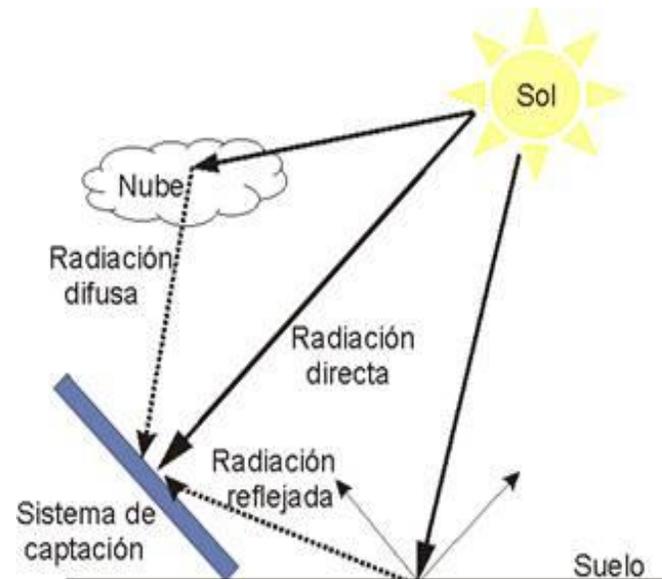
Desarrollo

Radiación Solar

La radiación solar es la energía que emite el sol en forma de ondas electromagnéticas que se propagan hacia diferentes direcciones, esta energía determina los procesos atmosféricos y factores climáticos.

Tipos de radiación

- Radiación directa
- Radiación difusa o indirecta
- Radiación reflejada o albedo

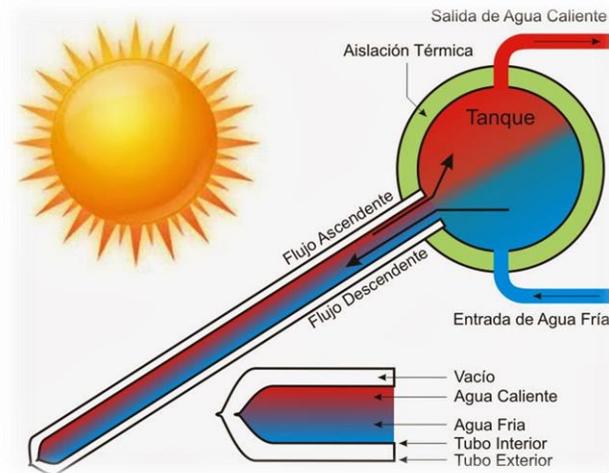
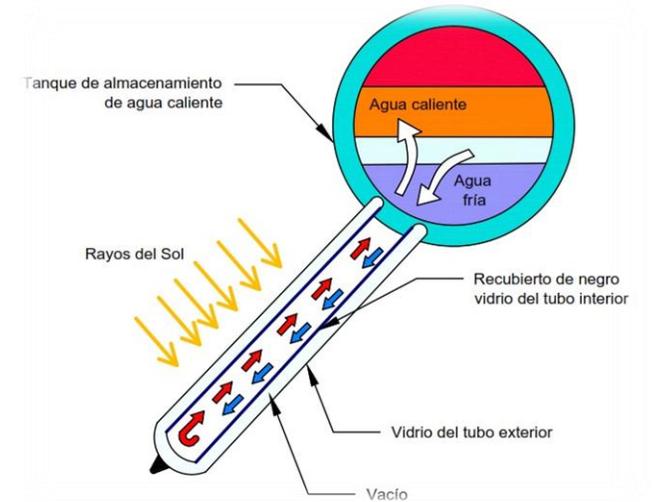


Colectores Solares

Los colectores solares son tipos de intercambiadores de calor cuya función es transformar la energía captada del sol en energía interna y dicha energía es transferida a un medio de transporte generalmente agua o aire, estos a su vez fluyen internamente por el colector.

Funcionamiento

La energía del sol es captada por el colector y esta internamente se transforma en calor que eleva la temperatura del fluido que se encuentra en su interior, en este caso calienta el agua.



Estructura y componentes



Implementación

Elementos eléctricos

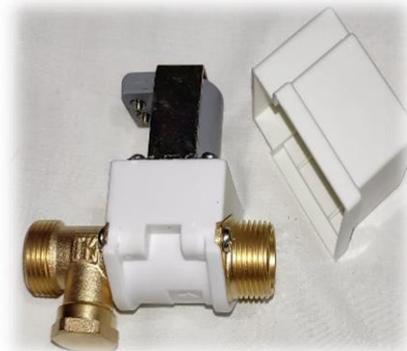
Resistencia Eléctrica

Parámetros	Valores
Potencia	1500 W
Voltaje	110 V
Material	Acero inoxidable



Electroválvula

Parámetros	Valores
Diámetro	1/2"
Filtros	1
Voltaje del solenoide	12 DC



Conductores Eléctricos

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1500 W}{110 V}$$

$$I = 13.64 \text{ Amperios}$$

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A		



Elementos electrónicos

Controlador TK-8A

Características

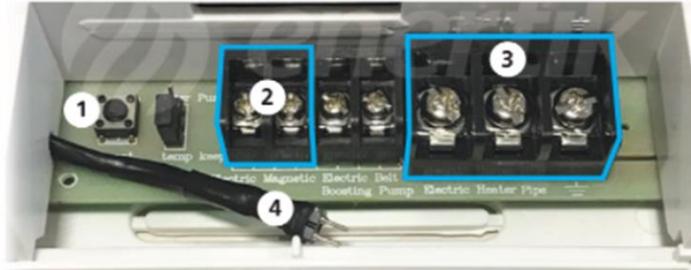
Voltaje	110 V
Frecuencia	60 Hz
Potencia	< 5 W
Control de precisión de temperatura	+/- 2
Niveles de agua	4 niveles
Conexión de resistencia eléctrica	1 conexión/110V
Conexión sensor nivel de agua y temperatura	1 conexión

Sensor de temperatura y nivel de agua



Conexiones del controlador

BORNERA DE CONEXIÓN

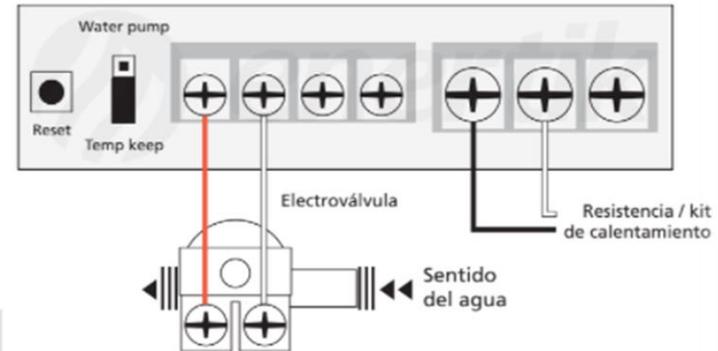


1. Botón de reseteo

3. Kit de calefacción

2. Electroválvula

4. Sensor de temp. y nivel



CONEXIÓN DE ELECTROVÁLVULA



CONEXIÓN CABLE DE TEMPERATURA



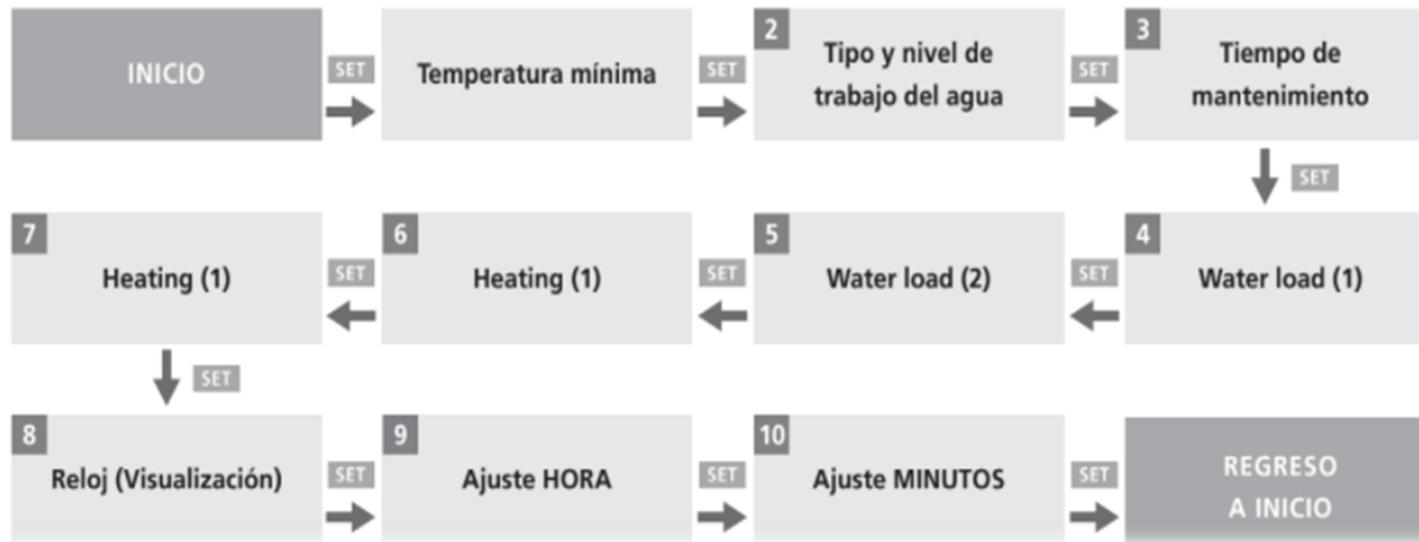
NOTA
LAS MARCAS COLOR VERDE
DEBEN ESTAR HACIA EL MISMO LADO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONFIGURACIÓN BÁSICA

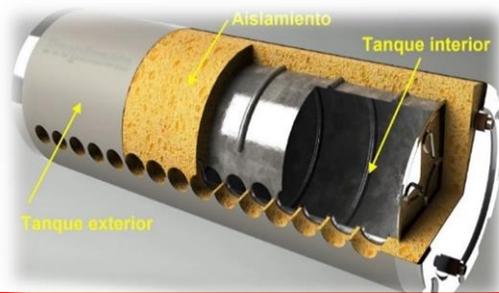
La configuración del controlador es secuencial, y se accede presionando la tecla **SET** hasta posicionarnos sobre el valor a modificar. Luego, la modificación se efectúa mediante los botones ▲ y ▼.



Termotanque

Dimensiones

Diámetro exterior	470 mm
Diámetro interior	370 mm
Espesor aislante (poliuretano)	50 mm
Largo	750 mm
Volumen	$80 \times 10^6 \text{ mm}^3$
Material	
Acero	Inoxidable AISI 304/galvanizado

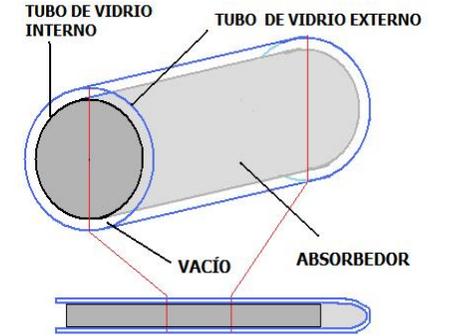


Elementos mecánicos

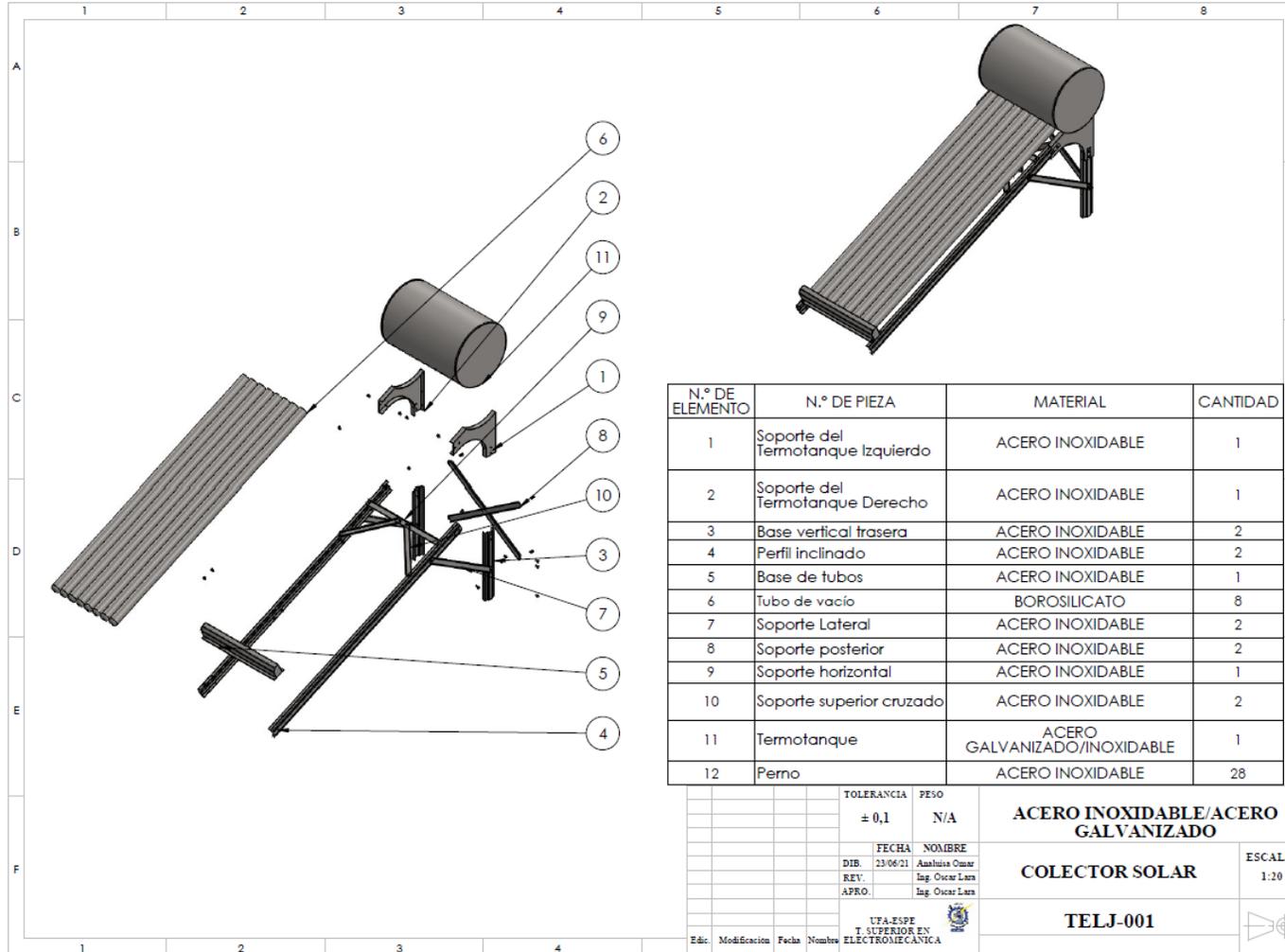
Tubos al vacío

Dimensiones

Diámetro	58 mm
Longitud	1800 mm
Espesor	1,8 mm
Material	
Vidrio	Boro-silicato
Propiedades	
Resistencia al granizo	Hasta 25 mm



Partes del Colector Solar



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	Soporte del Termotanque Izquierdo	ACERO INOXIDABLE	1
2	Soporte del Termotanque Derecho	ACERO INOXIDABLE	1
3	Base vertical trasera	ACERO INOXIDABLE	2
4	Perfil inclinado	ACERO INOXIDABLE	2
5	Base de tubos	ACERO INOXIDABLE	1
6	Tubo de vacío	BOROSILICATO	8
7	Soporte Lateral	ACERO INOXIDABLE	2
8	Soporte posterior	ACERO INOXIDABLE	2
9	Soporte horizontal	ACERO INOXIDABLE	1
10	Soporte superior cruzado	ACERO INOXIDABLE	2
11	Termotanque	ACERO GALVANIZADO/INOXIDABLE	1
12	Perno	ACERO INOXIDABLE	28

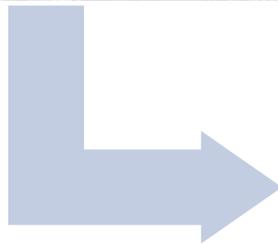
TOLERANCIA	PESO	ACERO INOXIDABLE/ACERO GALVANIZADO	ESCALA: 1:20
± 0,1	N/A		
FECHA	NOMBRE	COLECTOR SOLAR	TELJ-001
DIB. 23/06/21	Analisis Omar		
REV.	Ing. Oscar Lara		
APRO.	Ing. Oscar Lara		
UFA-ESPE I SUPERIOR EN ELECTRONECÁNICA			
Edic.	Modificación	Fecha	Nombre



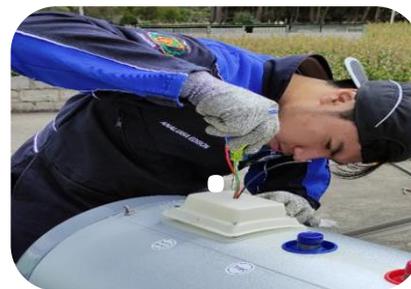
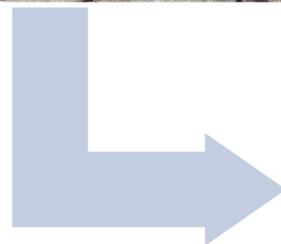
Ensamblaje



- La unión de piezas debe ser fijada muy bien con pernos y tuercas.



- Armado de la estructura

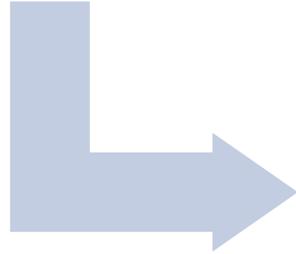


- Codos $\frac{1}{2}$ " , uniones universales $\frac{1}{2}$ " , reducciones de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " , neplós $\frac{1}{2}$ " , llaves de paso $\frac{1}{2}$ " , etc.

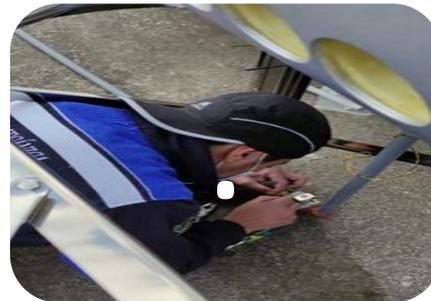
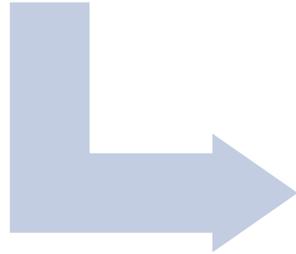




- Conexión de accesorios



- Montaje del termotanque

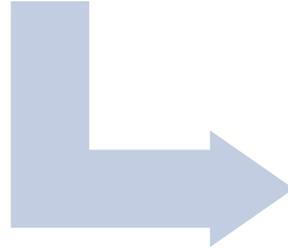


- Conexión de la electroválvula

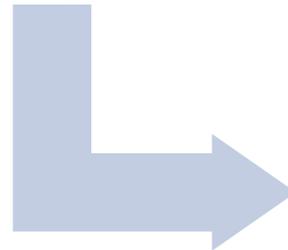




Conexión del sensor de nivel y temperatura



Colocación de tubos al vacío



• Conexiones al controlador



Prototipo de Colector Solar Ensamblado



Temperatura del agua alcanzada en un día completamente soleado



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis y Resultados

¿La electroválvula cumple con su función?

¿Existen fugas de agua?

¿El controlador cumple su función?

¿Qué temperatura alcanza el agua?



Mantenimiento

- Cerrar la llave de paso principal que conduce agua hacia el termotanque.
- Vaciar por completo el agua acumulada dentro del termotanque.
- Con la ayuda de movimientos circulares y ejerciendo un poco de presión vamos sacando cada tubo al vacío, es decir se realiza un proceso inverso al de colocación.
- Con la ayuda de una manguera de agua realizamos el lavado interno del termotanque, de la misma manera con cada tubo de vacío.
- Limpiar los tubos al vacío con un trapo húmedo, manteniéndolos así libre de polvo, ya que un exceso de polvo puede reducir la eficiencia del colector.
- Revisamos el estado de cada tubo al vacío y en el caso de existir trizadura o alguna anomalía, es preferible optar por uno nuevo.
- La barra de magnesio se deberá cambiar por lo menos dos veces al año y en caso de una zona costera tres veces al año.
- Una vez realizado el lavado y limpieza se procede nuevamente al armado.



Temperatura del agua sin uso

Datos de temperatura del agua sin uso.

Hora	Temperatura dentro del acumulador de agua caliente sin uso				
	5/7/2021	6/7/2021	7/7/2021	8/7/2021	9/7/2021
7:00	39°C	33°C	37°C	32°C	28°C
8:00	40°C	33°C	37°C	32°C	30°C
9:00	40°C	34°C	39°C	34°C	30°C
10:00	42°C	34°C	40°C	36°C	33°C
11:00	45°C	37°C	42°C	39°C	35°C
12:00	48°C	40°C	45°C	42°C	38°C
13:00	52°C	45°C	48°C	46°C	41°C
14:00	55°C	49°C	52°C	50°C	42°C
15:00	58°C	53°C	55°C	52°C	44°C
16:00	61°C	56°C	58°C	53°C	45°C
17:00	64°C	58°C	61°C	53°C	46°C
18:00	67°C	58°C	63°C	53°C	46°C
19:00	67°C	58°C	63°C	53°C	46°C



Temperatura del agua con uso

Datos de temperatura del agua con uso.

Temperatura dentro del acumulador de agua caliente con uso						
Fecha	Hora	Temperatura antes del uso	Temperatura después del uso	Incremento de temperatura	Temperatura del agua en la red	Cantidad de agua utilizada en litros
16/7/2021	7:00	58°C	41°C	16°C	16°C	30
	18:00	57°C	42°C		17°C	30
17/7/2021	8:00	40°C	34°C	13°C	16°C	25
	18:00	47°C	Sin uso		16°C	0
18/7/2021	8:00	43°C	32°C	21°C	15°C	40
	18:00	53°C	43°C		16°C	25
19/7/2021	13:00	46°C	38°C	13°C	15°C	25
	19:00	51°C	47°C		15°C	15
20/7/2021	6:40	44°C	30°C	29°C	15°C	40
	17:20	59°C	49°C		16°C	20



Análisis de consumo energético y económico entre colector solar, ducha eléctrica y calefón a gas

Cálculos de consumo energético y económico.

	Colector solar	Ducha eléctrica	Calefón a gas
Inversión inicial	\$330	\$25	\$420
Tiempo de uso en minutos	30 min	30 min	30 min
Tiempo de uso diario en horas	0,5	0,5	0,5
Costo de KWH (subsidiado)	\$0,04	\$0,04	n/a
Costo de cilindro de gas (subsidiado)	n/a	n/a	\$1,60
Potencia	1500 W	5500 W	n/a
Consumo energético mensual	22,5 KWH	82,5 KWH	n/a
Costo mensual	\$0,90	\$3,30	n/a
Consumo energético anual	270 KWH	2475 KWH	n/a
Costo anual	\$10,80	\$39,60	n/a
Consumo de gas mensual	n/a	n/a	2 cilindros
Costo mensual (gas)	n/a	n/a	\$3,20
Consumo de gas anual	n/a	n/a	24 cilindros
Costo anual (gas)	n/a	n/a	\$38,40
Costos en 5 años	\$54,00	\$198,00	\$192,00



Comparación de costos

	Colector solar	Ducha eléctrica	Calefón a gas
Costo mensual	\$0,90	\$3,30	\$3,20
Costo anual	\$10,80	\$39,60	\$38,40
Costos en 5 años	\$54,00	\$198,00	\$192,00
Costos en 10 años	\$540,00	\$1.980,00	\$1.920,00



Comparación de mantenimiento entre cada sistema

	Colector Solar	Ducha Eléctrica	Calefón a gas
Mantenimiento semestral	Limpieza del termostanque y tubos al vacío	Revisión de la resistencia eléctrica	Limpieza de serpentines, revisión del módulo de control y válvulas de agua y gas. Verificación de fugas en mangueras y válvulas. Revisión de empaques y diafragmas.
Mantenimiento anual	Limpieza del termostanque y tubos al vacío	Cambio de resistencia eléctrica	Cambio de válvula de gas, cambio de electroválvula, cambio de empaques. Limpieza de conductos, controles y piezas internas.



Costos de mantenimiento

Principales elementos propensos a deterioro y/o reemplazo

	Colector solar	Ducha eléctrica	Calefón a gas
Tubo al vacío	\$25,00	n/a	n/a
Válvula de solenoide	\$10,00	n/a	\$20,00
Serpentín	n/a	n/a	\$120,00
Resistencia eléctrica	\$20,00	\$10,00	n/a
Módulo de control	\$110,00	n/a	\$20,00



Beneficios del colector solar con respecto a la ducha eléctrica

- No existe contaminación ambiental ya que no utiliza combustibles fósiles en el proceso de calentamiento de agua.
- Se puede utilizar en cualquier momento, ya que solo basta con abrir el grifo sin el riesgo que se recaliente o se dañe algún circuito por exceso de manipulación, como es el caso de un calefón a gas con encendido electrónico.
- El consumo energético es menor en comparación con una ducha eléctrica, ya que la resistencia se encenderá únicamente en caso de que exista la necesidad de compensación de temperatura.
- Aunque el costo inicial del colector solar es algo elevado, con los ahorros que generará al evitar el consumo de energía eléctrica o gas, podemos recuperar la inversión en un corto plazo.



Conclusiones

Se determinó los parámetros esenciales que intervienen en la implementación del prototipo tales como radiación, temperatura, eficiencia y efectividad, los cuáles nos permiten tener un buen aprovechamiento del colector solar y a su vez obtener mejores resultados en el calentamiento de agua.

Se seleccionó detalladamente cada elemento eléctrico, electrónico y mecánico que permitió el ensamble del prototipo de colector solar, cada uno bajo un criterio de selección técnico y siempre buscando economizar costos, pero sin perder calidad.

Este sistema tampoco representa un riesgo para las personas, ya que no existirán casos de explosión por las elevadas temperaturas del agua en el interior del termotanque debido a que tiene un desfogue de vapor en la parte superior del mismo.



El colector solar calentará el agua incluso en días nublado ya que existe radiación en pequeñas cantidades, aunque no se llegará a obtener temperaturas tan elevadas en comparación a un día con una alta radiación solar.

El colector solar brinda los mismos servicios que otro calentador de agua tradicional, la diferencia radica en que utiliza un recurso renovable en este caso la radiación solar como fuente de energía para calentar agua y no desprende ningún gas contaminante al momento de su funcionamiento.

El sistema de calentamiento de agua con un colector solar representa un ahorro económico y energético de hasta un 70% respecto a los sistemas tradicionales, aunque su inversión inicial varía en un 20% respecto a un calefón a gas, con el pasar del tiempo el ahorro económico generado recupera la inversión inicial.

La implementación se dio de una manera secuencial iniciando por la instalación de las tuberías de agua desde la red potable de la vivienda hasta el termotanque, ubicado en la terraza de la misma, seguido por el armado de la estructura y soporte del acumulador, la colocación de tubos al vacío y finalmente el acople de los diversos accesorios que posee el colector solar para obtener un óptimo funcionamiento.



Recomendaciones

Ubicar el colector solar en dirección norte-sur para obtener una mejor incidencia de la radiación solar sobre el mismo.

Evitar instalar el colector solar en lugares con sombras o que impidan que la radiación solar llegué de una forma directa.

Se recomienda colocar los tubos de vacío sin que hayan sido expuestos a la radiación, ya que esto puede provocar un choque térmico al momento del llenado de agua por la diferencia de temperaturas.

Se recomienda colocar una barra de magnesio en el primer tubo al vacío con la finalidad de neutralizar las sales y minerales que pueden provocar oxidación dentro del termotanque.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA