

MI CALENTADOR SOLAR
(MiCalentadorSolar.com.mx y MiCalentadorSolar.com)

***MANUAL DE FABRICACIÓN, EN UN
PEQUEÑO TALLER CASERO, DE UN
CALENTADOR SOLAR CON COLECTOR
DE TIPO RADIADOR DE COBRE CON
TERMOTANQUE SELLADO Y SIN
SELLAR.***

*La información contenida en este manual puede
ser consultada gratuitamente en
micalentadorsolar.com.mx*

*Gracias por tu contribución al comprarlo ya
que así puedo investigar y compartir más.*

Autor: Ing. Emilio Alvarez Peimbert
Versión: Febrero 2009
México, Distrito Federal.

Índice

<u>Disclamer.....</u>	<u>5</u>
<u>Prólogo.....</u>	<u>5</u>
<u>La historia de cómo llegué a esta propuesta.....</u>	<u>6</u>
<u>Mi primer experiencia en calentadores solares.....</u>	<u>6</u>
<u>Colector.....</u>	<u>6</u>
<u>Espiral de manguera (año: 1992 aprox).....</u>	<u>6</u>
<u>Zigzag horizontal con tubos de cobre, unidos con codos (año: 1992 aprox).....</u>	<u>7</u>
<u>Fabricación del panel del colector en forma de zigzag de tubo de cobre.....</u>	<u>7</u>
<u>Radiador vertical con tubos de cobre unidos por T's (año 1995).....</u>	<u>10</u>
<u>Radiador vertical con tubos de cobre unidos con soldadura y la ayuda de un punzón (año 1997).....</u>	<u>11</u>
<u>Panel 3 en serie (experimentación terminada el 16 de abril de 2007).....</u>	<u>12</u>
<u>Radiador vertical con tubos de cobre unidos con soldadura y sin la necesidad de un punzón (año 2007).....</u>	<u>13</u>
<u>Zigzag horizontal con tubos de cobre, unidos con codos, le hice unas modificaciones al que había hecho en 1992.....</u>	<u>13</u>
<u>Modificaciones que tengo planeadas para versiones futuras.....</u>	<u>14</u>
<u>Caja.....</u>	<u>14</u>
<u>De madera.....</u>	<u>14</u>
<u>Con 2 cajas de lámina de hierro y en medio lana de fibra de vidrio.....</u>	<u>15</u>
<u>Caja de hierro con forro de fibra de vidrio.....</u>	<u>15</u>
<u>Cubierta de colector.....</u>	<u>16</u>
<u>Plástico cristal.....</u>	<u>16</u>
<u>Vidrio.....</u>	<u>16</u>
<u>Otras alternativas que no he probado.....</u>	<u>16</u>
<u>Doble vidrio.....</u>	<u>16</u>
<u>Polycarbonato.....</u>	<u>16</u>
<u>Termo-tanque.....</u>	<u>16</u>
<u>Función.....</u>	<u>16</u>
<u>Versión 1.....</u>	<u>17</u>
<u>Versión 2.....</u>	<u>18</u>
<u>Forro.....</u>	<u>19</u>
<u>Lana de fibra de vidrio cubierta con tela de manta colocado bajo techo.....</u>	<u>19</u>
<u>Lana de fibra de vidrio y lámina galvanizada (para intemperie).....</u>	<u>19</u>
<u>Neopreno esponjado amarrado con rafia (para intemperie).....</u>	<u>19</u>
<u>Lo que quiero probar.....</u>	<u>19</u>
<u>Estructura donde se coloca el termotanque.....</u>	<u>19</u>
<u>De metal para tinaco colocado horizontalmente.....</u>	<u>19</u>
<u>De concreto.....</u>	<u>19</u>
<u>De metal para tinaco colocado verticalmente.....</u>	<u>20</u>
<u>TINACO DE ALIMENTACIÓN.....</u>	<u>20</u>
<u>Fabricación.....</u>	<u>21</u>
<u>Introducción.....</u>	<u>21</u>
<u>Componentes del calentador solar.....</u>	<u>21</u>
<u>Cómo interactúan los componentes.....</u>	<u>22</u>
<u>Porqué funciona el calentador.....</u>	<u>22</u>
<u>Que versión de calentador solar debo hacer.....</u>	<u>23</u>
<u>Inclinación que debe tener el colector.....</u>	<u>23</u>
<u>Diagramas para fabricarlo.....</u>	<u>24</u>

Diagrama de conexiones del calentador solar con termotanque sellado (versión 1 en micalentadorsolar.com.mx).....	24
Diagrama de conexiones del calentador solar con termotanque con tapa sin sellar (versión 2 en micalentadorsolar.com.mx).....	27
Diagrama para conectarlo a la casa.....	30
Si se tiene calentador de gas o eléctrico.....	30
Si NO se tiene calentador de gas o eléctrico.....	31
OTRAS OBSERVACIONES PARA LA conexión.....	32
CASOS ESPECIALES.....	33
 Materiales.....	34
Materiales para un colector solar de 92 cm x 2.10 mts.....	34
Panel colector.....	35
Caja.....	35
Aislante para la caja.....	35
Calentador solar para 2 personas o cargas de lavadora (120 lts).....	35
COLECTOR (PANEL Y CAJA).....	35
Termotanque.....	36
Tanque de alimentación.....	36
Conexiones.....	36
Calentador solar para 4 personas o cargas de lavadora (250 lts).....	36
Calentador solar para 6-8 personas o cargas de lavadora (450 lts).....	36
 Herramientas.....	37
Imágenes de las herramientas.....	37
Panel colector.....	39
Radiador de cobre.....	39
Zigzag de cobre.....	39
Caja.....	39
Cubierta del colector.....	39
Termotanque.....	39
Conexiones hacia la casa.....	40
 Fabricación del panel colector.....	40
Procedimiento.....	40
Elaboración de los Cabezales.....	40
Tubos de colector.....	42
 Fabricación de la caja.....	45
 Armado del colector.....	50
Armado del colector.....	50
 Fabricación del termo-tanque.....	53
Estructura que soportará al termotanque.....	53
Estructura de metal.....	53
Estructura de concreto.....	54
Termotanque.....	55
De fierro termotanque sellado.....	55
De neopreno no hermético.....	57
Forro.....	58
Forro de neopreno sujeto con rafia PARA termotanque a la interperie.....	58
Forro de LANA fibra de vidrio SOSTENIDA CON MANTA PARA ESTAR bajo techo.....	59
 Conexión del tanque de alimentación.....	60
 Tubería aislada para realizar las conexiones.....	61
Tubería de tuboplus.....	61
Tubería de cobre forrada con neopreno.....	63

<u>Conexión a la casa.....</u>	<u>65</u>
<u>Epílogo.....</u>	<u>66</u>
<u>ANEXOS.....</u>	<u>67</u>
<u>Anexo A: Tabla de inclinación necesaria dependiendo del lugar (para que no necesiten el seno).</u>	<u>67</u>

Disclamer

***Nota Importante:** Todas las recomendaciones que hago son los pasos que te sugiero seguir para evitar los errores a los que ya me he enfrentado. Antes de iniciar la elaboración de un calentador solar considera todos los riesgos que se corren en un taller y todos los contratiempos que puedes tener en dicha elaboración, la responsabilidad de seguir los pasos que yo recomiendo es completamente tuya.*

Prólogo

En la actualidad es necesario contar con un calentador solar no sólo por razones económicas sino también por razones ecológicas ya que no emite gases que perjudiquen al planeta.

La energía convencional es cada vez más escasa y por lo tanto siempre irá al alza, a pesar de las fluctuaciones que tenga el mercado es una energía en vías de extinción además de que daña al planeta.

El calentamiento global es algo que ya se está dando por lo que es necesario tratar de reducirlo. Es cierto que un calentador solar contribuye muy poco pero la suma de muchos sí ayuda. Este es el objetivo de la página web y de este manual.

Buscaré que este manual sea dinámico y estarlo actualizando ya que siempre habrá nuevos materiales e ideas que lo mejoren, en muchas ocasiones con las propuestas o sugerencias de los cibernautas a los que agradezco su colaboración.

Otro objetivo es promover la generación tecnología propia para no depender de la desarrollada por otros países y que sea accesible para personas que tienen un pequeño taller en su casa y que puedan fabricar su propio calentador.

Debo agradecer al Ing. Juan Miguel Gómez Coyt por el impulso recibido en los inicios de este proyecto y por el apoyo desinteresado que recibo actualmente de él.

También quiero agradecer a mi hija Ángeles por la elaboración y mantenimiento de la página ya que sin ella yo no hubiera podido transmitir mis experiencias al respecto.

Además a mis compañeros de trabajo, Joaquín Rojas, Manuel Arellano, Tomas Barcenaz, Jesús Alcántara y Jorge Ramírez por su apoyo y porras.

Si durante la fabricación tienes algún problema no dudes en contactarme en el correo que aparece en la página micalentadorsolar.com.mx (el correo lo voy a estar cambiando para disminuir el SPAM (correo no deseado) que me llega).

La historia de cómo llegué a esta propuesta

Aunque la historia de todos los pasos que he seguido antes de llegar a la propuesta es interesante, no es necesario leerla para poderlo fabricar. Si no te interesa, en este momento, conocer los errores y aciertos que he tenido puedes ir directamente a la sección de fabricación para elaborar tu calentador.

Mi primer experiencia en calentadores solares

Todo empezó con una discusión con el profesor e ingeniero Juan Miguel Gómez Coyt y yo, ambos profesores de física a nivel media superior, sobre el aprovechamiento de la energía solar para calentar agua. Los dos creíamos saber algo sobre la materia y sobre la fabricación de productos ya que también habíamos estado en la industria practicando nuestra carrera como ingenieros industriales. Empezamos por comprar una lámina galvanizada calibre 26 y hacer una caja de 1 X 1 metro y otra más chica de 98 x 98 cm para colocar fibra de vidrio como relleno entre ambas y le pusimos un vidrio arriba para que hubiera efecto invernadero. Compramos 35 mts. de manguera de ½" (poliagua) por ser la más barata, la fijamos en forma de espiral con tiras de madera usando la parte externa para el ingreso del agua fría y sacar el agua caliente por el centro.

Al ponerla a funcionar nos dimos cuenta de que requería algo de presión para lograr el llenado, y después cuando el agua se calentó la manguera se deformó y se convirtió en una fuente, pues tenía aberturas por varios lados. El experimento fue desechado, así verás que aunque mi primer experiencia no funcionó seguí investigando hasta que llegué a un calentador que, aunque no es perfecto, funciona bien.

Existen muchos miedos y mitos alrededor del calentador solar por lo que se solamente experimentando se obtienen buenos logros. La experiencia me dice que prácticamente todos los experimentos dan buenos resultados, por lo que el reto principal es reducir costos, aprovechar al máximo los materiales y poder hacerlos en un pequeño taller casero con un mínimo de herramienta.

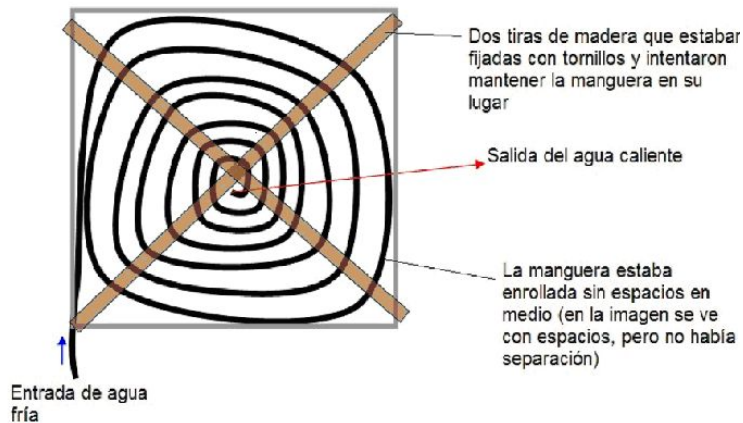
Colector

Espiral de manguera (año: 1992 aprox)

Hicimos un colector usando manguera poliagua negra enrollada y dentro de una caja de lámina negra sin aislante térmico cubierta con plástico transparente. La manguera se calentó y la presión generada por el vapor la terminaron abriendo por lo que ese colector dejó de funcionar casi inmediatamente (si no recuerdo mal fue el mismo día). Este es el único experimento que he catalogado como fracaso.

Para que funcionara se necesitaría una manguera que resista la presión, además se requiere forzar la circulación por que al estar en espiral no se da la circulación por la convección en forma natural, para ello se requiere colocar una pequeña bomba.

Los plásticos comunes al tener cambios de temperatura notables se cristalizan (el colector se enfrenta a cambios entre la temperatura mínima del ambiente y unos 90° C o más en el mismo día, al cristalizarse se vuelven muy frágiles y con cualquier movimiento se pueden fracturar. Al utilizar plásticos hay que considerar que algunos al calentarse generan sustancias tóxicas (dioxinas) por lo que antes de experimentar con estos materiales hay que investigar como se comportan al calentarse.



Zigzag horizontal con tubos de cobre, unidos con codos (año: 1992 aprox)

Este colector lo hice como un serpentín con forma de zigzag con tubos unidos con codos de cobre. Lo más importante es que los tubos no estén horizontales, siempre deben estar inclinados hacia arriba, para que el aire salga. Al buscar los materiales, utilicé codos de cobre ya que únicamente me encontré U's de hierro.

Si te llega a interesar fabricarlo el procedimiento para soldar los tubos es:

FABRICACIÓN DEL PANEL DEL COLECTOR EN FORMA DE ZIGZAG DE TUBO DE COBRE.

- 1.- Cortar los tubos del largo deseado (los principales)
- 2.- Cortar tubos de cobre del largo mínimo necesario para unir 2 codos (2.5 cm = 1 pulgada)
- 3.- lijar muy bien todos los tubos y los codos. Está bien lijado cuando no tiene ninguna oxidación ni suciedad el tubo y se el cobre brillante como en la foto.

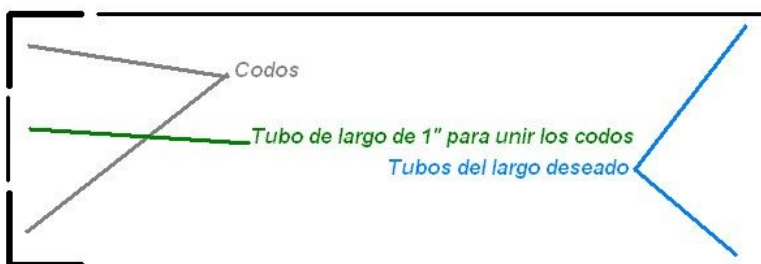


El interior de los codos debe quedar brillante como se indica en la siguiente foto (que no es de un codo).

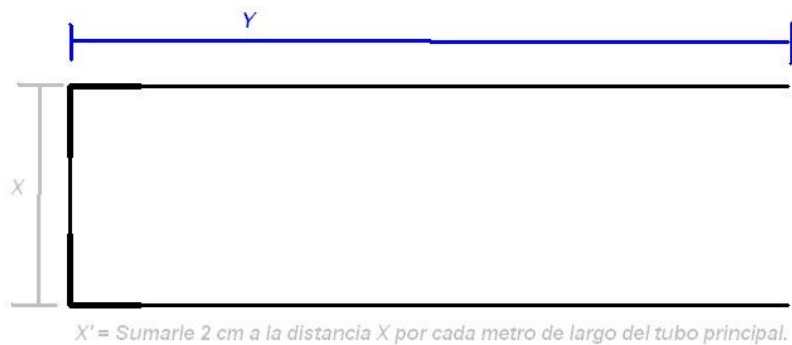
Para ello se enrolla la lija con la superficie lijante hacia afuera y con el "tubito de lija" se da vueltas dentro del codo como si se le sacara punta a un lápiz.



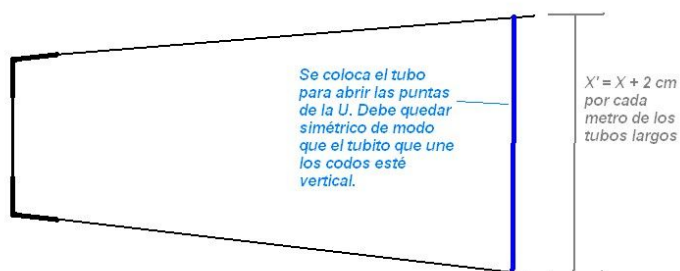
4.- tomas un tubo largo, uno corto 2 y dos codos, les pones pasta y los armas como una U (sin soldar).



5.- mides la distancia que hay entre los codos y sumas 2 cm por cada metro que tenga de largo el tubo principal (Y).



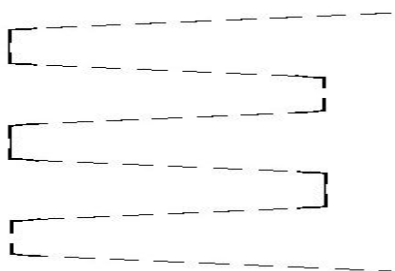
6.- Cortas un tubo (puede ser de cualquier material incluyendo plástico o madera) que tenga el largo del cálculo del punto anterior ($X' = X + 2 \text{ cm}$ por cada metro que tenga Y) y lo pones en el otro extremo para abrir las puntas de la U. Esto es muy importante porque para que funcione un zigzag todos los tubos deben tener una inclinación que le permita subir al agua caliente y al aire.



5.- dejas la U libre y sueldas, con un espejo verificas que todo esté bien soldado. Se repite la misma operación hasta que se arma todo el zigzag.

Primero se arman todos los tubos que tiene largo deseado y al final se sueldan en cada extremo los tubos que tienen 20 cm más que el largo deseado.

Si es un panel de número de tubos par quedará así: (si fuera non las terminales estarían una de cada lado). Se puede observar que en los extremos los tubos son más largos.



6.- Una vez terminado el panel probarlo haciendo que el agua entre por la parte de abajo y salga por la parte de arriba para que saque todo el aire. Se cierra la salida de agua para que tenga un poco de presión y se localicen las fugas, mismas que deben ser eliminadas antes de seguir

adelante. Es muy importante que no tenga ninguna fuga el panel del colector ya que de otra manera el calentador solar no funcionará.

Para eliminar las fugas se deben marcar todos los lugares en los que hay salida de agua, vaciar el panel y volver a soldar en las marcas que se hayan hecho y corregir las soldaduras hasta que no quede ninguna fuga.

Resultado: Funciona pero no circula mucha agua. Este colector continúa funcionando, produce agua más caliente en cada pasada pero no mucha.

El esquema parcial es:

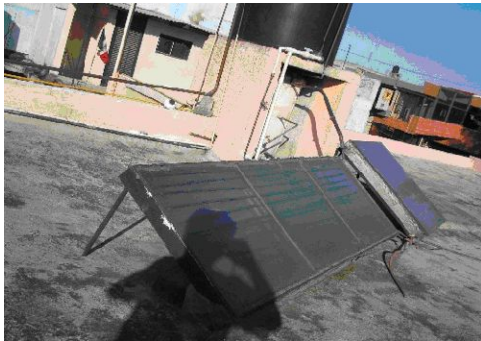
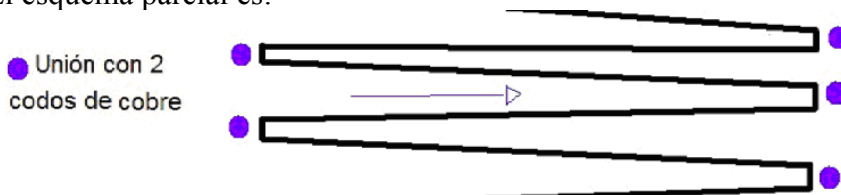


Foto 1. Colector con panel en zig-zag

Radiador vertical con tubos de cobre unidos por T's (año 1995)

Este colector lo realizó el Ing. Juan Miguel Gómez Coyt y me permitió compartirlo en la página y en el manual.

Después el Ing. Gómez gracias a sus investigaciones, propuso hacerlos en forma de radiador con dos cabezales de ángulo de 1" y tubo de ½". Los tubos tienen una separación de más o menos 10 cm entre los tubos, estos paneles siguen actualmente en uso (aunque se cambiaron las cajas que eran de madera porque se comenzaron a pudrir, se hicieron de lámina negra de fierro como base y de aluminio para transmitir el calor de los tubos. El Ing. Gómez utilizó T's de pulgada, pulgada y media pulgada al centro y pedacitos de tubo como niple para unirlos.

Resultado: Funciona bien, resiste mayor presión, pero son más caros y son un poco más difíciles de construir que el modelo actual. Al resistir mayor presión son una buena alternativa para los sistemas con hidroneumático, el cálculo sería que soporta la presión de una columna de agua de 30 pisos (aproximadamente 92 metros). Por el costo de las T's buscamos otra alternativa, y además la siguiente alternativa mejoró la eficiencia.

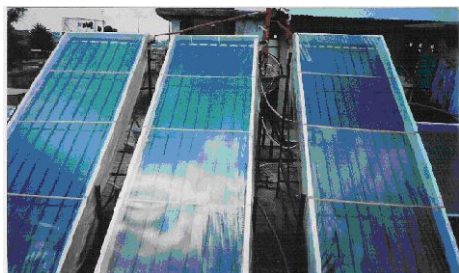


Foto 2. Colector en forma de radiador formado con T's de cobre.

Agradezco al Ing. Juan Miguel Gómez Coyt por compartir su experiencia y fotografías en la fabricación de este colector que estuvo en su casa. Posteriormente se cambió la caja de madera por una de fierro cuando se dañó la caja.

Radiador vertical con tubos de cobre unidos con soldadura y la ayuda de un punzón (año 1997)

Después de la experiencia con un radiador con tubos de cobre, la propuesta que hice para no utilizar T's fue la de usar un punzón (fue elaborado con un torno)

Uno de los problemas que tuve al hacer el panel tipo radiador fue que estuviera a escuadra recordando que para que este bien deben cuidarse las tres dimensiones por lo que tuve la necesidad de desoldar y volver a soldar en una superficie plana marcando la escuadra y cuidando que todos los tubos fueran del mismo tamaño. El otro fue que al hacer las perforaciones midiendo con el metro es que en uno de los cabezales tuve una entrada de más para los tubos, misma que tape con un tubo sellado.

Resultado: Es muy eficiente, no soporta tanta presión como el que usa T's (funciona bien para sistemas en que el tinaco está hasta 3 metros de altura respecto al colector), es más económico y fácil de hacer como el que utiliza T's. El resultado me gustó, el único inconveniente fue que los agujeros no quedaban parejos y cuando la separación fue menor de 1 pulgada entre centros el tubo del cabezal se deformó y lo tuve que desechar y volverlo a hacer. En esta versión se utilizaban T's para unir los tubos de los extremos al panel (por eso se ven separados).



Foto 3. Colector con forma de radiador con cabezales perforados con punzón y unidos con soldadura, los tubos de los extremos se unieron con T's.

Panel 3 en serie (experimentación terminada el 16 de abril de 2007)

Este panel lo inicié con esta hipótesis: un panel que tiene 3 colectores pequeños conectados en serie, es más eficiente que un solo panel que tiene las mismas dimensiones que los 3 colectores pequeños.

Resultado: Ambos colectores tienen más o menos la misma eficiencia. (la hipótesis fue descartada).

El colector que tiene 3 paneles en serie requiere más trabajo para ser armado (necesité unir 60 tubos de ambos lados, en lugar de sólo unir 20, además se perforan 6 cabezales en lugar de 2.), además necesité usar más tubo de 1 pulgada (6 cabezales en lugar de 2).

Por lo tanto **NO RECOMIENDO** utilizar 3 paneles en serie, es más fácil y económico utilizar un solo panel con 2 cabezales.

LO NUEVO: En el colector de 3 en serie, utilicé un escantillón que es un ángulo de fierro en el que se hacen los agujeros previamente. ver fabricación/materiales.

De este modo al perforar el tubo (cuya superficie es redonda, el tubo no se resbala y además los agujeros quedaron parejos y alineados, se facilita la soldadura, es más estético y que no se deforman los cabezales por hacer hoyos con menos de 1 pulgada entre centros.



VS



Foto 4

Foto 5

En ambos colectores se utilizó un escantillón y se puede apreciar que la separación de los tubos es constante, y que los tubos de los extremos se unieron también con soldadura y no con T's. El de la foto 4 es un de 3 secciones y el de la foto 5 en una sola sección. Es más sencillo hacer el de la foto 5 y se obtiene el mismo resultado que el de la 4.

Radiador vertical con tubos de cobre unidos con soldadura y sin la necesidad de un punzón (año 2007)

Gracias a la sugerencia de un cibernauta ahora perforo con broca de 5/8" que permite el paso del tubo de 1/2" quedando una pequeña holgura para soldar, sin la necesidad de abocardar con el punzón. Esta es la versión que está documentada en la sección de fabricación de este manual.



Foto 6. Colector realizado sin punzón. La foto la tomé cuando estaba haciendo algunos cambios, por eso se ve material de construcción.

Zigzag horizontal con tubos de cobre, unidos con codos, le hice unas modificaciones al que había hecho en 1992.

El siguiente experimento fue que saqué el panel en zig-zag de su caja y la forré con lana de fibra de vidrio cubierta por fibra de vidrio, tuve que desechar este aislante porque no supe manejar estos materiales.

La caja la hice con un marco de ángulo de 1 1/2", como base del marco lámina negra calibre 20, como forro lana de fibra de vidrio y hasta arriba le puse como difusor de calor lámina de aluminio que compré en fierros viejos (había sido usada en la caja de un tráiler) amarrada a los tubos con alambre. Y la tapé con vidrio.

En el proceso se me rompió el vidrio así que lo uní con silicón y me di cuenta de que era muy angosto el marco por lo que se puede ver que el vidrio queda casi afuera y que utilicé silicón para sellar los huecos ya que en algunas partes el vidrio a penas se sostiene.

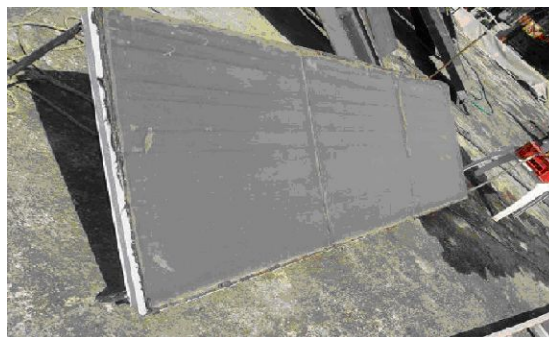


Foto 7. En esta foto podemos ver como el vidrio queda casi afuera teniendo que rellenar los huecos que aparecieron con silicón

Este colector no funcionó bien para el termosifón (convección) por lo que pienso donarlo a la gente de campo ya que puede calentar una cubeta de 20 lts. En ½ hora. Su capacidad es de 3 lts. Y el espejo de 1.5 m2.

Modificaciones que tengo planeadas para versiones futuras

Todavía me falta experimentar haciendo la caja con bisagras para poder abrir y limpiar el vidrio por dentro o hacer cambios o reparaciones, los mismo probar con tapa de doble vidrio (sugerencia de varios cibernautas).

Caja

Los resultados están en orden de fecha de experimentación.

De madera

Estos colectores los realizó el Ing. Juan Manuel Gómez Coyt que me compartió esta información para ponerla en la página y el manual.

Decidió hacer los paneles y ponerles una caja de madera para protegerlos, funcionaron bien 1 año, pero al cabo de 2 años la madera comenzó a abrirse. Las cambió por cajas de fierro (y esa es la opción que usamos actualmente, por que funcionaron bien).

Nota: estaban cubiertas con el plástico cristal más grueso que pudimos conseguir, pero este no duró ni un año ya que al calentarse se cristaliza y se rompe. (ver foto 2) Por lo que cambió el plástico por vidrio.

RESULTADO: Las cajas de madera son más económicas que las de fierro pero no duran mucho.

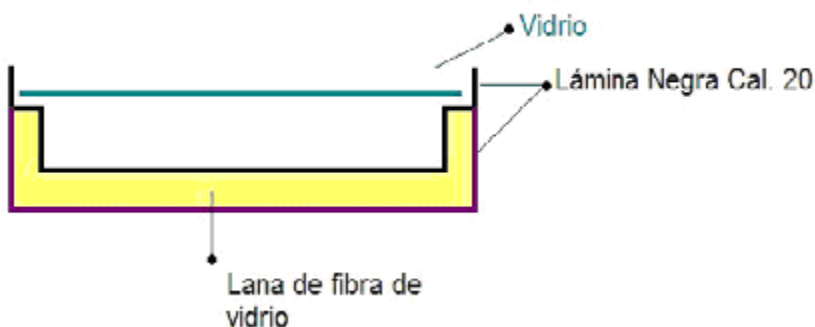
Actualización: Hace poco pregunté en una tienda si había una protección para madera que la protegiera de la intemperie, y la respuesta es que sí hay y que hay que aplicarla cada 2 años, y es una pintura que se utiliza para proteger a los barcos que no es económica ni fácil de conseguir.



Foto 8 Vista posterior de la caja de madera

Con 2 cajas de lámina de fierro y en medio lana de fibra de vidrio

Esta caja la pude realizar porque tenía acceso a una dobladora de lámina de fierro, de 1 metro de bancada (razón por la cual, la caja, tiene 1 mt x 1 mt).



Resultado: No sella perfectamente por lo que la fibra de vidrio se moja y es más costoso maquilar la caja en una dobladora que con un herrero.

La caja continúa funcionando, pero como permitía ingresar agua la cubrí con silicón, sin embargo continua dejando pasar un poco de agua lo que apelmaza la lana de fibra de vidrio.

Si volviera a tener acceso sin costo a una dobladora NO lo volvería a hacer ya que encontré que es mejor utilizar la caja de fierro armada con un herrero, porque es más económico, más fácil de realizar y se mete menos agua.

Caja de fierro con forro de fibra de vidrio

Esta caja fue desarmada porque el forro de fibra de vidrio se deformó permitiendo la entrada de grandes cantidades de agua, por lo que NO LA RECOMIENDO.

La caja tenía ángulo de 1 1/2 " como base y sobre éste otro ángulo de 3/4 de pulgada para sostener el vidrio.

Sobre el ángulo de 1 1/2 " estaba una lámina de aluminio en la que se amarraba el panel.

Debajo del ángulo estaba lana de fibra de vidrio como aislante, debajo fibracel y debajo una capa de fibra de vidrio. Mi intención fue forrar la caja con la fibra de vidrio para proteger la lana de fibra de vidrio de la intemperie para que no le entrara agua. El fibracel lo coloqué para que la resina con la que se pone la fibra de vidrio no estuviera en contacto con la lana de fibra de vidrio. Al final no funcionó, dejó entrar mucha agua y lo tuve que desarmar.

Cubierta de colector

Inicialmente cubrimos el colector con plástico laminado tipo cristal el cual tiene poca duración porque literalmente si cristaliza y se vuelve quebradizo a la intemperie y en uno o dos meses se desintegra, después usamos vidrio de 6mm. y por último con puerta para poder limpiar por dentro o hacer reparaciones

Plástico cristal

El primer intento para cubrir el colector fue con plástico cristal, pero duró menos de un año, la explicación de lo que ocurrió se encuentra en Caja de madera.

Vidrio

Esta es la cubierta que estoy utilizando debido a que es transparente y dura muchos años. El grueso que utilizo es por lo menos de 5 mm para que soporte las granizadas (que en la Ciudad de México no son muy fuertes).

Otras alternativas que no he probado

DOBLE VIDRIO

No he tenido la oportunidad de probarlo aunque he visto que se recomienda en lugares donde se llega a temperaturas debajo de 0 algunos días del año y que ayuda a evitar que se congelen las tuberías, pero no se hasta que temperatura evitan que se congele el agua del colector.

POLICARBONATO

No lo he querido utilizar porque el vidrio da muy buen resultado, el inconveniente que tiene es que con el paso del tiempo se hace menos transparente cada vez y por lo tanto deja pasar menos luz. Por otro lado el que conozco filtra los rayos ultravioleta que ayudan a calentar el agua (aunque si deja pasar a los infrarrojos).

Termo-tanque

Función

La función principal del termo-tanque es la de almacenar el agua caliente y la segunda es regular la temperatura por medio de la termofusión.

En la primer función el agua inicia fría, y después pasa por el colector donde sale más caliente y regresa al termo-tanque y poco a poco el agua del termo-tanque se va enviando más caliente al colector, de esta manera permite la acumulación del calor en el agua.

La segunda función es muy importante porque el colector cuando esta cavitando (un calentador de gas, leña o solar cavita cuando lanza agua caliente por impulsos.) puede alcanzar temperaturas ligeramente superiores a los 80° C pero cuando el agua circula difícilmente supera los 68° C. Es importante notar que cuando se usa el agua caliente al mismo tiempo empieza a entrar agua fría al termo y esta va enfriando a todo el contenido empezando por la parte de abajo y que para un segundo baño ya esta más fría.

Existen dos versiones de termo-tanque una sellada y otra con tapa y aunque la función es la misma, la construcción es diferente.

Versión 1



Foto 9 Termotanque sellado de lámina negra forrado con neopreno esponjado amarrado con rafia.



Foto 10 Termotanque sellado de lámina negra durante su construcción.



Foto 11 Termotanque sellado forrado de lana de fibra de vidrio cubierta por manta, colocado bajo interperie



Foto 12 Termotanque sellado de plástico con cinchos de metal para evitar que se deforme.

En las tres fotos de arriba podemos ver tres termo-tanques versión 1, los dos primeros son de lámina negra y las salidas están soldadas con soplete de acetileno y el último en de plástico aprovechando las salidas que tienen los envases de 200 lts. A estos envases hay que ponerles cinchos metálicos rodeándolos y tapas extras para evitar que se abomben debido a que los agujeros para las conexiones ya están hechos se un espacio en la parte superior superior que siempre tendrá aire porque no hay forma de sacarlo.

Podemos ver que el recipiente de lámina negra puede estar vertical u horizontal, hay poca diferencia entre ellos, lo importante es que la entrada y la salida al colector se encuentren separadas lo más que permita el tinaco.

Estos termos sufrieron cambios, los dos primeros fueron desechados porque la oxidación terminó por perforarlos y los de la última foto se pusieron sobre bases de metal para aumentar su altura.

Versión 2

Este termo es con tapa y flotador o boya para su llenado y no requiere jarro de aire para la entrada o salida del aire o el vapor ya que al no estar sellado las burbujas que llegan al sistema salen por la rendija que queda entre la tapa y el tinaco. Los dos termotanques que se ven en la imagen son de este tipo.



Foto 13 Termotanques no sellados

Aquí hay dos termo-tanques para dos baños diferentes un tamboplas de rotoplas de 250 lts. y un envase industrial de 200 lts. En el primero la salida a la ducha esta aparte y en el segundo la salida a la ducha esta en la entrada de agua caliente del colector.

(Yo en lo personal prefiero la primera)

Forro

LANA DE FIBRA DE VIDRIO CUBIERTA CON TELA DE MANTA COLOCADO BAJO TECHO

En la foto 11 se aprecia que el termo-tanque está cubierto por tela de manta, debajo tiene lana de fibra de vidrio como aislante. Debido a que se encuentra techado el agua no le llega al termo-tanque y por lo tanto no se moja la lana de fibra de vidrio (cuando se moja se apelmasa). Al estar aislado por la “casita” en la que está, el termotanque está bien aislado. El detalle se encuentra en la sección de fabricación.

LANA DE FIBRA DE VIDRIO Y LÁMINA GALVANIZADA (PARA INTEMPERIE)

El termotanque de la foto 12 posteriormente fue forrado con lana de fibra de vidrio y se protegió la lana con lámina galvanizada. Aunque le entra un poco de agua a la lana, cumple con su función de aislar térmicamente al termotanque.

NEOPRENO ESPONJADO AMARRADO CON RAFIA (PARA INTEMPERIE)

El termotanque de la foto 9 está forrado de neopreno esponjado (se puede ver el detalle en la sección de fabricación) amarrado con rafia. El neopreno a la intemperie tiene una vida útil de 3 o 4 años por lo que hay que cambiarlo. El detalle se encuentra en la sección de fabricación.

LO QUE QUIERO PROBAR

Aunque las soluciones anteriores funcionan, no tengo una que realmente me guste para aislar el termo-tanque, así que sigo buscando.

Tengo la impresión de que si se pinta el neopreno (una vez que esté forrado el termotanque) con pintura vinílica se extiende su duración. Esta impresión la tengo porque a una tubería de cobre forrada con este material le cayó pintura por accidente y esa parte del neopreno duró más que el resto. Me falta hacer pruebas para validar esta hipótesis.

Por otro lado me comentan que existe una cubierta de aluminio que se coloca sobre el neopreno que se utiliza para forrar las tuberías y que extiende su vida. Lo que entiendo es que el sol quema la superficie del neopreno y la lluvia lo va arrastrando poco a poco.

Estructura donde se coloca el termotanque

DE METAL PARA TINACO COLOCADO HORIZONTALMENTE

En la foto 9 se puede apreciar la estructura hecha con ángulo en el marco, tiene solera de fierro doblada en semicírculo para que el termo-tanque se apoye en las orillas y en dos puntos al centro.

DE CONCRETO

En la foto 11 se puede apreciar. El detalle se encuentra en la sección de fabricación.

DE METAL PARA TINACO COLOCADO VERTICALMENTE

Esta es otra idea para la estructura, en este caso la misma estructura sirve para que sostener al colector. El detalle se encuentra en la sección de fabricación.



Foto 14 estructura para soportar el tinaco colocado verticalmente.

TINACO DE ALIMENTACIÓN

El tinaco de alimentación, se recomienda que se encuentre entre los 2 y 3 m de altura con relación a la azotea, esto es con el fin de que el colector tenga la inclinación adecuada y el termo haga bien su función de convección.

En un principio tenía el tinaco a 1.10 m, lo que me obligó a colocar al colector con una inclinación inferior a los 30° recomendados y con una ligera inclinación de las conexiones. En la foto 1 se ve termotanque abajo del tinaco de alimentación, por eso me vi en la necesidad de hacer una estructura de ángulo de 1 ½ para elevarlo y ponerlo en una esquina al norte para que tres patas de la estructura quedaran en muros de carga y la cuarta en una base de tabique para distribuir el peso. En un principio apoye al tinaco en una cuadrícula de ángulos pero el peso del agua empezó a deformar el tinaco, se comenzó a combar en los espacios en que no había ángulo, por lo que lo vacié y coloqué una lámina cal 18 en la base que aún cuando se deforme un poco si resiste el peso. (Foto 6).

En la foto 12 se ve el tinaco de alimentación (pintado de azul) en casa del ing. Gómez que posteriormente fue cambiado.

Fabricación

Introducción

Antes de comenzar recuerda que lo más importante al trabajar en un taller (y hacer un calentador solar) es la seguridad, por lo que hay que utilizar las protecciones necesarias en todo momento.

Por el costo que implica la fabricación de un calentador solar te recomiendo que antes de comprar el material o herramienta necesaria leas toda la sección de fabricación para que veas lo que va a implicar, si tuvieras alguna duda escíbeme por correo electrónico a la dirección que aparece en micalentadorsolar.com (la cuenta la cambio constantemente para combatir el SPAM).

Aproximadamente un m2 del colector que propongo sube la temperatura de 40 lts de agua 20° a 40° centígrados en una hora, podemos comparar este colector con una hornilla de estufa de gas.

Cuando fabriques tu calentador solar es SUMAMENTE IMPORTANTE, y no puedo enfatizarlo lo suficiente, que cuides que todas las conexiones permitan la salida de las burbujas de aire, una burbuja atrapada es capaz de detener la circulación del agua que se da convección. Para ello hay que utilizar un nivel en cada conexión para asegurar que todas tengan una inclinación. Si llegaras a hacer una conexión con una manguera debes cuidar que no forme una U, ya que la bajada que hay en la primer parte de la U estanca las burbujas y detiene la circulación.

Componentes del calentador solar

Los componentes de un calentador solar los puedes ver en la siguiente imagen:



Tinaco de alimentación: Es el tanque que alimenta el agua de la casa y del sistema (tambo verde)

Colector solar: Es la zona que se expone al sol, cuya función es recolectar los rayos solares para transferir su calor al agua, en la imagen se ven dos colectores al frente. Está formado de una caja y panel que en este caso es una tubería por la que se conduce el agua para calentarla (en otros calentadores se circula una sustancia anticongelante, en un futuro lo experimentaré y lo compartiré).

Termo-tanque: Es el tinaco en el que se almacena el agua caliente, sirve como un acumulador del calor ya que está aislado térmicamente. Es aquí donde se recibe el agua fría de exterior, alimenta al colector solar y recibe el agua que se está calentando de éste. Cuando la casa requiere agua caliente sale de este termotanque. Es importante que el termotanque permita la salida de las burbujas que entran al sistema, esto se logra con un jarro de aire (en fabricación la versión 1), no sellar la tapa (en fabricación la versión2) o un válvula trampa de aire y vapor (que yo no utilizo).

Cómo interactúan los componentes

Esto depende del tipo de termotanque que decidas poner, por ello puse esta información poco más adelante en Diagramas para fabricarlo.

Porqué funciona el calentador

Dado que estos calentadores no tienen un motor, ¿qué es lo que hace que el agua circule?

El agua circula por un principio llamado de convección, que básicamente es que el agua caliente tiende a subir porque su densidad es menor que la del agua fría. Por lo tanto dentro de un colector

cuando llega el agua fría (proveniente del termotanque) conforme se va calentando va subiendo y en el punto en que el agua más fría del colector es más caliente que la que está en la parte inferior del termotanque la deja entrar porque es más fría y entonces el agua más caliente del colector se va a la parte alta del termotanque y así es como va circulando. En cada “vuelta” el agua se calienta un poco más en el colector y por lo tanto el agua del termotanque aumenta su temperatura poco a poco hasta estabilizarse en 68° C aproximadamente.

Es indispensable cuidar que no queden burbujas de aire atrapadas porque entonces la convección se detiene.

Que versión de calentador solar debo hacer

La versión que selecciones depende de tus necesidades.

Te recomiendo la versión 2 porque es más sencilla de construir, y se puede utilizar como termotanque un tinaco de plástico o neopreno (de los que se utilizan normalmente para agua) por lo que no se oxida.

La versión 1 la incluyo ya que puede haber condiciones en las que se necesite tener un sistema que no tenga un flotador en el termotanque, pero son la excepción.

Inclinación que debe tener el colector

La inclinación recomendada en general está entre la latitud de la ciudad más 10 grados y 15 grados. Por ejemplo la Ciudad de México está en la latitud 19 por lo que la inclinación de los colectores debe ser entre 30° a 35° considerando el ángulo mínimo para el ecuador de 15° para que la convección se realice y como máximo 45° para los extremos cercanos a los polos.

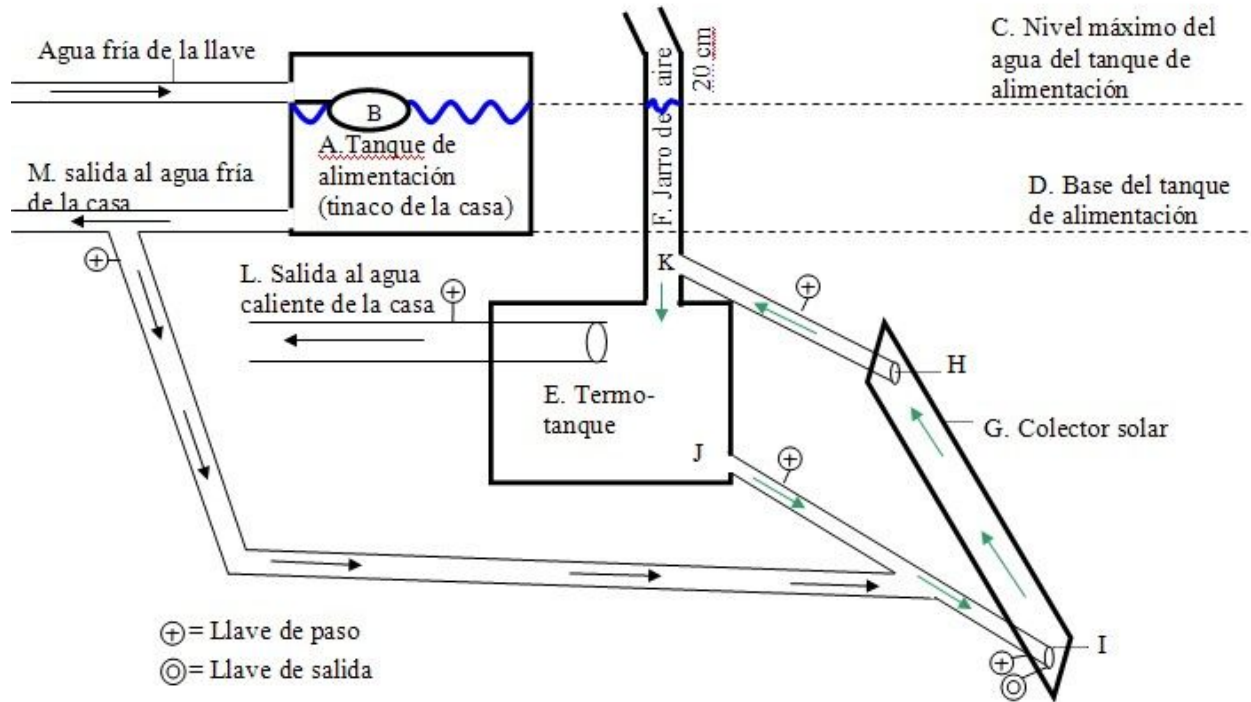
Para lograr la inclinación adecuada hay que calcular a que distancia se debe encontrar la parte superior del colector con respecto al piso, la fórmula para obtenerlo es $Largo \times \text{seno } A$ donde A es el ángulo de inclinación deseado. En el Anexo A puedes consultar una tabla con estos valores para que no tengas que calcularlos.

Diagramas para fabricarlo

DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CALENTADOR SOLAR CON TERMOTANQUE SELLADO (VERSIÓN 1 EN MICALENTADORSOLAR.COM.MX)



Diagrama de mi calentador solar para uso doméstico



En el diagrama se muestran las siguientes elementos.

A. Tanque de alimentación, usualmente corresponde al tinaco donde se almacena el agua que llega de calle y la mayoría de las casas ya lo tiene.

El tanque de alimentación recibe agua fría de la llave proveniente de la calle por la parte superior y tiene una salida de agua fría que distribuye el agua a la casa.

Este tanque tiene un **flotador (B)** que controla el nivel del agua del tinaco para que no se tire.

De la salida de agua fría del tanque de alimentación se obtiene el agua que se alimenta al colector entre el punto J e I, es importante que esta conexión se exclusiva para este fin, es decir no tomar de ahí agua fría ya que en realidad saldrá caliente.

La parte inferior del tanque de alimentación debe estar arriba del punto del jarro de aire (F) que conecta con el colector.

E. Termotanque en este tanque se almacena el agua caliente que está circulando en el colector. Tiene tres puntos de salida, uno superior (Jarro de aire y la llegada de agua caliente del colector ver F. jarro de aire), otro superior que sale al agua caliente de la casa, y otro que alimenta al colector por la parte inferior del mismo y a la vez en esta conexión está la alimentación del agua fría.

El termotanque debe estar completamente sellado, no debe tener ninguna fuga (esto es muy importante porque si no el agua no circula).

K-H Conexión entre el jarro de aire del termotanque (E) a la salida superior del colector (G) la toma del jarro de aire (K) debe estar arriba de la salida superior del colector.

F. Jarro de aire, es un tubo que permite la salida del aire y vapor que se encuentre en el sistema, utilizo un jarro de aire en lugar de una válvula de vapor ya que a diferencia de ésta el jarro de aire no requiere mantenimiento. El tubo debe más alto que el nivel máximo de agua del tanque de alimentación en 20 cm o más. Normalmente se curva en la parte superior para evitar que el agua de lluvia entre.

J-I Conexión entre la parte inferior del termotanque (E) y la parte inferior del colector (G) el punto J (parte inferior del termotanque) debe estar arriba de la parte inferior del colector (I) en este tubo se recibe el agua fría que viene del tanque de alimentación.

Para lugares **en los que en la noche hace mucho frío**, es recomendable poner una válvula check de una vía entre J e I para evitar la convección inversa (es decir, que el agua caliente del termotanque circule por el colector enfriándola).

G. Colector tiene 2 salidas, una en la parte superior (H) que va al jarro de aire del termotanque (K) y en la parte inferior a la salida inferior del termotanque (I)

Llaves de paso, se colocan para poder vaciar el calentador solar o darle mantenimiento o hacer modificaciones si fuera necesario, se colocan 4 llaves de paso en las siguientes posiciones:

- En la salida de agua fría que alimenta al colector (después de la T en la que se toma el agua para el colector) para poder detener el agua que alimenta el colector en caso de ser necesario.
- En la conexión J-I cerca del punto J para suspender el envío de agua del termotanque al colector (por ejemplo, para vaciar el colector solar y que el agua caliente del termotanque se pueda utilizar.
- En la conexión J-I cerca del punto I para suspender el envío de agua fría al colector solar.
- En la salida de agua caliente a la casa (cuando se necesita evitar que salga agua caliente del termotanque)
- Entre K y H para poder vaciar el colector

Se coloca una **llave de salida** en el punto I para poder sacar el agua del sistema para poderlo vaciar (hay que cerrar las llaves de paso dependiendo de las partes del calentador solar que se necesiten vaciar).

¿Porque circula el agua?

Primero se llena el sistema, el agua fría que llega del tanque de alimentación es la que llena el sistema (se recibe entre J e I) el agua circula hacia el colector, el aire que estaba en el colector y en el termotanque sale por el jarro de aire, y el termotanque se llena completamente (por eso no debe tener fugas).

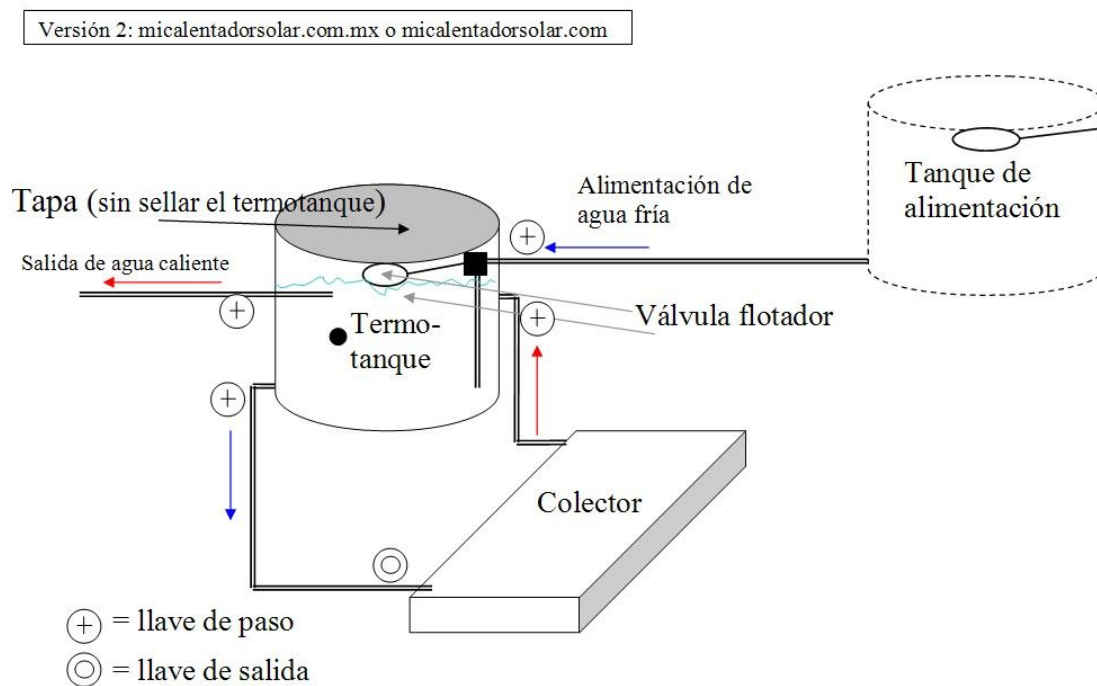
Ya que está lleno el sistema el sol calienta los tubos de cobre que a su vez calientan el agua que tiene el colector, el agua se dilata por el aumento de temperatura, disminuye su densidad y sube por el colector, al subir se dirige al jarro de aire y entra al termotanque (el jarro de aire mantiene casi el mismo nivel que tiene el tanque de alimentación) al ser agua caliente y más ligera empuja

el agua más fría que está en el fondo del termotanque hacia el colector, y no recibe más agua fría si no hasta que se utiliza agua caliente en la casa (sale agua del termotanque por la salida de agua caliente) en ese momento el sistema necesita más agua y la recibe del tanque de alimentación de agua fría (Está marcado el flujo principal con flechas verdes)

DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CALENTADOR SOLAR CON TERMOTANQUE CON TAPA SIN SELLAR (VERSIÓN 2 EN MICALENTADORSOLAR.COM.MX)

VERSION RECOMENDADA. Esta es la versión que yo estoy utilizando, originalmente tenía los calentadores como la versión 1, pero recientemente se perforó uno de los termotanques de metal, duró sólo 3 años, anteriormente me habían durado 7 años, por lo que decidí cambiar los dos sistemas de calentadores solares que tengo en casa a esta versión.

Conexiones versión 2.





En el diagrama se muestran las siguientes elementos.

Tanque de alimentación, usualmente corresponde al tinaco donde se almacena el agua que llega de calle y la mayoría de las casas ya lo tiene.

El tanque de alimentación recibe agua fría de la llave proveniente de la calle por la parte superior y tiene una salida de agua fría que distribuye el agua a la casa.

Este tanque tiene un **flotador** que controla el nivel del agua del tinaco para que no se tire.

En esta versión de calentador solar, **el tanque de alimentación es deseable tenerlo, pero no indispensable.**

La ventaja de tenerlo es que las burbujas procedentes de la alimentación de agua fría se evaporan en el tanque de alimentación, cuando no se tiene, las burbujas suben por el termotanque revolviendo el agua y enfriándola al subir, lo que lo hace menos eficiente.

De la salida de agua fría del tanque de alimentación (y si no se tiene de la alimentación de agua) se obtiene el agua que se alimenta al termotanque, en el termotanque el agua se deposita en el fondo del mismo (por medio del tubo que baja).

Termotanque en este tanque se almacena el agua caliente que está circulando en el colector. Tiene cuatro puntos de salida,

- uno en el nivel del agua o poco arriba que tiene la llegada del agua fría, el flotador, y un tubo que lleva el agua al fondo del termotanque.
- uno superior (ligeramente abajo del nivel máximo de agua) que tiene la llegada de agua caliente del colector,
- otro superior que sale al agua caliente de la casa, y
- uno que alimenta al colector por la parte inferior del mismo y a la vez en esta conexión está la alimentación del agua fría.

El termotanque NO debe estar sellado, ya que su nivel se controla por medio del flotador o boya y sirve como jarro de aire, por donde escapan las burbujas del sistema.

Conexión entre la parte inferior del termotanque y la parte inferior del colector. La parte inferior del termotanque debe estar arriba de la parte inferior del colector.

Colector tiene 2 salidas, una en la parte superior que va al termotanque (la entrada que está ligeramente debajo del nivel de agua) y en la parte inferior a la salida inferior del termotanque

Llaves de paso, se colocan para poder vaciar el calentador solar, darle mantenimiento o hacer modificaciones si fuera necesario, se colocan 4 llaves de paso en las siguientes posiciones:

- En la conexión de la recepción de agua fría del termotanque ya sea del tanque de alimentación o de la alimentación directa (para poder vaciar el sistema si fuera necesario)
- En la conexión del agua fría del termotanque al colector (por ejemplo, para vaciar el colector solar y que el agua caliente del termotanque se pueda utilizar).
- En la salida de agua caliente a la casa (cuando se necesita evitar que salga agua caliente del termotanque)
- En la recepción de agua caliente del colector al termotanque, para poderla cerrar con la que alimenta el agua fría del termotanque al colector para poder quitar el colector para hacer algún cambio y que la casa no se quede sin agua.

Se coloca una **llave de salida** en el punto inferior del colector para poder sacar el agua del sistema para poderlo vaciar (hay que cerrar las llaves de paso dependiendo de las partes del calentador solar que se necesiten vaciar).

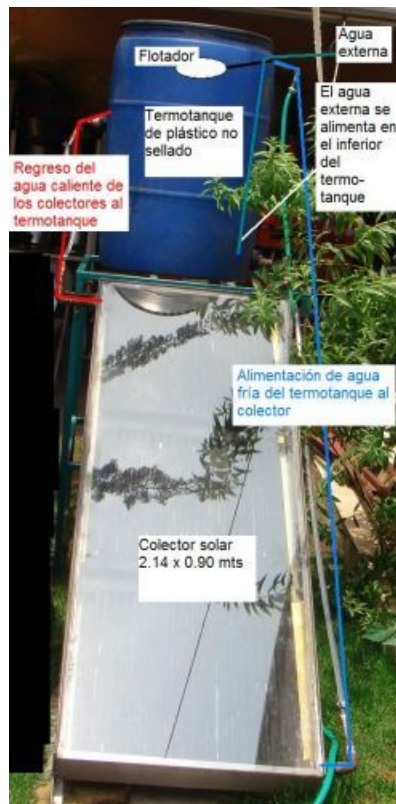
Para lugares en los que **en la noche hace mucho frío**, es recomendable poner una válvula check de una vía entre la salida de agua fría del termotanque y la entrada de agua fría del colector para evitar la convexión inversa (es decir, que el agua caliente del termotanque circule por el colector enfriándola).

¿Porque circula el agua?

Primero se llena el sistema, el agua fría que llega del tanque de alimentación (o de la alimentación directa) es la que llena el sistema, el agua circula hacia el colector, el aire que estaba en el colector se desplaza al termotanque por donde sale ya que no está sellado.

Ya que está lleno el sistema el sol calienta los tubos de cobre que a su vez calientan el agua que tiene el colector, el agua se dilata por el aumento de temperatura, disminuye su densidad y sube por el colector y entra al termotanque, al ser agua caliente y más ligera empuja el agua más fría que está en el fondo del termotanque hacia el colector, y no recibe más agua fría si no hasta que se utiliza agua caliente en la casa (sale agua del termotanque por la salida de agua caliente) en ese

momento el sistema necesita más agua y la recibe del tanque de alimentación de agua fría (o de la alimentación externa)



Colector y termotanque armados, en la foto se ve con mangueras transparentes (para ver las burbujas) que conectan en lugar de conexión de cobre o termoplus que es la que quedará como definitiva.

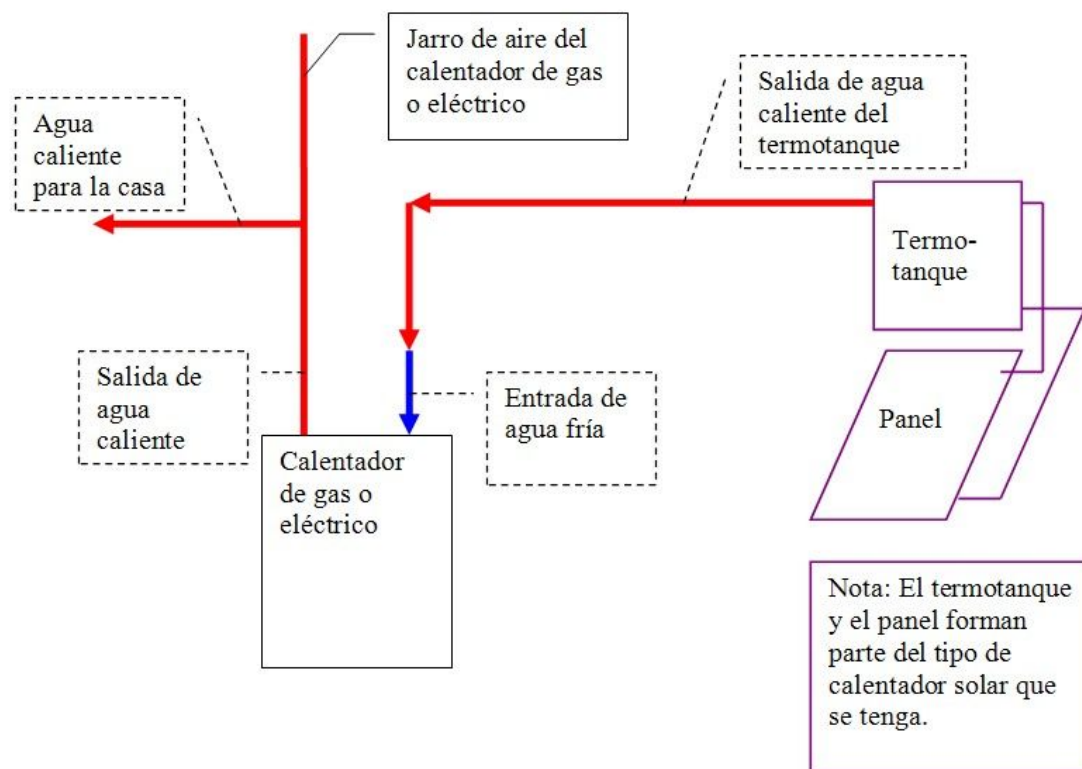
Diagrama para conectarlo a la casa

Nota importante: La distancia del calentador solar al calentador de gas y a la casa debe ser la mínima posible para disminuir la pérdida de calor en el trayecto.

SI SE TIENE CALENTADOR DE GAS O ELÉCTRICO.

Si se tiene un calentador de gas o eléctrico lo mejor es conectarlo en serie con el calentador solar, para que únicamente prenda cuando sea necesario aumentar los grados que falten a la temperatura del agua. El termostato del calentador de gas o eléctrico no debe estar a su máxima capacidad sino a un 80% o la temperatura que permita una temperatura de 40°C cuando es para bañarse y a 60 o 65 cuando se requiere agua muy caliente como para una lavadora de trastes.

Diagrama de conexión del calentador solar al calentador de gas o eléctrico

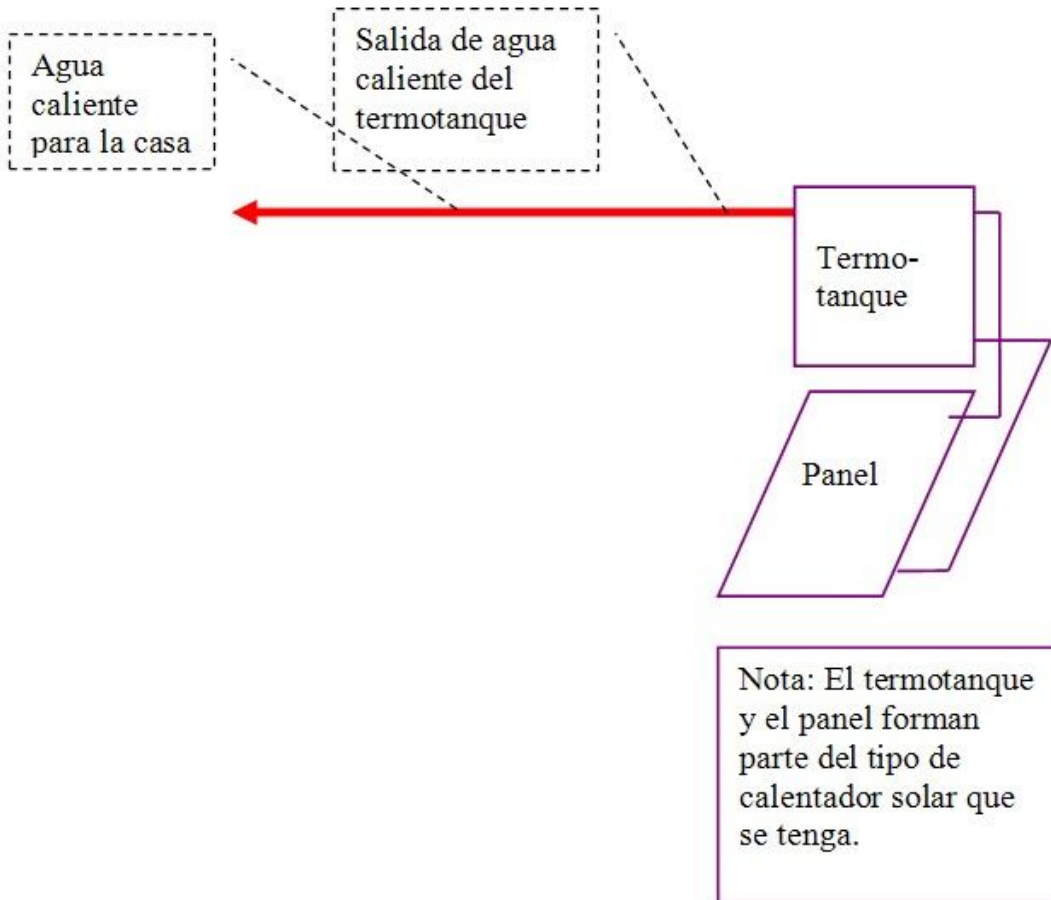


micalentadorsolar.com

SINO SE TIENE CALENTADOR DE GAS O ELÉCTRICO.

Si no se tiene un calentador de agua de gas o eléctrico la conexión sería:

Diagrama de conexión del calentador solar a la casa (sin calentador de gas o eléctrico)



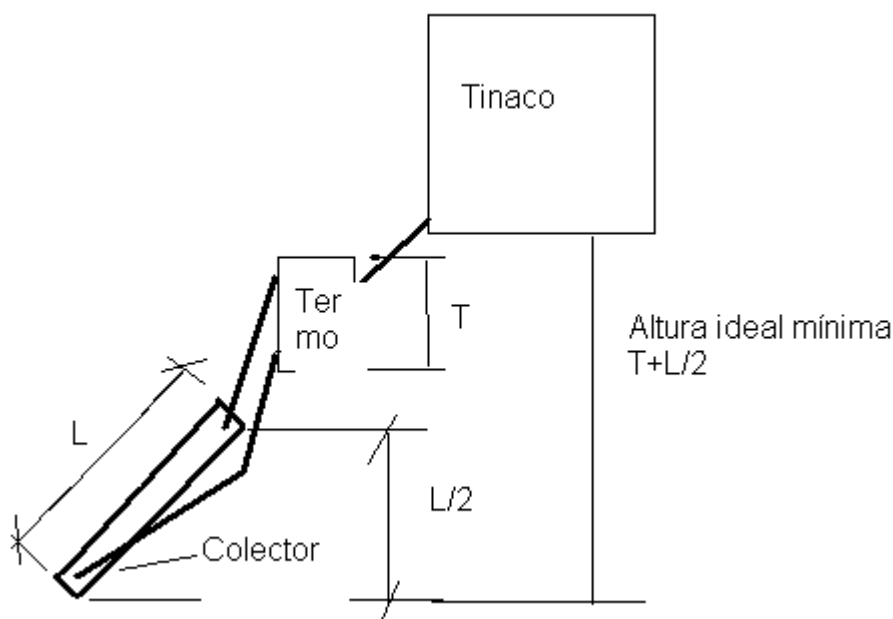
micalentadorsolar.com

El punto más importante es cuidar que no queden burbujas atrapadas porque eso reduce o suspende la termofusión (convección).

OTRAS OBSERVACIONES PARA LA CONEXIÓN

Al iniciar la investigación la recomendación que me encontré con más frecuencia al visitar algunas universidades es que la parte superior del colector debe estar abajo de la parte inferior del termotanque y que éste debe estar debajo del piso del tinaco.

Más o menos como se muestra en el diagrama siguiente:



En mis observaciones noté que el sol en verano sale por el oriente ligeramente al norte (E,NE) y en invierno al oriente ligeramente cargado al sur (S,SE) por lo que sería recomendable que el colector se orientara al sur sureste en el solsticios de verano y al sur suroeste en el solsticio de invierno y directamente al sur en los equinoccios tanto de primavera como de otoño por lo que recomiendo que la orientación del colector sea al sur en el hemisferio norte y al norte en el hemisferio sur cuando no se mueve su posición durante todo el año, como es la mayoría de los casos.

Debido a que el agua caliente va a la superficie superior un termotanque más alto que ancho nos da una mayor convexión. Esto hace que el agua más caliente este arriba y la fría este en el fondo tomando en cuenta que no hay cambios bruscos en la temperatura del agua llega el momento en que toda el agua del termo está caliente debido a la transmisión del calor (1er principio de termodinámica) en otras palabras conforme pasa el tiempo la diferencia de temperatura entre la parte superior del termotanque y la inferior es de muy pocos grados.

CASOS ESPECIALES

Lo ideal es que la mayor cantidad de agua caliente se consuma entre las 11:00 y las 4:00 pm, sin embargo no en todos los hogares es posible, por lo que si la MAYOR PARTE DEL CONSUMO ES POR LA NOCHE O TEMPRANO EN LA MAÑANA y tienes paciencia y quieres mejorar la eficiencia del calentador, entonces puedes poner la salida del agua caliente del termotanque en la parte inferior y en cada atardecer cerrar la entrada del agua fría (para que el agua del termotanque no se enfríe en la noche o en la mañana cuando entra agua fría para reponer el agua caliente que se utilizó). En este caso se debe poner una válvula check de una vía en donde se indica en el diagrama para lugares en que hace mucho frío en la noche para evitar la convexión inversa. La desventaja es que durante el día no se utilizara el agua más caliente disponible sino la más fría que está en el termotanque.

Si no tienes la paciencia o necesidad de cerrar todas las noches la entrada de agua fría y todos los días de abrirla, entonces mejor haz el termotanque con la salida del agua caliente de la mitad hacia arriba, para obtener siempre el agua más caliente entonces ponlo en la parte superior.

Materiales

Para el cálculo de litros que requiere tener el termo-tanque se considera lo siguiente:

- Se requieren 60 litros por cada persona que se duche entre las 3:00 pm a 10:00 am y con una temperatura de entre 30 y 32 grados (considerando que la ducha con la regadera abierta dure 5 minutos y el máximo de litros por minuto de una regadera que cumple con la NOM (Norma Oficial Mexicana) es de 10 litros, lo ideal es buscar una que consuma menos), se requieren 50 litros por persona + 10 litros por persona para otras actividades como lavarse la cara o rasurarse. Si se requiriera una temperatura mayor en el agua habría que aumentar el número de colectores, la temperatura máxima que se puede alcanzar es de 68 grados en días no nublados.
- Si se lava con agua caliente la ropa por la noche, hay que considerarla como 1 persona más, por cada carga de lavadora en ciclo de lavado con agua caliente y enjuagado con agua fría).
- Las personas que se bañan entre las 11:00 y las 2:00 pm, así como las lavadoras que utilizan agua caliente en este horario no requieren capacidad adicional en el termotanque porque se vuelve a calentar el agua, por lo que si se utiliza el agua caliente en este horario es más económico construir el calentador porque se requiere menor capacidad.
- Aproximadamente un m² de colector sube la temperatura de 40 lts de agua 20° a 40° centígrados en una hora, podemos comparar este colector con una hornilla de estufa de gas.

Nota: En los días nublados se requiere utilizar el calentador de gas de respaldo. Entre más nublado esté el día, el agua menos se calentará, y si está parcialmente nublado sí se calienta un poco el agua, por lo que aún en esos días hay algo de ahorro porque el calentador de gas aumenta sólo los grados faltantes.

Materiales para un colector solar de 92 cm x 2.10 mts

Por simplicidad para su construcción propongo un colector solar base de 92 cm por 2.10 mts, en realidad un colector puede tener casi cualquier tamaño cuando se tienen necesidades diferentes por el espacio disponible.

Más adelante se combinan estos colectores para atender diferentes necesidades de cantidad de agua. Un motivo por el que no propongo calentadores más grandes en una sola pieza es porque transportarlos es más difícil ya que serían demasiado pesados para moverlos.

COLECTOR SOLAR

Panel colector

11 tubos de cobre de $\frac{1}{2}$ " de 6m cada uno
2 tramos de tubo de 1" de 1.10m.
3m. de soldadura estaño/plomo 50/50 (es mas barato comprar el carrete de 5m)
Una pasta para soldar estaño/plomo
2m. de lija para plomero
2 tapones soldables de 1"
Cartucho de gas butano.

Los 11 tubos nos dan 33 tramos de 2m. $33 + 1 = 34 \times 2.54 = 86.36$ mas 7cm. Para conexiones tenemos 93.36cm. que es el largo de los cabezales 934mm. En este caso pienso ahorrar algunas conexiones por eso cortaremos tramos de 1.10m.

Caja

3 tramos de 6m. ángulo de fierro de 1"
1 lámina negra de 1.22 X 2.44m.
3 bisagras cilíndricas de $\frac{5}{8}$ "
 $\frac{1}{2}$ kilo de electrodos de $\frac{1}{8}$ para planta de soldar
50cm.de solera de $\frac{1}{8}$ X 1"
 $\frac{1}{2}$ litro de pintura esmalte negro mate para evitar la corrosión (si ya se tiene pintura esmalte de cualquier color, entonces se puede comprar únicamente $\frac{1}{4}$ litro de pintura esmalte negro mate para el difusor de calor y las paredes internas del colector y el otro color en el resto de la caja y estructura.
Vidrio para la puerta
1 cartucho de silicón

Aislante para la caja

Se requiere uno de los dos de 92 cm x 2.10 mts, si se tienen retazos de este material, se pueden utilizar cuidando que se obtenga toda el área requerida:
Lana de fibra de vidrio de (recomendado por precio) o
Neopreno esponjado de

La lana de fibra de vidrio es más económica que el neopreno esponjado, ambos dan buenos resultados, pero la lana de fibra de vidrio es más económica aunque por otro lado el neopreno esponjado es más fácil de trabajar. La lana de fibra de vidrio se debe trabajar con guantes ya que si no da muchísima comezón en la piel.

TERMOTANQUE

Estructura de metal

El material necesario para hacer la estructura que se muestra en la foto, la altura que debe tener depende de la inclinación del colector (ver Anexo A). El colector se apoya en dos de las patas de

la estructura para el termotanque, en la parte superior de dichas patas tiene dos ganchos para que se soporte al colector.



Termotanque

Para la versión 1 se necesita:

Tambo envase de fierro de la cantidad de litros indicados para la cantidad de personas con dos salidas de 1 pulgada, una arriba y otra abajo soldadas con bronce. Nota: Los tambos usualmente están en medidas de 200 litros, por lo que no será fácil conseguirlos en otras medidas.

Para la versión 2 se necesita:

- Tinaco de plástico de 120 litros

- Una llave o válvula de bronce para flotador

- Un conector de cobre para la llave flotador

- Un conector de media pulgada de cuerda interna o externa de cobre.

Un conector PVC o tuboplus de media pulgada que se acople con el conector mencionado en el punto anterior (si el anterior es de cuerda interior entonces este será cuerda exterior y viceversa).

Un tramo de tubo que llegue al fondo del tinaco desde el lugar donde se pondrá el flotador.

Un tramo de tubo de ½ pulgada para hacer la conexión exterior.

2 multiconectores (de un lado tiene 1 pulgada y del otro 1 ½ pulgada). Si se deseara hacer la salida del agua caliente más al centro del tanque entonces se requieren 3.

Aislante

Lana de fibra de vidrio o neopreno esponjado suficiente para envolver al termotanque. No necesariamente debe ser una sola pieza.

TANQUE DE ALIMENTACIÓN

Es el tinaco de alimentación de la casa, la mayoría ya lo tiene.

La altura mínima a la que debe estar con respecto al piso es la altura del colector + la altura del termotanque – el traslape que se haya decidido entre el colector y el termotanque. (ver diagrama del termotanque). Como el traslape es algo que se puede decidir se tiene algo de margen en la altura, pero cuidando siempre que se cumplan las distancias indicadas en el diagrama.

Idealmente debe estar entre 2.5 y 3 mts de altura con respecto al piso.

Del tanque de alimentación se tiene la salida de agua hacia la casa, de esta salida se hace una derivación para obtener el agua para alimentar el calentador solar.

CONEXIÓN HACIA LA CASA

La cantidad de metros necesarios para las conexiones del calentador hacia la casa depende de la ubicación del mismo. Hay que medir la distancia de la salida del agua caliente hacia la casa. Se debe considerar las vueltas y codos que se necesitan ya que no siempre se debe hacer en una línea recta.

Hay que cuidar que en todo momento el tubo que sale del termotanque hacia la casa esté inclinado hacia abajo para permitir la salida de burbujas por medio del termotanque (que no está sellado).

Calentador solar para 2 personas o cargas de lavadora (120 lts)

Para construirlo se necesita UN colector de 92 cm x 2.10 mts (buscarlo en la sección anterior).

Los materiales indicados para el termotanque, tanque de alimentación y conexiones. El termotanque debe ser de 120 litros.

Calentador solar para 4 personas o cargas de lavadora (250 lts)

Para construirlo se necesita DOS colector de 92 cm x 2.10 mts (buscarlo en la sección anterior).

Los materiales indicados para el termotanque, tanque de alimentación y conexiones. El termotanque debe ser de 250 litros.

Calentador solar para 6-8 personas o cargas de lavadora (450 lts)

Para construirlo se necesitan entre TRES y CUATRO colectores de 92 cm x 2.10 mts (buscarlo en la sección anterior).

Los materiales indicados para el termotanque, tanque de alimentación y conexiones. El termotanque debe ser de 450 litros.

Propongo un tanque de 450 litros ya que es el tamaño comercial (no he visto de otros tamaños aunque los puede haber).

¿Cuántos colectores tengo que hacer?

Si se utilizan 3 colectores el agua se tardará más en calentarse y por lo tanto cuando hay poco sol se calentará menos (pero lo suficiente para un buen baño con agua caliente). Considerando que la mayoría de los días en México son muy soleados es una alternativa para las personas que utilizan el agua caliente por la noche.

Si se utilizan 4 colectores el agua tarda menos en calentarse y por lo tanto llega a una temperatura más alta en menos tiempo. Esta es la mejor opción cuando se requiere agua muy caliente a lo largo del día.

Herramientas

Imágenes de las herramientas

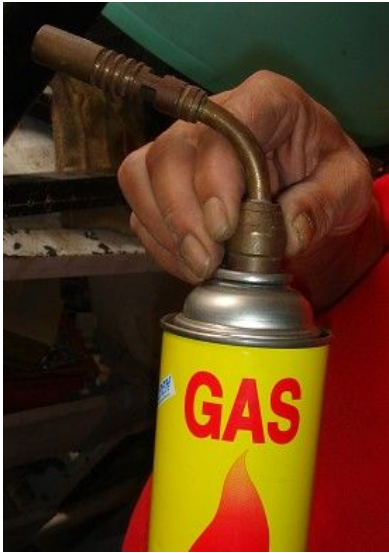
Cortador de tubo. Es el modo más fácil para cortar el tubo, con segueta requiere mucho más trabajo.



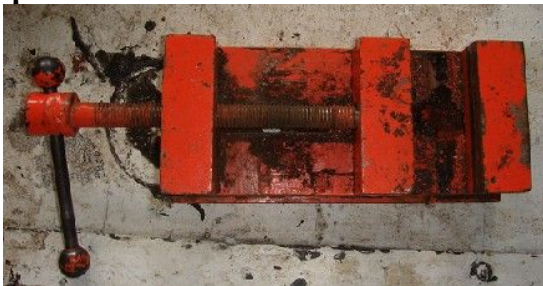
Taladro de timón con broquero de 1/2"



Tanque y soplete para gas butano.



Prensa para el taladro



Martillo



Escantillón

Para fabricar el escantillón hay que hacer lo siguiente:

Tener 30 cm. de ángulo de 1 1/2" x 1 1/2".

Colocar el ángulo y el tubo de cobre (que se utilizará en el cabezal) en la prensa buscando que coincidan ambos extremos,

Medir 3.5 cm. de la punta y busqué el punto donde el ángulo es tangencial al tubo, y marqué ese sitio que es donde irá la primera perforación (aún no se perfora).

A partir de allí se marcan los centros a cada pulgada por un lado y en forma paralela al ángulo para que todas perforaciones queden en línea recta en la parte superior del tubo.

Quité el tubo y perfore el ángulo con la broca de 3/16"

El escantillón nos servirá como guía en la perforación de los tubos de 1" de modo que las perforaciones queden alineadas y en el diámetro de los tubos.



Sacabocados de 1 1/2"



Panel colector

RADIADOR DE COBRE

- 1.- Cortador de tubo
- 2.- Taladro de timón con broquero de 3/4" o bien de 1/2" si la broca de 5/8" tiene vástago de 1/2"
- 3.- Una broca de 3/16" y otra de 5/8"
- 4.- Tanque y soplete para gas butano
- 5.- Prensa para el taladro
- 6.- Martillo
- 7.- Escantillón (puedes ver su fabricación en las imágenes de las herramientas)

ZIGZAG DE COBRE

- 1.- Cortador de tubo
- 2.- Tanque y soplete para gas butano

Nota: Hay dos tipos de tubo de cobre (al menos en México), el "M" que es para agua y es el que he utilizado para construir mis calentadores. El "L" se utiliza para gas y es más caro porque es más grueso.

Caja

- 1.- La mayor parte de la construcción de la caja debe realizarla un herrero calificado ya que se requiere experiencia en el uso de una soldadora eléctrica.
- 2.- Sacabocados de 1 1/2 pulgadas.

3.- Taladro de mano con broquero de 1/2"

Cubierta del colector

1.- Tijeras para lámina

Termotanque

1.- Debe realizarlo un herrero calificado ya que se requiere experiencia en el uso de una soldadora eléctrica.

Conexiones hacia la casa

La cantidad de tubo depende de la posición en la que se encuentra el calentador solar, el calentador de gas (si es que hay uno, aunque se recomienda como respaldo para días fríos) y la entrada de agua caliente de la casa.

Las opciones son tubo de cobre cubierto con forro para tubo de neopreno esponjado, o tubería térmica (como tuboplus de termoplas) o de CPVC (PVC para transportar agua caliente que soporta hasta 65 grados de temperatura).

Fabricación del panel colector

El panel colector es la tubería que está dentro del colector que sirve para absorber el calor solar y transferirlo al agua y mientras mejor conductor térmico sea el tubo, la eficiencia es mayor, se pueden hacer de otros materiales como manguera o PVC y de diferentes formas como espiral concéntrica o zig-zag. Pero ahora vamos a hacer uno tipo radiador de cobre a 1" entre centros de tubos de 1/2".

Nota: La tubería térmica (tipo tuboplus de termoplas) no se recomienda para el panel ya que es aislante y por lo tanto no transfiere adecuadamente el calor al agua.

Antes de comprar los materiales debemos decidir de que tamaño va ser nuestro colector y como lo vamos a distribuir.

Este es el plan de trabajo y secuencia de un colector con variantes no hechas en los anteriores.

Procedimiento

ELABORACIÓN DE LOS CABEZALES

1. Con el cortador de tubo, Cortar dos tubos 1" a la medida indicada en materiales.
2. Hacer perforaciones de 3/16" usando el escantillón. El número de perforaciones es igual a la cantidad de tubos de 1/2 pulgada x 3. (por ejemplo si son 11 tubos de 6 mts se obtendrán 33 tubos de 2 mts cada uno y por lo tanto habrá que hacer 33 perforaciones). En la prensa para el taladro se coloca el escantillón (paso 1) sobre el tubo para que las perforaciones queden perpendiculares al taladro. Con el taladro timón con broca de 3/16" se perfora el tubo de 1 pulgada en las

perforaciones del escantillón. Únicamente se perfora un lado del tubo, NO se debe atravesar el tubo por los dos lados. Para mover el escantillón y seguir perforando el tubo, se coloca otra broca o un tornillo de 3/16" en la primer perforación para que todas queden alineadas y así hacemos tantos hoyos como tubos de 1/2" se indican en la sección de materiales. Esta operación se realiza en los dos tubos (en estas perforaciones es donde se soldarán los tubos que formarán el radiador, en otro paso).

Dado que el escantillón tiene 3.5 cm entre la orilla y el centro de la primer perforación, el tubo de cobre tendrá 3.5 cm entre la orilla y el centro de la primer perforación. Al final del tubo deben quedar 3.5 cm del centro de la última perforación al final. Entre los orificios centrales debe quedar media pulgada entre todos ellos.

Comentario: Se podría pensar que se puede hacer un con taladro de mano y usando una mano como prensa, pero como se necesita hacer la perforación en un área curva la fuerza de la mano no basta para detenerlo (por eso se necesita la prensa) y el taladro de mano se mueve y no logra hacer la perforación en el lugar.



3. Después de recorrer el escantillón en el tubo, se pone un tornillo que atraviese el primer agujero del escantillón y el último realizado en el tubo para que todas las perforaciones tengan 1" entre sí.



4. Quitamos el escantillón y con la broca de 5/8" agrandamos las perforaciones del paso anterior buscando que la broca siempre esté alineada a cada agujero que hicimos en el

paso anterior. Esta operación se realiza en los dos tramos sin olvidar usar el equipo de protección como son guantes y lentes. En este paso se hace ruido (utilizar protección contra el ruido)



5. Repetir la operación con el otro tramo
6. En este caso tendremos que las perforaciones se encuentran a 3.5cm. en un extremo y más largo en el otro.

TUBOS DE COLECTOR

NOTA DE SEGURIDAD: si no sabes soldar pida ayuda a un experto o sigue estas instrucciones bajo tu propio riesgo teniendo mucho cuidado, utilizando guantes de cuero y lentes de protección en todo momento, ya que el soplete maneja temperaturas muy altas y puede ocasionar quemaduras muy serias. También considera que estarás manejando fuego.

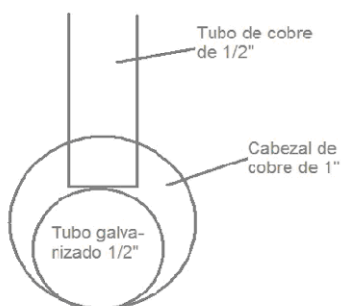
1. Con el cortador para tubo cortamos los tubos de $\frac{1}{2}$ " a 2m exactamente (salen 3 tubos de cada tubo de 6 metros).
2. Lijamos perfectamente las puntas de los tubos de $\frac{1}{2}$ " y los de 1" y precisamente en el área perforada para que esté lista para soldar. Hay que ligarlos todos para ahorrar tiempo y trabajo.



3. Lijamos la parte del conector que va a soldarse (se ahorra tiempo al lijar todo de una vez)



4. En una superficie plana marcamos la escuadra para que los cabezales queden alineados. Con eso tenemos dos ángulos en posición.
5. Para que todos los tubos de media queden a la misma profundidad dentro de los cabezales después de hacer las perforaciones meter un tubo galvanizado de 1/2 pulgada (por tener las paredes más gruesas que el de cobre) dentro del cabezal de 1 pulgada, para que al colocar los tubos de cobre de media pulgada queden todos a la misma profundidad.



6. Metemos los tubos de 1/2" principalmente para formar en marco. Como los tubos de 1/2" tienen el mismo largo con eso logramos que los 3 ángulos sean de 90° (largo ancho y alto)
7. Así acostado soldamos los tubos que forman el marco (como está perfectamente limpio colocamos la pasta para soldar calentamos y corremos la soldadura)
En este paso la soldadura no ha sellado pero nos da la suficiente rigidez para poder pararlo.

Considera que para soldar se necesita:

- a. Lijar perfectamente las partes a soldar (deben quedar completamente pulidas).
- b. Poner pasta para soldadura estaño/plomo en el tubo de 1/2" y con el tubo poner un poco en la cazuelita.
- c. Calentar con el soplete los tubos unidos hasta que la pasta se evapore.
- d. Acercamos la soldadura hasta que esta corra fácilmente, si nos pasamos de calor la soldadura se escurre y si le falta ésta no suelda, por lo que sugiero que practiques antes de hacerlo en el panel y no te llevará más de una hora aprender.



Soldando el primer tubo de media al de una pulgada (en la foto no se están usando los guantes pero deberían usarse. (agradezco el apoyo del tec. Joaquín García Rojas en esta foto)

8. Esperar a que se enfríen los tubos que forman el marco. Quitamos el tubo galvanizado del cabezal que tenemos arriba lo ponemos en posición vertical y colocamos los tubos de $\frac{1}{2}$ " y soldamos primero los de en medio para evitar que el calor deforme nuestro marco



9. En los extremos de 3.5cm soldamos los tapones y en el otro extremo soldamos una reducción campana de 1" a $\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{8}$ " y un tramo de 10cm. Según el grueso de la manguera que tengamos para hacer pruebas y en el otro extremo soldamos la reducción campana y una llave para poder hacer pruebas.
10. Llenamos nuestro panel y marcamos las fugas para corregirlas
11. Corregimos las fugas y repetimos el paso 9 hasta que estemos seguros de que no existe ningún escape de agua.
12. Desoldamos las reducciones campana y nuestro panel está listo.

COMENTARIO:

Aquí está un ejemplo de un panel torcido (el extremo derecho no toca la superficie), hay que evitar que esto ocurra porque tendríamos que desoldar y volver a soldar todo.



Panel corregido



Fabricación de la caja

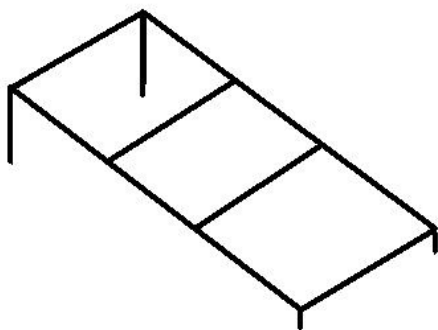
Herramienta

- 1.- La mayor parte de la construcción de la caja debe realizarla un **herrero calificado** ya que se requiere experiencia en el uso de una soldadora eléctrica.
- 2.- Sacabocados de 1 1/2 pulgadas.
- 3.- Taladro de mano con broquero de 1/2"

Nota: Los pasos necesarios para el armazón donde se colocará el colector y la caja del colector solar debe realizarlos un herrero ya que tiene la experiencia en la soldadora eléctrica.

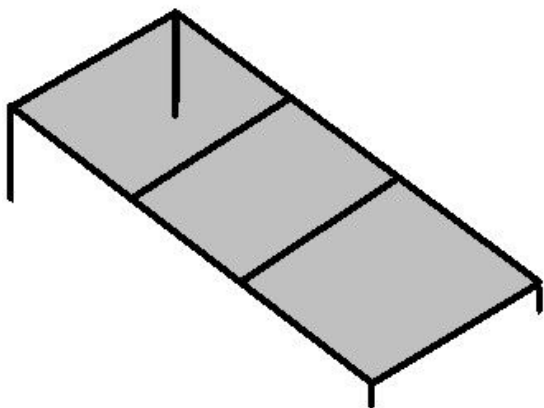
Esta caja tiene soldadas las patas en las que se colocará el panel del colector solar.

1. Para hacer el bastidor se utiliza el ángulo de 1". El bastidor debe realizarse de 93.8 x 211 cm en la parte exterior. La cara interior del ángulo debe formar un marco en cuyo centro se colocará una lámina.
Los dos travesaños que deben estar a 1/3 y 2/3 del bastidor, le dan fuerza a la estructura y evitan que se pandee la lámina que se coloca en el paso 3.



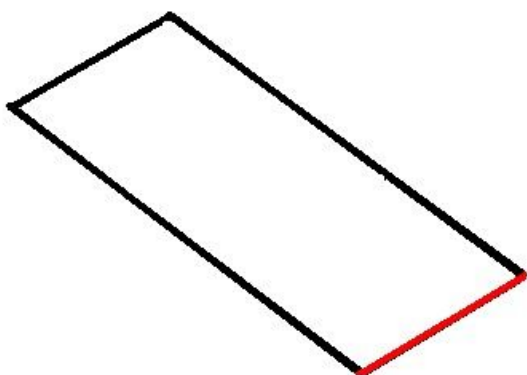
Armazón para colector (Se muestra uno de 1.22 x 1.22 mts). En la foto no se muestran los dos travesaños.

2. Cortar la lámina a 92.8 x 208 cm (un cm menos en el ancho y en el largo que el bastidor ya que debe caber dentro del bastidor porque se apoyará y se soldará en él).
3. Soldar la lámina que se cortó en el paso anterior al bastidor.

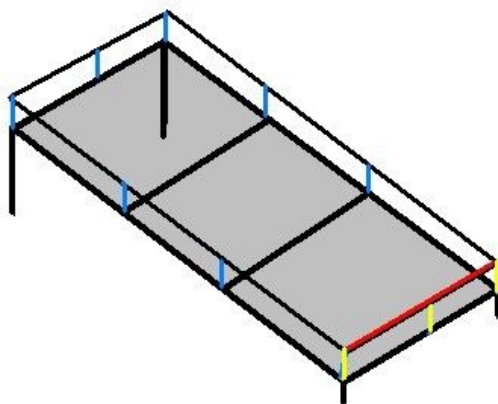


4. Aparte se forma el marco en el que se sostendrá el vidrio. **IMPORTANTE** en este marco la cara interna de los tres tramos de ángulo marcados en negro su cara interna mira al centro, y el que está en rojo mira hacia abajo, esto es con la finalidad de que cuando llueva el agua no tenga obstáculo para caer fuera del colector, esto es importante ya que

de otro modo el agua se acumularía en el vidrio facilitando la oxidación y enfriándolo innecesariamente.



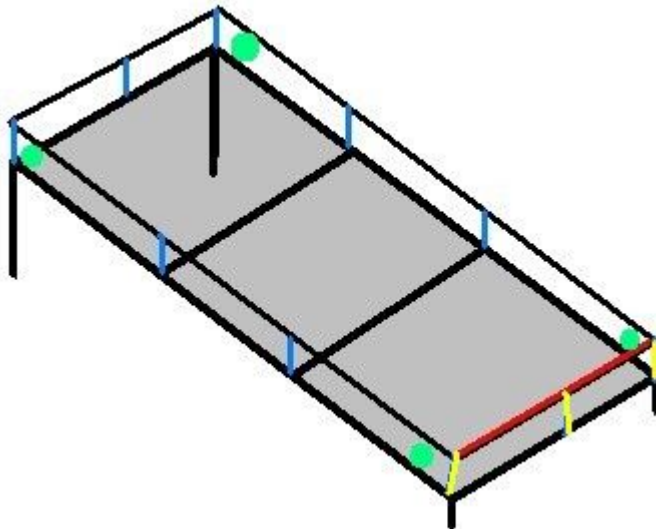
5. Se suelda el marco para el vidrio con el bastidor, se separa por medio de los 7 tramos de solera de 8 cm que se marcan en azul, los 3 tramos de 6 cm se marcan en amarillo que es donde va el ángulo volteado y que evitará que el agua se acumule.





En la foto se ve como está volteado el ángulo para que el agua se deslice fácilmente.

6. Con el sacabocados de 1/2 " perforar 4 círculos, en las orillas de las paredes laterales. Por estas salidas saldrán los cabezales del panel.
Se ponen las salidas de ambos lados para que el colector esté preparado para otro colector conectado en paralelo (por si las necesidades de agua caliente cambian).
Hay que tener cuidado de que las salidas correspondan exactamente a la posición en que se encuentran los cabezales en el panel.



Esquema en el que se muestran en puntos verdes las salidas del colector.

Otras alternativas para las patas que sostienen al colector.

También se puede hacer la caja por un lado y las patas por otro (las patas necesitan tener una estructura perpendicular que les de fuerza y dar un lugar de apoyo para la caja).



En la foto se ve que las patas del colector solar corresponden a la estructura que sostiene al termotanque (en construcción).



Acercamiento a la estructura donde se sostiene al colector antes de terminarse de armar.



Armado del colector

1. El primer paso es poner un aislante en la parte inferior de la caja donde se colocará el panel del colector solar.
El aislante puede ser Lana de fibra (por ser más económica) o neopreno esponjado (que es más fácil de colocar) con ambos materiales se obtienen buenos resultados.



Colocación de aislante térmico (en la imagen se forra con neopreno esponjado), pero es más económico utilizar lana de fibra de vidrio. (agradezco el apoyo del Ing. Juan Miguel Gómez Coyt en esta foto)

2. Cortar con las tijeras para lámina, la lámina de aluminio del tamaño indicado (o pedir previamente el corte donde se compre la lámina), también se puede utilizar el desperdicio de lámina negra de fierro que se utilizó al construir la caja, cortando los pedazos y uniéndolos hasta cubrir el área.
3. Con el taladro de mano y la broca de 3/16" hacer perforaciones en la lámina al rededor de los tubos de cobre de media pulgada (sólo se necesita amarrar los tubos que están en las orillas y de los internos uno sí y uno no) para poner 4 amarres de alambre de cobre en cada uno de los tubos, se colocan 2 amarres en los extremos del tubo y dos en medio distribuidos equitativamente a lo largo del tubo.

La lámina ayudará a distribuir el calor en el colector y a transmitir el calor a los tubos de cobre al estar en contacto con ellos.

Existe la posibilidad de soldar lámina de cobre al panel (de tubo de cobre), pero al investigar el precio de dicha lámina, esta era tan costosa como el tubo para el panel, por lo que deseché esa alternativa.



Amarre del panel a la lámina (se utilizó lámina de aluminio de reciclaje por lo que tiene algunas perforaciones)

4. Se coloca el panel con la lámina adherida (ya sea amarrada o soldada) dentro de la caja del colector solar (que fue forrada con lana de fibra de vidrio o con neopreno esponjado)

Al colocarla hay que cuidar que las salidas del colector pasen por las aberturas que se le hicieron a la caja. Esto es importante porque se necesita para hacer las conexiones posteriores.



Colocación de panel con la lámina adherida (agradezco el apoyo de tec. Tomás Bárcenas en esta foto)



Colector armado antes de pintar

5. Si en el paso 1 se utilizó lana de fibra de vidrio es muy importante que esta no se moje porque se apelmaza, por ello hay que lijar la lámina cercana a los agujeros donde están los cabezales del panel y poner pasta para hojalatero. Debe estar bien lijada la lámina porque de otro modo no se pegará bien la pasta.

Si se utilizó neopreno esponjado no es necesario ponerle pasta, ya que este no se apelmaza si se moja.

6. Pintar el colector y la caja

El colector, la lámina y la caja (y la estructura que lo sostiene) se pinta de negro mate con la finalidad de que absorba más calor y evitar que se oxide la caja y la estructura.

Se puede pintar con brocha o con pistola de aire.

La pintura es de esmalte (aceite) negro mate (si no encontraras negro mate busca un matizador, que hace la pintura mate).

Es importante que el interior de la caja y el panel estén pintados de negro mate para que absorban el calor, sin embargo la parte externa de la caja y la estructura que la sostiene puede ser negro o de otro color que se tenga disponible.



Colectores armados y pintados de negro mate

7. Poner el vidrio sobre el panel
El vidrio debe estar limpio por las dos caras (en especial la que mira hacia el panel), de preferencia debe ser un vidrio sin plomo ya que refleja menos luz hacia afuera.
8. Aplicar silicón en la unión del vidrio y el marco de la caja para evitar que el agua entre.
En la parte del marco que tiene el ángulo volteado el silicón se aplica entre el ángulo y el vidrio.



En la foto se ve el vidrio colocado y no se alcanza a notar el silicón ya que es transparente.

Fabricación del termo-tanque

Existen varias opciones para fabricar el Termotanque, selecciona la sección dependiendo de la alternativa que hayas elegido.

Estructura que soportará al termotanque

ESTRUCTURA DE METAL

El termotanque se coloca en la estructura que lo sostendrá, la ventaja del metal es que es relativamente ligero.



Se muestra un tanque de metal acostado sobre la estructura metálica.



Tanque de plástico vertical sobre estructura metálica.

ESTRUCTURA DE CONCRETO

El termotanque se coloca en la estructura que lo sostendrá, el concreto es pesado por lo que no se recomienda construirlo en el techo, pero se puede utilizar si ya existiese previamente.



El termotanque que se muestra en la foto está forrado con manta (color parecido al blanco) y se colocó ahí ya que la estructura de concreto existía para soportar el tanque de alimentación de agua de la casa.

Termotanque

El Termotanque dependerá del diagrama que se elija (versión 1: con Termotanque sellado o versión 2: con Termotanque sin sellar con flotador o boya).

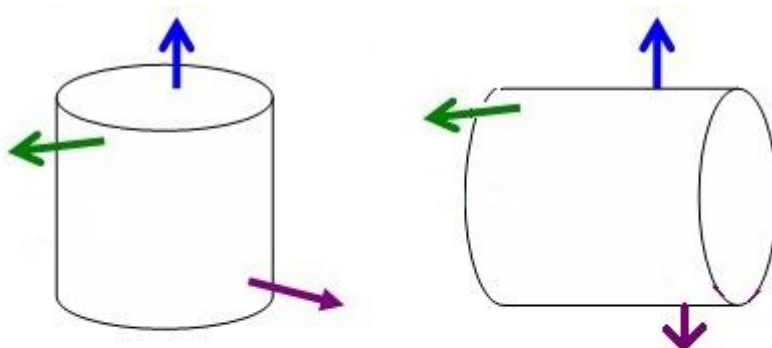
DE FIERRO TERMOTANQUE SELLADO

Debe realizarlo un herrero calificado ya que se requiere experiencia en el uso de una soldadora eléctrica.

Se soldan las 3 salidas del termotanque

- **para el agua caliente que se envía a la casa**, esta salida está en la parte superior del tanque (no importa el lugar siempre que esté arriba) y horizontal, apuntando ligeramente hacia abajo.
- **para el jarro de aire** hasta arriba del termotanque y debe apuntar hacia arriba. En el jarro de aire se soldará un tubo para la recepción del agua caliente que proviene del colector solar. (marcado en azul)
- y la del agua fría **del termotanque al colector** que debe estar en la parte inferior del termotanque y es una salida horizontal apuntando ligeramente hacia abajo. (marcado en violeta)

Es muy importante que el termotanque esté completamente cerrado no debe tener ninguna fuga ya que se vaciaría totalmente, desperdiciándose el agua. El jarro de aire debe estar en una posición vertical para que el aire escape.



— = Lugar y dirección donde va el jarro de aire

— = Lugar y dirección donde va la salida del agua caliente a la casa

— = Lugar y dirección donde va la salida al colector

Lo importante no es el lugar exacto en el que está cada conexión, sino que se encuentre en la altura que se indica, es decir, no importa si está a la izquierda o a la derecha ninguna de las conexiones siempre que estén a la altura correcta.

Lo más sencillo es que el termotanque sea de lámina, se perfora con el sacabocados y los conectores se soldan con bronce y autógena (se necesita ayuda de un herrero).

MUY IMPORTANTE Si el tambo contuvo thinner, gasolina, aceite o cualquier material inflamable, los gases que producen lo pueden hacer explotar, por lo que hay que tener mucho cuidado, es preferible llenarlos de agua antes de utilizar el soplete. Considera que si reutilizas un tambo esa agua no la debes utilizar en procesos relacionados con la alimentación, EL TANQUE PUEDE HABERSE VACIADO UN MES ANTES Y AÚN ASÍ PUEDE EXPLOTAR SI TUVO ALGÚN COMBUSTIBLE, un amigo herrero experto descuidó este aspecto (conociéndolo bien) y estuvo en el hospital algún tiempo (después de 30 años de experiencia). Esto se evita con la versión 2.

Para hacer las salidas del termotanque se utiliza el sacabocados de 1 1/4" con un taladro de mano de 1/2". Otra alternativa (que depende de la habilidad del herrero) es cortarlo con el soplete de autógena (revisa la advertencia del párrafo anterior).



En la línea azul se soldan los conectores al tambo, con bronce y autógena.

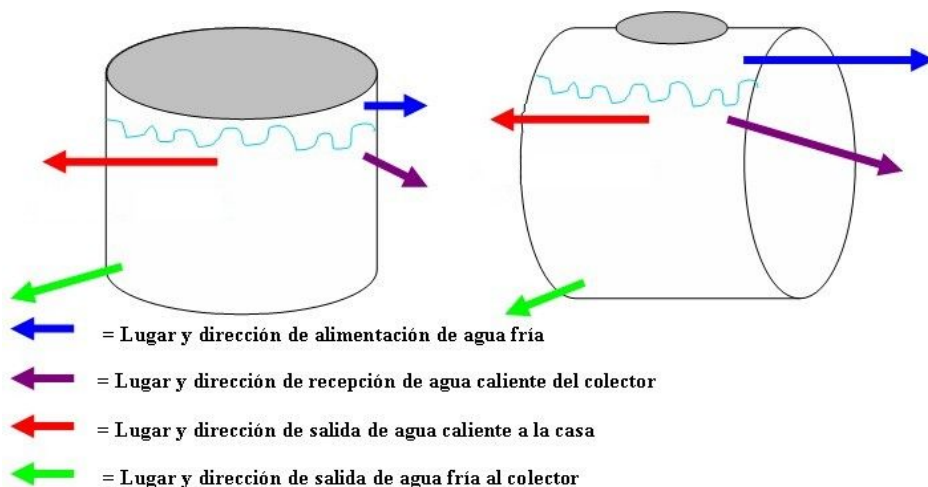
DE NEOPRENO NO HERMÉTICO

1. El termotanque se coloca en la estructura que lo sostendrá (puede ser de metal o de concreto).



Termotanque antes del forrado

2. Se instalan las 4 salidas del termotanque
 - **Para recibir el agua fría del tanque de alimentación o la alimentación directa**, esta salida está arriba del nivel de agua del tinaco y es donde se conectará el flotador (boya) y el tubo que desvía el agua fría al fondo del termotanque (marcado en azul).
 - **para el agua caliente que se envía a la casa**, esta salida está 5 cm debajo del nivel máximo del agua, que es el mismo nivel al que se pone la entrada del colector (marcado en rojo)
 - **Para el agua caliente que se recibe del colector**, esta salida está inclinada ligeramente hacia abajo ya que proviene de la parte superior del colector, 5 cm debajo del nivel normal del agua (marcado en violeta)
 - y la del **agua fría del termotanque al colector** que debe estar en la parte inferior del termotanque y es una salida horizontal apuntando ligeramente hacia abajo. (marcado en verde)



Lo importante no es el lugar exacto en el que está cada conexión, sino que se encuentre en la altura que se indica, es decir, no importa si está a la izquierda o a la derecha ninguna de las conexiones siempre que estén a la altura correcta.

Dependiendo del material del termotanque se hacen las conexiones, pregúntale al proveedor del tinaco, cuáles son las conexiones y como se instalan las que ellos recomiendan.

Cuando compres el termotanque puedes preguntarle al proveedor si ellos le instalan las conexiones ya que algunos lo hacen por un costo adicional, y en algunos casos ellos son los únicos que pueden instalarlas porque requieren una herramienta especial.



En la foto se muestra la conexión hecha en un tanque de plástico. El conector es de material derivado del petróleo (el negro) después está una reducción de 1 1/2" a 1" de fierro (no encontré de cobre) y después un conector de cobre de 1".

Forro

FORRO DE NEOPRENO SUJETO CON RAFIA PARA TERMOTANQUE A LA INTERPERIE.

Después de 2 años el neopreno se está deteriorando, si conoces una forma de pintar o proteger el neopreno avísame.

1. Cortar el neopreno para que envuelva por completo el termotanque (El termotanque se cubre por los costados y por las tapas, en otras palabras, debe estar completamente envuelto por el neopreno).



Aislante térmico de neopreno

2. Amarrar con rafia (cordón de plástico) el neopreno para asegurar que se quede en su lugar por lo menos 5 años.



Termotanque forrado (En la imagen está amarrado con alambre de cobre pero es más sencillo amarrarlo con rafia)

FORRO DE LANA FIBRA DE VIDRIO SOSTENIDA CON MANTA PARA ESTAR BAJO TECHO

Esta opción me ha funcionado muy bien (el termotanque de la foto tiene 6 años) la desventaja es que necesita estar bajo techo.

1. Colocarse los guantes de cuero y los lentes de protección. Cortar la lana de fibra de vidrio para que envuelva por completo el termotanque (El termotanque se cubre por los costados y por las tapas, en otras palabras, debe estar completamente envuelto por el aislante térmico).
Nota: El pica-pica es lana de fibra de vidrio, por lo que no debes de utilizar la protección o te puede ocasionar mucha comezón.
2. Forrar la lana de fibra de vidrio (y por lo tanto el Termotanque) con tela de manta y coserla con hilo (utiliza guantes par que la lana de fibra de vidrio no te vaya a dar comezón).



Conexión del tanque de alimentación

El tanque de alimentación debe estar arriba de los demás elementos (ve la sección de conexiones) y no debe exceder de 3 metros entre el nivel máximo de agua y la parte inferior del colector solar, para evitar que la presión del agua rompa las soldaduras del colector (no he probado el panel con forma de radiador a una mayor diferencia de alturas). Leoca hizo la sugerencia de utilizar soldadura de acero-plata ya que es mucho más resistente que la de estaño-plomo 50/50 y así pudiera aguantar una diferencia mayor de 3 metros. Nota: Esta soldadura requiere gas propano ya que el gas butano no alcanza a fundirla, es una soldadura bastante más cara que la de estaño-plomo, requiere de un fundente especial y mucha más práctica que la de estaño-plomo.

Si la casa tiene un tinaco donde se recibe el agua de la calle, y este tinaco tiene un flotador (boya) que controla el nivel del agua, este puede ser utilizado como tanque de alimentación, solamente hay que poner una salida al tubo que alimenta la casa de agua fría y asegurar que el piso del tinaco esté arriba del nivel superior del termotanque.

Para que funcione el calentador solar que propongo es indispensable el tanque de alimentación de agua ya que este controla el nivel del agua y por lo tanto las presiones que permiten circular el agua por el colector solar y el termotanque.



Ejemplo de tanque de alimentación

Tubería aislada para realizar las conexiones

En cualquier calentador (sea solar o no) es importante que la tubería que transporta el agua caliente esté aislada para disminuir la pérdida de calor, esto es aún más importante entre más largo sea el tubo que conecta a la alimentación en la casa.

Las dos opciones que planteo son de tubería térmica (por ejemplo tuboplus, que es la que documento ya que es la que utilizo) o tubería de cobre forrada con neopreno esponjado.

Tubería de tuboplus

Hacer las conexiones con la tubería de tuboplus del termotanque con el colector para disminuir la pérdida de calor cuando el viento pega en el tubo, así como la tubería que une el calentador solar con el calentador de gas o eléctrico o la entrada de agua caliente de la casa.

Ventajas: Dura 50 años, es un poco más económica que el cobre, aísla bien el agua caliente, está hecha de plásticos antibacteriales, soporta temperaturas de -5° a 95 °C.

Desventajas: Se requiere una herramienta especial para hacer las conexiones y es algo costosa, además de que hay que aprender a usarla.

Si tienes la oportunidad de poner una conexión de este tipo te la recomiendo. Es un poco más problemático instalarla (por la herramienta empleada, que además requiere conexión eléctrica para usarla) pero no requiere conocimiento previo como el cobre, además de que no tiene fugas si está bien instalada porque queda en una sola pieza.

La información completa la puedes encontrar en www.tuboplus.com

EXPERIENCIA:

Te comparto la experiencia que he tenido, la finalidad es darte una idea de los pasos a seguir, pero si vas a usar esta tubería por favor ve el manual completo en la página de la misma.

La tubería se instala por medio de esta herramienta (las piezas redondas negras son parte de la herramienta).



Y es por medio de temofusión por lo que las conexiones quedan en una sola pieza.



Las piezas negras son las que se utilizan para calentar los extremos de la tubería que después se unen



hay que tener cuidado de **dejar enfriar las tuberías**, porque si se instalan calientes se pueden deformar como en la siguiente foto.



Tubería de cobre forrada con neopreno

Forrar la tubería que conecta el termotanque con el colector para disminuir la pérdida de calor cuando el viento pega en el tubo, así como la tubería que une el calentador solar con el calentador de gas o eléctrico o la entrada de agua caliente de la casa

Ventajas son más fáciles de encontrar los materiales necesarios y no se necesita comprar una herramienta que quizá se utilice una sola vez.

Desventajas: El neopreno tiende a corroerse con el sol y la lluvia por lo que hay que cambiarlo cada dos o tres años.

Al comprar el neopreno hay que pedir la medida que corresponde al ancho de los tubos de las conexiones.



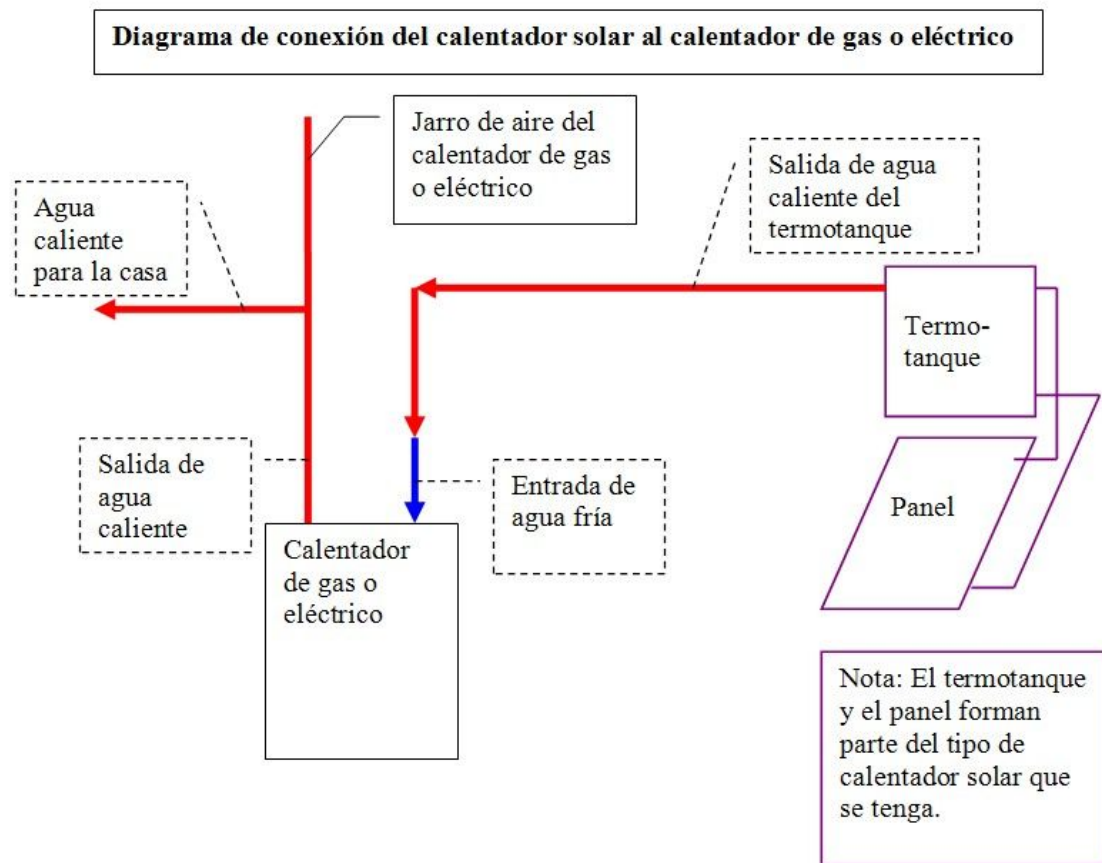
P del neopreno espongado que se utiliza para aislar tubos. En el centro tiene dos tiras de plástico que al retirarse exponen el pegamento con el que se unen las dos orillas.



Neopreno puesto en el tubo, se puede ver que el neopreno está un poco flojo (porqueno tenía a la mano un tubo más grueso que correspondiera al forro de neopreno que fotografíé).

Conexión a la casa

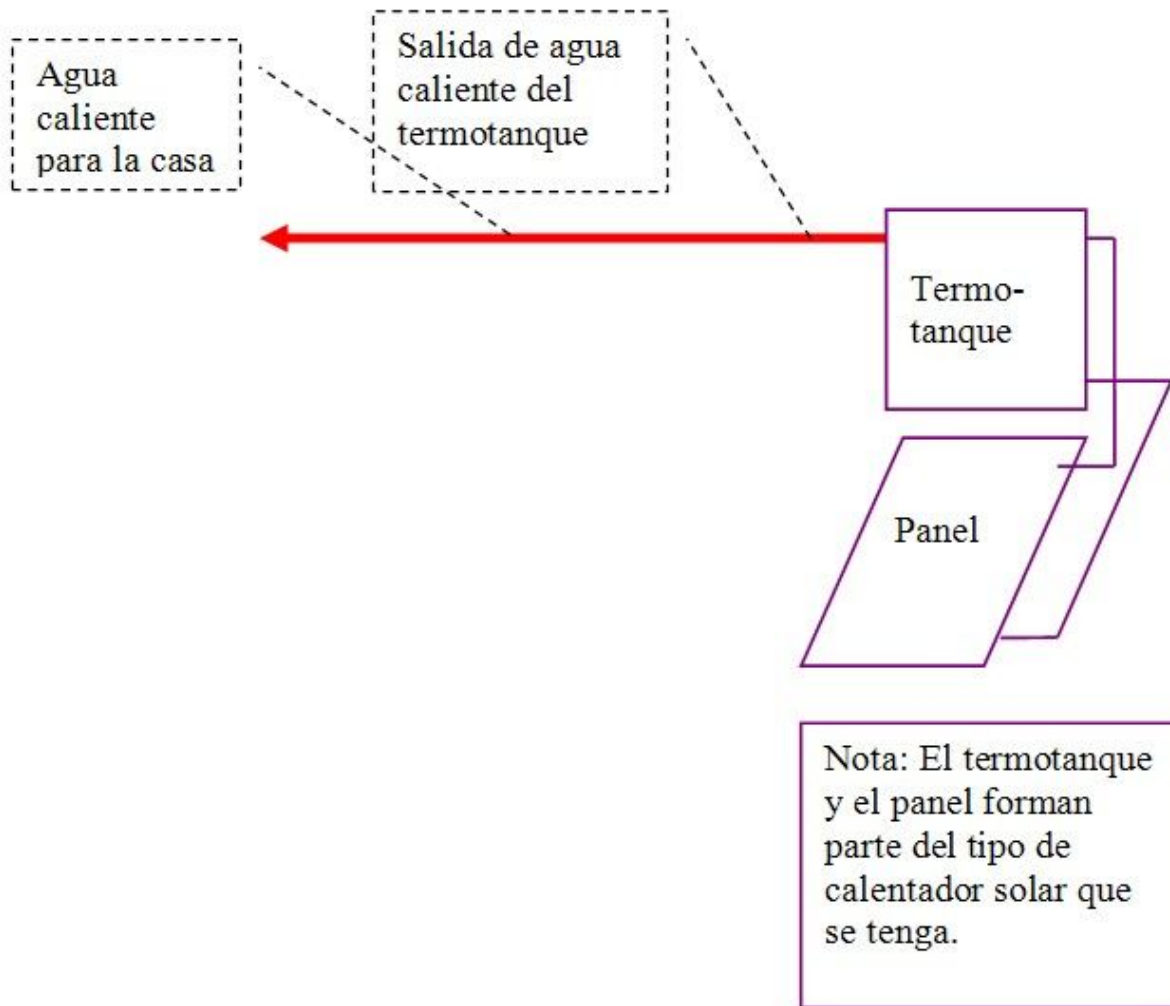
Si se tiene un calentador de gas o eléctrico lo mejor es conectarlo en serie con el calentador solar, para que únicamente prenda cuando sea necesario aumentar los grados que faltan a la temperatura del agua.



micalentadorsolar.com

Si no se tiene un calentador de agua de gas o eléctrico la conexión sería:

Diagrama de conexión del calentador solar a la casa (sin calentador de gas o eléctrico)



micalentadorsolar.com

Epílogo

Por lo que vemos la construcción de un calentador solar tiene la desventaja de que es un gasto inicial pero que se paga rápidamente al disminuir el consumo de gas hasta en un 80% y además no emite gases de efecto invernadero, contribuyendo así a detener el cambio climático.

Sería ideal que hubiera muchos colectores para disminuir el cambio climático y agradecerle todo aquel que quiera hacer algo por este planeta.

Te agradezco haber adquirido este manual ya que así me apoyas a continuar este trabajo y poderlo difundir gratuitamente en micalentadorsolar.com.mx y micalentadorsolar.com para que haya más calentadores solares instalados.

ANEXOS

Anexo A: Tabla de inclinación necesaria dependiendo del lugar (para que no necesiten el seno)

La inclinación que debe tener el colector está entre la latitud donde se encuentra la ciudad más 10 a más 15 grados.

Para utilizar esta tabla busca la latitud de la ciudad y el largo de tu colector. Por ejemplo si estás en la Ciudad de México, la latitud es de 19 grados por lo que se puede utilizar el valor de 20°, si el colector tiene 2 metros de largo entonces la parte más alta debe estar a 107 cm. o 1.07 mts.

Latitud	Inclinación mínima recomendada del colector	Inclinación máxima recomendada del colector	Inclinación promedio recomendada	Seno de la inclinación promedio recomendada	Altura en cm (dependiendo del largo del colector).		
					1 mt	1.5 mt	2 mt
4 o menos	14	19	16.5	0.284015345	28.4	42.6	56.8
	16	21	18.5	0.317304656	31.7	47.6	63.5
	18	23	20.5	0.350207381	35	52.5	70.0
	20	25	22.5	0.382683432	38.3	57.4	76.5
	22	27	24.5	0.414693243	41.5	62.2	82.9
	24	29	26.5	0.446197813	44.6	66.9	89.2
	26	31	28.5	0.47715876	47.7	71.6	95.4
	28	33	30.5	0.507538363	50.8	76.1	101.5
	30	35	32.5	0.537299608	53.7	80.6	107.5
	32	37	34.5	0.566406237	56.6	85.0	113.3
30 o más	34	39	36.5	0.594822787	59.5	89.2	119.0
	36	41	38.5	0.622514637	62.3	93.4	124.5
	38	43	40.5	0.649448048	64.9	97.4	129.9
	40	45	42.5	0.675590208	67.6	101.3	135.1