



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA

**“Diseño de un manual para el desarrollo de un calentador solar doméstico”**

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECÁNICO PRESENTA:

OSCAR MARCELO ARIAS JAIME

DIRECTOR DE TESIS:

ING. MARIANO GARCIA DEL GALLEGO

México D.F. 2009

# Índice

Pag.

Introducción.....1

Objetivos.....3

## Capítulo 1 – Calentador solar y principios de energía solar.

1.1 Radiación Solar. ....5

1.2 Valores de radiación para las principales ciudades de la República Mexicana.....8

1.3 Factores que impiden el aprovechamiento total de la energía solar.....10

1.4 Calentadores solares.....11

1.5 Partes que conforman el calentador solar.....12

## Capítulo 2 - Análisis y Diseño

2.1 Diseño de configuración y selección de materiales.....14

2.2 Diagrama de instalación.....17

2.3 Análisis del calentador solar.....19

2.4 Costos y materiales del calentador solar.....23

## Capítulo 3 - Manual para el diseño e instalación de un calentador solar.

3.1 Consideraciones preliminares.....26

3.2 Manual para la construcción de un calentador solar doméstico.....26

## Capítulo 4 - Conclusiones.

4.1 Conclusiones.....46

## Anexos

A.1 Mediciones estadísticas de temperaturas.....47

A.2 Planos de partes.....58

Bibliografía.....70

# **Diseño de un manual para el desarrollo de un calentador solar doméstico.**

## **Introducción.**

El uso desmedido de los recursos naturales, y de los recursos no renovables; empleados para la obtención de energía, tales como el petróleo y el gas natural, han propiciado la escasez y la continua desaparición de estos. Trayendo como consecuencia una gran diversidad de problemas para la sociedad: calentamiento global, volatilidad de precios en el petróleo, volatilidad de precios en el gas natural, desaparición de recursos naturales, destrucción de ecosistemas, etc.

Por otra parte la mala proyección a futuro del uso de los recursos energéticos de manera sustentable, ha incentivado la investigación y desarrollo de nuevos medios para la obtención de la energía; las cuales no se basen en recursos no renovables, como: energía eólica, biomasa, energía mare motriz, etc.; o bien contaminen en la menor medida posible el medio ambiente, estas energías se denominan energías limpias o energías alternas.

La generación de esta consciencia ecológica nos ha hecho voltear a ver fuentes de energía, como el sol; una de las más grandes fuentes de energía limpia y renovable en nuestro planeta, el cual nos hace llegar su energía mediante radiación solar.

En esta tesis haremos uso de la radiación solar, para beneficio del ser humano, transformando este tipo de energía en calor, mediante el desarrollo de un sistema que se encargará de captar la radiación solar y convertirla en agua caliente, para diversas aplicaciones domesticas.

El uso de un calentador solar dentro de un hogar trae una gran variedad de beneficios, desde la reducción en el consumo de energéticos para las aplicaciones donde se emplee agua caliente, hasta la creación de una consciencia ecológica dentro de la familia.

Es de vital importancia el uso de energía no renovable, para preservar el desarrollo del ser humano; sin embargo la falta de difusión de esta información y la falta de consciencia ecológica dentro de la población han traído como consecuencia, el desconocimiento de la temática. Más aún al momento de consultar bibliografía referente al tema, observamos que si bien es muy completa, esta nos es accesible por la mayoría de la población debido a que cuenta con una gran cantidad de términos técnicos, lo cual no facilita el entendimiento al lector.

En base a lo anterior me di a la tarea de realizar un manual, de fácil entendimiento para la elaboración de un calentador solar, el cual agrupa todo el conocimiento técnico para la fabricación e instalación del mismo, de manera sencilla y practica, empleando material de fácil obtención; siendo que a la energía solar, toda la población tiene acceso.

En el primer capítulo explicaremos los principios de la energía solar que van a interactuar con el calentador; así como los principios de funcionamiento del mismo, haciendo uso de diversa bibliografía respecto al tema.

En el segundo capítulo analizaremos las condiciones bajo las cuales va a operar el calentador solar, estableceremos un diseño de configuración y en base a esto haremos un análisis de transferencia de calor para determinar la efectividad del sistema en el aprovechamiento de la energía.

En el tercer capítulo se integrara el manual, que se desarrollo para la construcción e instalación del calentador solar; ya con las bases teóricas presentadas con anterioridad.

En el cuarto capítulo estableceremos las conclusiones obtenidas en el desarrollo del trabajo, y si estas cumplieron con los objetivos previamente presentados.

Para el desarrollo del trabajo nos apoyaremos en varias áreas de la mecánica, no citadas de manera directa, tales como: diseño, manufactura, transferencia de calor, materiales, entre otras.

## **Objetivos.**

Diseñar y desarrollar un manual para la fabricación e instalación de un calentador solar, de fácil comprensión, dirigido a personas con conocimiento en el uso de herramientas y materiales comerciales; aprovechando la mayor cantidad de energía posible, haciendo un análisis de las temperaturas alcanzadas por este.

# 1 – Calentador solar y principios de energía solar.

## 1.1 Radiación Solar.

El sol, como uno de los máximos proveedores de energía en el planeta, es capaz de generar en su interior una gran cantidad de energía mucho mayor a la otorgada por cualquier fuente de recurso no renovable de gas o petróleo.

El sol es una estrella con una masa 334,000 veces mayor que la tierra, que está formada principalmente de hidrógeno (80%) y helio (18%). Su masa es de alrededor de 20,000 trillones de kilogramos ( $1.987 \times 10^{30}$  kg). Debido a esta enorme masa, la atracción gravitacional al interior del sol permite alcanzar en su centro presiones de más de 0.1 billones de atmósferas y temperaturas superiores a los diez millones de grados centígrados. En estas condiciones es posible tener reacciones termonucleares. La reacción principal que ocurre es la fusión de una pareja de átomos de hidrógeno para formar un átomo de helio, lo cual libera una gran cantidad de energía en forma de radiación.

Para poder cuantificar la energía contenida en la radiación solar se habla del valor instantáneo que tiene esta radiación o de la energía que llega en un cierto periodo de tiempo. El valor instantáneo es la energía que llega por cada unidad de tiempo y por cada unidad de área, se conoce como *irradiancia* y comúnmente se representa con el símbolo *G*. Las unidades de irradiancia son Watt sobre metro cuadrado [W/m<sup>2</sup>].

Si bien toda la energía del sol (63.5 millones de W/m<sup>2</sup>) no es recibida directamente por la Tierra; ya que se distribuye por el espacio, el valor medio de esta, en el exterior de la atmosfera (a 149.6 km de distancia), el valor de esta irradiancia se conoce como constante solar y es de:

$$G_{CS} = 1367 \text{ W/m}^2$$

Este valor se estableció a partir de 1980 haciendo mediciones por más de un siglo, el valor de la constante solar, no ha variado a partir de ese momento por más del 1% a pesar de que ya se cuentan con instrumentos más exactos, para cuantificarla.

La radiación solar emitida es el resultado de la emisión y absorción de la energía de radiación de diferentes longitudes de onda, fenómenos que tienen lugar en diversas capas de la esfera solar hasta llegar a la fotosfera, produciendo el espectro típico de la radiación solar.

Para la medición de la constante solar se ha dividido el espectro de radiación electromagnética de origen solar en tres principales regiones espectrales: Infrarrojo Cercano (IRC), Visible y Ultra Violeta (UV). Las dos primeras regiones corresponden a radiación de longitud de onda mayor a 400 nm, mientras que la región de la radiación Ultra Violeta corresponde a todas las radiaciones de longitudes de onda menores a 400 nm; sin embargo la radiación solar adquiere valores significativos entre .2 y 4.0 nm.

Una vez que la radiación atraviesa las distintas capas de la atmosfera, se tienen presentes dos tipos de radiación: radiación directa, y radiación difusa.

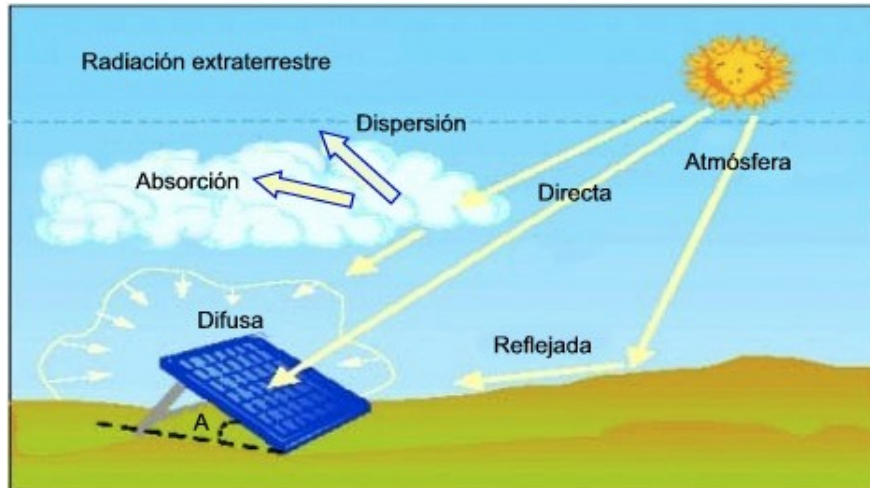


Figura 1. Tipos de radiación.

La suma de estas dos radiaciones da como resultado la radiación total o bien la radiación con la cual tiene contacto la Tierra.

- Radiación directa: radiación que llega a la superficie de la tierra en forma de rayos provenientes del sol sin cambios de dirección.
- Radiación difusa: componente de la radiación solar que al encontrar pequeñas partículas en su camino hacia la tierra, es difundida en todas las direcciones.
- Radiación global: toda la radiación que llega a la tierra, resultado de la componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa.

Para medir la radiación solar se utilizan radiómetros solares como los piranómetros o solarímetros y los pirheliómetros. Según sus características pueden servir para medir la radiación solar global (directa más difusa), la directa (procedente del rayo solar), la difusa, la neta y el brillo solar.



Figura 2. Piranómetro.

El *piranómetro*, es el instrumento más usado en la medición de la radiación solar (ver Fig. 11). Mide la radiación directa y difusa (global) sobre una superficie horizontal, obtenida a través de la diferencia de

calentamiento de dos sectores pintados alternativamente de blanco y negro en un pequeño disco plano. Además, tiene instalado una cúpula de vidrio óptico transparente para filtrar la radiación entre las longitudes de onda que oscilan aproximadamente entre 280 y 2.800 nm

La energía solar llega en forma de radiación electromagnética o luz. La radiación electromagnética, son ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica y se puede ordenar en un espectro en diferentes longitudes de onda. La energía de una fracción diminuta de radiación, llamada fotón, es inversamente proporcional a su longitud de onda, entonces a menor longitud de onda mayor contenido energético.

El sol emite energía en forma de radiación de onda corta, principalmente en la banda del ultravioleta, visible y cercano al infrarrojo, con longitudes de onda entre 0,1 y 4 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) (100 a 4.000 nanómetros):

- La región visible ( $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ ) corresponde a la radiación que puede percibir la sensibilidad del ojo humano e incluye los colores: violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo.
- La radiación ultravioleta (UV) es una forma de energía radiante invisible que cubre el rango de longitudes de onda entre los 100 y los 400 nanómetros y usualmente es clasificada en tres categorías de acuerdo con la longitud de onda: UV-A (entre 315 y 400 nm), UV-B (entre 280 y 315 nm) y UV-C (entre 100 y 280 nm).

La radiación solar viaja a través de la atmósfera terrestre antes de llegar a la superficie y en este recorrido toda la radiación UV-C y el 90% de la UV-B es absorbida por gases como el ozono, vapor de agua, oxígeno y dióxido de carbono, mientras que, la radiación UV-A es débilmente absorbida en la atmósfera. Debido a lo anterior, la radiación UV que alcanza la superficie de la tierra está compuesta en gran parte por la radiación UV-A y en menor grado por la UV-B. Mientras más corta sea la longitud de onda de la radiación UV, biológicamente es más dañina.

- La región del infrarrojo entre los 700 y los 4000 nanómetros.

A cada región le corresponde una fracción de la energía total incidente en la parte superior de la atmósfera distribuida así: 7% al ultravioleta; 47,3% al visible y 45,7% al infrarrojo.

Es importante observar que la órbita de la Tierra alrededor del sol es elíptica, por lo cual la distancia de la Tierra al sol varía a lo largo del año, dando lugar a que la irradiancia que llega al exterior de la atmósfera también sufra variaciones. Estas variaciones son como máximo del 6.6%.

## **1.2 Valores de radiación para las principales ciudades de la República Mexicana.**



En 1975 el Instituto de Ingeniería de la UNAM generó la primera versión de los mapas de irradiación global diaria promedio mensual para México, utilizando datos de insolación de 54 estaciones meteorológicas del Sistema Meteorológico Nacional (SMN). Posteriormente, mediante la ampliación de la base de datos proporcionada por el SMN, se publicó la actualización de dichos mapas de irradiación. El modelo aplicado por Rafael Almanza, investigador del Instituto de Ingeniería, tiene desviaciones menores del 10 por ciento y fue desarrollado en la India, situación que hizo más confiable su aplicación en México, ya que tanto la latitud, como los climas en ambos países son semejantes. Actualmente este modelo es el más consultado en México para estimar las cantidades totales de radiación diarias sobre superficies horizontales<sup>4</sup>.

Las mediciones que se han efectuado sobre la superficie terrestre, para conocer los valores de radiación ( W/m<sup>2</sup> ), en distintas regiones a lo largo del año, los podemos encontrar en: “mapas de irradiación global diaria promedio mensual para México”.

Para el caso de la república mexicana los valores estimados son los siguientes:

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Sonora	Hermosillo	4.0	4.6	5.4	6.6	8.3	8.6	6.9	6.6	6.7	6.0	4.7	3.9	3.9	8.6	6.0
Sonora	Guaymas	4.5	5.7	6.5	7.2	7.3	6.8	5.9	5.8	6.3	5.9	5.1	5.6	4.5	7.3	6.0
Chihuahua	Chihuahua	4.1	4.9	6.0	7.4	8.2	8.1	6.8	6.2	5.7	5.2	4.6	3.8	3.8	8.2	5.9
Coahuila	Piedras Negras	3.1	3.6	4.2	4.5	4.8	6.0	6.7	6.3	4.9	4.1	3.3	2.9	2.9	6.7	4.5
Coahuila	Saltillo	3.8	4.2	4.8	5.1	5.6	5.9	5.9	5.6	5.2	4.4	3.6	3.3	3.3	5.9	4.8
Nuevo León	Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
San Potosí	Luis Río Verde	3.6	4.0	4.6	4.9	5.4	5.6	5.8	5.8	5.1	4.3	3.7	3.3	3.3	5.8	4.7
San Potosí	Luis San Potosí	4.3	5.3	5.8	6.4	6.3	6.1	6.4	6.0	5.5	4.7	4.2	3.7	3.7	6.4	5.4
Zacatecas	Zacatecas (La Bufa)	4.9	5.7	6.6	7.5	7.8	6.2	6.2	5.9	5.4	4.8	4.8	4.1	4.1	7.8	5.8
Campeche	Campeche	4.0	4.1	5.5	5.8	5.5	4.9	4.9	5.1	4.7	4.4	4.2	3.7	3.7	5.8	4.7
Guanajuato	Guanajuato	4.4	5.1	6.1	6.3	6.6	6.0	6.0	5.9	5.8	5.2	4.8	4.6	4.4	6.6	5.6
Colima	Colima	4.4	5.1	5.3	5.8	6.0	5.2	4.9	5.0	4.6	4.4	4.4	3.9	3.9	6.0	4.9
Colima	Manzanillo*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Aguascalientes	Aguascalientes	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
Guerrero	Chilpancingo	4.1	4.5	4.9	5.2	5.2	5.2	5.1	5.1	4.7	4.4	4.1	3.8	3.8	5.2	4.7
Guerrero	Acapulco	4.8	5.3	6.1	5.9	5.6	5.1	5.3	5.4	4.9	5.2	5.0	4.7	4.7	6.1	5.3
Nayarit	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	4.9	5.3	4.4	4.4	4.0	4.8	3.9	6.1	4.8
Veracruz	Tuxpan	3.1	3.8	4.4	4.8	4.7	4.4	4.7	5.5	4.4	4.1	3.4	3.1	3.1	5.5	4.2
Veracruz	Córdoba	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.6	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.6	3.7
Veracruz	Orizaba	3.3	3.5	3.9	4.2	4.9	4.4	4.5	4.6	4.3	3.6	3.3	3.1	3.1	4.9	4.0
Veracruz	Jalapa	3.2	3.5	3.8	4.3	4.6	4.4	4.9	5.0	4.4	3.7	3.3	3.0	3.0	5.0	4.0
Veracruz	Veracruz	3.7	4.5	4.9	5.1	5.1	4.8	4.7	5.1	4.6	4.8	4.1	3.6	3.6	5.1	4.6
Chiapas	Comitán	4.1	4.4	4.8	4.9	5.1	4.8	5.5	5.5	4.8	4.0	4.0	3.7	3.7	5.5	4.6
Chiapas	Arriaga	5.1	5.4	5.5	5.9	5.6	5.2	5.9	5.5	5.1	5.3	5.1	4.7	4.7	5.9	5.4
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	3.8	4.4	4.6	4.8	5.3	5.1	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	3.7	3.7	5.4	4.7
Chiapas	San Cristóbal	4.0	4.3	4.5	4.5	4.8	4.7	5.4	5.3	4.6	4.2	3.9	3.7	3.7	5.4	4.5
Chiapas	Tapachula	5.4	4.9	4.8	4.6	4.7	4.7	5.2	5.1	4.6	4.1	4.3	4.1	4.1	5.4	4.7
Quintana Roo	Chetumal	3.9	4.7	5.4	5.7	5.3	4.7	4.9	5.0	4.5	4.4	4.0	3.7	3.7	5.7	4.7
Quintana Roo	Cozumel	3.9	4.6	5.3	5.7	5.2	4.8	4.9	4.9	4.6	4.4	4.0	3.8	3.8	5.7	4.7
Oaxaca	Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	6.4	6.1	5.0	5.6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5.0	6.6	5.8
Oaxaca	Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6.0	5.4	5.9	5.6	5.0	4.9	4.8	4.4	4.4	6.0	5.3
Jalisco	Colotlán	4.6	5.7	6.5	7.5	8.2	6.6	5.8	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9
Jalisco	Lagos de	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2	6.1	5.8	5.6	5.5	5.0	4.7	4.0	4.0	7.2	5.5

	<b>Moreno</b>															
Jalisco	Guadalajara	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5.3	5.3	5.2	4.9	4.8	4.0	4.0	7.7	5.6
Durango	Durango	4.4	5.4	6.5	7.0	7.5	6.8	6.0	5.6	5.7	5.1	4.8	3.9	3.9	7.5	5.7
Tamaulipas	Soto la Marina	3.4	4.2	4.9	4.9	5.1	5.3	5.4	5.4	4.9	4.6	3.7	3.2	3.2	5.4	4.6
Tamaulipas	Tampico	3.3	4.1	4.7	6.4	5.0	4.9	4.9	4.9	4.6	4.6	3.7	3.2	3.2	6.4	4.5
Yucatán	Progreso	4.1	4.9	5.4	5.5	5.3	5.1	5.3	5.3	5.0	5.0	4.4	4.0	4.0	5.5	4.9
Yucatán	Valladolid	3.7	4.1	3.1	5.4	5.7	5.3	5.4	5.4	4.9	4.2	3.8	3.5	3.1	5.7	4.5
Yucatán	Mérida	3.7	4.0	4.6	5.2	5.7	5.5	5.7	5.5	5.0	4.2	3.8	3.4	3.4	5.7	4.7
Baja California	La Paz	4.4	5.5	6.0	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
Baja California	San Javier	4.2	4.6	5.3	6.2	6.5	7.1	6.4	6.3	6.4	5.1	4.7	3.7	3.7	7.1	5.5
Baja California	Mexicali	4.1	4.4	5.0	5.6	6.6	7.3	7.0	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Sinaloa	Mazatlán	3.9	4.8	5.4	5.7	5.7	5.6	4.8	4.9	4.7	5.0	4.5	3.9	3.9	5.7	4.9
Sinaloa	Culiacán	3.6	4.2	4.8	5.4	6.2	6.2	5.4	5.1	5.2	4.6	4.2	3.4	3.4	6.2	4.9
Querétaro	Querétaro	5.0	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5.0	4.4	4.4	6.9	5.9
D.F.	Tacubaya	4.4	5.2	5.8	5.8	5.7	5.1	4.9	4.9	4.7	4.4	4.2	3.8	3.8	5.8	4.9
México	Toluca	4.4	4.9	5.3	5.4	5.2	5.2	4.9	4.9	4.6	4.4	4.2	3.9	3.9	5.4	4.8
México	Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5.2	5.2	5.0	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Tlaxcala	Tlaxcala	4.6	5.1	5.5	5.4	5.6	5.2	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4.0	4.0	5.6	5.1
Puebla	Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5.0	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Hidalgo	Pachuca	4.6	5.1	5.6	6.8	6.0	5.7	5.9	5.8	5.3	4.9	4.6	4.2	4.2	6.8	5.4
Michoacán	Morelia	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5.0	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Morelos	Cuatla	3.2	3.9	4.7	5.5	5.7	5.4	5.4	5.3	4.6	4.4	3.7	3.1	3.1	5.7	4.6
Sonora	Nogales	3.1	3.9	5.2	6.5	7.0	7.0	6.1	5.6	5.2	4.3	3.5	2.9	2.9	7.0	5.2
Veracruz	Poza Rica	3.1	4.0	5.0	5.9	6.4	6.1	5.8	5.9	5.1	4.8	3.3	3.1	3.1	6.4	5.0
Quintana Roo	Playa del Carmen	4.1	5.0	5.8	6.6	6.3	6.1	6.1	6.0	5.3	4.8	4.3	3.9	3.9	6.6	5.3
Chihuahua	Cd. Juárez	3.1	3.9	5.2	6.4	6.9	7.0	6.4	5.6	5.0	4.2	3.5	2.9	2.9	7.0	5.0
Tamaulipas	Matamoros	2.9	3.9	5.3	6.0	6.7	7.0	6.8	6.7	5.5	5.1	3.7	2.8	2.8	7.0	5.5
Guerrero	Cd. Altamirano	4.8	5.5	6.4	6.7	6.6	5.7	5.9	5.8	5.2	5.3	5.0	4.1	4.1	6.7	5.6
Veracruz	San Andrés Tuxtla	3.5	4.4	5.6	6.6	6.5	5.8	5.8	5.6	4.9	4.6	3.9	3.4	3.4	6.6	5.2
Tamaulipas	Reynosa	2.6	3.5	4.6	5.3	5.7	6.0	6.1	5.7	4.8	4.4	3.3	2.5	2.5	6.1	4.5
Sonora	San Luis Río Colorado	3.4	3.8	4.9	6.2	7.3	7.4	6.9	6.1	5.1	4.05	3.3	2.8	2.8	7.4	6.0
Sonora	Cd. Obregón	3.6	4.5	5.9	7.1	7.7	7.5	6.07	5.8	5.6	4.9	4.09	3.4	3.4	7.7	5.7

Mínimo	3.1	3.3	3.1	3.8	4.1	4.4	4.5	4.5	4.1	3.5	3.1	2.8	2.8	4.5	3.7
Máximo	5.4	6.3	6.6	7.5	8.3	8.6	7.0	6.6	6.7	6.0	5.7	5.6	5.4	8.6	6.7
Promedio	4.1	4.7	5.3	5.7	5.9	5.6	5.6	5.5	5.1	4.7	4.3	3.8	3.8	5.9	5.0

Valores de radiación (KW/m<sup>2</sup>) para la republica mexicana<sup>4</sup>.

Actualmente tenemos que existen herramientas computacionales para obtener los valores de radiación, más actuales. El programa SSCA15 (Sistemas solares para el calentamiento de agua), el cual puede ser obtenido de manera gratuita en la página: [http://www.conae.gob.mx/programas/ssca/Manual\\_SSCA.shtml#Resultados](http://www.conae.gob.mx/programas/ssca/Manual_SSCA.shtml#Resultados) , nos permite ingresar distintas variable de nuestro sistema de calentamiento de agua solar, y obtener resultados; no solo en el aprovechamiento de la energía. Algunos resultados que pueden ser arrojados por el programa:

- Resultado del análisis
- Número de usuarios

- Área de colectores recomendada
- Tanque de almacenamiento
- Vida útil del sistema calentador solar
- Precio estimado del sistema
- Ahorro mensual de gas (L.P. o natural)
- Beneficio/Costo
- Valor Presente Neto
- Recuperación de la Inversión

### **1.3 Factores que impiden el aprovechamiento total de la energía solar.**

**Existen varios factores que impiden el aprovechamiento total de la energía solar, algunos de ellos son los siguientes:**

- La cantidad de horas sol que tenemos a lo largo del día varían, es decir los  $\text{KW/m}^2$ , en distintas regiones y a distintas horas cambian, el promedio dentro de la república es de  $5 \text{ kWh/m}^2\text{-día}$ .
- La energía que llega es muy difusa, y es muy pequeña por unidad de tiempo y de área, por lo cual se trata de aprovechar al máximo.

Dentro de los factores que impiden el aprovechamiento del sistema, existen algunos que son inherentes a la construcción, el diseño y/o la instalación del sistema:

- Pueden existir distintas fugas energéticas, ocasionadas por un mal aislamiento térmico en su construcción o bien una mala soldadura de serpentín de cobre, lo cual puede disminuir la conductividad térmica.
- Al momento de la instalación deben verificarse que no existan sombras sobre la superficie del colector a lo largo del año.

Para el desarrollo del colector tomamos en cuenta estos parámetros.

### **1.4 Calentadores solares.**

Los calentadores solares pueden ser catalogados en distintas maneras; tal es el caso cuando se emplea el fluido de trabajo directamente o mediante un intercambiador de calor, calentadores solares directos e indirectos.

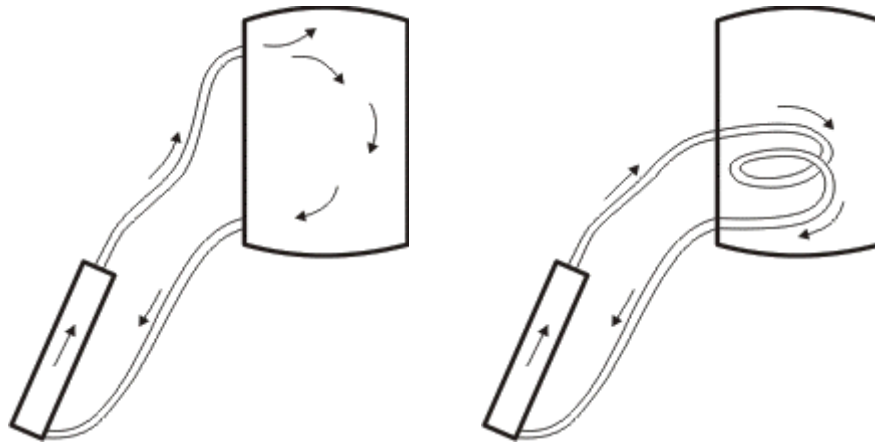


Figura 3. Calentador solar directo y Calentador solar indirecto.

También se pueden catalogar en base al sistema de circulación del agua al interior; cuando existe una circulación natural por una diferencia de densidades, o bien cuando se emplea una bomba, termosifón y por bomba.

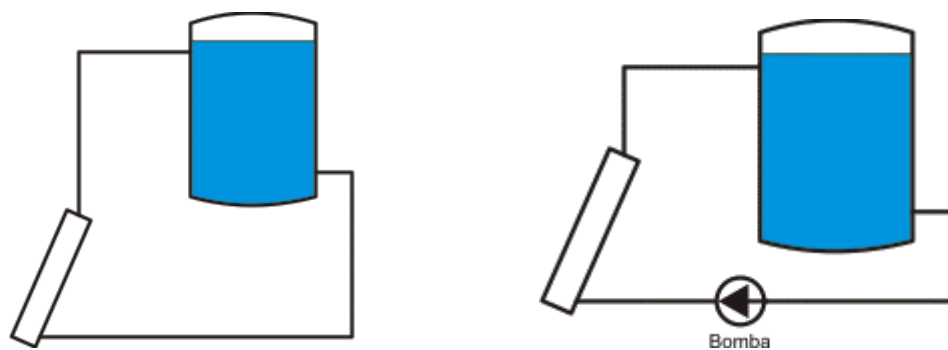


Figura 4. Termosifón y Bomba

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NMX-ES-001-NORMEX-2005), referente a sistemas de calentadores solares, cataloga los calentadores solares de acuerdo a sus colectores<sup>5</sup>:

- 1) Colector solar metálico cubierto.
- 2) Colector solar metálico descubierto.
- 3) Colector solar de plástico cubierto.
- 4) Colector solar de plástico descubierto.

Cada uno se encuentra descrito de la siguiente manera:

El colector solar metálico cubierto consiste de un elemento que actúa como absorbedor, el cual generalmente está cubierto con un material que permite una máxima absorción de la energía solar. Éste se encuentra dentro de una caja que lo protege del ambiente, además de darle rigidez. Cuenta con un aislamiento térmico en la parte inferior y las caras laterales de la caja. La parte superior es una cubierta transparente que permite el paso de la radiación solar y evita las pérdidas de calor por convección del viento sobre el absorbedor.

El colector solar metálico descubierto es un elemento fabricado de lámina metálica en el cual la superficie que absorbe la radiación solar es esencialmente la superficie del colector solar.

El colector solar de plástico descubierto es un elemento fabricado de plástico en el cual la superficie que absorbe la radiación solar es esencialmente la superficie del colector solar.

El colector solar de plástico cubierto es un elemento con absorbedor de plástico y cubierta transparente.

El calentador que desarrollamos es del tipo colector solar metálico cubierto.

### 1.5 Partes que conforman el calentador solar.

A continuación se describirán los elementos de los que consta cada parte del calentador solar; se pueden ver con mayor detalle los planos al final del capítulo 2; así como los ensambles y sub-ensambles del sistema.

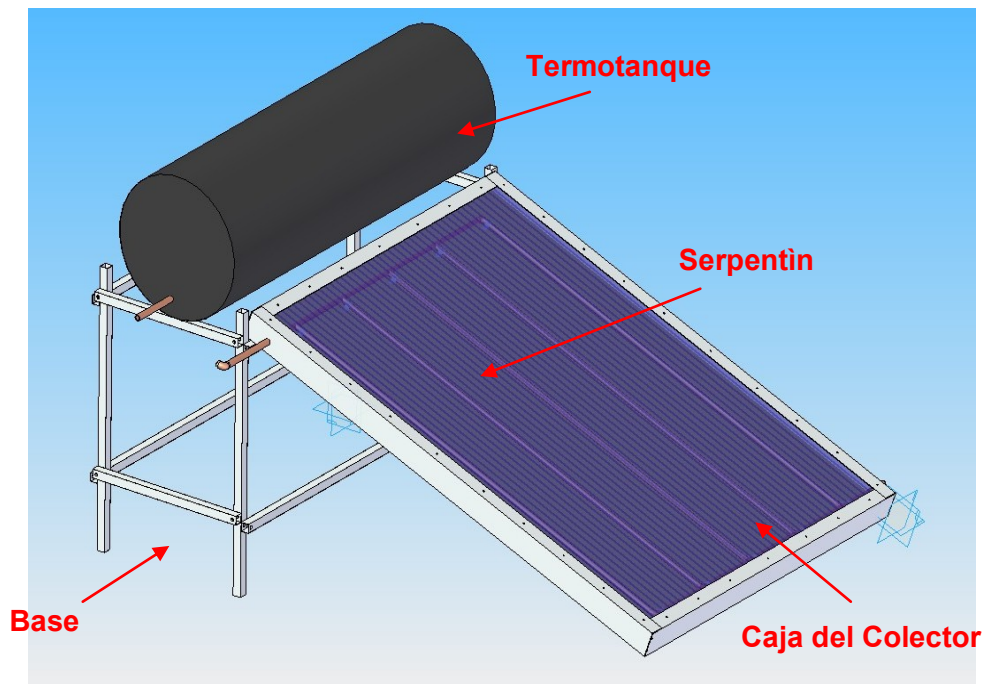


Figura 5. Partes del calentador solar.

El calentador solar consta de 4 partes: *Serpentín*, *Caja del Colector*, *Base* y *Termo tanque*.

- *Serpentín*: tubería de cobre por la cual circula el agua el interior de la caja del colector.
- *Caja del colector*: hecha de un marco de aluminio el cual contiene al serpentín, una base melanina y un policarbonato, que hace un efecto invernadero al interior de la caja del colector y permite que sea absorbida una mayor cantidad de energía.
- *Base*: soportes metálicos que sostienen el termo tanque y la caja del colector.

- *Termo tanque*: depósito de agua caliente el cual permite la circulación del agua mediante un proceso de convección libre, debido a una diferencia de densidades entre el agua fría y el agua caliente.

## Capítulo 2 - Análisis y Diseño

### 2.1 Diseño de configuración y selección de materiales.

Es importante resaltar que los criterios de selección, de mayor importancia fueron: fácil manufactura, durabilidad, bajo costo, fácil obtención.

#### ***Serpentín.***

El serpentín está formado por tubería de cobre de  $\frac{1}{2}$ ", así como por conexiones en Tee y Codos de cobre, en un arreglo de 5 tubos dispuestos "tipo radiador". La tubería fue unida con soldadura de estaño con bajo contenido de plomo para evitar la toxicidad en el agua que se va a emplear. Se eligió el cobre debido a su fácil obtención, buena resistencia a la corrosión y su buena conductividad térmica.

Al serpentín se le soldaron aletas de cobre que fueron pintados con pintura negra para que la absorción fuera mucho mayor e hiciera la función de cuerpo negro.



*Figura 6. Serpentín de cobre con aletas con pintura negra.*

#### ***Caja del Colector.***

Esta parte consta de un marco de aluminio conformado por un Perfil de aluminio tipo bolsa de 3", el cual se encuentra fácilmente en casas de vidrio y aluminio, barrenado y sujetado con tornillos. Se eligió aluminio como material de trabajo debido a su resistencia a la corrosión en ambientes exteriores.



*Figura 7. Marco de Aluminio de 3" para la caja del colector.*

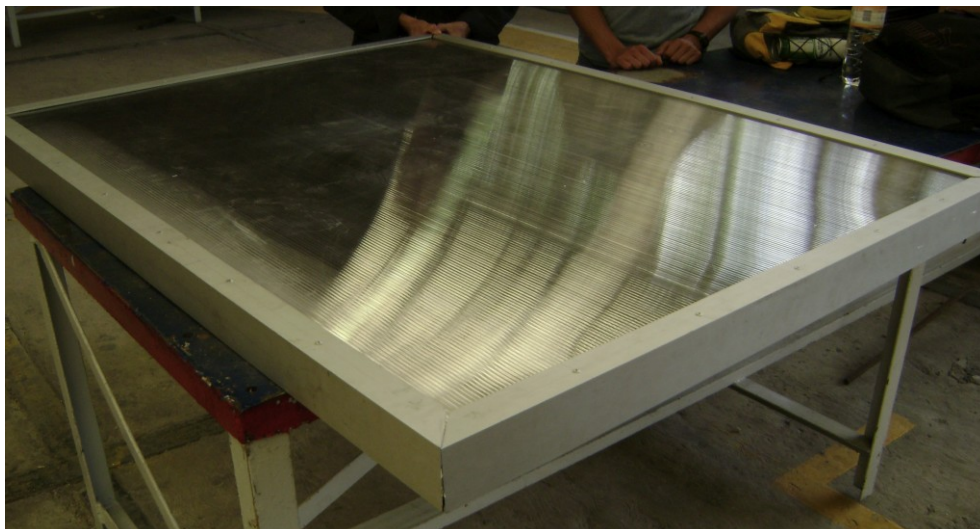
En la parte interior de la caja del colector sujetamos una tabla de triplay a la cual se le añadieron unos topes. Sobre la tabla fijamos con pijas el serpentín de cobre con omegas de 1/2".



*Figura 8. Marco del colector fijo al triplay y serpentín de cobre.*

En la parte superior colocamos un policarbonato (sujeto con remaches de 3/16"), el cual fue cubierto con silicón para mampostería en las orillas para evitar fugas de energía.





*Figura 9. Caja del colector.*

**Base y Termo tanque.**

La base del calentador se realizo con ángulo de 1/8" X 1/2".



*Figura 10. Base del colector.*

Sobre la base se monto el termo tanque; un tinaco con una capacidad de 250 lts. con resistencia en ambientes exteriores.



*Figura 11. Vista del conjunto completo.*

## 2.2 Diagrama de instalación.

Para tener un mayor aprovechamiento de la radiación que incide en la superficie del colector, este debe de estar colocado a 90 grados con respecto a la radiación; es decir esta debe de incidir de manera perpendicular a este, de manera adicional debe contar con una alineación general hacia el sur.

De acuerdo a la zona geográfica (latitud) donde se ubique el calentador solar, el colector debe contar con cierta inclinación, siendo para el distrito federal de 19 grados:

<b>Periodo de uso</b>	<b>Uso de la instalación</b>	<b>Angulo</b>
Todo el año	Agua Caliente Sanitaria	Latitud del lugar
Invierno	Calefacción	Latitud del lugar +10 grados
Verano	Piscinas descubiertas, hoteles de temporada	Latitud del lugar -10 grados



Figura 12. Base del colector a 19 grados.

Una vez colocado en esa posición el sistema, debe de conectarse, de acuerdo al siguiente diagrama:



Figura 13. Diagrama de instalación

### 2.3 Análisis del calentador solar.

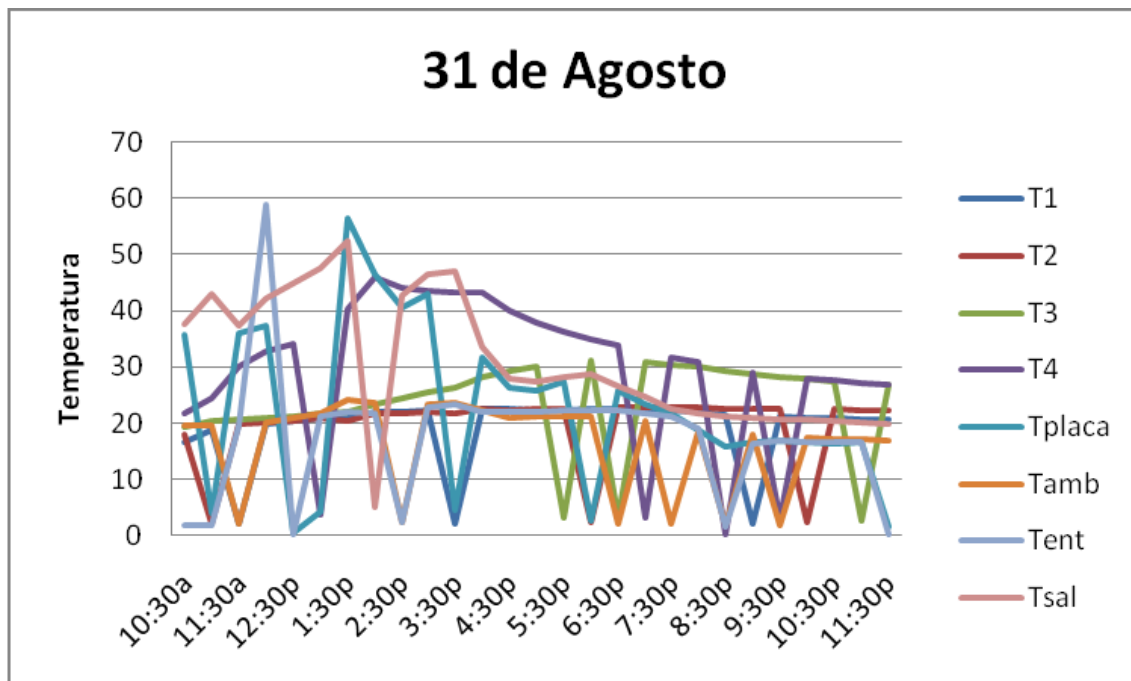
Para efectuar el análisis del comportamiento del calentador solar, en un periodo de tiempo, se tomaron mediciones de la siguiente manera:

- 1) En la instalación: Fecha, Hora, Temperatura de entrada del agua al serpentín (Tent), Temperatura de salida del agua del serpentín (Tsal), Temperatura Ambiente (Ta), Temperatura a 4 diferentes alturas al interior del termo tanque (T1, T2, T3, T4), Temperatura al interior de la placa del absorbedor (Tplaca); en total 8 sensores previamente calibrados. Estas mediciones se realizaron en intervalos de 10 segundos.
- 2) En una estación de monitoreo: ubicada en el CCH sur aproximadamente a 5 kms. del lugar donde se instalo el colector. Se recopilaron los siguientes datos: Fecha, Hora, Temperatura Exterior, Humedad Exterior, Velocidad del Viento, Presión, Lluvia, Promedio de Lluvia, Radiación Solar. Estas mediciones se realizaron en intervalos de 30 minutos.

Es importante mencionar que; para tener una medición más exacta todos los datos, se debieron haber efectuado en el mismo lugar en que se realizo la instalación del calentador solar.

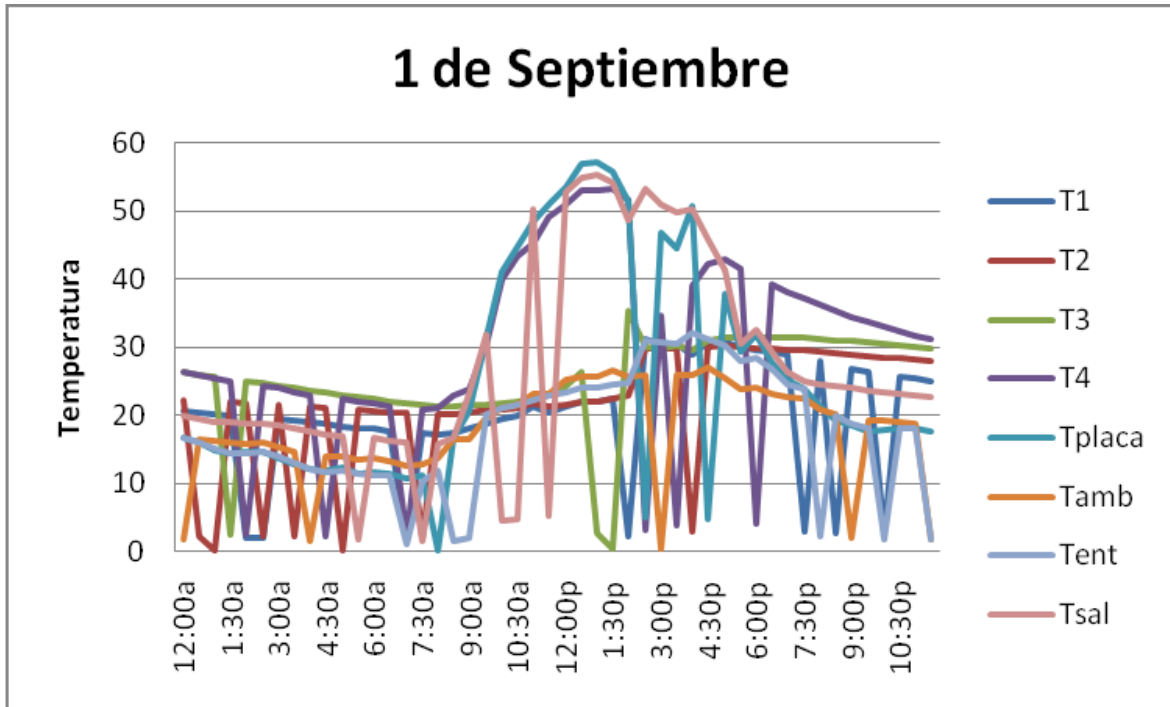
El monitoreo se realizo del 31 de agosto de 2009 al 3 de septiembre del 2009 y del 4 de septiembre al 5 de septiembre. **Ver Anexo A. 1.**

Las gráficas de los periodos de análisis; por día se muestran a continuación junto con una breve interpretación:

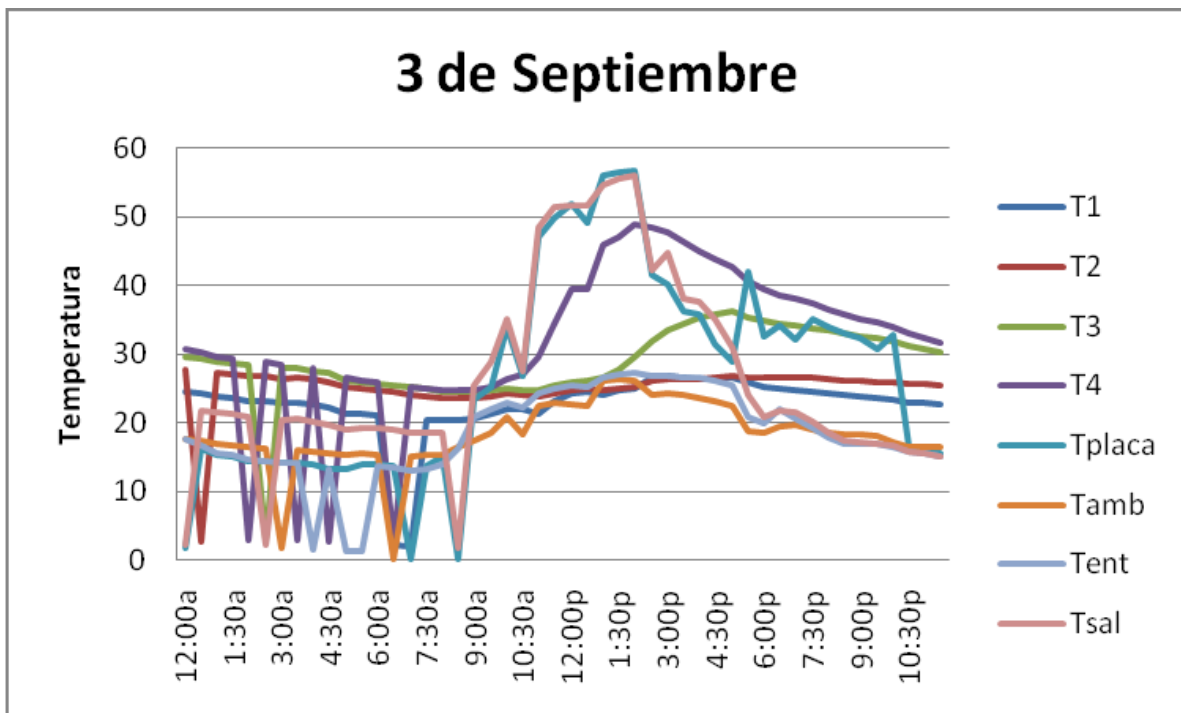


Observamos en el primer día de mediciones que a pesar de no tener un incremento en la temperatura tan grande, el valor de la radiación se incrementa (ver tablas), lo cual incide en un incremento de la temperatura del agua en el sistema. El horario optimo para usar el agua este día fue a las 4:00 pm.

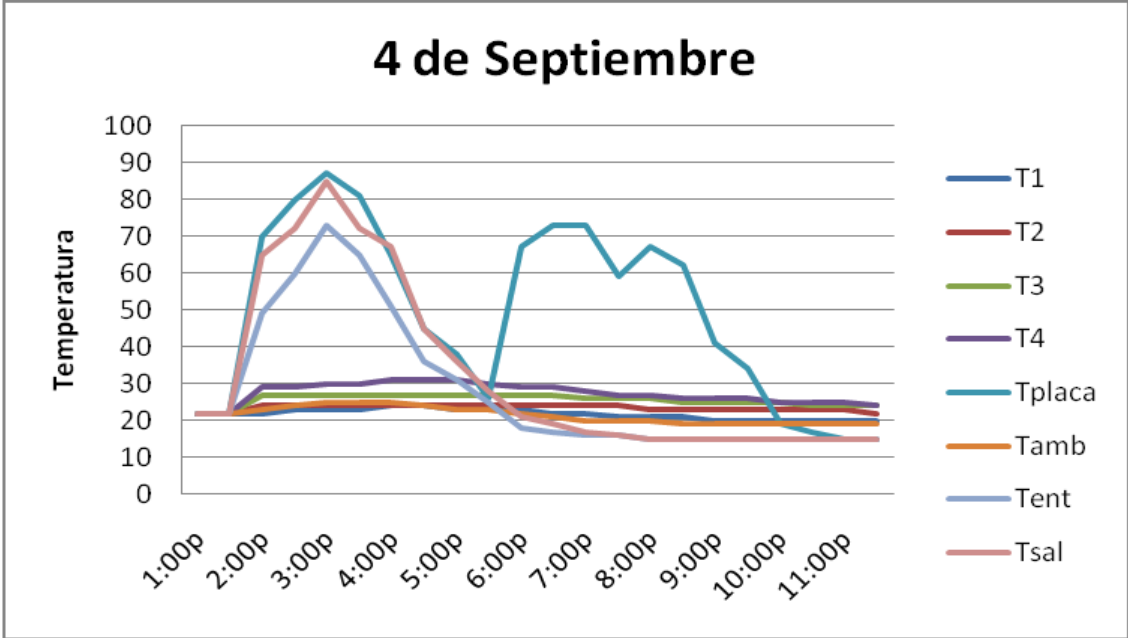




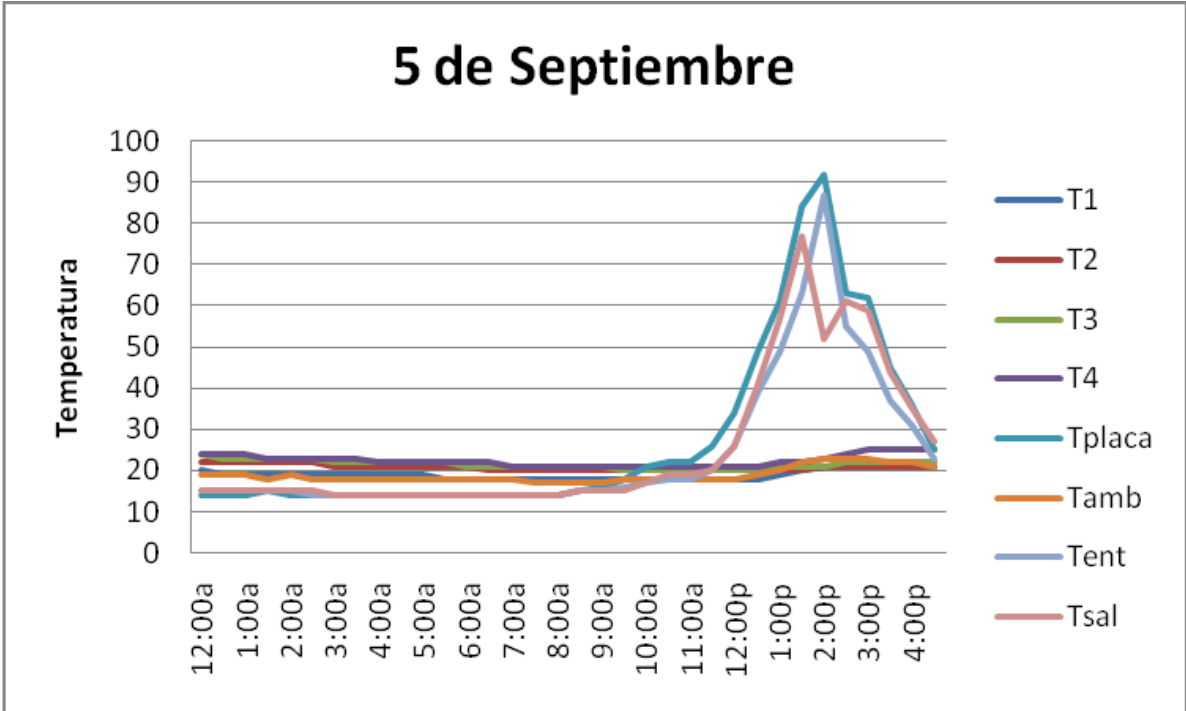
En este día se contó con un mayor periodo de agua caliente a partir de las 11:00 am., y al igual que en día anterior el decremento de la temperatura se da por la tarde.



Se puede observar, como se desarrolla la estratificación de las temperaturas al interior del termotanque, y como estas convergen a un valor de temperaturas hacia el final del día.



En este día una de las mangueras que conduce el agua de nuestro sistema se enredo y no permitio la circulación del agua, por ello vemos incrementos en la temperatura del agua de entrada, de salida y de la placa; debido a que se encontro un volumen de agua, unicamente contenida en la caja el colector (serpentín). Esto nos habla del potencial que tienen estos sistemas en cuanto a la temperatura que pueden alcanzar.



Este día se obtuvo nuevamente un error en las mediciones debido a una fuga en el sistema, nuevamente podemos observar el potencial de estos sistemas logrando temperatura de 90 grados, para volúmenes de agua pequeños.

## 2.4 Costos y materiales del calentador solar.

A continuación se muestra una tabla con los costos unitarios de las partes que conforman el calentador solar.

### *Serpentín de cobre.*

Los materiales empleados para la fabricación del serpentín de cobre son:

<b>Serpentín de Cobre</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Tubería de Cobre 1/2"	1/2" X 6 (m)	2	235	470
Tee de cobre	1/2"	10	7	70
Codo cobre	1/2"	2	4.5	9
Soldadura para para plomería	70% Sn 30% Pb	1	109	109
Pasta para soldar		1	45	45
Lijas		2	10	20
Lamina de cobre C26	1 X 1.5	1	1000	1000
Pintura negra para altas temperaturas		2	52	104

### *Caja del colector.*

Los materiales empleados para la fabricación del la caja del colector son:

<b>Colector Solar</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Perfil de Aluminio tipo bolsa	6 (m)	1	270	270
Silicón para mampostería		1	35	35
Policarbonato Transparente	1.22 X 1.5 (m)	1	500	500
Triplay	1.22 X 1.5 (m)	1	250	250
Caja de remaches con 100 piezas	3/16" X 3/8"	1	42.5	42.5
Pijas	3 /16"	30	1.5	45
Pintura vinilica blanca	1 lt	1	70	70
Clavos		20	0.2	4
Omega	1/2"	6	2	12
Pintura negra para altas temperaturas		2	60	120

#### ***Base del colector y base del termo tanque***

Los materiales empleados para la fabricación del la base del colector son:

<b>Base del colector y base del termo tanque</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Angulo 1/8" X 1 1/2"	9 (m)	1	400	400
Perfil cuadrado	6 (m)	1	140	140

#### ***Termo tanque y conexiones***

Los materiales empleados para la fabricación del la base del colector son:

<b>Termo tanque y conexiones</b>				
Tinaco Rotoplas	250 L	1	435	435
Brida	1/2"	8	5	40
Conectores de Rosca exterior	1/2"	4	20	80
Empaques	1/2"	4	5	20
Flotador		1	35	35
Válvula de cobre	1/2"	1	150	150
Cinta de Teflón		1	20	20
Tubo de cobre	1/2" X 3m	1	117.5	117.5



Conexión de cobre con rosca interior	1/2"	4	8	32
--------------------------------------	------	---	---	----

El costo total de los materiales, es de \$4600 pesos. En caso de que el usuario que lo va a fabricar no cuente con las herramientas necesarias para su fabricación se deberán considerar los siguientes costos:

<b>Herramientas</b>				
Arco con segueta		1	100	100
Soplete Inmex de gas		2	195	390
Remachadora POP		1	125	125
Broca Sierra Aero		1	105	105
Mandril para broca	1/2"	1	105	105
Broca Manita 1/2"		1	40	40
Broca	5/32"	1	13	13
Brocha		1	24	24

Lo cual nos da un costo total de \$5502 en caso de que el usuario no cuente con las herramientas necesarias para su fabricación; es decir se incrementa en un 20% aproximadamente.

Al costo anterior solo hay que sumarle el costo estimado de instalación del equipo el cual va a depender de la distancia que exista entre el calentador solar y la tubería de agua caliente o bien el calentador de gas, el costo sería de \$40 Pesos por metro lineal (Precio del metro de tubo de cobre de 1/2").

Realizando un análisis de la inversión inicial requerida para un calentador solar de \$5502 Pesos. estimando un costo de mantenimiento semestral de \$350 Pesos, contra un calentador de gas con una inversión inicial de \$800 Pesos, y un consumo mensual de \$350 Pesos, tenemos que el retorno de inversión es de 14 meses. Esta cantidad de tiempo puede disminuir si tenemos consumos mensuales en gas mayores a \$350 Pesos.

	<b>Calentador de gas</b>	<b>Calentador Solar</b>	
		<b>Con herramientas</b>	<b>Sin herramientas</b>
<b>Inversión inicial</b>	\$800	\$5502	\$4600
<b>Gasto mensual</b>	\$350		
<b>Retorno de inversión</b>		<i>14 meses</i>	<i>12 meses</i>

Se pueden ver los planos de las partes que conforman el calentador solar, en el **Anexo A. 2.**

## **Capítulo 3 - Manual para el diseño e instalación de un calentador solar.**

### **3.1 Consideraciones preliminares.**

Para el diseño del manual se considero que el manual debía cumplir con los siguientes aspectos:

- 1) Ser de fácil comprensión para la mayoría de la población
- 2) Debe ser visualmente agradable.
- 3) Para la fabricación del calentador se deben de emplear la menor cantidad de materiales y herramientas.
- 4) Las herramientas usadas deben de ser de fácil obtención y económicas (en caso de que el usuario no cuente con ellas y deba comprarlas).

El manual va dirigido a la población en general, los cuales pueden ser auxiliados por personas con conocimiento en las herramientas empleadas.

### **3.2 Manual para la construcción de un calentador solar doméstico.**

A continuación se muestran las páginas del manual.

**Armando el serpentín  
de cobre.**  
pag. 4-9

**Materiales y  
herramientas  
empleados**  
pag. 2,3

**Colector Solar.**  
pag. 10-15

**Tanque de  
agua caliente**  
pag. 16,17

**Instalación**  
pag. 18

## Índice

**¿Qué es un  
calentador solar?**  
pag. 1



## ¿Qué es un calentador solar?

Es un sistema que nos permite calentar agua, aprovechando la energía del sol, que se transmite en forma de radiación.

Calentando el agua de esta forma podemos alcanzar temperaturas de 30 a 50 grados, además de que no daña el medio ambiente.

La inversión estimada para su construcción es de \$4,000 a \$5,000 pesos dependiendo si usted cuenta, con las herramientas necesarias para su construcción.

Esto es un ahorro considerable si tomamos en cuenta que su tiempo de vida es de 10 a 15 años; durante los cuales solo requiere mantenimiento mínimo.



¿Que es un  
calentador solar?

Esta es la lista de los materiales y las herramientas, todos estos pueden ser muy facilmente adquiridos en una Tiapalería, Ferreteria local.

Serpentín de Cobre				
Descripción	Dimensiones	Cant.	Precio	Total
Tubería de Cobre 1/2"	1/2" X 6 (m)	2	235	470
Teg de cobre	1/2"	10	7	70
Codo cobre	1/2"	2	4.5	9
Soldadura para para plomería	70% Sn 30% Pb	1	109	109
Pasta para soldar		1	45	45
Lijas		2	10	20
Lamina de cobre C26	1 X 1.5	1	1000	1000
Pintura negra para altas temperaturas		2	52	104

Colector Solar				
Descripción	Dimensiones	Cant.	Precio	Total
Perfil de Aluminio tipo bolsa	6 (m)	1	270	270
Silicón para mamostería		1	35	35
Policarbonato Transparente	1.22 X 1.5 (m)	1	500	500
Triplay	1.22 X 1.5 (m)	1	250	250
Caja de remaches con 100 piezas	3/16" X 3/8"	1	42.5	42.5
Pijas	3/16"	30	1.5	45
Pintura vinilica blanca	1 lt	1	70	70
Clavos		20	0.2	4
Omega	1/2"	6	2	12
Pintura negra para altas temperaturas		2	60	120

<b>Herramientas</b>				
Arco con segueta			1	100
Soplete <b>Imex</b> de gas			2	195
Remachadora POP			1	125
Broca Sierra <b>Aero</b>			1	105
Mandril para broca	1/2"		1	105
Broca Manita 1/2"			1	40
Broca	5/32"		1	13
Brocha			1	24

<b>Termo tanque y conexiones</b>				
<b>Tinaco Rotoplas</b>				
	250 L		1	435
Brida	1/2"		8	5
Conectores de Rosca exterior	1/2"		4	20
Empaques	1/2"		4	5
Flotador			1	35
Válvula de cobre	1/2"		1	150
Cinta de Teflón			1	20
Tubo de cobre	1/2" X 3m		1	117.5
Conexión de cobre con rosca interior	1/2"		4	8

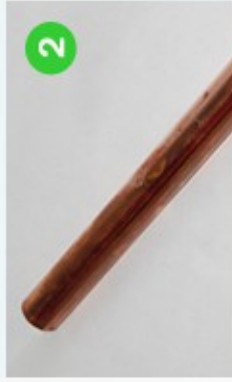
<b>Herramientas</b>				
Arco con segueta			1	100
Soplete <b>Imex</b> de gas			2	195
Remachadora POP			1	125
Broca Sierra <b>Aero</b>			1	105
Mandril para broca	1/2"		1	105
Broca Manita 1/2"			1	40
Broca	5/32"		1	13
Brocha			1	24

Una parte muy importante de nuestro calentador es una tubería de cobre (serpentín), por la cual va a circular el agua caliente, en esta sección te mostraremos como armarlo.



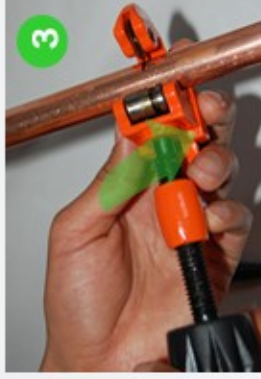
1

Con un plumón vamos a marcar las secciones de tubo que vamos a cortar.



2

Debemos marcar:  
10 secciones de 22 cm.  
5 secciones de 15 cm.



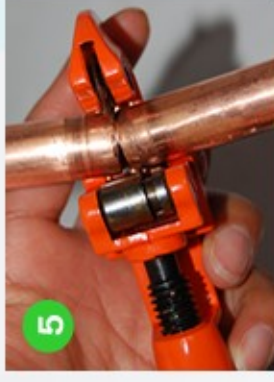
3

Tome el cortador de tubo, colóquelo en la marca y apriételo.



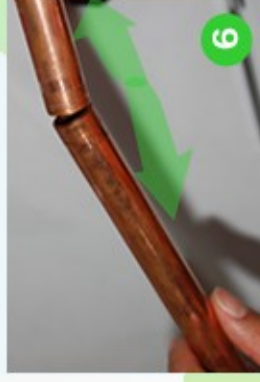
4

Ahora comience a darle vueltas al tubo alrededor del cortador, hasta que lo corte.



5

Repetimos del Paso 3 al 5 hasta tener 10 tramos de tubos de 22 cm, 5 tramos de tubo de 15 cm.



6

4

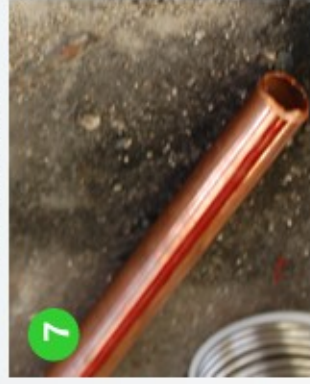
Armando el  
Serpentín de cobre



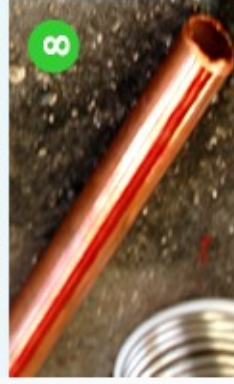
# Calentador Solar

Vamos a limpiar las piezas de cobre, tanto tees, codos de cobre, así como tubos de cobre para obtener una mejor unión al momento de soldar las piezas.

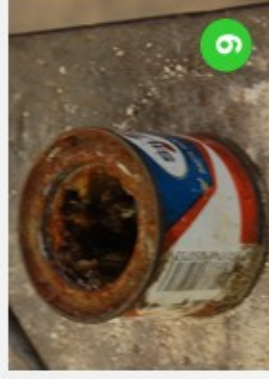
Para limpiar las piezas, vamos a lijar cada una de estas con una lija de agua del numero 4.



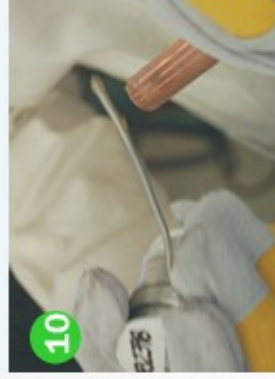
En los extremos de la piezas en las partes interiores y exteriores de estas.



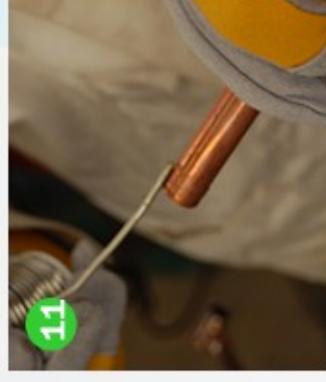
Hay que dejar de lijar hasta retirar todo el óxido de la pieza y que tenga un aspecto brillante.



Repetimos el Paso 7 al 9 hasta tener todas las piezas con el acabado brillante.



Tome la grasa para soldar, cubra los extremos de los tubos y las partes interiores de las tees y los codos de cobre.



La grasa para soldar, nos ayuda a que la soldadura fluya mejor. En las uniones y evitemos fugas.

## PRECAUCIÓN

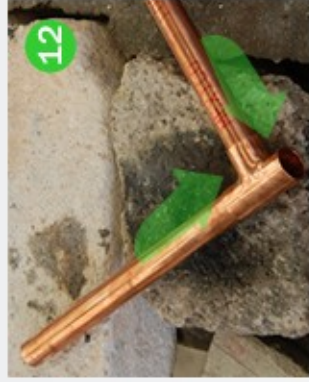
Para los siguientes pasos usa equipo de seguridad: Lentes protectores, Guantes de abesto, una bata u overol y zapatos de cuero.

5

Armando el Serpentin de cobre

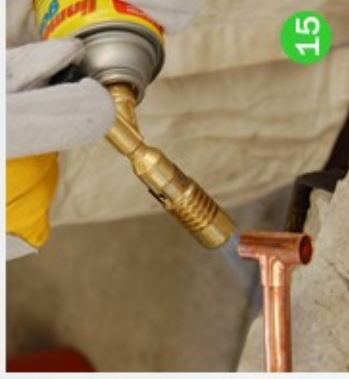


# Calentador Solar



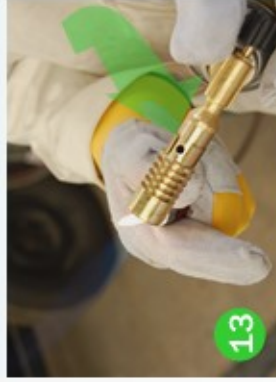
12

Una la tee con dos tubos, previamente engrasados.



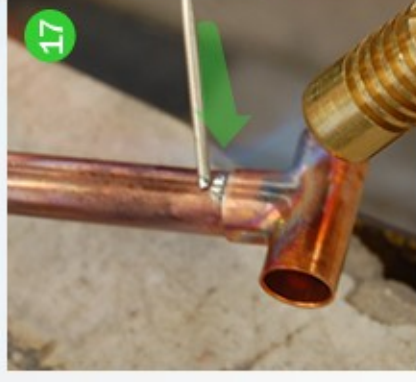
15

Caliente las piezas de cobre con el soplete durante 2 minutos aproximadamente.



13

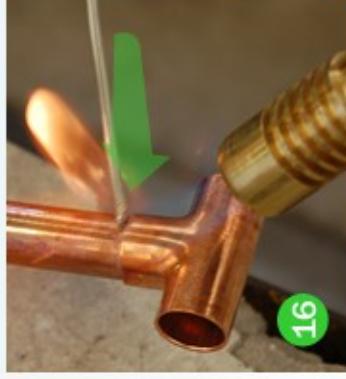
Tome el soplete y enciéndalo, el soplete cuenta con una válvula de ajuste para la entrada de aire, la flama debe ser de color azul.



17

Es muy importante que se coloquen las piezas de forma vertical para que la soldadura fluya bien en la unión de las piezas y se eviten fugas de agua.

Cuando el tubo esta suficiente caliente la soldadura fluye al momento de tocar el tubo en caso de que no fluya, caliente más el tubo.



16

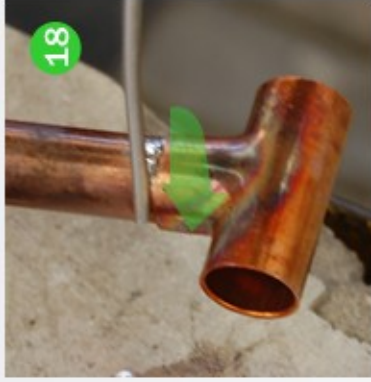
Coloque las piezas en posición vertical y acerque la soldadura de estaño a la union entre el tubo de cobre y la tee.



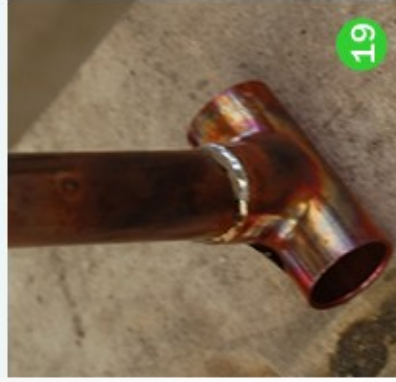
Armando el Serpentin de cobre

# Calentador Solar

Repetimos del Paso 12 al 19 hasta tener soldado todo el serpentín, el cual va a tener nueve tubos acoplados a lo largo.



Coloca la soldadura de estaño alrededor de la unión hasta que cubra perfectamente esta.



Puedes probar si la soldadura del serpentín se realizó correctamente, conectando una manguera y haciendo que circule agua a través de este.



7

Armando el  
Serpentín de cobre



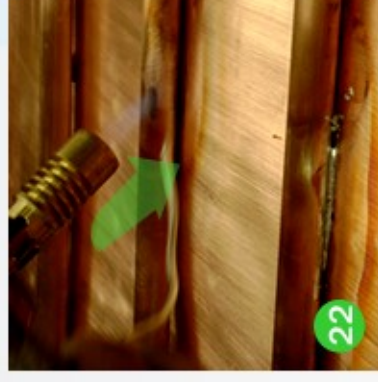
# Calentador Solar

Para que nuestro serpentín, logre captar más energía, vamos a soldarle, la lamina de cobre. A esto le llamamos serpentín de cobre con aletas.

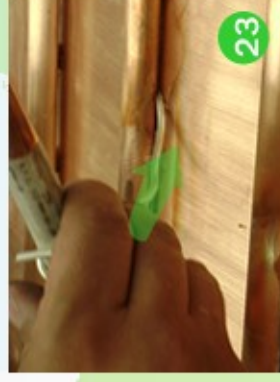


Colocamos la lamina por encima del serpentín, tomamos el martillo y comenzamos a golpear la lamina a lo largo de los tubos hasta formar un canal que ajuste la lamina a la forma de los tubos.

Para soldar el serpentín a la lamina de cobre, use un poco de pasta para soldar.



Una completamente el serpentín a la lamina de cobre a lo largo de los tubos.



Armando el  
Serpentín de cobre

Vamos a pintar nuestro serpiente, con aletas para que absorba la mayor cantidad de energía posible.

Tomamos un bote de pintura negra en aerosol y lo colocamos a **20 cm.** aprox.



Ahora lo comenzamos a pintar extendiendo la pintura a lo largo del serpiente con aletas.



La pintura solo es un recubrimiento para absorber más calor (**energía**), coloque máximo **2** capas delgadas de pintura.

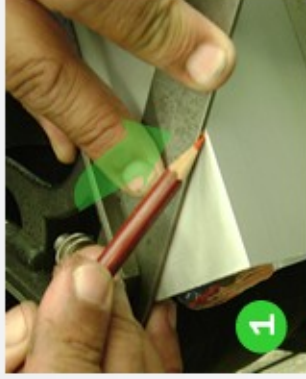


¡Vamos muy bien!



Armando el Serpentein de cobre

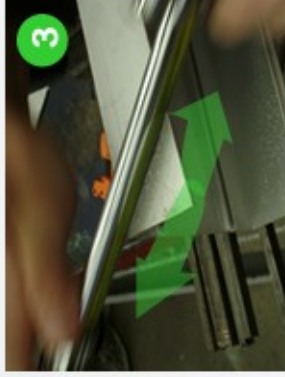
Para armar la caja del colector, vamos emplear los perfiles de aluminio tipo bolsa de 3 pulgadas.



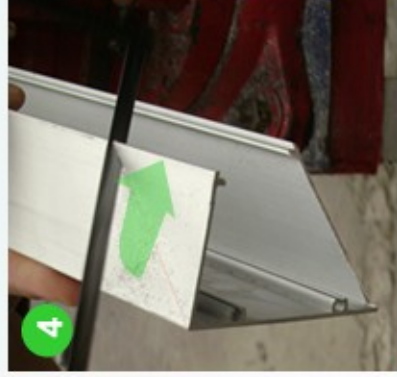
Con un lápiz de color vamos a marcar el perfil a 5 cm, hasta formar una línea diagonal.



Repetimos del paso 1 al 2 para todos los perfiles de aluminio por ambos lados.



Ahora que todas nuestras piezas están marcadas, tomamos el arco con segueta.



Y comenzamos a cortar los perfiles de aluminio, por ambos lados.

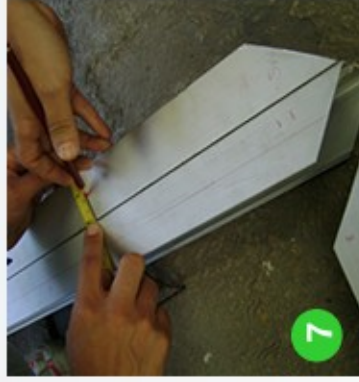


Hasta dejarlos de la siguiente manera.



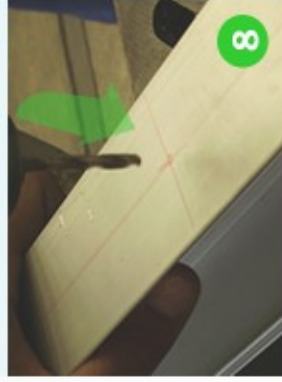


Con el lápiz de color trazamos una línea en el centro del perfil de aluminio.

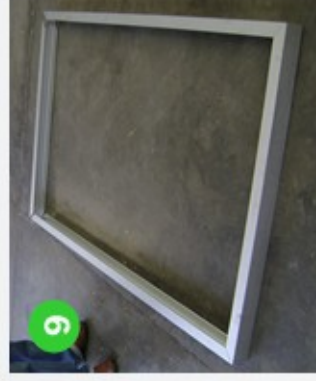


7

Marcamos 6 líneas a lo largo del perfil perpendiculares a la línea que trazamos en el centro.

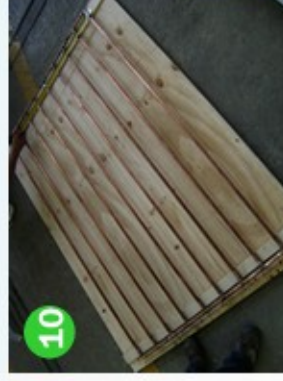


8



9

Realizamos 6 agujeros, por ambos lados en todos los perfiles.



10

Ahora tomamos la tabla de madera de 1.22 X 1.5 mts., y con la pintura vinílica blanca la pintamos.



11

Pintamos la tabla por ambos lados y la dejamos secar.

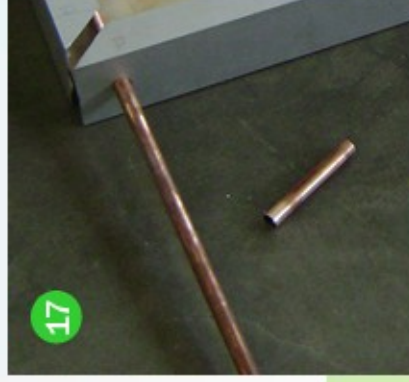


Tomamos la broca con mandril la colocamos en el taladro.

Sobreponemos el serpentín, la tabla, el perfil de aluminio y con un lápiz marcamos los perfiles de aluminio en las zonas donde el tubo del serpentín va a salir.



Una vez que lo hallamos realizado, debe de quedar de la siguiente forma.



Colocamos las omegas en la parte superior e inferior del serpentín, donde tenemos la unión del tubo de cobre con la tee de cobre.



Fijamos el serpentín a la tabla con unas Omegas, de la siguiente manera.





# Calentador Solar

Para finalizar el colector solar, tomamos las pijas y fijamos la tabla blanca al perfil de aluminio, por la parte de atrás-



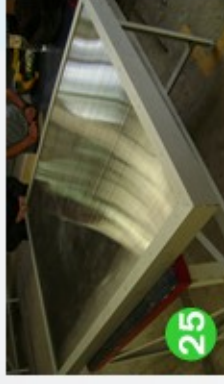
Ahora tomamos el policarbonato, y lo sobreponemos dentro del marco del colector solar.



Tomamos un remache y la remachadora, comenzamos a remachar a lo largo y ancho del marco.



Hasta dejarlo de la siguiente forma:



El policarbonato, al igual que la tabla deben de estar fijos, como se aprecia en la figura.

14

Colector Solar



26

Volteamos el colector del lado de la tabla y colocamos masquin a lo largo de este.



27

Ahora con el silicón cubrimos el espacio entre el perfil de aluminio y la tabla.



28

Incluso en las esquinas, esperamos a que se seque.

¡Hemos terminado!



Colocamos el colector del lado del policarbonato y ahora aplicamos silicón de ese lado.



29

Esperamos a que seque.

15

Colector Solar

En esta sección armaremos el termotanque; el lugar donde se depositará el agua caliente.

Tomamos el tinaco de 250 Litros, y marcamos los puntos donde vamos a realizar los orificios.



- 1) En la base del tinaco.
- 2) En un costado a 20 cm. de la base.
- 3) En un costado a 50 cm. de la base.
- 4) En el costado opuesto a 60 cm. de la base.



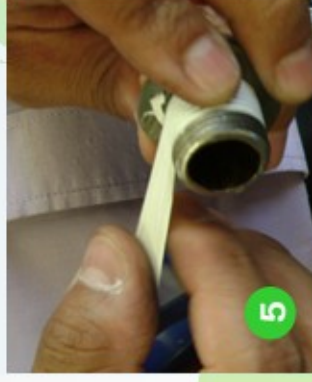
Realizamos un orificio de 1/2"



Ahora tomamos los accesorios que se muestran en la foto, 2 sección con rosca exterior, 2 bridas, y dos empaques de plástico.

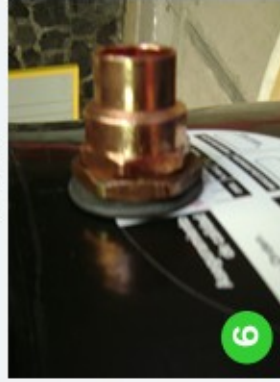


Colocamos cinta teflón alrededor de la sección con rosca exterior, para evitar fugas de agua a futuro.



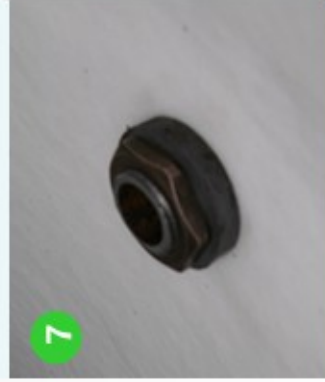


Colocamos la sección con rosca exterior, en el interior del hoyo realizado, colocamos el empaque y apretamos con bridas en la parte interior y exterior del tinaco.



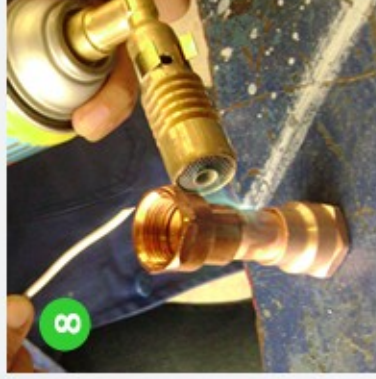
6

Así debe quedar en la parte interior



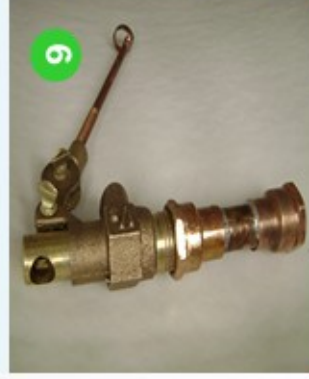
7

Repetimos esto para todos los 4 orificios.

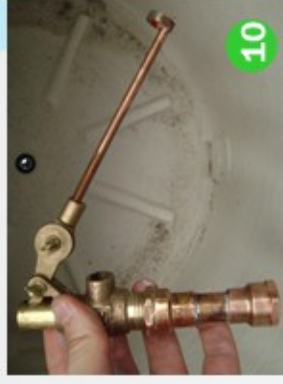


8

Con los accesorios de cobre que tenemos, hacemos el siguiente arreglo, y lo conectamos a la válvula del flotador.



9



10

Ahora atornillamos la válvula del flotador a la base del termotanque.

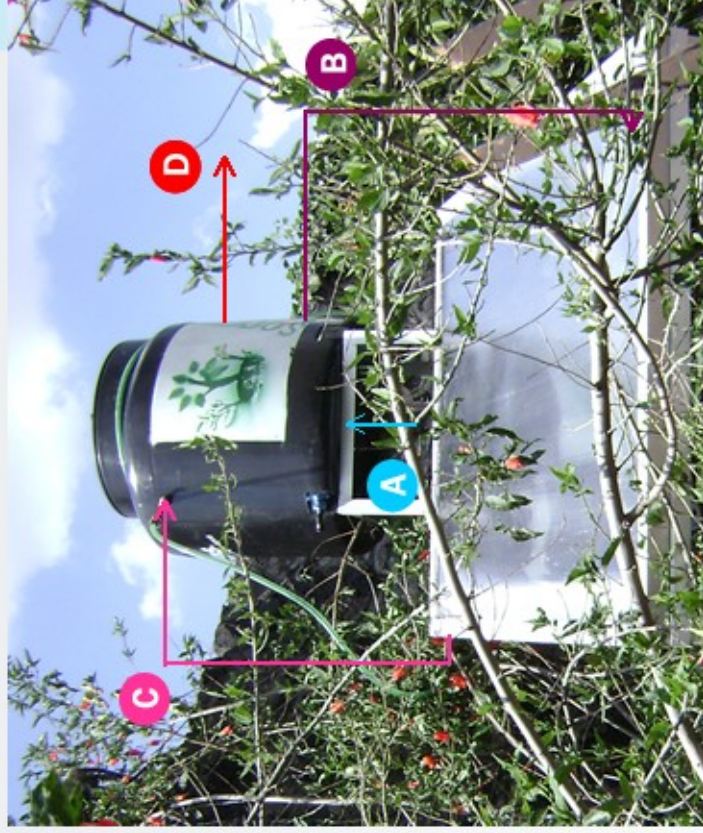
En esta parte vamos a tener la entrada de agua del tinaco de nuestra casa.

17

Tanque de agua caliente

Las conexiones se deben de realizar de la siguiente manera:

- A** Conectar, entrada de agua directa de la casa.
- B** Conectar del termotanque (a 10 cm de la base) a la entrada del colector.
- C** Conectar de la salida del colector al termotanque (a 60 cm de la base).
- D** Conectar de la salida termotanque (a 40 cm de la base), hacia donde quieres que llegue el agua caliente.



El colector debe de estar inclinado a **19 grados (Ciudad de Mexico)**, con respecto al piso para aprovechar mejor la energía del sol.

\*Si lo vas a instalar en otra región solo necesitas saber la Latitud del lugar y esa va a ser la inclinación, que debe tener.

## Capítulo 4 – Conclusiones.

### 4.1 Conclusiones.

El trabajo cumple en su funcionalidad con los objetivos propuestos; y existen diversas áreas de mejora en el sistema, que lo pueden hacer mucho más eficiente.

Las conclusiones del trabajo se dividen en los siguientes rubros:

#### *Conclusiones resultado del desarrollo del manual:*

Con base al curso que impartimos en la Facultad de Ingeniería: “*Aprende a armar tu calentador solar*”, se pudieron observar las posibles adversidades a las que se enfrentaría un usuario al momento de construir el calentador solar, debido a: limitaciones en el conocimiento técnico, limitaciones en el manejo de herramientas y/o materiales. Es por ello que el manual presenta áreas de mejora en:

- Diseño más amigable enfocado en el público objetivo.
- Propuestas de materiales, distintos a los solicitados, como de reuso, o reciclaje.

#### *Conclusiones resultado del análisis de los datos arrojados por el sistema:*

Como se puede apreciar en las gráficas, el comportamiento del calentador es muy similar a lo largo de los días; podemos apreciar el decremento de la temperatura de manera radical, conforme va atardece, esto nos indica que existe una gran área de oportunidad para este sistema en su rediseño para reducir sus pérdidas de energía.

Por otra parte se observa que aunque el aislamiento térmico del sistema no es el más adecuado, en un intervalo muy considerable de tiempo 4 -5 horas la temperatura del agua es la adecuada para bañarse entre 40-45 °C. El sistema responde a la necesidad de agua caliente, proporcionando de 100 a 120 Litros diarios de agua caliente; sin embargo para caracterizar el equipo y su efectividad debemos realizar una mayor cantidad de mediciones a lo largo del año.

Dependiendo del consumo de agua caliente de cada integrante en una familia, este podría servir para 2 a 4 personas.

Es también importante mencionar que para lograr reducir el consumo de agua caliente se pueden emplear regaderas ahorradoras que dispersan y presurizan el agua, logrando que el usuario emplee menos agua caliente.

Tenemos que existe un área de oportunidad en un nuevo rediseño de la configuración del sistema, para lograr que el agua caliente circule de una manera más eficiente, en comparación con el presente diseño, donde el agua se encuentra estratificada en distintas temperatura y la convección natural es mínima, para los casos en que se quiera retomar este trabajo o mejorar este diseño de configuración.

## Anexos

### A.1 Mediciones estadísticas de temperaturas.

31 de agosto de 2009 al 3 de septiembre del 2009.

Fecha	Hora	T. Ext.	Hum.	W. Vel.	Bar	Lluvia	Rad.	T1	T2	T3	T4	Tplaca	Tamb	Tent	Tsal
31/08/2009	10:30a	16,3	85	0,4	771	0	268	17	18	19	22	36	20	2	38
31/08/2009	11:00a	16,9	79	0,4	771	0	260	19	2	20	24	4	20	2	43
31/08/2009	11:30a	18,3	73	0,4	771	0	440	2	20	21	30	36	2	20	37
31/08/2009	12:00p	18,9	67	0,9	771	0	462	20	20	21	33	37	20	59	42
31/08/2009	12:30p	19,3	64	1,3	771	0	391	20	20	21	34	0	21	0	45
31/08/2009	1:00p	20,4	64	1,8	770	0	770	21	21	22	4	4	22	21	48
31/08/2009	1:30p	21,3	56	2,2	770	0	976	21	21	22	40	56	24	22	53
31/08/2009	2:00p	21,8	43	1,8	770	0	511	22	22	23	46	47	24	22	5
31/08/2009	2:30p	21,4	44	1,8	769	0	506	22	22	24	44	41	2	2	43
31/08/2009	3:00p	21,6	45	1,8	769	0	553	22	22	25	43	43	23	23	47
31/08/2009	3:30p	22,1	44	1,8	768	0	516	2	22	26	43	4	24	23	47
31/08/2009	4:00p	21,2	51	2,2	768	0	355	23	23	28	43	32	22	22	33
31/08/2009	4:30p	20,2	52	2,2	768	0	119	22	22	29	40	26	21	22	28
31/08/2009	5:00p	20,3	51	2,2	768	0	109	22	22	30	38	26	21	22	27
31/08/2009	5:30p	20,4	53	1,3	768	0	117	22	22	3	36	28	21	22	28
31/08/2009	6:00p	20,4	56	1,3	768	0	141	22	2	31	35	3	21	22	29
31/08/2009	6:30p	20,3	53	0,4	768	0	96	22	23	3	34	26	2	22	27
31/08/2009	7:00p	20	51	0,4	768	0	64	23	23	31	3	23	20	22	25
31/08/2009	7:30p	19,4	54	0	768	0	41	22	23	30	32	22	2	21	22
31/08/2009	8:00p	19,1	57	0	769	0	8	22	23	30	31	19	19	19	22
31/08/2009	8:30p	18,1	60	0,4	769	0	0	21	23	29	0	16	2	2	21
31/08/2009	9:00p	17,3	60	0,4	770	0	0	2	23	29	29	16	18	16	21
31/08/2009	9:30p	17,3	74	1,3	770	0	0	21	23	28	3	17	2	17	21

31/08/2009	10:00p	16,8	78	2,2	771	0	0	21	2	28	28	17	17	17	21
31/08/2009	10:30p	16,6	79	1,3	771	0	0	21	22	27	28	16	17	17	20
31/08/2009	11:00p	16,5	81	0,9	771	0	0	21	22	3	27	17	17	17	20
31/08/2009	11:30p	16,3	82	0,9	771	0	0	21	22	27	27	2	17	0	20
01/09/2009	12:00a	16,2	83	0,4	771	0	0	20	22	26	26	17	2	17	20
01/09/2009	12:30a	16	85	0,4	772	0	0	20	2	26	26	16	17	16	19
01/09/2009	1:00a	15,3	89	0,4	771	0,25	0	20	0	26	25	15	16	15	19
01/09/2009	1:30a	14,9	90	0,4	771	0	0	20	22	3	25	14	16	14	19
01/09/2009	2:00a	14,9	91	0	771	0	0	2	22	25	2	14	16	14	19
01/09/2009	2:30a	14,8	87	0,4	771	0	0	2	2	25	24	15	16	15	19
01/09/2009	3:00a	14,7	87	0	771	0	0	19	22	24	24	14	15	14	18
01/09/2009	3:30a	14,4	87	0,4	771	0	0	19	2	24	23	13	15	13	18
01/09/2009	4:00a	13,8	90	0	770	0	0	19	21	24	23	12	1	12	18
01/09/2009	4:30a	13,1	90	0	770	0	0	19	21	23	2	12	14	12	17
01/09/2009	5:00a	12,6	82	0,4	770	0	0	18	0	23	22	12	14	12	17
01/09/2009	5:30a	12,6	81	0,4	770	0	0	18	21	23	22	11	13	11	2
01/09/2009	6:00a	12,4	79	0,4	771	0	0	18	21	22	22	12	14	11	17
01/09/2009	6:30a	12,1	79	0,9	771	0	0	18	20	22	21	11	13	11	16
01/09/2009	7:00a	11,8	78	0,4	771	0	0	2	20	22	2	11	13	1	16
01/09/2009	7:30a	11,7	81	0,4	772	0	0	17	2	22	21	11	13	10	2
01/09/2009	8:00a	11,9	80	0,4	772	0	22	17	20	21	21	0	14	12	16
01/09/2009	8:30a	13,4	75	0	772	0	104	17	20	21	23	17	16	2	17
01/09/2009	9:00a	14,8	73	0	772	0	211	18	20	21	24	21	17	2	23
01/09/2009	9:30a	16,2	71	0	772	0	353	19	21	22	30	31	20	20	32
01/09/2009	10:00a	17,1	68	0	772	0	500	20	21	22	40	41	21	21	4
01/09/2009	10:30a	17,7	65	0,4	772	0	576	20	21	22	43	45	22	21	5
01/09/2009	11:00a	18,4	61	0,4	772	0	653	21	22	23	45	48	23	22	50



01/09/2009	11:30a	19,3	56	0,4	772	0	722	20	21	23	49	51	23	23	5
01/09/2009	12:00p	20,1	54	0,9	772	0	781	21	22	24	51	54	25	23	53
01/09/2009	12:30p	21,6	48	0,4	772	0	821	22	22	26	53	57	26	24	55
01/09/2009	1:00p	21,9	47	1,3	771	0	843	22	22	3	53	57	26	24	55
01/09/2009	1:30p	22,6	45	1,3	771	0	870	23	22	0	53	56	26	24	54
01/09/2009	2:00p	22,2	43	1,3	770	0	463	2	23	35	52	51	26	25	49
01/09/2009	2:30p	22,2	46	1,3	770	0	340	31	30	30	3	5	26	31	53
01/09/2009	3:00p	22,6	44	0,4	770	0	279	30	30	30	35	47	0	31	51
01/09/2009	3:30p	23	43	0,9	769	0	460	31	30	30	4	45	26	31	50
01/09/2009	4:00p	23,1	43	0,4	769	0	310	29	3	30	39	51	26	32	50
01/09/2009	4:30p	23,9	37	0,4	769	0	453	31	30	31	42	5	27	31	46
01/09/2009	5:00p	23,2	39	0,4	769	0	301	31	30	31	43	38	26	30	41
01/09/2009	5:30p	22,2	49	0,9	769	0	59	30	30	31	42	29	24	28	31
01/09/2009	6:00p	21,7	52	0,9	768	0	104	30	30	31	4	32	24	28	33
01/09/2009	6:30p	22,2	49	0,4	768	0	139	29	30	31	39	28	23	27	29
01/09/2009	7:00p	21,6	53	0	768	0	96	29	30	31	38	25	23	25	26
01/09/2009	7:30p	20,7	56	0,4	769	0	38	3	29	31	37	24	22	24	25
01/09/2009	8:00p	19,3	67	3,6	769	0	0	28	29	31	36	21	21	2	25
01/09/2009	8:30p	18,6	71	3,1	770	0	0	3	29	31	35	19	20	20	24
01/09/2009	9:00p	18	72	3,1	770	0	0	27	29	31	34	19	2	19	24
01/09/2009	9:30p	17,6	75	2,7	771	0	0	26	29	31	34	18	19	18	24
01/09/2009	10:00p	17,4	75	1,8	771	0	0	3	28	30	33	18	19	2	23
01/09/2009	10:30p	17,4	74	2,2	771	0	0	26	28	30	32	18	19	18	23
01/09/2009	11:00p	17,2	73	2,7	772	0	0	25	28	30	32	18	19	18	23
01/09/2009	11:30p	16,2	82	2,2	772	0	0	25	28	30	31	18	2	2	23
02/09/2009	12:00a	15,8	82	1,3	772	0	0	25	28	30	31	2	18	18	2
02/09/2009	12:30a	15,4	83	2,2	772	0	0	24	3	29	30	16	17	17	22

02/09/2009	1:00a	15,3	84	1,8	772	0	0	24	27	29	30	15	17	15	21
02/09/2009	1:30a	15,2	84	1,3	772	0	0	24	27	29	29	15	17	15	21
02/09/2009	2:00a	14,9	84	1,8	772	0	0	23	27	28	3	14	16	15	21
02/09/2009	2:30a	14,8	83	1,3	772	0	0	23	27	3	29	14	16	14	2
02/09/2009	3:00a	14,4	85	0,9	771	0	0	23	26	28	28	14	2	14	20
02/09/2009	3:30a	13,9	86	0,4	771	0	0	23	26	28	3	14	16	14	20
02/09/2009	4:00a	13,8	87	0	771	0	0	23	26	28	28	14	16	1	20
02/09/2009	4:30a	13,4	88	0,4	771	0	0	22	26	27	3	13	16	13	20
02/09/2009	5:00a	13,7	83	0,4	771	0	0	21	25	26	26	13	15	1	19
02/09/2009	5:30a	13,8	81	0	771	0	0	21	25	26	26	14	15	1	19
02/09/2009	6:00a	13,8	81	0,4	771	0	0	21	25	26	26	14	15	14	19
02/09/2009	6:30a	13,8	81	0,4	772	0	0	2	24	25	3	14	0	14	19
02/09/2009	7:00a	13,6	81	0,4	772	0	0	2	24	25	25	0	15	13	19
02/09/2009	7:30a	13,8	80	0	772	0	0	20	24	25	25	14	15	13	19
02/09/2009	8:00a	13,9	80	0	772	0	12	20	24	25	25	15	15	14	18
02/09/2009	8:30a	14,9	76	0,9	772	0	136	20	24	25	25	0	17	16	2
02/09/2009	9:00a	15,1	76	1,3	772	0	158	21	24	25	25	23	17	21	25
02/09/2009	9:30a	16,2	68	0,9	773	0	364	21	24	25	25	25	19	22	29
02/09/2009	10:00a	17,6	63	0,4	772	0	477	22	24	25	26	34	21	23	35
02/09/2009	10:30a	18	61	0,9	773	0	607	22	24	25	27	27	18	22	27
02/09/2009	11:00a	18,6	60	0,9	773	0	671	21	24	25	30	47	22	24	48
02/09/2009	11:30a	18,7	57	0,4	773	0	555	23	24	25	34	50	23	25	51
02/09/2009	12:00p	19,3	58	1,3	773	0	669	24	25	26	39	52	23	25	52
02/09/2009	12:30p	20,6	53	1,3	772	0	840	24	25	26	39	49	22	25	52
02/09/2009	1:00p	21,1	50	1,8	772	0	858	24	25	27	46	56	26	27	55
02/09/2009	1:30p	21,7	49	2,2	772	0	872	25	25	28	47	56	26	27	56
02/09/2009	2:00p	21,8	47	1,8	771	0	539	25	25	30	49	57	26	27	56

02/09/2009	2:30p	21,6	49	1,8	771	0	345	27	26	32	48	41	24	27	42
02/09/2009	3:00p	21,6	51	1,3	771	0	439	27	26	33	48	40	24	27	45
02/09/2009	3:30p	21,7	50	1,3	770	0	302	27	26	34	46	36	24	27	38
02/09/2009	4:00p	22,6	46	0,4	770	0	381	26	26	35	45	36	24	27	38
02/09/2009	4:30p	21,3	50	1,8	770	0	247	26	27	36	44	31	23	26	35
02/09/2009	5:00p	21,5	49	0,4	770	0	186	27	27	36	43	29	22	25	31
02/09/2009	5:30p	17,4	84	1,8	770	1,27	45	26	27	35	41	42	19	21	24
02/09/2009	6:00p	17	84	1,3	770	0,25	71	25	26	35	39	33	19	20	21
02/09/2009	6:30p	18,2	72	0,9	769	0	104	25	27	34	39	34	19	22	22
02/09/2009	7:00p	19,1	72	0,4	769	0	114	25	27	34	38	32	20	21	21
02/09/2009	7:30p	18,4	74	0	770	0	34	25	26	34	37	35	19	19	20
02/09/2009	8:00p	17,7	76	0	770	0	3	24	26	33	37	34	18	18	19
02/09/2009	8:30p	17,6	71	0,9	770	0	0	24	26	33	36	33	18	17	17
02/09/2009	9:00p	17,9	71	1,3	771	0	0	24	26	33	35	32	18	17	17
02/09/2009	9:30p	17,4	74	1,8	771	0	0	24	26	32	35	31	18	17	17
02/09/2009	10:00p	17	77	1,3	772	0	0	23	26	32	34	33	17	16	17
02/09/2009	10:30p	15,3	91	1,3	772	0,25	0	23	26	31	33	16	16	16	16
02/09/2009	11:00p	15,3	86	1,3	772	0	0	23	26	31	32	16	16	16	15
02/09/2009	11:30p	15,1	86	0,9	772	0	0	23	25	30	32	16	16	15	15
03/09/2009	12:00a	15,1	88	0	772	0	0	22	25	30	31	15	16	15	15
03/09/2009	12:30a	15,3	85	0,4	772	0	0	22	25	30	31	16	16	15	15
03/09/2009	1:00a	15,3	85	0,4	772	0	0	22	25	29	30	16	16	15	15
03/09/2009	1:30a	15,1	85	0	772	0	0	22	25	29	30	15	16	15	15
03/09/2009	2:00a	15,1	85	0	772	0	0	22	25	29	29	16	16	15	15
03/09/2009	2:30a	15,1	85	0	772	0	0	21	25	28	29	15	16	15	15
03/09/2009	3:00a	15,1	87	0	772	0	0	21	24	28	29	15	16	15	15
03/09/2009	3:30a	15,1	89	0	771	0	0	21	24	28	28	15	16	15	15

03/09/2009	4:00a	15,1	87	0	771	0	0	21	24	27	28	15	16	15	15
03/09/2009	4:30a	14,9	85	0	771	0	0	21	24	27	27	15	16	15	15
03/09/2009	5:00a	15,1	86	0	771	0	0	21	24	27	27	15	16	15	15
03/09/2009	5:30a	14,9	87	0	771	0	0	21	24	27	27	15	16	14	14
03/09/2009	6:00a	14,7	87	0	771	0	0	20	24	26	26	15	16	14	15
03/09/2009	6:30a	14,7	86	0	771	0	0	20	23	26	26	15	16	15	15
03/09/2009	7:00a	14,6	87	0	771	0	0	20	23	26	26	14	16	14	14
03/09/2009	7:30a	14,7	88	0	772	0	0	20	23	25	25	14	15	14	14
03/09/2009	8:00a	14,8	86	0,4	772	0	2	20	23	25	25	15	16	14	14
03/09/2009	8:30a	14,9	86	0,4	772	0	14	20	23	25	25	16	16	15	15
03/09/2009	9:00a	15,3	86	0	772	0	43	20	23	25	25	19	16	16	16
03/09/2009	9:30a	15,7	82	0	772	0	70	20	23	25	25	21	17	17	17
03/09/2009	10:00a	16,2	80	0	772	0	160	20	23	25	25	26	17	19	26
03/09/2009	10:30a	17,9	71	0	772	0	383	19	22	24	25	44	20	28	33



**4 de septiembre del 2009 al 5 de septiembre del 2009.**

Fecha	Hora	T. Ext.	Hum.	W. Vel.	Bar	Lluvia	Rad.	T1	T2	T3	T4	Tplaca	Tamb	Tent	Tsal
04/09/2009	1:00p	21,3	55	0,4	769	0	724	22	22	22	22	22	22	22	22
04/09/2009	1:30p	21,7	51	0	769	0	451	22	22	22	22	22	22	22	22
04/09/2009	2:00p	22,1	50	0	769	0	311	22	24	27	29	70	23	49	65
04/09/2009	2:30p	21,2	57	0,4	769	0	251	23	24	27	29	80	24	60	72
04/09/2009	3:00p	20,6	61	0,9	768	0	221	23	24	27	30	87	25	73	85
04/09/2009	3:30p	19,3	62	2,2	768	0	71	23	24	27	30	81	25	65	72
04/09/2009	4:00p	16	89	2,7	768	0,25	73	24	24	27	31	65	25	51	67
04/09/2009	4:30p	15,8	88	0,4	768	0,25	80	24	24	27	31	45	24	36	45
04/09/2009	5:00p	16,4	82	0	768	0	96	23	24	27	31	38	23	31	36
04/09/2009	5:30p	16,7	90	0	768	0	82	23	24	27	30	26	23	25	28
04/09/2009	6:00p	16,8	89	0	768	0	43	23	24	27	29	67	22	18	21
04/09/2009	6:30p	16,7	84	0,4	768	0	29	22	24	27	29	73	21	17	19
04/09/2009	7:00p	16,5	83	0	768	0	12	22	24	26	28	73	20	16	17
04/09/2009	7:30p	16,5	82	0	768	0	1	21	24	26	27	59	20	16	16
04/09/2009	8:00p	15,8	85	1,3	769	0	0	21	23	26	27	67	20	15	15
04/09/2009	8:30p	15,4	83	0,9	769	0	0	21	23	25	26	62	19	15	15
04/09/2009	9:00p	15,3	87	0	770	0	0	20	23	25	26	41	19	15	15
04/09/2009	9:30p	14,9	87	0,4	770	0	0	20	23	25	26	34	19	15	15
04/09/2009	10:00p	15,1	89	0	770	0	0	20	23	25	25	19	19	15	15
04/09/2009	10:30p	14,9	92	0	770	0	0	20	23	24	25	17	19	15	15
04/09/2009	11:00p	14,4	92	0,9	770	0	0	20	23	24	25	15	19	15	15
04/09/2009	11:30p	14,4	92	0	771	0	0	20	22	24	24	15	19	15	15
05/09/2009	12:00a	14,4	92	0	771	0	0	20	22	24	24	14	19	15	15
05/09/2009	12:30a	14,4	92	0	771	0,25	0	19	22	23	24	14	19	15	15
05/09/2009	1:00a	14,1	94	0	771	0	0	19	22	23	24	14	19	15	15

05/09/2009	1:30a	13,9	94	0	770	0	0	19	22	23	23	15	18	15	15
05/09/2009	2:00a	14,1	94	0	770	0	0	19	22	23	23	14	19	15	15
05/09/2009	2:30a	14	92	0	770	0	0	19	22	23	23	14	18	14	15
05/09/2009	3:00a	13,6	94	0	770	0	0	19	21	22	23	14	18	14	14
05/09/2009	3:30a	13,2	96	0	769	0	0	19	21	22	23	14	18	14	14
05/09/2009	4:00a	13,4	97	0	769	0	0	19	21	22	22	14	18	14	14
05/09/2009	4:30a	13,6	95	0	769	0	0	19	21	22	22	14	18	14	14
05/09/2009	5:00a	13,2	95	0	769	0	0	19	21	22	22	14	18	14	14
05/09/2009	5:30a	13,1	95	0	769	0	0	18	21	22	22	14	18	14	14
05/09/2009	6:00a	13,2	93	0	769	0	0	18	21	21	22	14	18	14	14
05/09/2009	6:30a	13,2	93	0	770	0	0	18	20	21	22	14	18	14	14
05/09/2009	7:00a	13,1	92	0	770	0	0	18	20	21	21	14	18	14	14
05/09/2009	7:30a	13,2	91	0	770	0	0	18	20	21	21	14	17	14	14
05/09/2009	8:00a	13,7	90	0	770	0	3	18	20	21	21	14	17	14	14
05/09/2009	8:30a	13,8	92	0,4	770	0	22	18	20	21	21	15	17	15	15
05/09/2009	9:00a	14,3	92	0	771	0	77	18	20	21	21	16	17	15	15
05/09/2009	9:30a	14,4	89	0	771	0	98	18	20	20	21	18	18	16	15
05/09/2009	10:00a	14,9	87	0	771	0	132	18	20	20	21	21	18	17	17
05/09/2009	10:30a	17,8	74	0,4	771	0	583	18	20	20	21	22	18	18	19
05/09/2009	11:00a	17,9	75	0,9	771	0	521	18	20	20	21	22	18	18	19
05/09/2009	11:30a	19,2	67	0,9	771	0	730	18	20	20	21	26	18	20	20
05/09/2009	12:00p	19,2	66	0,4	771	0	348	18	20	20	21	34	18	26	26
05/09/2009	12:30p	18,7	66	0	771	0	164	18	20	20	21	49	19	39	41
05/09/2009	1:00p	18,8	67	0	770	0	203	19	20	21	22	61	20	49	57
05/09/2009	1:30p	19,4	64	0,4	770	0	388	20	20	21	22	84	22	63	77
05/09/2009	2:00p	19,4	64	0,9	770	0	289	21	21	21	23	92	23	87	52
05/09/2009	2:30p	18,3	69	1,8	770	0	173	21	21	22	24	63	23	55	61

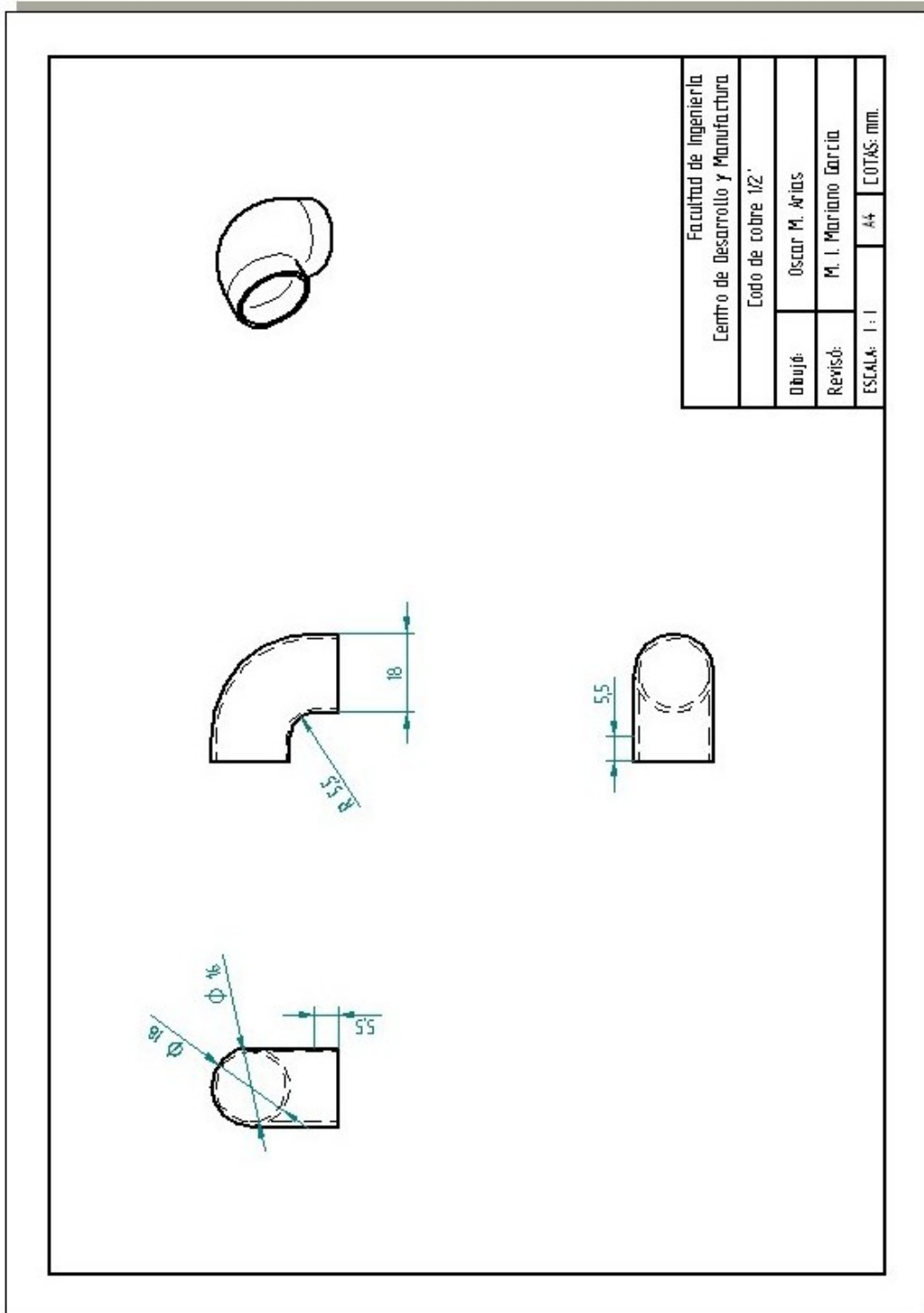
05/09/2009	3:00p	17,4	74	0,9	769	0	80	21	21	22	25	62	23	49	59
05/09/2009	3:30p	15,4	90	0,4	769	2,79	50	21	21	22	25	45	22	37	44
05/09/2009	4:00p	14,7	92	0,9	769	3,05	59	22	21	22	25	36	22	31	35
05/09/2009	4:30p	14,4	92	1,3	769	1,27	51	21	21	22	25	25	21	23	27

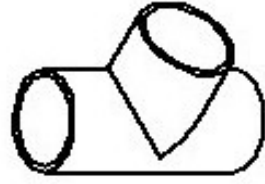
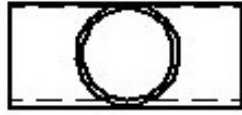
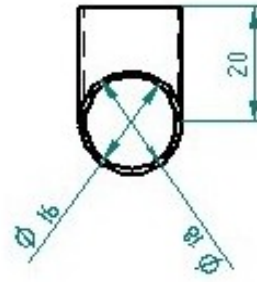
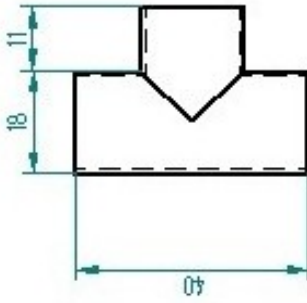




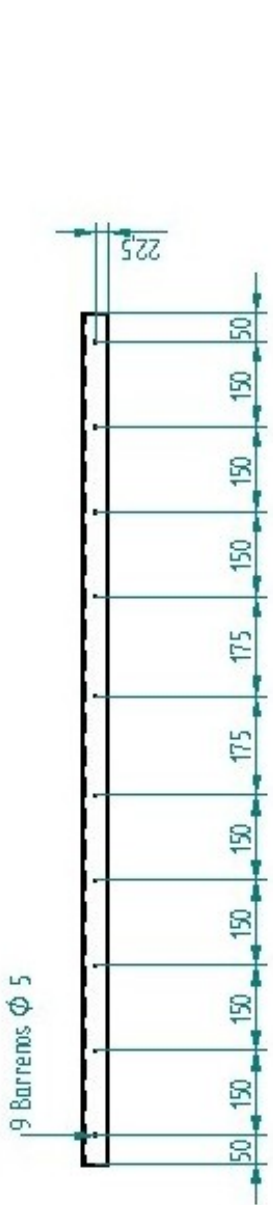
## A.2 Planos de partes.

A continuación se muestran los planos de las partes que conforman el calentador solar.

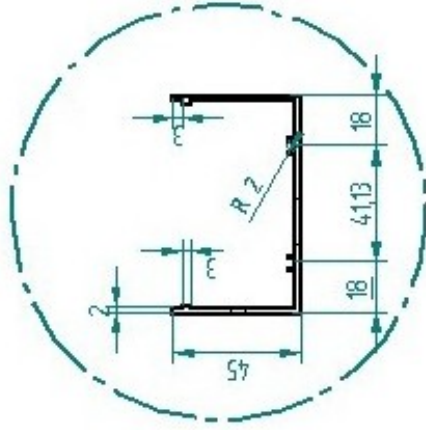
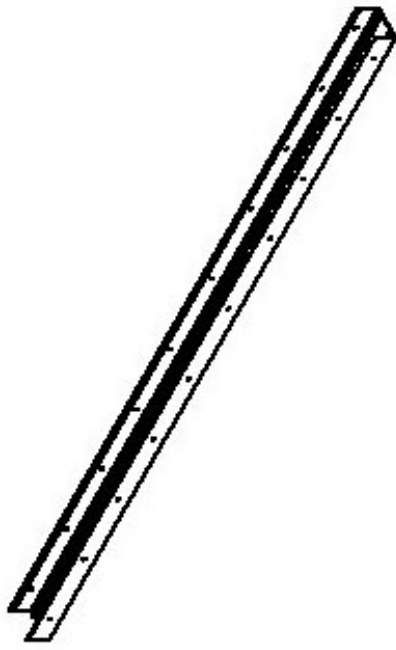




Facultad de Ingeniería Centro de Desarrollo y Manufactura	
Codo de cobre 1/2"	
Dibujó:	Oscar M. Arias
Revisó:	M. I. Mariano Garcia
ESCALA:	1 : 1
	A4
	COTAS: mm.

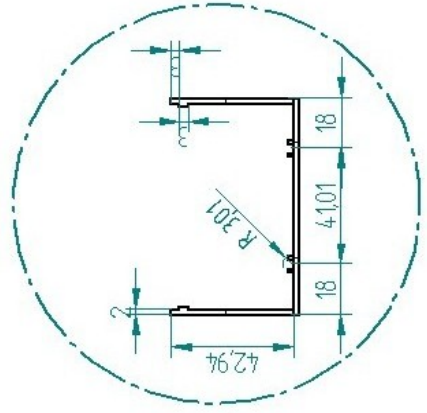
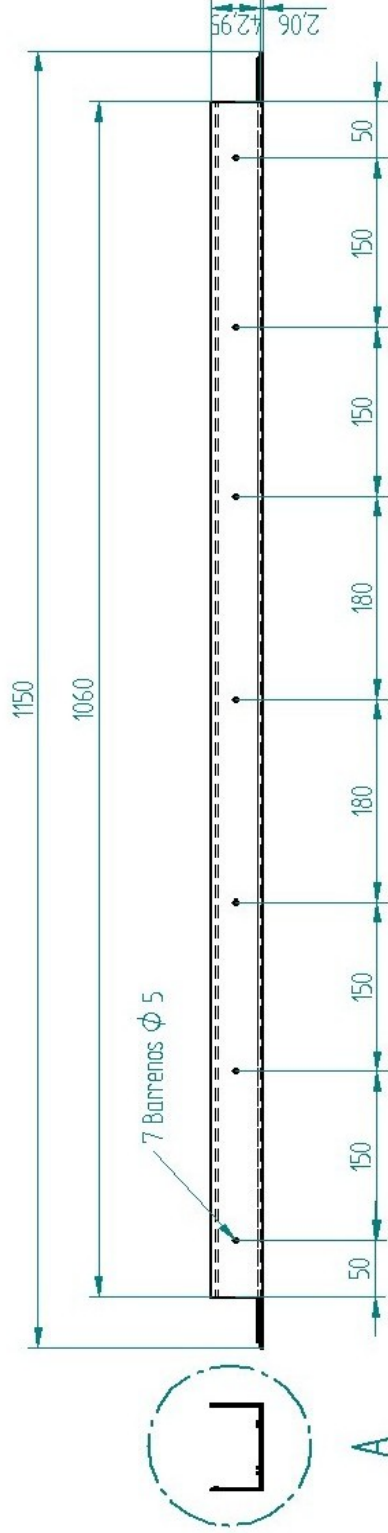


A

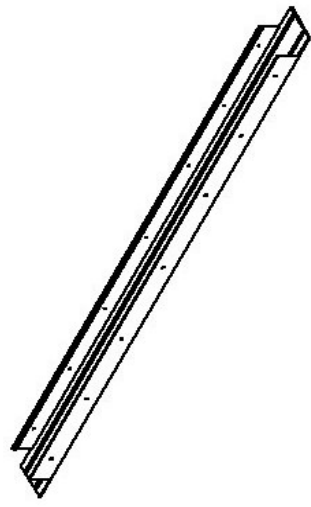


Detalle A

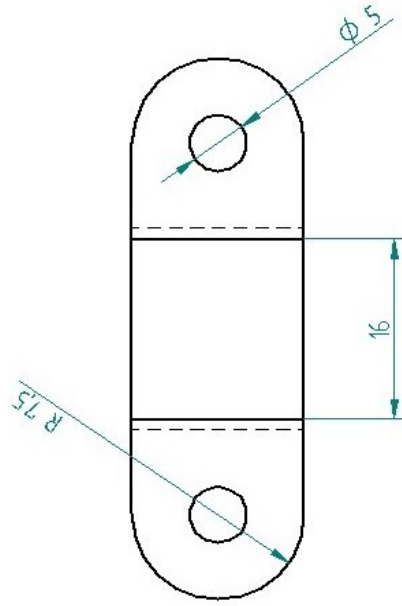
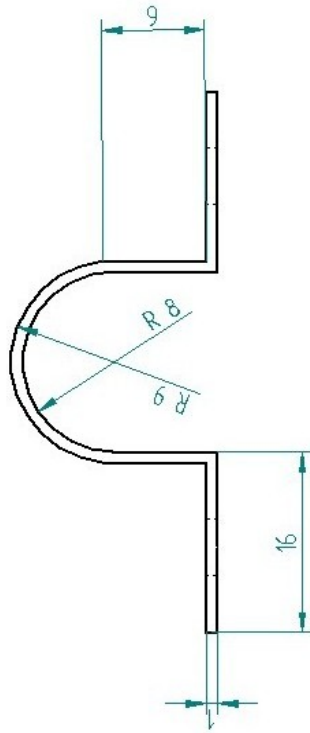
Facultad de Ingeniería	
Centro de Desarrollo y Manufactura	
Perfil de Aluminio 15 m	
Dibujó:	Oscar M. Arias
Revisó:	M. I. Mariano Garcia
ESCALA: 1 : 10	A4 COTAS: mm.



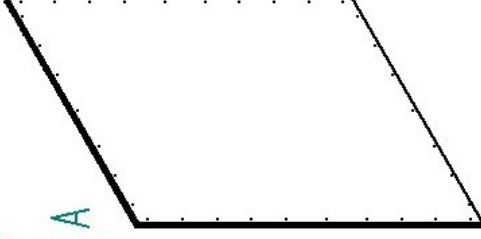
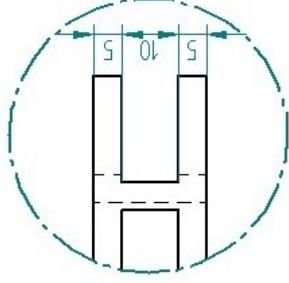
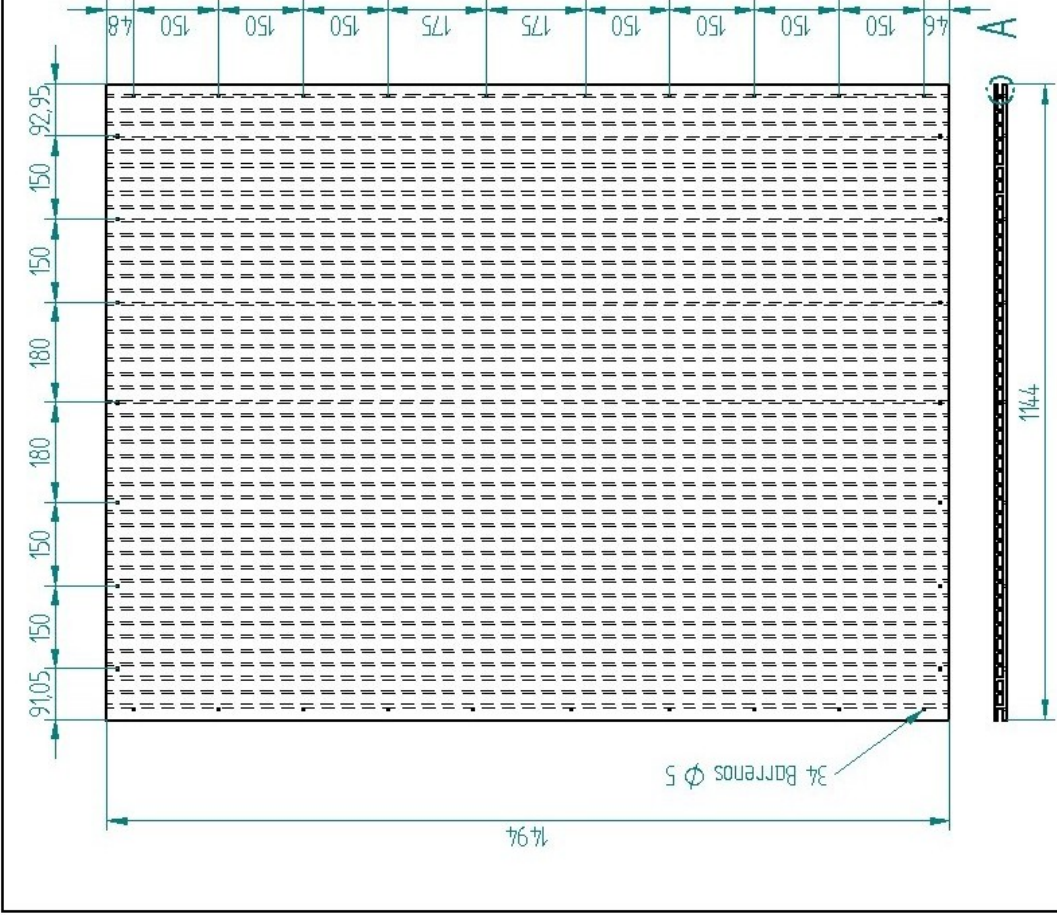
DETALLE A



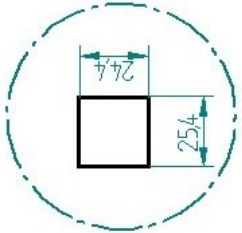
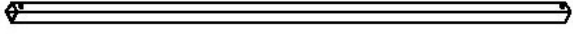
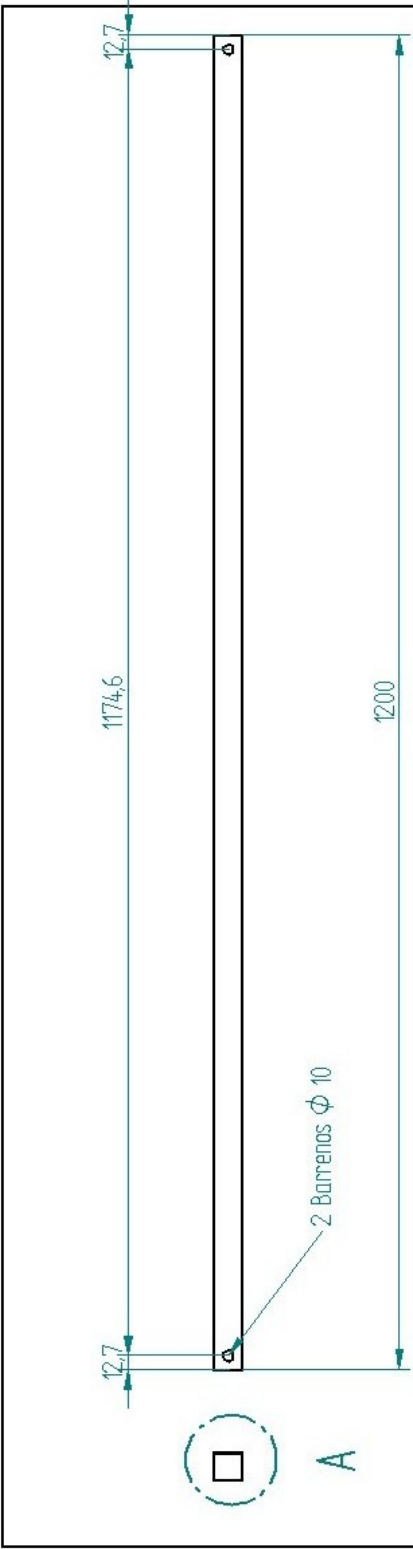
Facultad de Ingeniería Centro de Desarrollo y Manufactura	
Perfil de Aluminio 15 m.	
Dibujó:	Oscar M. Arias
Revisó:	M. I. Mariano Garcia
ESCALA: 1 : 5	A4 COTAS: mm.



Facultad de Ingeniería Centro de Desarrollo y Manufactura		
Omega de cobre 1/2"		
Dibujó:	Oscar M. Arias	
Revisó:	M. I. Mariano Garcia	
ESCALA: 2 : 1	A4	COTAS: mm.



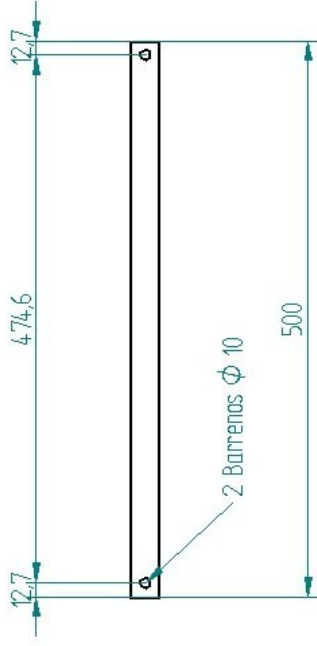
Facultad de Ingeniería Centro de Desarrollo y Manufactura	
Policarbonato	
Dibujó:	Oscar M. Arias
Revisó:	M. I. Mariano Garcia
ESCALA: 1 : 10	A4 COTAS: mm.



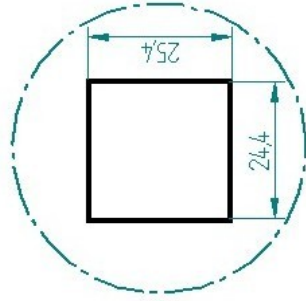
DETALLE A

Facultad de Ingeniería	
Centro de Desarrollo y Manufactura	
Perfil cuadrado 1" X 12 m.	
Dibujó:	Oscar M. Arias
Revisó:	M. I. Mariano Garcia
ESCALA 1 : 5	A4 COTAS: mm.

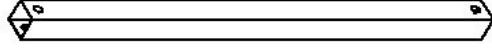




⊠ A



DETALLE A



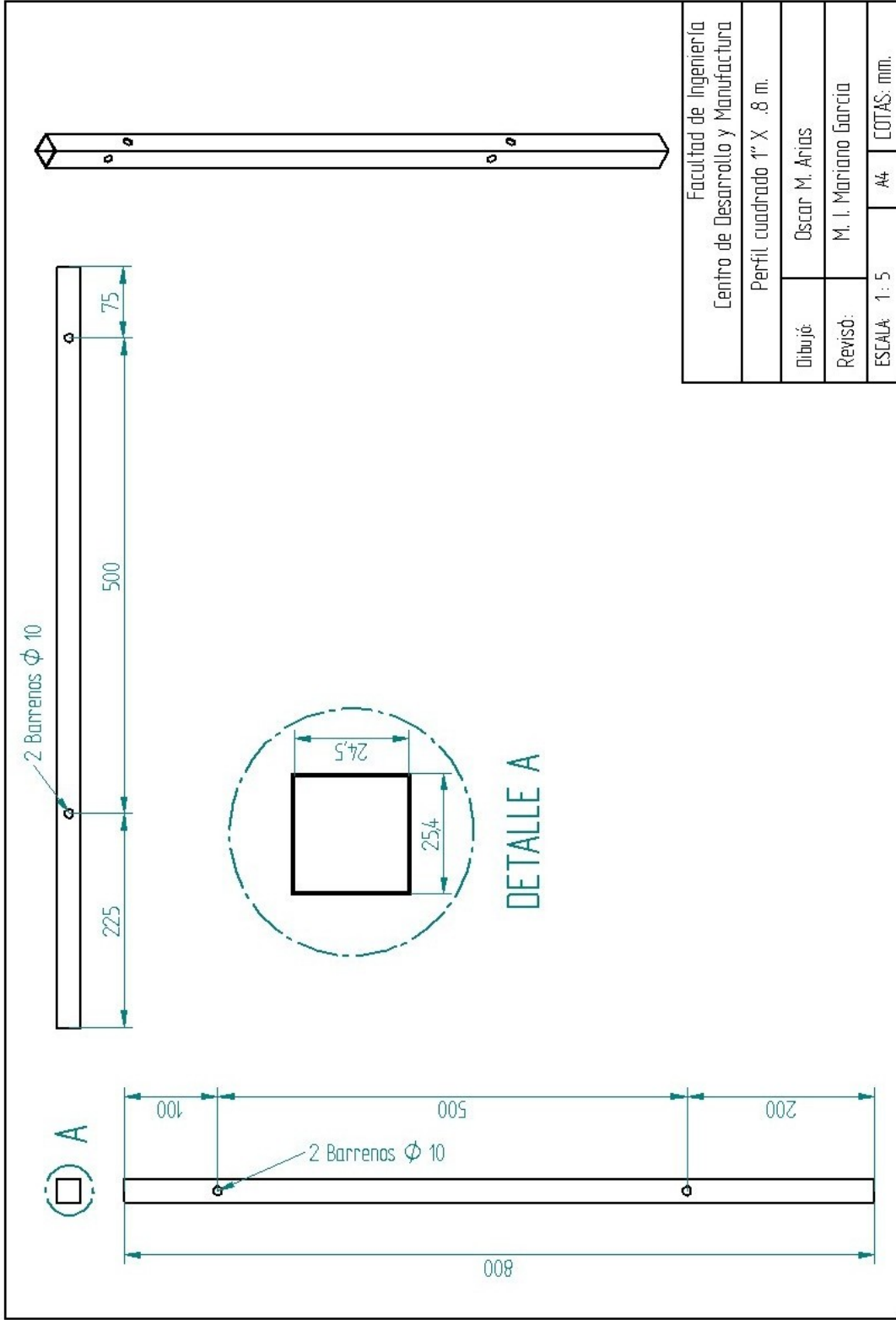
Facultad de Ingeniería  
Centro de Desarrollo y Manufactura

Perfil cuadrado 1" X .5 m.

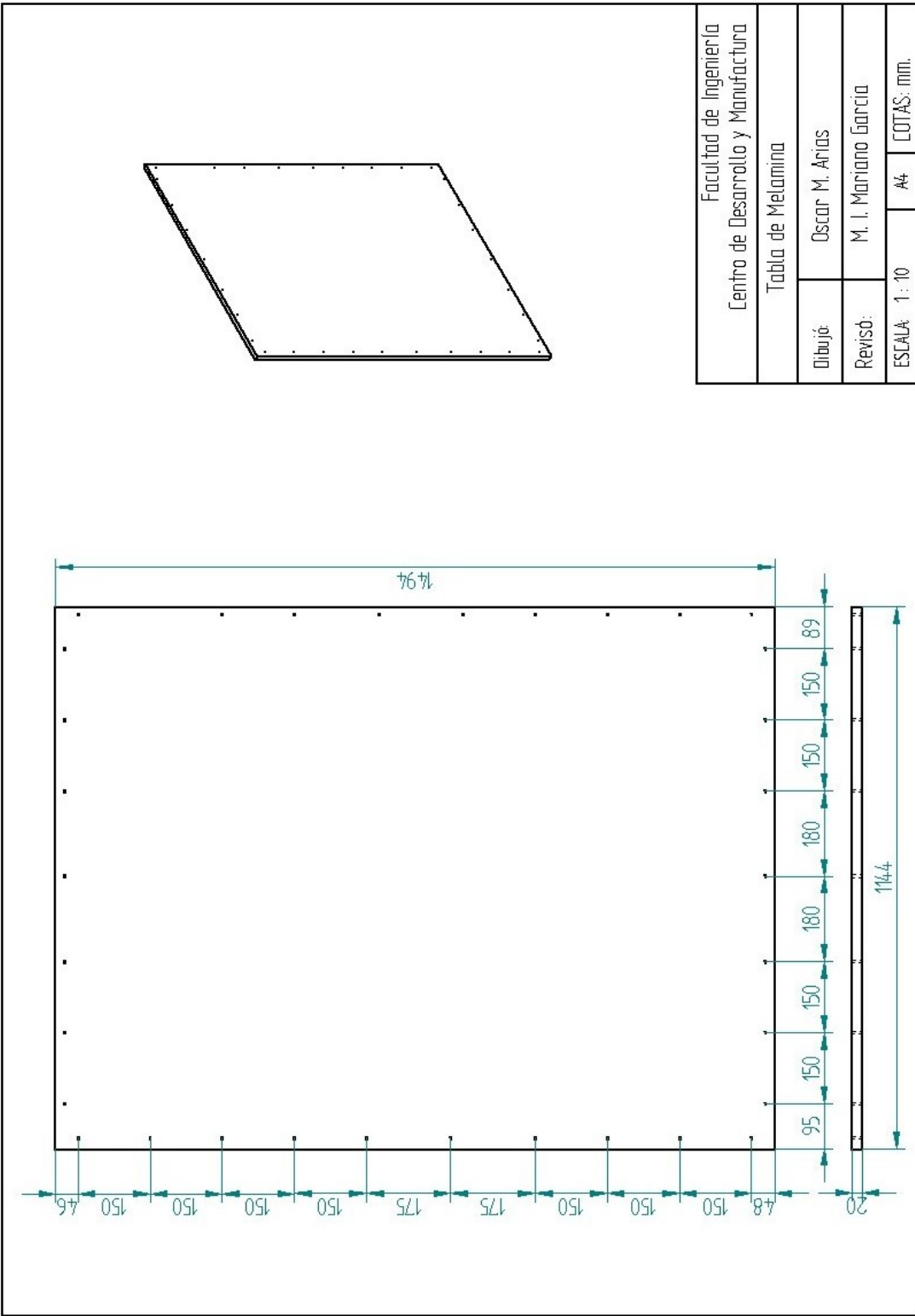
Dibujó: Oscar M. Arias

Revisó: M. I. Mariano Garcia

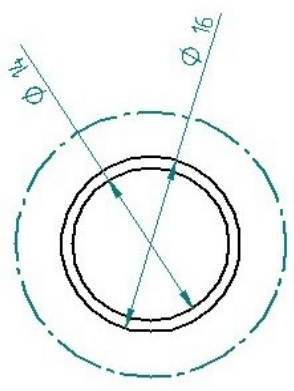
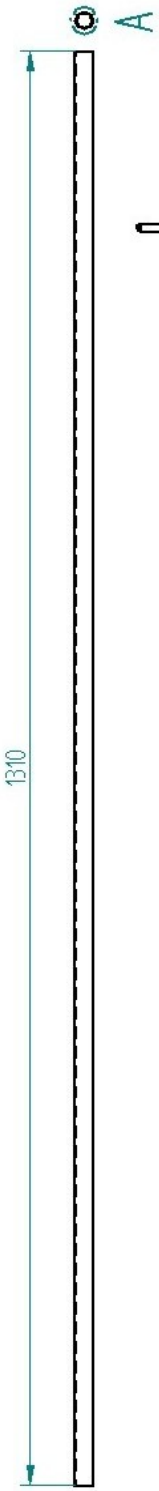
ESCALA: 1 : 5 A4 COTAS: mm.



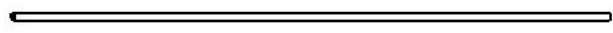
Facultad de Ingeniería	
Centro de Desarrollo y Manufactura	
Perfil cuadrado 1" X .8 m.	
Dibujó:	Oscar M. Arias
Revisó:	M. I. Mariano Garcia
ESCALA 1 : 5	A4 COTAS: mm.



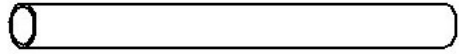
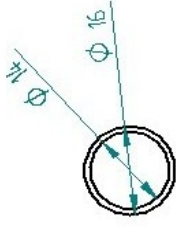
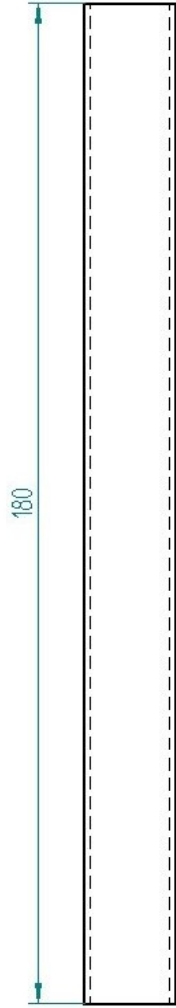
Facultad de Ingeniería Centro de Desarrollo y Manufactura		Tabla de Metamina	
Dibujó:	Oscar M. Arias		
Revisó:	M. I. Mariano Garcia		
ESCALA:	1 : 10	A4	COTAS: mm.



DETALLE A



Facultad de Ingeniería	
Centro de Desarrollo y Manufactura	
Tubo de cobre 1/2" X 1.31 m	
Dibujó:	Oscar M. Arias
Revisó:	M. I. Mariano Garcia
ESCALA 1 : 5	A4 COTAS: mm.



Facultad de Ingeniería	
Centro de Desarrollo y Manufactura	
Tubo de cobre 1/2" X 18 cm	
Dibujó:	Oscar M. Arias
Revisó:	M. I. Mariano Garcia
ESCALA: 1 : 1	A4 COTAS: mm.

## **Bibliografía**

- ( 1 ) Documento: Los flujos de radiación de onda corta, Dr. Muhlia, Observatorio de Radiación Solar, Instituto de Geofísica, UNAM.
- ( 2 ) Instalación de paneles solares térmicos, Tomás Perales Benito, Editorial Alfa Omega, 3er. Edición.
- ( 3 ) Energía solar térmica, Editorial Innovación y calificación.
- ( 4 ) Fuente: Sitio web comisión nacional de energía (CONAE), 25 de Junio de 2009.  
[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1433\\_irradiacion\\_en\\_la\\_re](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1433_irradiacion_en_la_re)
- ( 5 ) Norma Oficial Mexicana **NMX-ES-001-NORMEX-2005**. Site web CONAE, 1 Julio de 2009.  
<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4506/2/nmxneso13.pdf>
- ( 6 ) Energía solar. Fundamentos y aplicaciones fototermicas. , José A. Manrique. Editorial Harla, Harper and Row Latinoamericana.