

CALENTAMIENTO DE AGUA MEDIANTE EL USO DE TERMAS SOLARES

Programa Práctico de Entrenamiento



Centro de Conservación de
Energía y del Ambiente
CENERGIA



Servicio Nacional de Adiestramiento
en Trabajo Industrial
SENATI



Energía y Medio Ambiente
ECOFYS
Utrecht - Holanda

**CALENTAMIENTO DE AGUA
MEDIANTE EL USO DE TERMAS
SOLARES**

Programa Práctico de Entrenamiento

CALENTAMIENTO DE AGUA MEDIANTE EL USO DE TERMAS SOLARES

Programa Práctico de Entrenamiento

**SENATI
CENERGIA
ECOFYS**

Utrecht/Lima 1999

Este manual ha sido elaborado por:

**Ing. Carlos Orbegozo Reto (CENERGIA)
Ing. Bob Schulte (ECOFYS)
Ing. Gert J. Hoogenstrijd (ECOFYS)**

Dibujos: Amerentske Koopman

Manual publicado por:

ECOFYS

Energía y Ambiente

Kanaalweg 16-G
3526 KL Utrecht
Holanda



CENERGIA

**Centro de Conservación de
Energía y del Ambiente**

Calle Deraín 198
San Borja – Lima 41
Perú

Todos los derechos reservados. Prohibida su reproducción parcial o total por impresión, fotografía, microfilm o por cualquier otro medio, sin autorización escrita de los editores.

Esta publicación ha sido posible gracias al aporte económico de la **Fundación Hulsebosch Prior**, Holanda.

La información contenida en esta publicación ha sido recopilada con el mayor cuidado en cuanto a su legitimidad. Sin embargo, tanto los editores como los autores quedan exentos de toda responsabilidad legal por cualquier daño o perjuicio producido como consecuencia de la aplicación de los métodos en ella descritos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN PARA LOS ESTUDIANTES.....	9
<i>EJERCICIO 1: MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR.....</i>	<i>11</i>
1.1 Funcionamiento.....	11
1.2 Medición momentánea.....	11
1.3 Medición del periodo.....	11
<i>EJERCICIO 2: CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR DE UNA TERMA SOLAR.....</i>	<i>12</i>
2.1 Introducción.....	12
2.2 Diseño de la terma solar.....	12
2.3 Trabajos de plomería de la red del colector y conexión de las aletas.....	15
2.4 Construcción de la caja de madera.....	15
<i>EJERCICIO 3: CONSTRUCCION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DE LOS CONDUCTOS.....</i>	<i>19</i>
3.1 El tanque de almacenamiento.....	19
3.2 Construcción del tanque paso a paso.....	20
<i>EJERCICIO 4: SELECCIÓN DEL LUGAR.....</i>	<i>23</i>
<i>EJERCICIO 5: CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE.....</i>	<i>24</i>
5.1 Introducción.....	24
5.2 Estructura necesaria de soporte.....	24
5.3 Calcular la altura y el tamaño de la previsión de construcción.....	24
<i>EJERCICIO 6: INSTALACIÓN DEL COLECTOR Y DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....</i>	<i>26</i>
6.1 Introducción.....	26
6.2 Instalación del colector.....	26
6.3 Instalación del tanque de almacenamiento de agua.....	27
6.4 Conexión del colector, del tanque de almacenamiento y del suministro de agua.....	27
6.5 Llenado del sistema.....	29
6.6 Aislamiento y finalización de la terma solar.....	30

EJERCICIO 7: INSPECCIÓN DE LA TERMA SOLAR INSTALADA	32
7.1 Introducción	32
7.2 Inspección	32
EJERCICIO 8: PRUEBA Y MEDICIÓN DEL SISTEMA INSTALADO	33
EJERCICIO 9: EJERCICIOS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	34
ANEXO A: LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA INSPECCIÓN DE TERMAS SOLARES	35
LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA INSPECCIÓN DE TERMAS SOLARES	37
Información General	37
Inspección Visual	38
Pruebas y mediciones	39
ANEXO B: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	41

INTRODUCCIÓN PARA LOS ESTUDIANTES

El curso “**Calentamiento de agua mediante el uso de termas solares**” está enfocado a los aspectos prácticos del tema. Su objetivo principal es capacitar a los estudiantes sobre los siguientes aspectos relacionados con las termas solares:

- uso de las termas solares
- instalación de las termas solares
- solución de problemas con termas solares
- monitoreo del sistema.

Las termas solares hechas en casa tendrán especial importancia durante el curso.

Además, se efectuará la construcción e instalación de una terma solar, la que será utilizada para realizar diversos ejercicios a lo largo del módulo, entre los que encontramos:

1. Ejercicios de simulación por computadora para termas solares.
2. Medición de la radiación solar.
3. Construcción de una terma solar.
4. Construcción de un tanque de almacenamiento y de los conductos.
5. Selección del lugar de instalación de la terma solar.
6. Preparación de la estructura de soporte.
7. Instalación de la terma solar.
8. Inspección de la terma solar instalada.
9. Mediciones de la terma solar instalada.
10. Ejercicios de solución de problemas.

EJERCICIO 1: MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

1.1 Funcionamiento

Para medir la radiación solar podemos emplear un solarímetro, al cual se le acopla un milivoltímetro que medirá los valores de salida del solarímetro.

La radiación directa e indirecta del sol sobre una pequeña placa negra. La radiación solar es convertida en una pequeña corriente eléctrica que puede ser medida. Si se conoce el factor de conversión de mV a W, entonces se puede calcular fácilmente la radiación.

Al colocar el solarímetro en forma horizontal, toda la radiación incidente es capturada (un hemisferio completo). El medidor debe ser colocado horizontalmente si se desea medir la radiación total que alcanza la superficie terrestre. Si se va a monitorear un sistema de energía solar, se deberá colocar el solarímetro en el mismo ángulo de los paneles solares.

El solarímetro está calibrado bajo las Condiciones Estandarizadas para Pruebas – CEP: radiación a 1000 W/m^2 con masa de aire de 1.2 y temperatura de célula de 25°C .

Mida con el solarímetro en grandes alturas. Las circunstancias del tiempo pueden ser diferentes. Por causa de la baja densidad del aire, la radiación puede ser mucho más alta que 1000 W/m^2 .

1.2 Medición momentánea

Con una radiación de $1,000 \text{ W/m}^2$, el solarímetro produce una tensión de 11.8 mV (la radiación por mV es $1,000/11.8 = 84.75 \text{ W/m}^2$).

Ejemplo:

Si la célula produce una tensión de 2.9 mV, corresponde a una radiación de: $2.9 \times 84.75 = 245.78 \text{ W/m}^2$. El valor dado de un panel fotovoltaico, por ejemplo 50 Wp, es medido con CEP. Si la medición momentánea con el solarímetro es 2.9 mV, entonces la potencia producida por un panel de $2.9 \text{ mV}/11.8 \text{ mV} \times 50 \text{ Wp} = 12.9$ ($2.9/11.8$ o $245.78/1,000$, se podrían considerar como “factor de radiación”).

Ahora: Mida la radiación en un lugar determinado. Primero ponga el solarímetro horizontalmente, luego varíe el ángulo. ¿Cuál es el efecto?

1.3 Medición del periodo

Mida la radiación por ciertos periodos (por ejemplo: cada minuto, cada 10 minutos o cada hora). Calcule la radiación promedio en ese periodo.

EJERCICIO 2: CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR DE UNA TERMA SOLAR

2.1 Introducción

Este ejercicio le enseñará cómo construir una terma solar simple. El sistema hecho en casa es utilizado con fines didácticos y para practicar la destreza para trabajos en metal y plomería. La construcción de una terma solar le permitirá apreciar cómo funciona y cuáles son sus partes más importantes.

Advertencia: en la práctica, los sistemas hechos en casa son de menor calidad y tienen un ciclo de vida más corto en comparación con las termas solares disponibles en el mercado. Por lo tanto, es aconsejable utilizar únicamente sistemas comerciales para fines prácticos. Durante este curso se utilizará un sistema hecho en casa sólo con fines didácticos, así como para practicar la habilidad para trabajos en metal. Las termas solares hechas en casa no deben ser comercializadas en el mercado.

2.2 Diseño de la terma solar

El diseño consta de una red de tuberías de cobre, a las que se sueldan aletas de cobre. Es necesario que las tuberías y las aletas sean del mismo material, ya que ambas serán soldadas. Si se emplean materiales distintos (por ejemplo cobre y acero), la parte absorbente se doblará (debido a los diferentes factores de expansión) y sufrirá corrosión (debido a la corrosión del contacto).

El calor del sol es absorbido por las aletas de cobre pintadas de negro y transportado a través del agua que corre dentro de las tuberías de cobre. Las tuberías y aletas de cobre son colocadas dentro de una caja de madera aislada y barnizada. Para tener una idea general de una terma solar, ver el dibujo técnico en la figura 2.1.

La tabla 2.1 incluye los materiales necesarios para construir el colector de una terma solar de 1 m².

Figura 2.1: Dibujo técnico del colector de una terma solar

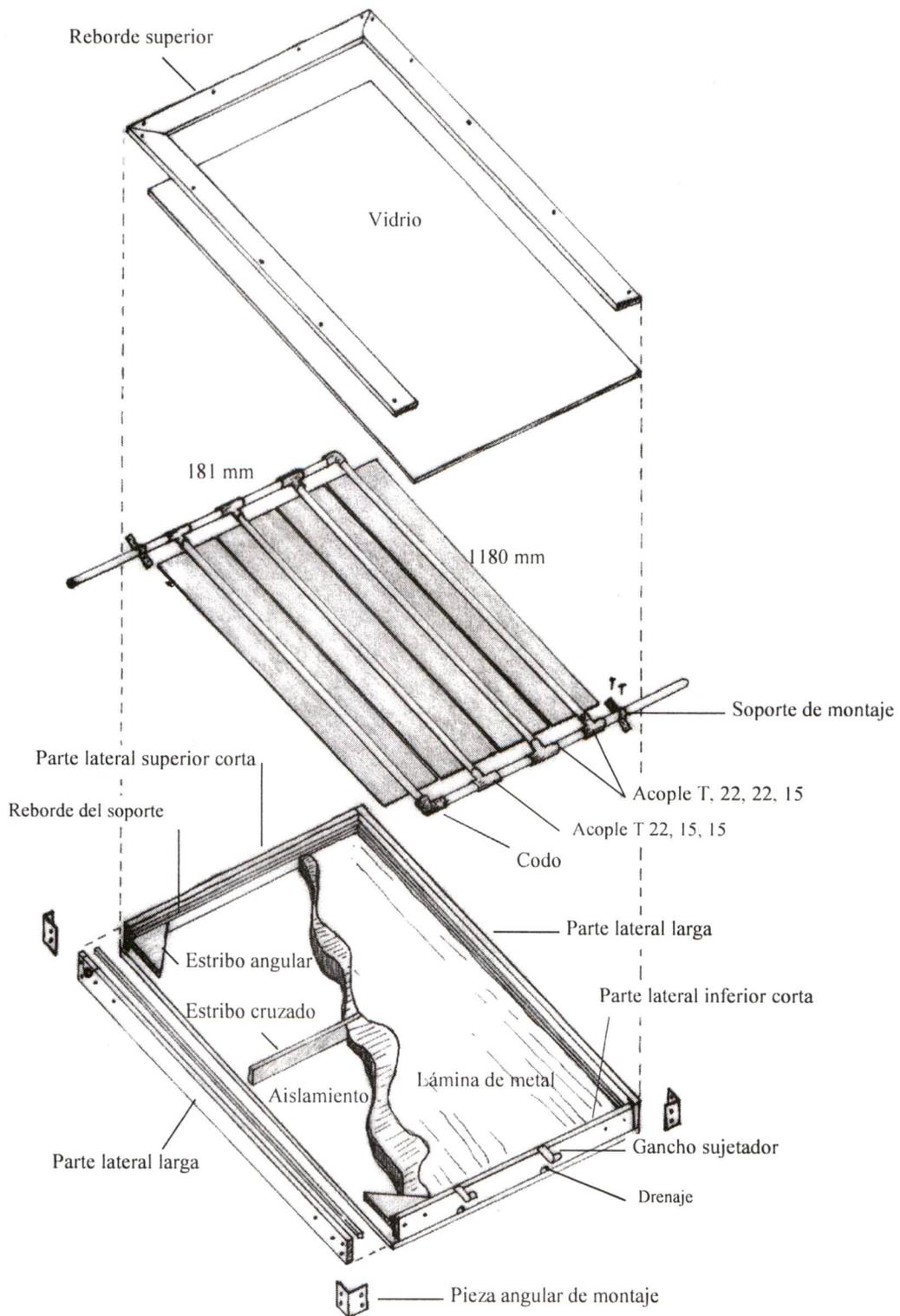


Tabla 2.1: Materiales necesarios para la construcción de un colector solar de 1 m²(*)

EL COLECTOR		
Madera, puede ser Ishpingo (las dimensiones son dadas en medidas terminadas en mm: por ejemplo 20 x 94 es la medida proyectada de 25 x 100 mm)		
Tamaño	Longitud	Número
20 x 94	1285 mm	2 (lados)
20 x 94	860 mm	1 (superior)
20 x 82	820 mm	1 (borde inferior)
20 x 50	820 mm	1 (estribo cruzado)
20 x 50	350 mm	4 (estribos angulares)
<u>Contraplacado</u>		
1 lámina de triplay de 9 mm cortada a 1350 x 860 mm		
<u>Reborde</u>		
35 x 10 = 3.5 metros		10 x 15 = 1.5 metros
<u>Tornillos de bronce</u>		
De 1" - 30 unidades, para reborde		
De 1" - 20 unidades		
De 2" - 20 unidades para panel de 25 mm		
<u>Tubería de cobre</u>		
15 mm: 5 metros, cortada en cuatro largos de 1180 mm y dos largos de 185 mm		
22 mm: 1.25 metros, cortada en cuatro largos de 181 mm y dos largos de 260 mm		
<u>Lámina de cobre</u>		
4 x 200 x 1150 mm; 1 ó 2 mm de grosor		
<u>Acoples</u>		
Codos: 15mm - 2 unidades; Acople T: 22/15mm - 4 unidades y 22/15/15mm - 2 unidades		
<u>Sujetadores</u> (también se pueden fabricar en el taller)		
15 mm - 2 unidades		22 mm - 4 unidades
<u>Soldadura</u>		
Cautín		
Pasta para soldar		
Soldadura de estaño, 1 kg en alambre de 1/8"		
<u>Aislamiento</u>		
Aislamiento de lana de vidrio: 3 m ² de 2" de grosor, con papel aluminio en el reverso		
<u>Vidrio</u>		
Vidrio de 4 mm; 811 x 1297 mm		
<u>Varios</u>		
Pintura negro mate para interior del colector (1/4 galón), sujetadores para el borde inferior del vidrio hechos de tubo de cobre de 15 mm con 50 mm de largo, 1 Kg. cola de carpintero, 2 tubos de silicona		
<u>Herramientas</u>		
Martillo, sierra, cinta de medir, escuadra, destornillador, perforadora + brocas (incl. broca plana de 25 mm), cuchilla Stanley, soplete, cortatubos o sierra para metales, limas, y punzón centrador. Cepillo/cinzel para limpiar los cortes de la sierra.		

(*) La parte práctica de este módulo prevé la construcción de dos colectores solares, para esto se deberá tener en cuenta que la lista de más arriba es solamente para un colector, debiéndose adquirir el doble de estos componentes.

Primero, comience con el trabajo de plomería para asegurarse de que la caja tenga las medidas adecuadas. También vale la pena esperar hasta que la caja esté terminada antes de cortar el vidrio, de modo que encaje en forma exacta.

2.3 Trabajos de plomería de la red del colector y conexión de las aletas

A continuación describimos paso a paso el proceso de construcción:

Paso 1

Marque las tuberías en el lugar del corte y proceda a cortarlas de la siguiente manera: 6×181 , 2×260 y 4×1180 .

Paso 2

Corte las aletas de cobre del tamaño correcto, $4 \times (200 \times 1150)$. Limpie la parte del medio de las aletas y de las tuberías de cobre con una lija y luego, con amoníaco.

Paso 3

Verifique que todas las aletas y tuberías encajen en el armazón, antes de comenzar a soldar.

Paso 4

Prepare los lugares donde va a soldar usando pasta de soldar.

Paso 5

Fije las tuberías en la aleta con una abrazadera con pegamento. Caliente la tubería y la aleta con una flama y lentamente agregue soldadura de estaño. Asegúrese que haya una unión de soldadura apropiada y lisa entre la aleta y la tubería, a lo largo de toda la aleta.

Paso 6

Con el fin de asegurarse que el armazón es cuadrado, clave soportes de madera al banco o al piso. Suelde el armazón cuando esté en esta estructura. Construya el absorbente completo soldando todas las conexiones entre los codos, tuberías y tuberías con aletas (recuerde no moverlo hasta que todas las uniones se hayan enfriado).

Paso 7

Al terminar de soldar, pruebe si en las uniones del absorbente hay filtraciones, introduciendo presión de agua en la red. Suelde nuevamente las conexiones que presenten filtraciones.

Paso 8

Pinte la parte delantera y posterior del absorbente con pintura metálica negra con acabado mate; déjelo secar mientras construye la caja.

2.4 Construcción de la caja de madera

La caja consta de una estructura con estribos cruzados y angulares, parte posterior contraplacada, aislamiento, reborde, agujeros de ventilación y vidriado. La figura 2.2 presenta el diseño básico de la caja. Sin embargo, detalles como las dimensiones exactas, la

posición de los agujeros para las tuberías, etc., dependen de la precisión de los trabajos de plomería. Antes de comenzar a construir la caja, analice el detalle de la caja en las figuras 2.2 y 2.3.

Figura 2.2: *Vista desarrollada de la construcción*

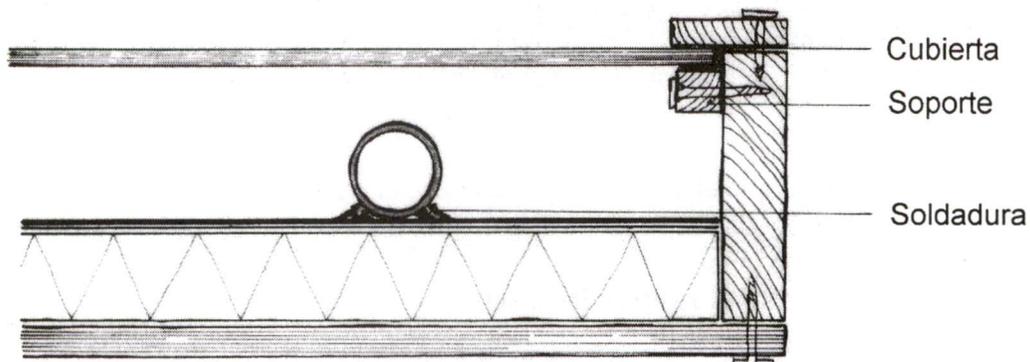
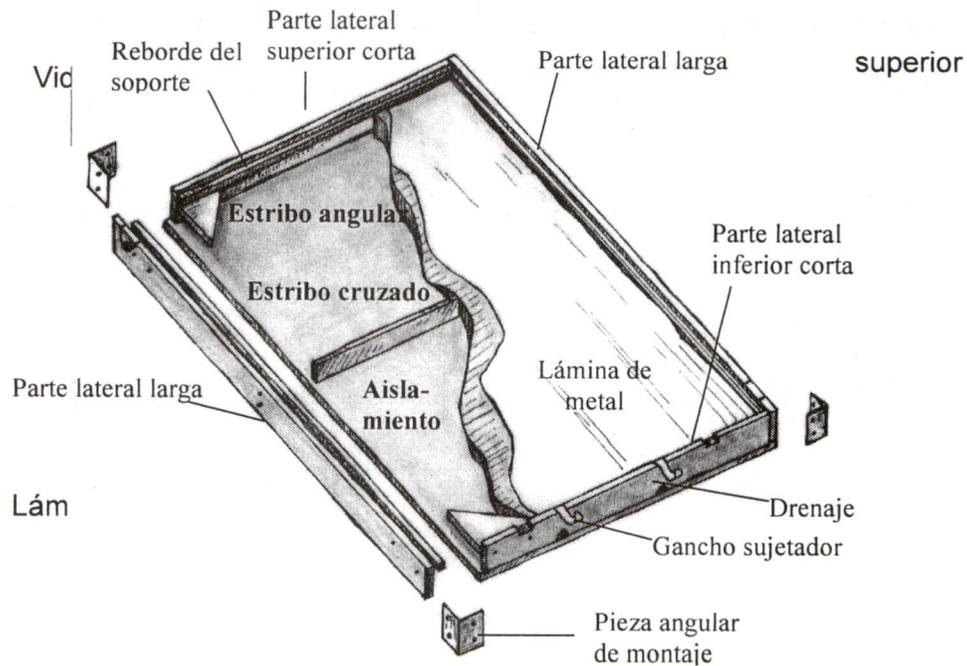


Figura 2.3: *Perfil de la construcción*

A continuación describimos paso a paso el proceso de construcción de la caja:

Paso 1

Asegure los lados de la caja con tornillos de 2" y pegamento para hacer la estructura.

Paso 2

Coloque el armazón sobre el absorbente para verificar que entre en la caja.

Paso 3

Atornille y pegue en un estribo cruzado usando tornillos de 2".

Paso 4

Atornille y pegue los cuatro estribos angulares usando tornillos de 1,5”.

Paso 5

Pegue y clave el contraplacado en la parte posterior, con pernos para panel de 25 mm.

Paso 6

Peque y atornille el reborde donde colocará el vidrio encima y a ambos lados de la caja, a 8 mm del borde superior. Utilice tornillos de 1”.

Paso 7

Perfore dos agujeros de ventilación de 8 mm de diámetro en el borde inferior de la caja. Estos pueden ser cubiertos con una malla de metal para evitar la entrada de mosquitos.

Paso 8

Coloque el absorbente sobre la caja con igual espacio arriba y abajo, y marque las ubicaciones de las tuberías de entrada y de salida.

Paso 9

Perfore agujeros de 25 mm (justo sobre la esquina) en estos puntos y haga un corte en forma de V.

Paso 10

Pinte la caja con pintura por dentro y por fuera.

Paso 11

Introduzca el aislamiento a una profundidad de 50 mm, la altura de los estribos.

Paso 12

Cubra todo el interior de la caja con láminas de metal y engrápelas a la madera.

Paso 13

Coloque el absorbente sobre el material aislante. Asegúrese que no haya ninguna abertura entre la capa de aislamiento y la superficie del colector.

Paso 14

Fije las tuberías a los estribos angulares empleando sujetadores.

Paso 15

Coloque nuevamente sobre las tuberías las cuñas que cortó en forma de V (en el paso 9) y atorníllelas sobre el lugar (no las pegue porque, si fuera necesario sacarlas, podrá hacerlo sin causar daño). Las grietas deben ser selladas con silicona.

Paso 16

Coloque una franja de espuma en el reborde y a lo largo del borde inferior para que el vidrio descansa sobre ella.

Paso 17

Los ganchos que sujetan el vidrio deben ser de metal, de 50 mm de largo, doblados de forma apropiada.

Paso 18

Coloque los sujetadores del vidrio en el borde inferior de la estructura.

Paso 19

Con cuidado, coloque el vidrio con un saliente de 12 mm en el fondo.

Paso 20

Coloque una franja de espuma adicional en el vidrio, en los bordes de los lados y en la parte superior de la estructura.

Paso 21

Coloque un reborde de madera de 35 × 10 mm alrededor de la parte superior y de los lados. Selle con silicona entre el reborde de madera y el vidrio.

Nota: Primero deberá pintar los rebordes de madera.

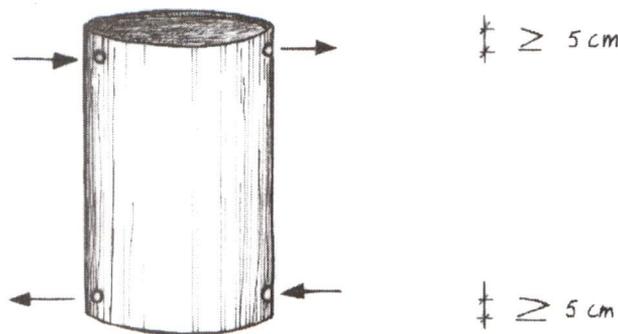
EJERCICIO 3: CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DE LOS CONDUCTOS

3.1 El tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento debe ser construido de acero inoxidable o de cobre; puede ser comprado completo, o utilizar un cilindro usado de aceite. Si cuenta con el equipo de taller adecuado, Ud. mismo podrá hacerlo. Debido a las restricciones de tiempo, en este ejercicio usaremos un cilindro de aceite.

La figura 3.1 es un detalle del tanque de almacenamiento que se va a construir. Ponga atención en los lugares de los cuatro conductos y en el lugar del escape de agua.

Figura 3.1: *Dibujo técnico del tanque de almacenamiento*



En la siguiente página, la tabla 3.1 presenta un resumen de los materiales necesarios para la construcción del tanque de almacenamiento y de los conductos.

Tabla 3.1: *Materiales necesarios para la construcción del tanque de almacenamiento y de los conductos*

EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Depósito de aceite de 200 l
Codo con rosca de 1/2" de fierro galvanizado
1 válvula de globo
Niple doble rosca de 2"
Reducción de 2" a 1/2"
Codo de rosca interna de 1/2" y externa de 1/2"
4 tuberías de metal de 20 cm y un diámetro exterior de 16 mm
Niple de 5/8"
Sóquete ahusado

Varios

Agente anticorrosivo: Zincromato 1/2 galón
Pintura interior: de preferencia colores vivos, 1/2 galón de cada uno

Herramientas

Martillo, sierra, cinta de medir, escuadra, destornillador, perforadora de 6 mm + brocas, cuchilla Stanley, soplete, sierra para metales, limas y punzón centrador, lija, caudín, pasta de soldar y soldadura.

3.2 Construcción del tanque paso a paso

Paso 1

Limpie por dentro y por fuera el depósito de aceite utilizando soda.

Nota: Si el depósito contenía productos químicos, tenga cuidado al momento de limpiarlo.

Paso 2

Limpie la pintura con una lija.

Paso 3

Limpie el polvo y la grasa utilizando amoníaco u otro elemento.

Paso 4

Coloque el depósito en un área bien ventilada y déjelo secar.

Paso 5

Pinte el interior del depósito con pintura anticorrosiva.

Paso 6

Marque el lugar de los cuatro agujeros para los conductos:

- A. Entrada para el suministro de agua fría: 10 cm desde el fondo del depósito.
- B. Entrada de agua fría al colector: 10 cm desde el fondo del colector.
- C. Salida de agua caliente del colector: 10 cm desde la parte superior, colocada directamente sobre el punto B.
- D. Para la salida de agua caliente se puede utilizar el canillero en la parte superior del depósito.
- E. Debe construirse una tubería de ventilación o una válvula de salida de presión a 2 cm por debajo de la parte superior del depósito.

La tubería de ventilación debe colocarse más arriba que el tanque de almacenamiento que suministra el agua fría. Debe tener una válvula de presión, la que puede ser instalada también en la tubería de salida de agua caliente.

Paso 7

Primero, atornille un niple doble rosca de 2" en la válvula de globo.

Paso 8

Luego, atornille un soquete ahusado (de 2" a 1/2") en el niple. El soquete debe tener una rosca interna de 2" y una de 1/2".

Paso 9

Ahora atornille al soquete ahusado un codo con rosca interna y externa de 1/2" en ambos lados.

Paso 10

A este codo se conectará el conducto de salida de agua caliente durante la instalación.

Paso 11

Para los tres conductos y la tubería de ventilación o válvula de salida de presión, corte cuatro piezas de tubos de acero o hierro de 20 cm, con un diámetro exterior de 16 mm.

Paso 12

Haga cuatro agujeros en los lugares señalados en el depósito utilizando un punzón centrador.

Paso 13

Agrande primero estos agujeros con una perforadora de 6 mm y luego con una de 16 mm.

Paso 14

Lime los agujeros con una lima redonda. Deténgase tan pronto como las tuberías entren en los agujeros haciendo un poco de fuerza.

Paso 15

Limpie minuciosamente con una lima los extremos de la tubería y las entradas de los agujeros.

Paso 16

Limpie con amoniaco los agujeros de entrada y los extremos de las tuberías.

Paso 17

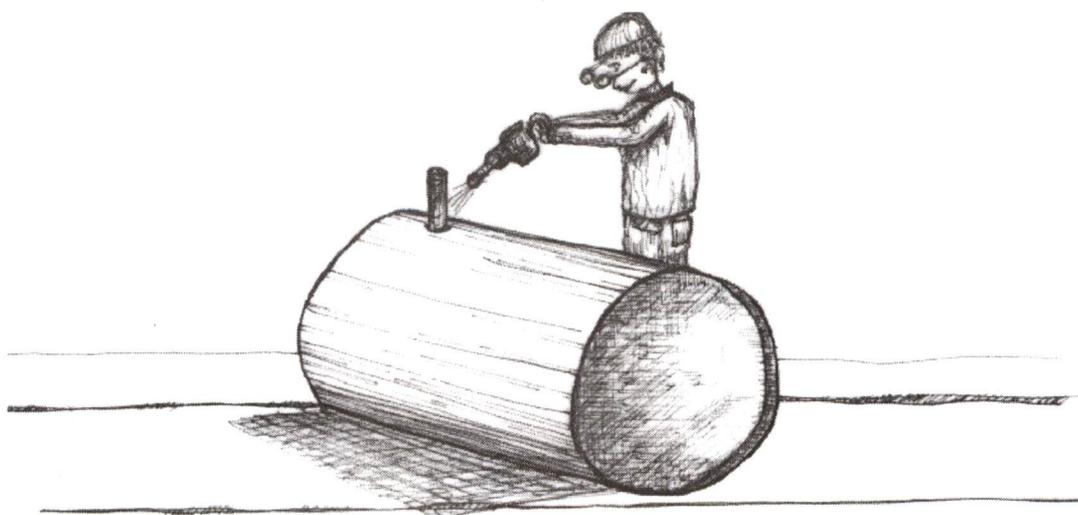
Aplique pasta de soldar a las piezas que va a soldar.

Paso 18

Luego, suelde las piezas de la tubería en los agujeros en forma segura. Observe que la tubería debe encajar verticalmente en el depósito. Cuando suelde, coloque el depósito en posición vertical (ver figura 3.2).

Advertencia: Al voltear el depósito, tenga cuidado que las tuberías que ya estén soldadas no se desprendan.

Figura 3.2: *Durante la soldadura, el depósito debe estar en posición horizontal*



Paso 19

Para terminar, el depósito y limpie los puntos de soldadura.

Paso 20

Pinte el depósito y dichos puntos con pintura anticorrosiva.

EJERCICIO 4: SELECCIÓN DEL LUGAR.

Antes de instalar una terma solar, deberá escoger el lugar apropiado para hacerlo. A continuación presentamos algunas de las consideraciones que deberá tener en cuenta al momento de hacer su elección:

A.- El colector deberá recoger el máximo de radiación solar

El colector debe recibir radiación solar a lo largo del día. Verifique que no haya edificios o árboles que den sombra al lugar potencial de instalación durante el día.

B.- El colector debe ser colocado en un lugar seguro

El sistema se puede dañar, si por ejemplo, animales, niños, etc. caminaran sobre el colector. Verifique si el lugar escogido puede ser cerrado o protegido.

C.- El sistema debe ser instalado tan cerca como sea posible del lugar donde se necesita el agua caliente

En general, la cocina o lavandería de una casa o edificio son los mayores usuarios de agua caliente. Por lo tanto, en la práctica, el sistema será instalado cerca de estos lugares. Una consideración importante es que el conducto del caño de agua caliente no debe ser demasiado largo para evitar una pérdida excesiva de calor.

D.- La conexión existente entre el sistema de agua y la terma solar no debe ocasionar ningún problema

Verifique dónde se encuentra la cañería principal existente y si se puede hacer una desviación cerca al lugar donde se instalaría la terma solar.

EJERCICIO 5: CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

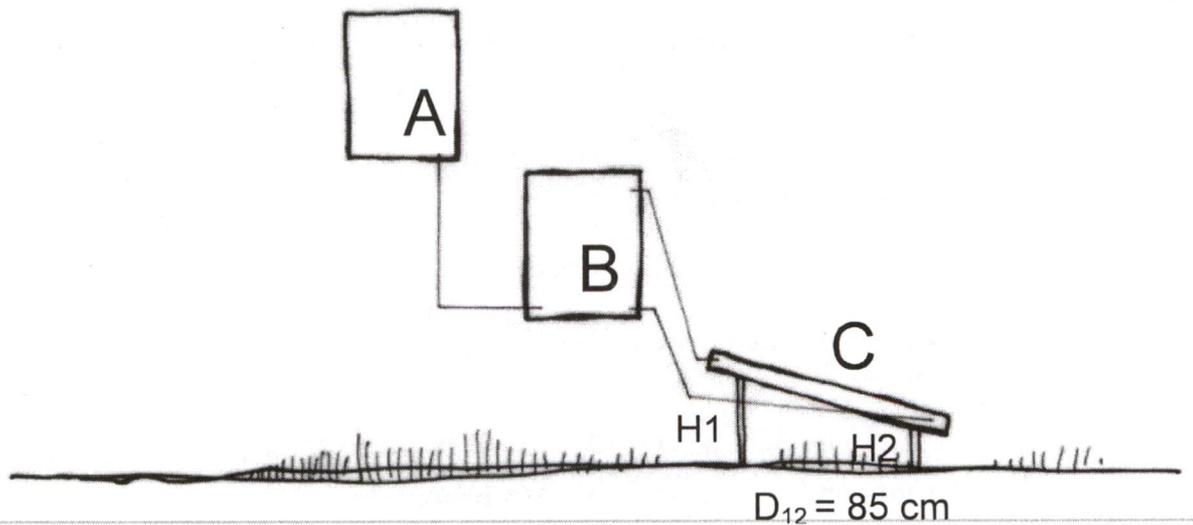
5.1 Introducción

Antes instalar un sistema de terma solar es necesario tomar previsiones de construcción en el lugar seleccionado, de modo que el sistema funcione de acuerdo con el principio de circulación natural.

5.2 Estructura necesaria de soporte

La figura 5.1 presenta un esbozo de la estructura requerida de soporte antes de la instalación del sistema.

Figura 5.1: *Estructura requerida de soporte antes de la instalación de la terma solar*



Se deben tomar en cuenta las siguientes previsiones de construcción (las letras entre paréntesis hacen referencia a las letras de la figura 5.1):

- ❖ Colector (C) - dos puntos de soporte (H_1 y H_2)
- ❖ Tanque de almacenamiento (B) - un punto de soporte ubicado 30 cm más arriba del colector
- ❖ Tanque de recolección de agua (A) (opcional) - sólo tiene que ser construida si no existe ninguna conexión de red de agua confiable

5.3 Cálculo de la altura y el tamaño de la previsión de construcción

Antes de efectuar las previsiones de construcción hay que calcular su altura y tamaño. Los colectores del hemisferio Sur (latitud sur) están dirigidos al Norte. Perú está ubicado entre 0° y 18° , y el ángulo del colector deberá estar entre $15^\circ - 20^\circ$ aproximadamente (se requiere un ángulo mínimo de 15° para evitar que el polvo se quede en el vidrio).

Primero se calcula la altura del punto H_2 , basándose en el modelo de colector construido en el ejercicio previo con una longitud de 1.3 m y con una distancia entre los puntos de soporte H_1 y H_2 de $D_{12} = 85$ centímetros (vea la figura 5.1).

Utilizando la fórmula, se puede calcular la altura entre H_1 y H_2 .
Supongamos que: $\alpha = 15^\circ$ y $D_{12} = 85$ cm

$$\tan \alpha = \frac{H_1 - H_2}{D_{12}}$$

$$\tan 15 = \frac{(H_1 - H_2)}{85} \Rightarrow H_1 - H_2 = \tan 15 \times 85 = 0.269 \times 85 = 22.8 = 23 \text{ cm}$$

Ahora, se puede determinar la altura de la estructura de soporte para el tanque de almacenamiento. Asegúrese de que el fondo del tanque esté por lo menos 30 cm más arriba que la parte superior del colector.

Ejemplo:

- Punto de soporte H_2 tiene una altura de H_2 cm
 - Punto de soporte H_1 tiene una altura de $23 \text{ cm} + 25 \text{ cm} = 48 \text{ cm}$
-

Para la construcción de la estructura de soporte se pueden usar distintos materiales, tales como madera, tubos de metal o concreto.

Materiales para la construcción del soporte: Angulos de 2", 1 platina de 2", Soldadura

EJERCICIO 6: INSTALACIÓN DEL COLECTOR Y DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

6.1 Introducción

Ahora instalaremos el colector y el tanque de almacenamiento en las estructuras de soporte.

La tabla 6.1 presenta una lista de materiales necesarios para la instalación.

Tabla 6.1: *Materiales necesarios para la instalación del colector y el tanque de almacenamiento*

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Placas de madera o metal para el aislamiento del tanque de almacenamiento

Láminas de plástico

Silicona, 2 tubos

Mangueras de plástico flexibles de 16 mm de diámetro interior (4 metros de largo aproximadamente)

4 sujetadores de manguera

1 válvula de globo

Material de aislamiento: poliestireno, lana de vidrio (4 m² de 2" de grosor) o aserrín

Material de aislamiento de tuberías para aislar varias tuberías

Herramientas

Martillo, sierra, cinta de medir, escuadra, destornillador, cuchilla Stanley, soplete, sierra para metales, limas y punzón centrador, lija, tornillos y cinta adhesiva.

6.2 Instalación del colector

La caja del colector deberá colocarse en la estructura de soporte. Los agujeros de ventilación deberán mirar hacia el lado más bajo.

La caja puede ser montada en la estructura de distintas formas. A continuación describimos una de estas formas, el uso de hierro angular:

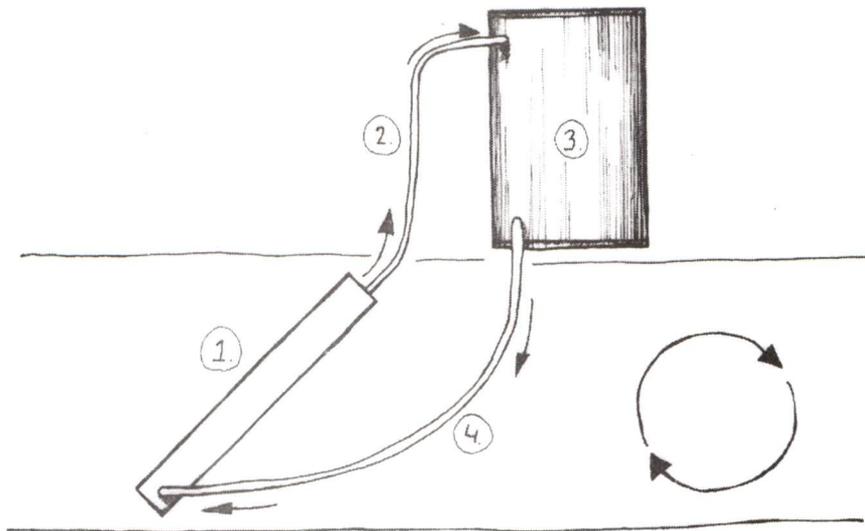
- Perfore dos agujeros en el colector en el lugar donde será colocado el hierro angular.
- Atornille el hierro angular en el colector
- Coloque el colector en la construcción de soporte y marque los lugares donde se harán las perforaciones
- Retire el colector
- Perfore agujeros en los lugares marcados
- Coloque un anillo de silicona selladora alrededor de cada agujero
- Coloque el colector y el hierro angular en posición tanto en la parte superior como inferior
- Atornille el colector

6.3 Instalación del tanque de almacenamiento de agua

Coloque el tanque de almacenamiento en su estructura, de modo que las entradas y salidas puedan ser conectadas con facilidad al colector y al suministro de agua (ver figura 6.1). La instalación del tanque de agua debe llevarse a cabo de la siguiente manera:

- Las dos tuberías de conexión del colector están dirigidas a su instalación.
- La pieza de conexión del agua fría debe de colocarse cerca de la tubería de abastecimiento.
- Las salidas de agua caliente (2) deben apuntar en dirección al tanque.

Figura 6.1: Colocación del tanque de almacenamiento



Luego, se coloca una estructura de madera alrededor del tanque, con la intención de construir el aislamiento para el tanque de almacenamiento. Observe que debe hacerlo de tal manera que:

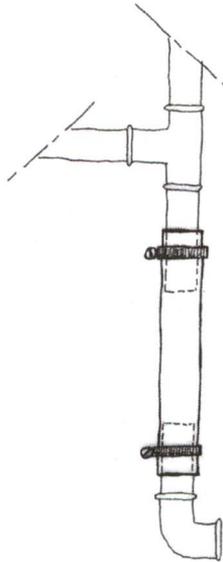
- Haya suficiente espacio alrededor del tanque
- Encaje exactamente en el punto de soporte construido para el tanque de agua.

6.4 Conexión del colector, del tanque de almacenamiento y del suministro de agua

En este ejercicio utilizaremos mangueras flexibles para la conexión, con el fin de ahorrar tiempo en la instalación de las tuberías de metal. Las mangueras flexibles no deben ser utilizadas en la instalación de termas comerciales, ya que no son durables.

Siga los siguientes pasos (ver figura 6.2)

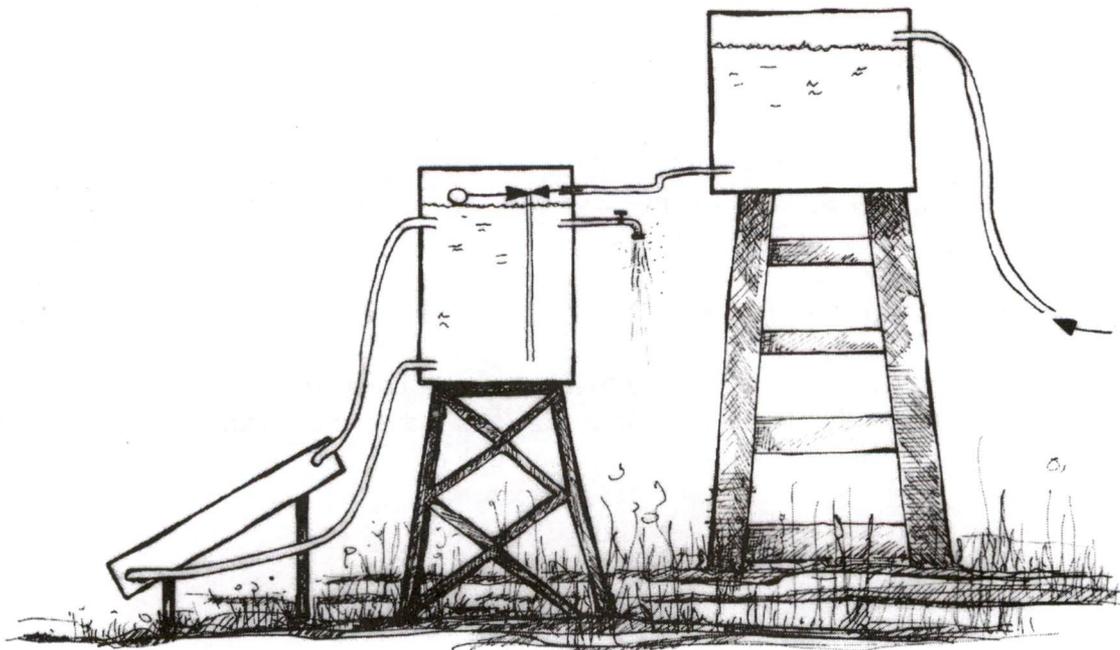
Figura 6.2: *Conexión de manguera flexible*



Paso 1

Fije la tubería de abastecimiento a la tubería de conexión de agua fría del tanque de almacenamiento mediante una manguera flexible con sujetadores de manguera (ver figura 6.3).

Figura 6.3: *Calentador solar en construcción*



Paso 2

Fije el conducto de salida de agua caliente al caño mediante una manguera flexible con sujetadores de manguera.

Paso 3

Abra todo el caño.

Paso 4

Fije el conducto inferior del tanque de almacenamiento a la entrada del colector mediante una manguera flexible con sujetadores de manguera.

Paso 5

Haga que el conducto superior entre el colector y el tanque de agua encaje (recuerde que la manguera flexible no debe doblarse).

Paso 6

Instale la tubería de ventilación (más alta que el tanque de almacenamiento de agua fría) o la válvula de escape de presión en la salida de agua fría.

6.5 Llenado del sistema

Paso 1

Abra el caño del lado del suministro de agua y deje que ésta fluya dentro del tanque.

El agua llena la parte más baja y fluye hacia el colector a través del conducto inferior. Gradualmente, el colector y el tanque de almacenamiento se llenarán de agua de abajo hacia arriba. El agua, calentada por la radiación solar, subirá a los colectores a través del conducto superior unido.

Antes que el agua caliente fluya desde el conducto superior conectado, escaparán algunas burbujas de aire.

Paso 2

Si el conducto superior procesa el agua sin hacer ruido, entonces cierre el caño del agua.

Paso 3

Ahora, fije el conducto superior al tanque de agua.

Paso 4

Abra nuevamente el caño de la tubería de alimentación.

Paso 5

Ahora, ponga atención en el caño.

Cuando la parte superior del tanque esté llena, el agua fluirá al caño vía el conducto de salida. Aquí también se escaparán algunas burbujas de aire antes de que el agua (caliente) salga por el caño.

Paso 6

Tan pronto como el agua sale sin dificultad, deberá cerrar el caño.

Paso 7

Ahora, verifique todos los conductos entre el lado de abastecimiento y el caño. Marque los lugares donde existan posibles filtraciones (por lo general se trata de un conducto que no ha sido ajustado en forma segura).

Paso 8

Cierre el caño y atornille o ajuste las tuberías o conductos de conexión que tienen filtraciones.

Paso 9

Abra nuevamente el caño y verifique el sistema completo una vez más (cuando el sistema funcione sin filtraciones, entonces podrá dar inicio a la parte final).

6.6 Aislamiento y finalización de la terma solar

Es de vital importancia contar con un aislamiento adecuado del tanque de almacenamiento con el fin de tener un sistema de alta eficiencia. Por lo tanto, todos los conductos a través de los cuales fluye el agua caliente deben ser aislados y, por supuesto, el tanque mismo.

A continuación se describen los pasos del proceso para aislar el tanque de almacenamiento y los conductos.

Tanque de almacenamiento

Paso 1

Construya una estructura de madera alrededor del tanque de almacenamiento. Atornille y ajuste con fuerza las láminas de metal (como zinc y aluminio) o de madera (por ejemplo madera contraplacada) alrededor de toda la estructura de madera (ver figura 6.4).

Paso 2

Haga aberturas en los lugares donde hay conexiones.

Paso 3

Una vez terminado el aislamiento de láminas en la parte exterior, se rellena el interior con material aislante tal como poliestireno, lana de vidrio o aserrín, tecnoport, etc.

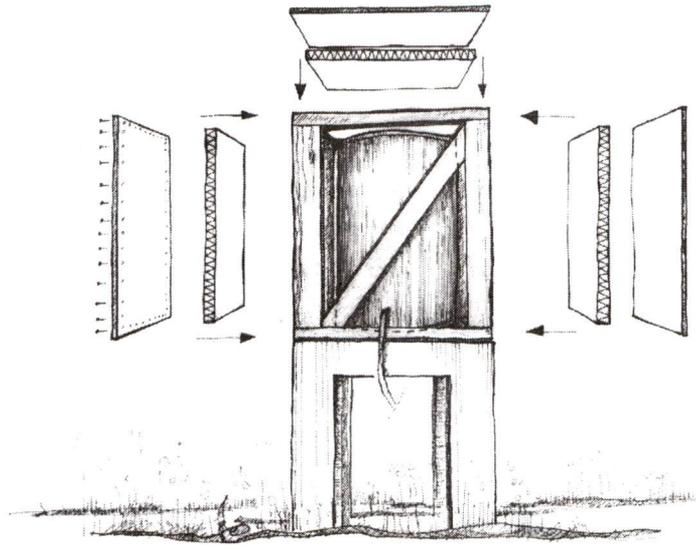
Paso 4

Luego de colocar el aislamiento, cubra toda la parte superior del tanque con plástico.

Paso 5

El tanque de almacenamiento se termina con la construcción de un techo de madera o metal.

Figura 6.4: *Aislamiento exterior con láminas de metal*



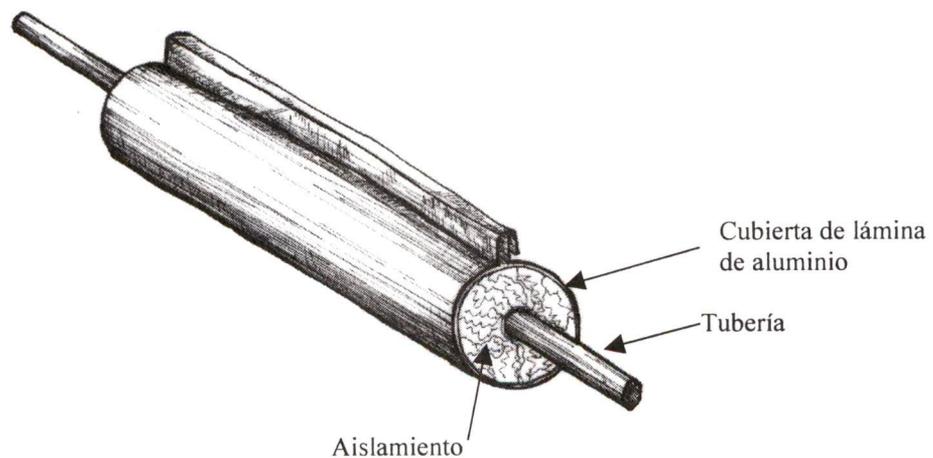
Conductos

Paso 1

Aplique aislamiento a los diferentes conductos hasta que quede hermético: a) enrollando tiras de plástico alrededor del aislamiento y amarrándolas, o b) utilizando aislamiento para tubería con cubierta de aluminio (ver figura 6.5)

El aislamiento deberá ser hermético y resistente a los rayos ultravioletas.

Figura 6.5: *Ejemplo de aislamiento para tuberías utilizando una cubierta de aluminio*



EJERCICIO 7: INSPECCIÓN DE LA TERMA SOLAR INSTALADA

7.1 Introducción

Una vez instalada, la terma solar debe ser inspeccionada. Para esto, deberá utilizarse la lista de verificación para inspección de termas solares (ver anexo A). Esta es una lista detallada y sirve para inspeccionar tanto termas solares comerciales como el sistema construido durante los ejercicios.

7.2 Inspección

Use la lista de verificación del anexo A para inspeccionar la terma solar instalada.

EJERCICIO 8: PRUEBA Y MEDICIÓN DEL SISTEMA INSTALADO

Para probar el funcionamiento básico de una terma solar, mida la diferencia de temperatura entre:

- La entrada y salida del colector
- La entrada de agua fría y la salida de la caliente del tanque de almacenamiento.

Para tener una idea más detallada del funcionamiento de sistema, se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1

Llene la terma solar completamente con agua fría por la mañana (temprano, antes de que la luz del sol caiga sobre el sistema).

Paso 2

Tome la temperatura del agua fría.

Paso 3

Mida la radiación solar durante el día.

Paso 4

Al finalizar el día (después del atardecer), desagüe todo el contenido del tanque (100 litros, por ejemplo) y mida el contenido de energía de esa agua caliente con el medidor de flujo de energía.

Paso 5

Calcule la eficiencia de la terma solar, es decir:

$$E_{ef} = \frac{Q_{salida}}{Q_{entrada}}$$

Nota: Si Ud. desea medir la eficiencia de manera adecuada, deberá repetir esta medición por lo menos durante un par de días o semanas. En lugar de vaciar los 100 litros de una sola vez al final del día, Ud. puede usar también un patrón de vaciado más real (por ejemplo, 5 x 20 litros vaciados durante el día).

EJERCICIO 9: EJERCICIOS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Esta vez el sistema parece fallar. Emplee la lista de verificación que figura en la parte teórica del curso y cuya copia ha sido incluida en este manual, en el Anexo B.

ANEXO A

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA INSPECCIÓN DE TERMAS SOLARES

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA INSPECCION DE TERMAS SOLARES

Fecha.....

Firma.....

Información General¹

		¿En buen estado?	
		Sí	No
*1	No. de Registro		
*2	Inspección		
	tipo de inspección instalación/mantenimiento ²		
	fecha		
	nombre del inspector		
*3	Usuario de la terma		
	Nombre		
	Dirección		
	Código postal, ciudad		
	Teléfono		
*4	Terma Solar		
	Marca y modelo		
	Tipo de sistema termosifón/de circulación forzada ²		
	Año de fabricación		
	Manual disponible sí/no ^{2,3}		
*5	Colector		
	Area (m ²)		
	Número de colectores		
	Tipo de colectores		
	Orientación		
	Inclinación (°)		
6	Sistema eléc. de apoyo		
	Marca y tipo		
	Potencia en kW		

¹ Para inspecciones en una etapa posterior (p.ej. inspecciones de la instalación después de un año), responder solamente las preguntas marcadas con *

² Borre según convenga.

³ Indique con una 'X' en la columna derecha.

Inspección Visual

		Correcto		No	Desco-
		Sí	No	aplicable	nocido
7	Estructura de soporte (fuerte, fijada al techo/ fijada al suelo)	___	___	_____	
*8	Tanque de almacenamiento (ubicación, sin filtraciones, material)	___	___		
9	Aislamiento del tanque de almacenamiento (ajustado, sin aberturas) De conocerse: caída nocturna de temperatura..... °C	___	___		_____
10	Conexión de las tuberías desde el tanque de almacenamiento hasta el colector y los puntos del usuario (posición correcta, aislamiento, válvula de salida de aire)	___	___		
11	Válvula de retención (posición correcta)	___	___	_____	
12	Colocación de las tuberías de circulación entre el colector y el tanque (inclinación correcta, sin codos angulosos, válvula de salida de aire)	___	___		
*13	Aislamiento de las tuberías de circulación (extensión completa, material resistente a la intemperie, condición de aislamiento)	___	___		
14	Posición del tanque de expansión, tubería de ventilación o válvula de seguridad	___	___	_____	
15	Sensores del colector (correctamente unidos a las tuberías de circulación de agua fría y caliente)	___	___	_____	
*16	Bomba de circulación (posición, tamaño.....hp/kW ²) Bomba stand by (posición, tamaño.....hp/kW ²)	___	___	___	_____
17	Unidad de control (posición, tipo DTC/FTC ²)	___	___	___	
18	Cables del sensor (Conexiones apropiadas, tamaño correcto y cables de aislamiento)	___	___	___	
*19	Sistema eléctrico de apoyo a un interruptor manual (ubicación) b regulación del termostato.....°C, rango.....°C c cableado eléctrico apropiado	___	___	___	
		___	___		

b) Control de Temperatura Diferencial (CTD)

1) Dé inicio a la prueba:

Anote la regulación del CTD: $T_{CTD} = \dots\dots\dots^\circ\text{C}$

Mida la temperatura de la entrada del colector T_{in}

= $\dots\dots\dots^\circ\text{C}$

Mida la temperatura de la salida del colector T_{out}

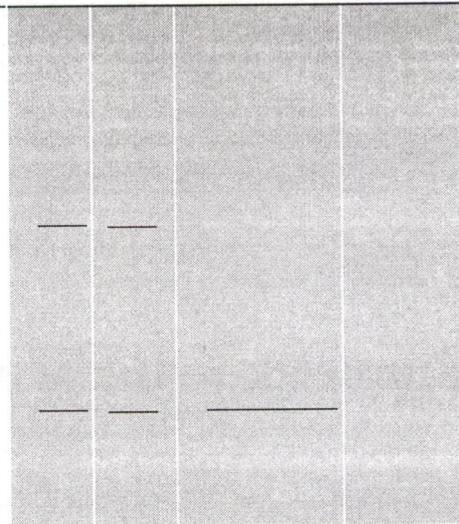
= $\dots\dots\dots^\circ\text{C}$

Verifique: $(T_{out} - T_{in})$ deberá ser más alta que T_{CTD}

2) Finalice la prueba (opcional):

Si es posible enfríe el sensor "caliente" o caliente el sensor "frío":

Verifique: la bomba debe apagarse



ANEXO B

GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

No hay agua en el caño de agua caliente

- * Verifique el suministro de agua fría; la válvula colocada en la salida de agua fría deberá estar abierta y el tanque de almacenamiento de agua fría deberá estar lleno.

El sistema sólo abastece de agua fría

- * Esto es normal en días muy nublados. Una terma solar sólo calienta agua cuando hay sol o pocas nubes. Para un suministro inmediato de agua caliente use el sistema eléctrico de apoyo si es necesario.
- * Si el uso de agua excedió su capacidad máxima para ese día, la terma solar necesitará más tiempo para calentar nuevamente agua. Para tener agua caliente inmediatamente, use el sistema eléctrico de apoyo si es necesario.
- * Si ninguno de los puntos anteriores es relevante, revise que no haya obstrucciones en el circuito del colector. La fuerza del efecto termosifón que hace circular el agua es bastante débil, y puede detenerse por causa de pequeñas burbujas de aire en el colector o por dobladuras en las tuberías entre el tanque de almacenamiento y el colector. Verifique la circulación estimando la temperatura en la entrada y salida de las tuberías cercanas al colector. Cuando hay sol, la temperatura de salida deberá ser mucho más alta que la temperatura de entrada. ¡Tenga cuidado: la tubería de salida puede estar muy caliente! Si no logra detectar una circulación de efecto termosifón (y no hay codos en las tuberías), es probable que haya burbujas de aire en el sistema. Desagüe el colector y vuelva a llenarlo.

Por la noche hay un gran descenso en la temperatura del agua (más de 10°C)

- * Verifique el aislamiento alrededor del tanque. Las paredes calientes del tanque y las tuberías cercanas al mismo, no deben estar expuestas al frío de la noche.
- * Asegúrese que el aislamiento esté seco. Si está mojado por causa de la lluvia que se filtra a través del revestimiento o de una filtración en el tanque, entonces el sistema no mantendrá caliente el agua.
- * Asegúrese que el tanque esté colocado por lo menos a un pie (30 cms) más arriba que el colector. El flujo de circulación de un sistema de efecto termosifón puede enfriarse durante la noche si existe una diferencia de altura demasiado pequeña entre el tanque y el colector.

El sistema sólo abastece de agua tibia

- * Asegúrese que la cubierta de vidrio esté limpia. Si está sucia, la eficiencia de la terma solar se reducirá. Limpie el vidrio cuando sea necesario.
- * Asegúrese que los obstáculos no den sombra al colector. De ser posible, retírelos.
- * Asegúrese de haber instalado una válvula de retención en la tubería de salida de agua caliente. Si no ha instalado una, y si su sistema tiene caños que mezclan el agua (para la

- * ducha), el agua fría puede fluir dentro del tanque de almacenamiento, ya que la presión en la línea de la fría siempre es mayor que la presión en la línea de agua caliente. Si no cuenta con una válvula de retención, el agua fría podría mezclarse con la caliente, y la temperatura en el tanque descendería. La solución es instalar una válvula de retención o instalar líneas y caños independientes para agua fría y caliente.
- * Revise el aislamiento alrededor del tanque de agua, del colector y de las tuberías. Si el aislamiento está dañado o mojado, puede haber una gran pérdida de calor. Repare los pequeños agujeros en el revestimiento o aislamiento.

Hay condensación en el interior de la cubierta de vidrio del colector

- * Si esto ocurre sólo en las mañanas frías, no hay problema. El aire en la caja del colector siempre contiene algo de humedad que puede condensarse sobre la cubierta de vidrio si ésta está fría. Tan pronto como salga el sol, la condensación deberá desaparecer.
- * Si la condensación no desaparece al salir el sol, probablemente se trate de una filtración, ya sea en el sello de la cubierta de vidrio o en el absorbente. Ud. puede reparar las filtraciones visibles en el sello de la cubierta de vidrio utilizando un juego de reparación resistente a la intemperie. Un colector con filtraciones debe ser cambiado o reparado.

La terma solar está filtrando agua

- * Trate de determinar el origen de la filtración de agua. Si no se trata de agua de lluvia, localice y repare la filtración.

No hay suministro de agua caliente aún cuando la terma eléctrica está prendida

- * Prenda el sistema eléctrico de apoyo. Si no hay agua caliente después de 30 minutos, verifique que el termostato haya sido regulado a la temperatura correcta. Para tomar una ducha confortable bastará con 40°C, y para lavar unos 50 - 60°C.
- * Si el termostato ha sido regulado correctamente, verifique si el fusible se ha quemado (reemplácelo), o si ha habido corte de corriente (en ese caso, espere hasta que regrese la corriente).
- * Verifique que el sistema eléctrico de apoyo esté bien conectado. Si continúa sin funcionar, consulte a un electricista o a su instalador.

Impreso en los talleres de
GOVI - 4 E.I.R.L
R.U.C. 11080871
Av. Petit Thouars 1887 - Lince
Telefax: 265-6273
Lima - Perú