

CALENTADOR DE AGUA SOLAR SERPENTÍN



Guía de Fabricación

Revisión
B – Versión Final

Fecha
Noviembre 2009

Autor
Ben Dana

Apuntes y Glosario:

Todas mediadas en mm si no se indicara de otro modo.

Medidas de las posiciones de huecos (entradas etc.) al centro del hueco si no se indicara de otro modo.

Xela –Quetzaltenango

AIDG – Appropriate Infrastructure Development Group

Xelateco – Empresa de Energía Renovables creada por AIDG Guatemala

Azimut: orientación desde Sur 0°.

ACSS –Agua Caliente Solar Serpentin

ACS –Agua Caliente Solar

HG - Hierro Galvanizado

NPT: “National Pipe Threading.” Estándar Americano de gruesos de tubo:

http://www.engineeringtoolbox.com/npt-national-pipe-taper-threads-d_750.html

°C – grados centígrados

MDF Tableros de fibra de densidad media

Referencias

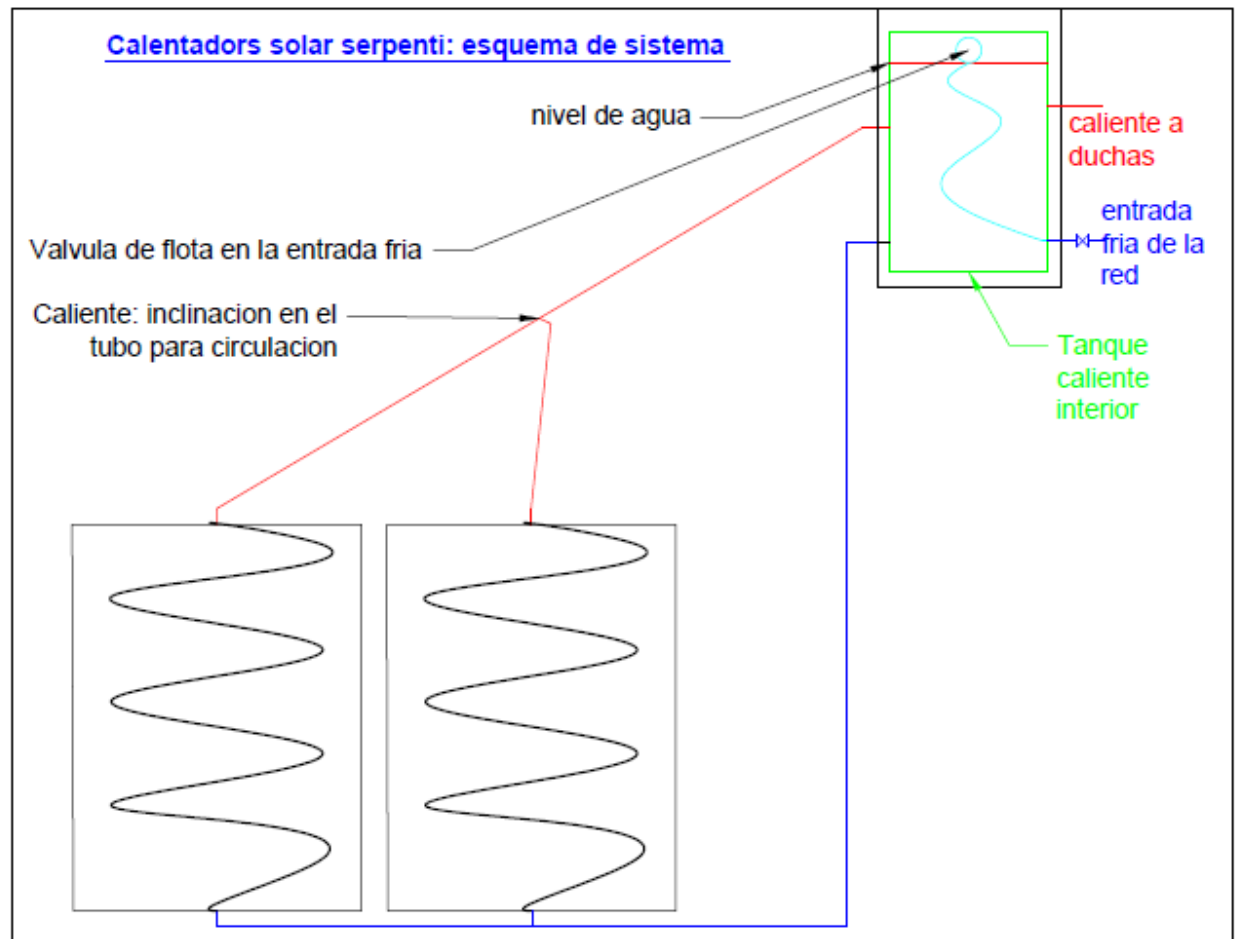
B. Deus et al (2004): **ZigZag Collector**, BABICO and WOT Publications

B. Dana (2009): **Manual de Diseño, Calentador de Agua Solar Serpentin**, AIDG

1	Sumario	4
2	Fabricación del Colector Solar	5
2.1.1	Doblar la Serpentina	5
2.1.2	<i>Juntar la serpentina con la plancha del absorbedor con alambre.</i>	10
2.2	El Marco	11
2.3	Fabricación de los sujetadores	14
2.3.1	<i>Parte superior del colector, sujetador de a bajo</i>	15
	<i>Sujetadores: parte superior del Colector Solar</i>	15
2.3.2	<i>Parte superior del colector, sujetador de arriba</i>	16
2.3.3	<i>Parte inferior del colector, sujetador de arriba</i>	17
	<i>Sujetadores: parte de a bajo del Colector Solar</i>	18
2.4	Montar la cobertura del colector y sellar.	19
3	Fabricar el Tanque de Agua Caliente	20
3.1	Diseño: Tanque de Agua Caliente	20
3.1.1	Aislante	20
3.1.6	<i>Protección contra lluvia</i>	23
3.2	Fabricación del Tanque de Agua Caliente	23
3.2.1	<i>Hacer los huecos en los tanques interiores y exteriores</i>	23
3.2.2	<i>Montaje de Entradas</i>	23
3.2.3	<i>Fabricar los washers de empaque</i>	24
4	Instalación	24
4.1	Seleccionar el Sitio	24
4.1.1	<i>Azimut</i>	24
4.1.2	<i>Inclinación</i>	24
4.1.4	<i>Posición relativa a la ducha</i>	25
4.2	Tubería	25
4.2.0	CPVC	25
4.2.1	<i>Cobre: Protección contra temperaturas elevadas</i>	25
4.2.3	<i>Instalación de tubos para termo-sifón</i>	25
4.2.4	Aislante de Tubería	26
4.3	Llenar el sistema: procedimiento para purgar aire	26
4.4	Mezclar con Agua Fría	27
4.5	Sistemas de Montaje	28
5.	Costos de Materiales en Guatemala	30
Apéndice 1	Construir el Doblador de Tubo	31
Apéndice 2:	Otro doblador de tubo	38

1 Resumen

El Serpentin es un colector solar térmico desarrollado para un sistema de calefacción de agua barata para casas en Xela, Guatemala. Este documento tiene una lista comprehensiva de materiales, una explicación de fabricación del colector y el tanque, y consejos básicos sobre instalación. Hay que leerlo juntos con el *Manual de Diseño: Calentador de Agua Solar Serpentin*. Este segundo documento explica principios generales de diseño; evalúa otros diseños; tiene información sobre como dimensionar sistemas; y recomienda modificaciones para una investigación adicional.



2 Fabricación del Colector Solar

Hay una lista completa de materiales en la sección 5.

2.1 El Intercambiador de Calor



2.1.1 Doblar la Serpentina

Tomado de B. Deus et al (2004): **Zigzag Colector**, BABICO y WOT Publicaciones)

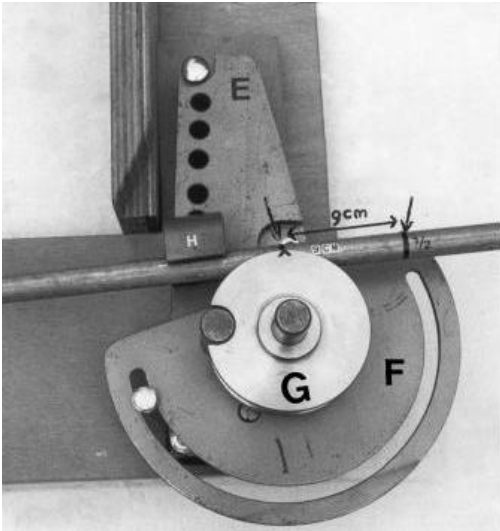
Hay que formar el tubo en 7 curvas y 2 extremos cuadrados. Hay que fabricar un doblador de tubo con este fin: hay instrucciones en el apéndice 1. Se considera que los dobladores de tubo comunes utilizados por electricistas no producen un radio de curvatura suficientemente apretados. Las siguientes herramientas son necesarias para preparar los tubos:

Un tornillo para aguantar el tubo; un corta-tubo o una sierra para metales; una maquina de enroscar; un metro; un marcador.

Para 1 sistema de agua caliente 3 absorbedores son necesarios. Así que empezamos a preparar 3 tubos, de 6m de largo, a la vez. Mirar que los tres tubos estén igual de largos. Enrosca los extremos cortados (1/2") y compruebe la rosca con una copla. Dejar la copla puesta para proteger la rosca. Marcar el punto medio de cada tubo (marcando todo el perímetro)

Empezar a doblar el tubo

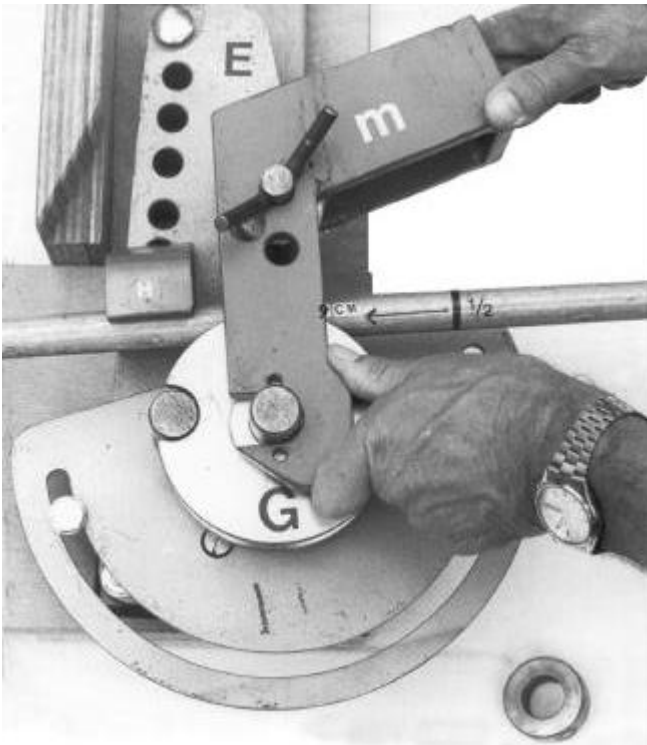
Coloca un tubo de ½ " en el sistema. Está bloqueado entre el disco G y bloca H (ver Apéndice 1)



Marca un Segundo punto 9cm a la izquierda del centro del tubo indicado. El segundo punto debe corresponder con la marca al disco donde la curva va a empezar



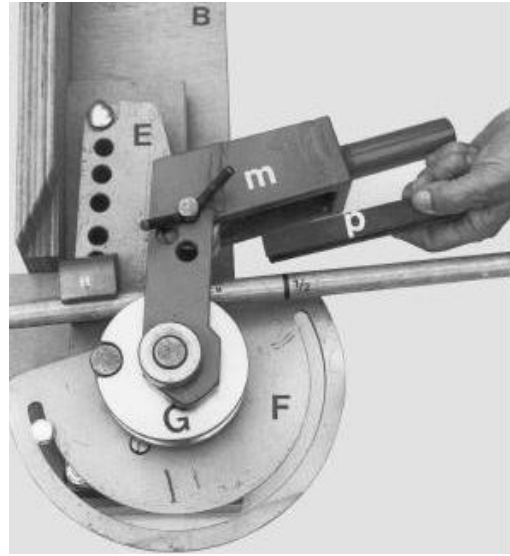
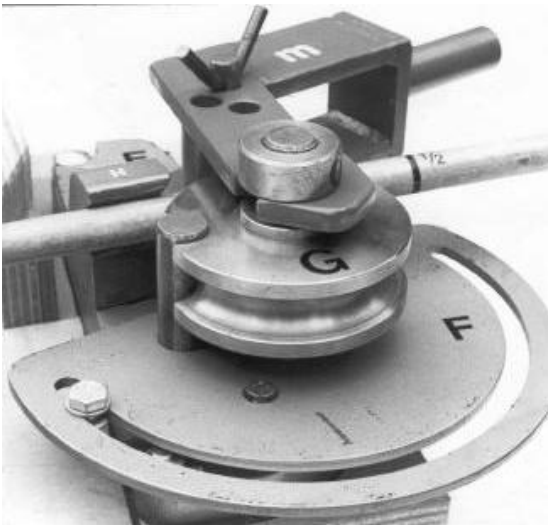
Para empezar a doblar utilizamos la garra de doblar m con cilindro accesorio k (media eje). Ponga el cilindro k en el tercer agujero de gancho M



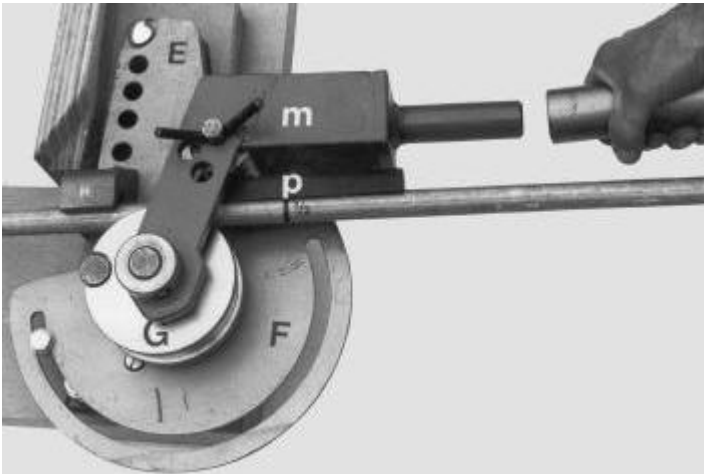
Coloca la garra de doblar M encima de la husillo (pulía G y el tubo están a dentro la garra)



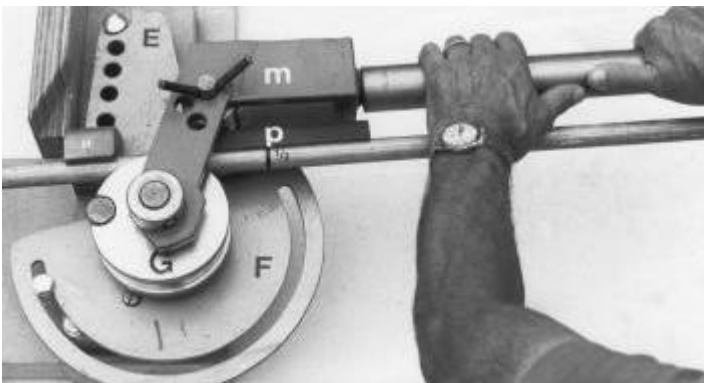
Coloca el anillo 'O' encima del husillo y fijarlo con los dos empalmes con espigas



Empuje guía de tubo P entre el tubo y el cilindro K



Deslice la palanca en la manija la garra de doblar M, y tira la palanca hacia usted



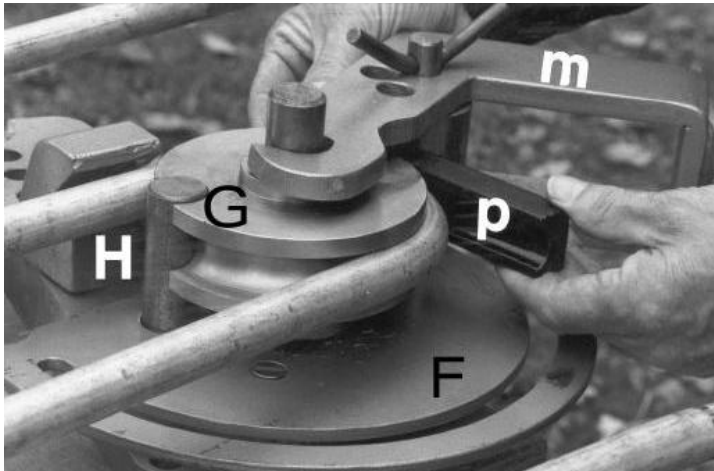
*El tubo y la palanca se encuentran ahora en posición paralela.
ADVERTENCIA: Asegúrese de que la segunda marca de la tubería todavía sea correspondiente con la marca en el disco G.*

Procedimientos para doblar el tubo

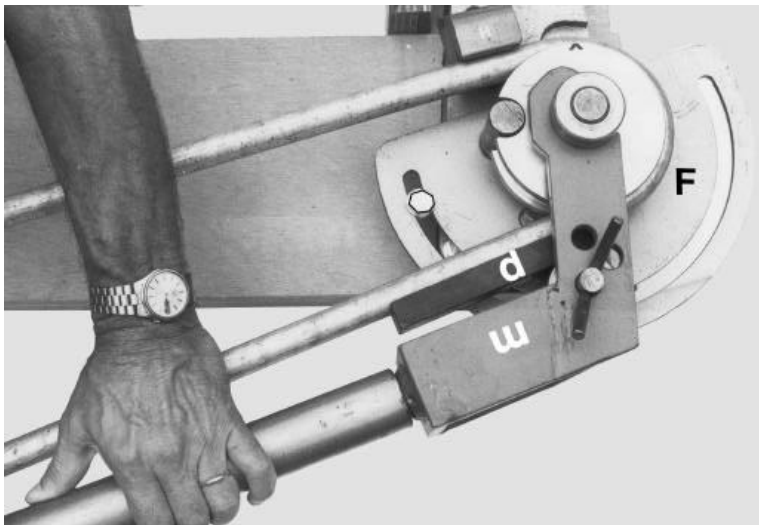
Para doblar, usar correctamente las instrucciones siguientes:

- Dobra gradualmente, sin forzar el doblador.
- Acerca de la mitad de la curva debe mover la guía del tubo P hacia adelante.
- Presione la palanca hasta que la garra de doblar choca con la tuerca de ajuste en la ranura de plato de doblar F.

Si el radio de la curva parece demasiado amplio, la tuerca de ajuste debe estar movida. Los tramos horizontales del tubo deben estar ligeramente inclinados hacia arriba para evitar aire atrapado.



Mover la guía de tubo P.

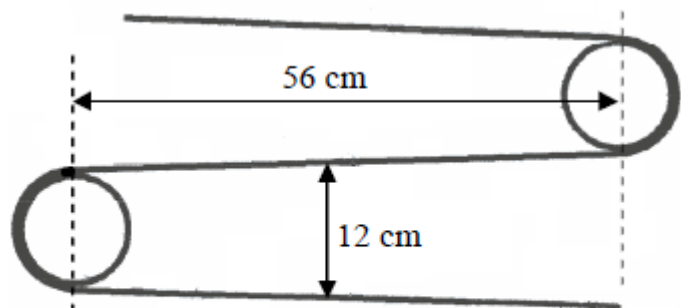
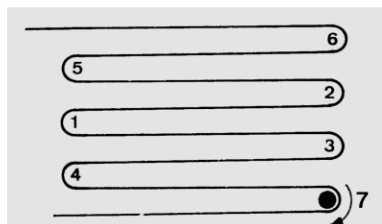
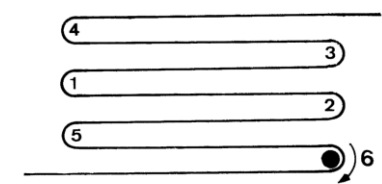
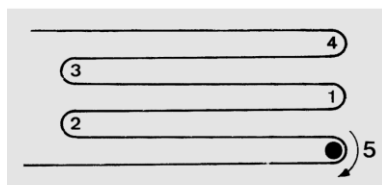
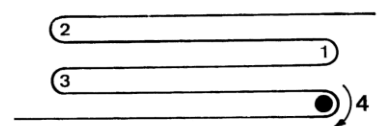
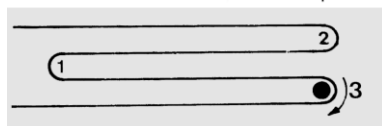
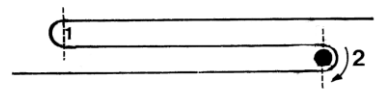
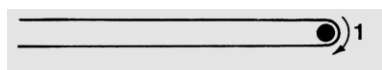


La tuerca de ajuste esta en el plato F a la izquierda de la pulía. Utilice esta tuerca para establecer el correcto (máximo) ángulo de flexión del tubo.

- Cuando la primera curva se completa, marca 56 cm de distancia desde el comienzo de la primera curva. Aquí vamos a iniciar la segunda curva.
- Se hacen todas las curvas de esta manera. Las imágenes en la página siguiente indica el procedimiento para 7 curvas.



Utiliza una llave de tubo para que el tubo no deslice (en frente de bloca H.)

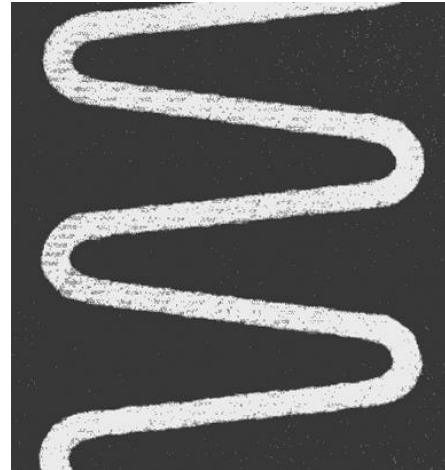


After bending the pipe, it will spring back. To keep the right angle in between the bends, you have to measure 12 cm. (in the middle)

Aquí hay dos colectores:



❌
La segunda curva de este esta inclinada hacia abajo. Burbujas de aire no pasaran entonces la circulación estaría atascada.



✅
Este colector está bien doblado porque todas las curvas están inclinadas hacia arriba. Entonces La circulación sigue sin problemas

La primera curva esta 200cm por el tubo HG, dejando una entrada con rosca vertical: una curva de 107.5° para comenzar el declive hacia arriba del serpentina.

!! Nota: asegure que este tramo vertical está en ángulo recto con la bisección horizontal de cada curva, para que el agujero de entrada en el marco pueda hacerse con precisión.

La serpentina corre hacia arriba, 17.5° de horizontal. Eso requiere siete curvas de 215° (diámetro interior: 10cm.) La primera curva de 215° está aproximadamente 20 cm desde el principio del tubo. Desde entonces hay aproximadamente 56cm entre curvas. Una última curva de 107.5° está hecha 20cm antes del final del tubo para dejar una salida vertical. Otra vez, es importante tener cuidado para asegurar que la vertical para el marco pueda estar cortado y agujereado con precisión.

2.1.2 Juntar la serpentina con la plancha del absorbedor con alambre.

Dues el al. (2004) dan instrucciones para juntar el tubo con el absorbedor con remaches o soldadura. Estas técnicas mejoran transferencia de calor, aunque juntar con alambre es más fácil.

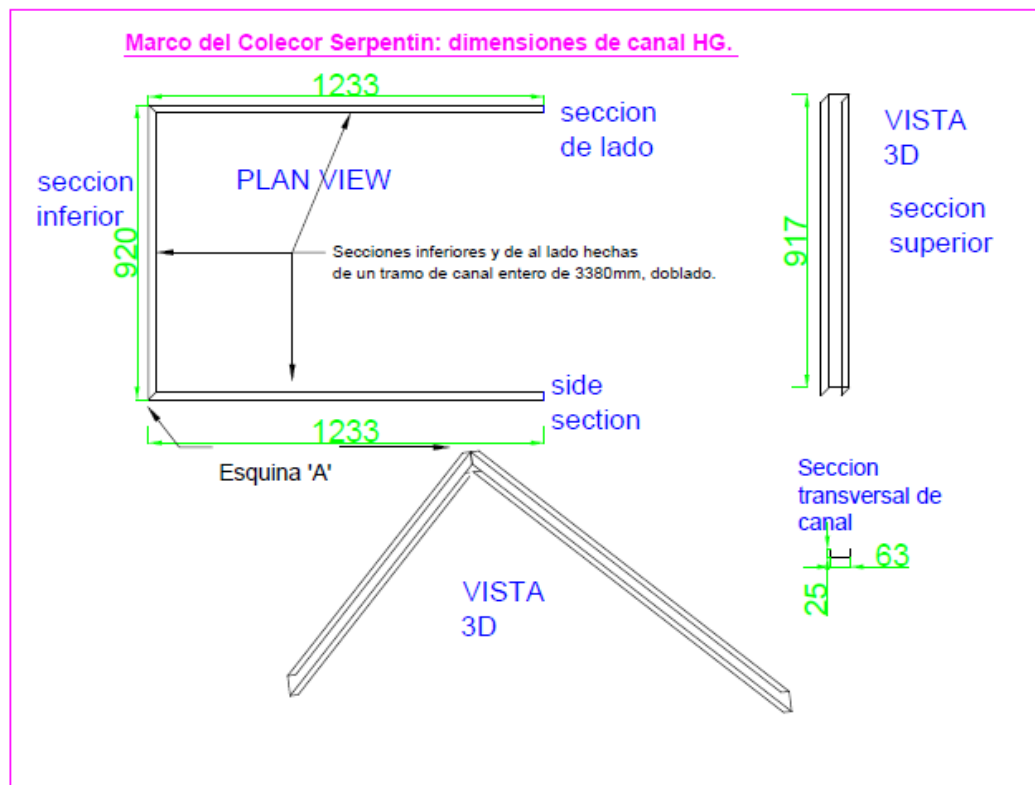
Se corta la plancha con corta-láminas: 915mm x 1225mm. Cortar con una pulidora no es necesario, ni muy preciso con lámina. Se presenta la serpentina encima de la plancha para marcar la posición de unión: el punto en el medio de cada tramo de 17.5° , y cada curva. En estos puntos haz dos agujeros de 1mm en cada lado del tubo. Alambre (HG o acero inoxidable contra oxidación) esta arriba para aguantar la serpentina en su posición (doblar para juntar a bajo.)



Tubo del absorbedor juntado a la plancha con alambre

El absorbedor está pintado con pintura negra mate ante-corrosiva. Pintar el material antes de montar puede permitir mejor acceso a grietas muy cerradas, pero desperdicia pintura. Véase *Manual de Diseño Calentador de Agua Solar Serpentin (9) Investigación Adicional* sobre Capas de Absorbencia Selectiva. Pintar el absorbedor abajo ayudará a proteger contra la oxidación pero no es esencial. Asegúrese que la pintura no sea dañada durante trabajos subsiguientes

2.2 El Marco



El tamaño del absorbedor manda las dimensiones del marco (dimensiones, mm).

2.2.1 Secciones de al lado

Véase el dibujo “Marco de Colector Serpentin: Dimensiones de Canal HG” arriba.

Con corta-láminas corta el canal en una sección de 917mm y otra de 3400mm. La sección larga 3400mm formara los lados y la parte inferior del marco; se doblara aproximadamente 1233mm y 2153mm, dejando secciones de 1233mm → 920mm → 1233mm.

Taladrar el agujero en la sección de 920mm es muy importante para asegurar que el marco este cuadrado. Entonces el procedimiento para hacer las secciones de al lado es así.

1. Marque provisionalmente los puntos para cortar y doblar: 1238 mm y 2158 Mm. Esto permite un margen de error para las secciones de 1233mm → 920mm → 1233mm.
2. En la sección de 920 mm marca la posición del agujero para la entrada del tubo. Si la entrada del tubo no está a un ángulo- recto con el marco, el hoyo sería demasiado ancho, causando pérdida de calor. Si hace falta doblar el tubo (con cuidado) para hacer la entrada vertical.
3. Taladre la cala que utiliza una broca de sierra de 22mm. Afila el agujero con una lima para que quede sobre el tubo fácilmente sin causar pérdida de calor.
4. Con el interior del canal al mismo nivel que la plancha del absorbedor volver a marcar la sección inferior de 920mm. Los puntos para cortar/ doblar marcados por esta sección dejen por lo menos 1233 mm de canal a ambos lados.
5. Las secciones de 25mm están cortadas en estos puntos con corta-lamina.
6. El lado ancho del canal es doblado hacia adentro en ángulos rectos para formar los lados y el fondo del marco

!! Nota: procure que las secciones de los lados y de a bajo son perfectamente cuadrados.



Fabricación del marco

Se superpondrán las secciones inferior y de al lado (los lados de 25mm). Forre el canal por dentro con tiras de aislamiento Térmflex, 63mm de ancho.



Las secciones inferior y de los lados del marco: un tramo entero del canal

2.2.2 Marco: plancha de atrás

Se corta la plancha HG con corta-laminas: 915mm x 1228mm. Forre con 920 x 1230mm Térmalex aislante (2mm grueso.) Pinte la cara de abajo con pintura anti-corrosiva. Pintar el otro lado es opcional.

2.2.3 Montar el marco

1. Posicione la plancha HG de atrás dentro del canal. Sujete la plancha al canal con remaches.
2. Corte tres 870 mm tramos de canal. Estos formarán separadores entre el marco y absorbedor.
3. Posicione los separadores dentro la plancha cada 300mm. La 63mm sección del canal hará contacto con la plancha/ aislamiento.
4. Remache el plato de apoyo a los separadores.

El marco del colector montado a la plancha con espaciadores



2.2.4 Sección superior del marco.

Corte una sección de canal de 917 mm. Agujere la salida de tubo como se explica en 2.2.1.

2.2.5 Encerrar el absorbedor dentro el marco

Nota: La plancha de atrás del absorbedor está agujereada y los sujetadores están puestos desde adentro. Esto debe estar hecho antes que el absorbedor sea encerrado en su marco, o alternativamente con remaches después.

Ponga el absorbedor en su posición adentro del marco, puesto encima de los espaciadores. Posicione la sección superior encima el tubo de salida e instale al marco con remaches.

Tratar con pintura absorbente



Una vez que está montado en su marco, se vuelve a pintar el absorbedor con pintura negra mate anti-corrosiva. Pinte el marco para prevenir que el metal refleje el sol. El objetivo es maximizar la absorción de la radiación solar

2.3 Fabricación de los sujetadores

Los sujetadores de abajo están hechos y puestos al interior de la plancha de atrás del absorbedor, antes que el absorbedor esté encerrado en su marco. También se podría poner al colector con remaches o tornillos auto-roscantes (estos soportes se pueden ver en la parte inferior de la foto en esta página.)

Hay que hacer todos los siguientes sujetadores dos veces: uno para cada lado

Pinte todo el hierro angular y hierro plano con pintura ante-corrosiva antes del montaje.

Fabricar los sujetadores requiere un nivel alto de precisión. Tiene que apretar bien para minimizar el peligro de que el vidrio se caiga durante altos vientos. Las dimensiones abajo son para

guiar. Las modificaciones del diseño del colector necesitarán re-diseño a los sujetadores. Parece mejor agujerear los sujetadores de arriba primero y posicionar los agujeros en los sujetadores de abajo según eso.

2.3.1 Parte superior del colector, sujetador de arriba:

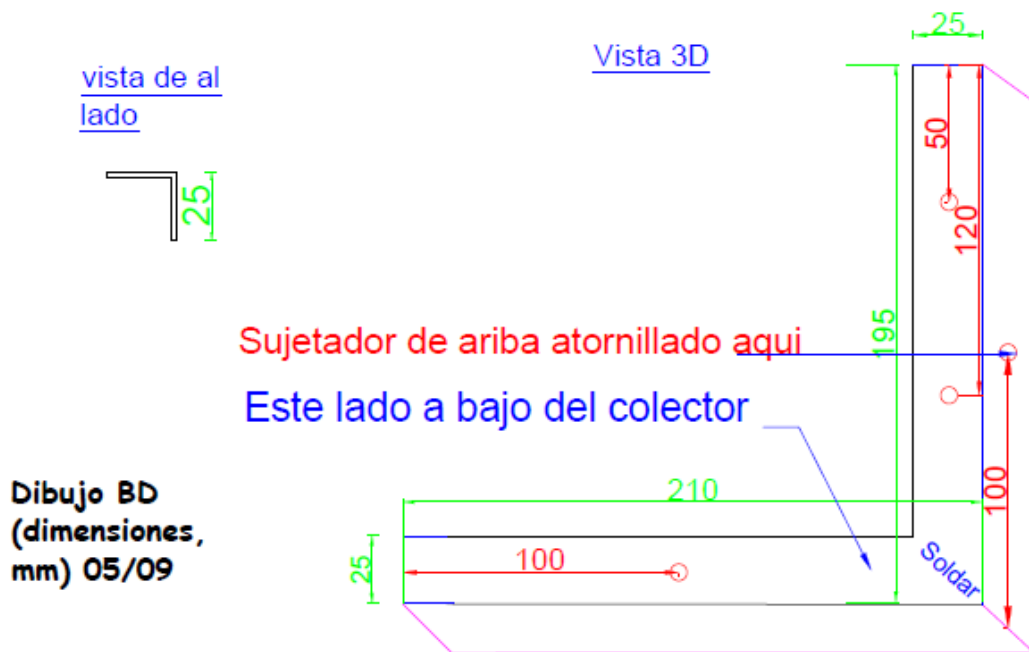
Corte 195mm de hierro angular (25 x 25 x 2mm). Esto se puede hacer con una sierra de metal; si se hace con una sierra eléctrica, tome en cuenta el grueso del disco. Coloque la sierra a 45° en un lado, para un corte en ángulo, y sigue cortando para abajo el otro lado con una sierra angulada.. Corte un segundo trozo de 210mm a - 45°.

Ya se puede juntar los dos trozos en un ángulo recto. **Suelde** juntos en esta formación. La soldadura de 45° identifica el lado horizontal. **Taladre** un agujero de 6.5mm $\varnothing$, 10mm de la orilla de la sección de 210mm (lado horizontal.) En la sección de 195mm agujere ($\varnothing$ 6.5mm), 50mm y 120mm de la orilla (lado horizontal.) Taladre un agujero en el lado vertical de esta sección de 195 mm, 100 mm del ángulo recto. La posición exacta sería determinada por la alineación con el agujero con el sujetador de arriba, cuando los dos están en posición con el colector entre-medio.

Sujetadores: parte superior del Colector Solar



Sujetador: parte superior del colector, a bajo



2.3.2 Parte superior del colector, sujetador de arriba

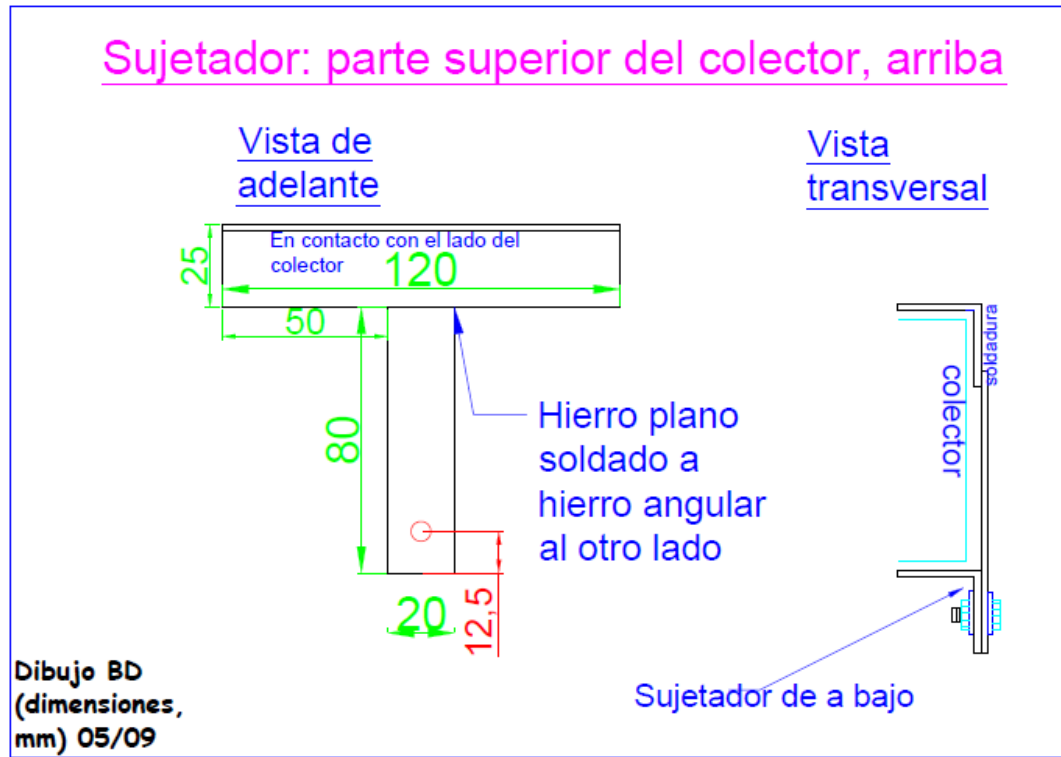
Corte 120mm de hierro angular (25 x 25 x 2mm). Corte 80mm de hierro plano (20 x 2mm.)

Posicione el angular para que el lado vertical este cara a bajo

Suelde el hierro plano al exterior del lado vertical del angular, 50mm de la orilla.

Taladre un agujero, 6.5mm $\varnothing$, en el hierro plano: aproximadamente 12.5mm de la orilla.

Nota: cuando el colector este montado, coloque tiras de empaque entre el sujetador de arriba y el cristal para protección.



2.3.3 Parte inferior del colector, sujetador de arriba

Corte 190mm de hierro angular (25 x 25 x 2mm). Corte 73mm de hierro plano (20 x 2mm.)

Posicione el angular para que el lado vertical este cara a bajo

Suelde el hierro plano al exterior del lado vertical del angular, 79mm de la orilla a la derecha.

Taladre un agujero, 6.5mm $\varnothing$, en el hierro plano: aproximadamente 12.5mm de la orilla.

Nota: cuando el colector está montado, coloque tiras de empaque entre el sujetador de arriba y el cristal para protección.

2.3.4 Parte inferior del colector, sujetador de abajo

Corte dos tramos de hierro angular, 200mm de largo (25 x 25 x 2mm). Esto se puede hacer con una sierra de metal; si se hace con una sierra eléctrica, tome en cuenta el grueso del disco.

Coloque la sierra a 45 ° en un lado, para un corte en angulado, y sigue cortando para abajo el otro lado con una sierra angulado. Corte el otro trozo de 200mm a - 45°.

Ya se puede juntar los dos trozos en un ángulo recto. **Suelde** juntos en esta formación. La soldadura de 45° identifica el lado horizontal. Posicione para que el lado vertical tenga cara abajo. **Taladre** un agujero de 6.5mm $\varnothing$, 110mm de la soldadura (lado vertical) en la sección a la derecha. La posición exacta sería determinada por la alineación con el agujero con el sujetador de abajo, cuando los dos estén en posición con el colector entre-medio. Corte 94mm de hierro angular (25

Sujetador: parte superior del colector, a bajo

vista de al lado

Vista 3D

Sujetador de arriba atornillado aqui

Este lado a bajo del colector

Dibujo BD
(dimensiones,
mm) 05/09

The drawing shows a 3D perspective view and a side view of a support bracket. The 3D view includes dimensions: a top flange 25mm wide and 120mm long, with a 50mm hole offset from the end. The main body is 210mm long and 25mm wide. A vertical support is 195mm high. A bottom flange is 100mm long and 25mm wide, with a 100mm hole offset from the end. A 'Soldar' (weld) point is indicated on the bottom flange. The side view shows a 25mm wide L-shaped profile.

A close-up photograph of a dark, weathered metal structure, likely a gate or fence. The metal is heavily rusted and shows signs of significant wear and tear. The structure is composed of several thick, dark metal beams. A horizontal beam is visible on the left, and a vertical beam is on the right. The metal is dark, possibly black or dark grey, with patches of brown rust. The background is a light, textured surface, possibly concrete or a wall. In the bottom right corner, there is a small, faint red stamp that reads "10/1/2008".

2.4 Montar la cobertura del colector y sellar.

La tapa de cristal se sienta encima del marco del colector, y se deja en su posición con sujetadores.

Se forra abajo del cristal con tiras de empaque para que no escape el calor. El uso de Silicon para sellar entre el cristal y el marco hace difícil de quitar el cristal sin rotura. Sin embargo a veces hay agujeros notables entre el cristal y el empaque. Recomendamos doblar el empaque alrededor de la orilla del cristal.

3 Fabricar el Tanque de Agua Caliente

Hay una lista completa de materiales en la sección 5.

3.1 Diseño: Tanque de Agua Caliente

El tanque consiste de un barril interior con un tambo exterior protectorio

- Tambo de metal de 55 galones (890 alto x 580mm diámetro) con tapa
- Barril de plástico de 35 galones (780 alto x 500mm diámetro) con tapa



Tanque de Agua Caliente Interior

El tanque esta aberturado para una salida de presión. La tapa del barril interior no esta herméticamente sellada.

3.1.1 Aislante

Dos rollos de 2mm *Termo-Flex* de fibra de vidrio (próximamente 1800 ancho x 900mm alto) envuelven el barril interior, y uno envuelve el tambo exterior. Una pieza cilíndrica de *Duro-port* ("polistirene") cubre la tapa del tanque interior para aislar más:

3.1.2 Posición de entradas del tanque interior¹ (fondo de interior del tanque al centro del hueco)

- Agua fría entrada – 100mm
- Agua caliente salida 540mm
- Solar Ida (caliente) – 460mm
- Solar Retorno(abajo) - 95mm.

¹ Nota: se considera que estas posiciones son óptimas pero no se ha probado todavia.

3.1.3 Posición de entradas del tanque exterior: (suelo al centro del hueco)

- Entrada de agua fría – 130mm
- Salida de agua caliente – 540mm
- Solar Ida (caliente) – 490mm
- Solar Retorno (abajo) - 125mm

¡! Posiciones en el tanque exterior son aproximadas. Dependen de las posiciones de entradas al tanque interior. Van a variar, según la diferencia de altura entre los dos tanques; esta diferencia depende del grueso del tanque, el aislante y los tacos de madera puestos entre los dos.

Es más fácil de conseguir una alineación entre los dos tanques si se perfora el tanque exterior primero; aunque esta técnica podría variar la posición de las entradas al tanque interior.

Las conexiones a los tanques están realizadas con accesorios de ½ ". Se debe hacer el hueco 5 mm más ancho que el accesorio. En el tanque interior hay que sellar las entradas para prevenir fugas. El tanque exterior forma una capa protectora; las entradas se deben sellar contra el ingreso de lluvia y oxidación.

La altura de las entradas corresponde a la estratificación de agua caliente en el tanque. No hemos investigado la mejor posición en el perímetro del tanque para la ida y el retorno solar. Pero estando a lados opuestos del frío y caliente (desde y hacia la casa), simplifica la fontanería.

3.1.4 Accesorios para conectar las entradas

Las entradas están selladas como se explica en seguida. Desde adentro del interior:

Copla→Niple (pasa a través de la pared del tanque interior y su aislante), → Copla → niple largo (pasa a través del tanque exterior y su aislante)

Si este niple esta suficientemente largo → Adaptador HG a CPVC → tubo CPVC
En caso de que no, conecte afuera del tanque: Copla→ Niple→ Adaptador→tubo

Las entradas y salidas están sellados contra el agua con una arandela de goma y una arandela de HG cada lado del niple que atraviesa el tanque interior. Si no se pueden conseguir arandelas de goma su fabricación es fácil. Arandelas de HG están suministradas según el diámetro del accesorio; pero deben ser suficientemente anchas para sellar bien. Al apretar, la arandela HG debe aplicar una presión constante a la arandela de goma. También se aplica Silicon de alta temperatura al interior. Hay que sellar empalmes de rosca con teflón (preferiblemente la variedad es resistente a alta temperatura.)



Tanque interior de agua caliente: entrada de agua fría (afuera del tanque.)



Tanque interior de agua caliente: entrada de agua fría (adentro del tanque.)

3.1.5 Entrada de agua fría: válvula de flota y llave de paso

La entrada de agua fría debe llevar una llave de paso afuera del tanque. También lleva una válvula de flote adentro el tanque, para cerrar el agua cuando el tanque este lleno. Lleva rosca macho entonces no hace falta un niple que pase a través de la pared interior del tanque. Normalmente esta subministrado con una arandela HG; hay otra arandela de goma puesta en el interior del tanque, y una arandela de HG y una de goma puesta en el exterior.

Esta válvula esta subministrada con la flota conectada a un 'brazo' de conexión. Si eso es demasiado largo para el tanque, se le puede quitar y poner un tornillo de 8mm en su sitio. La entrada esta abajo para que el agua fría no se mezcle con el agua caliente a un nivel más alto, entonces la flota está cortada de su brazo y reconectada con una cadenita (próximamente 450mm para que la válvula cierre cuando el tanque este lleno: 20mm antes de la tapa del tanque.) Un ánodo de sacrificio prevendrá corrosión causado por metales similares: véase (9) *Investigación Adicional*.

La entrada de agua fría está conectada al tanque exterior así:
(Niple del tanque interior) → llave de paso → niple → adaptador → pipe

3.1.6 Protección contra lluvia

El tambo exterior debe estar pintado de negro con pintura anti-corrosiva, antes de apretar los accesorios. Cada agujero debe estar protegido contra ingreso de lluvia con un parche de goma negro: 76 x 76mm. Una pequeña perforación está hecha en este material para pasar el tubo. El parche esta pegado a la orilla del agujero con Silicon a los lados y la parte superior; dejando la parte de abajo sin sellar. Así el agua que se acumula atrás del parche puede salir. Hay que hacer varios agujeros en la cara inferior del tambo para el desagüe en caso de que entre agua.

3.2 Fabricación del Tanque de Agua Caliente

3.2.1 Hacer los huecos en los tanques interiores y exteriores

- a. Marque los huecos en el tambo exterior. Esto tendrá que corresponder con las posiciones de los huecos en el tanque interior. Deje una diferencia de altura (adentro del tanque interior y a fuera del tanque exterior) tomando en cuenta el grueso del tanque interior, y el aislante y tacos de madera que va a poner entre los dos.
- b. Taladre el tambo exterior con una broca-sierra para metal. Esta tendrá que ser suficientemente ancha para que pase una copla ($\frac{3}{4}$ " o $\frac{1}{2}$ " según el diseño.) Afíle el hueco.
- c. Posicione el tanque adentro el tambo para marcar los huecos interiores
- d. Taladre los huecos del tanque interior. Se puede utilizar brocas de madera. Empiece haciéndolo pequeño y gradualmente para ampliar el hueco hasta que el niple pase justo (intenta conseguir un hueco $\varnothing$ 0.5mm más ancho que la pieza.)

3.2.2 Montaje de Entradas

1. Montar los accesorios del tanque interior (niple, arandelas y coplas en cada lado de la pared del tanque.) Los accesorios en la foto de abajo son más fáciles de apretar en el tornillo de banco antes de conectar al tanque
2. Aplique Silicon resistente a alta temperatura al interior de la pared del tanque para sellar. Espere que se seca.
3. Conecte tapones a las coplas exteriores. Llene el tanque para la prueba de presión.
4. Forre el fondo del tanque exterior con trozos de madera (a nivel), para aislar mejor.
5. Envuelva el tanque interior con dos planchas de aislante *Termo-Flex*. Posiciona el tanque a dentro el tambor.
6. Monte los niples largos que pasen al exterior al tambo de metal.



Montar accesorios del tanque

3.2.3 Fabricar los washers de empaque

Se puede fabricar las arandelas con tijeras/ corta-laminas y un taladro. Una arandela HG sirve como molde.



3.2.3 Fabricar arandelas de goma

4 Instalación

4.1 Seleccionar el Sitio

4.1.1 Azimut. *Angulo de orientación con respecto al sur (0°)*

Tiene que ser lo más cerca posible al sur (0°) en el Hemisferio Norte, o al norte (180°) en el Hemisferio Sur, para conseguir la irradiación solar máxima. Pero a veces es mejor de desviar un poquito para evitar sombras.

4.1.2 Inclinación. *Ángulo de los colectores (por ejemplo sobre un tejado)*

En un tejado inclinado el ángulo de los colectores normalmente esta fijo. Pero el sistema serpentín está más convenido a tejados planos, entonces es posible variar la inclinación del colector. La inclinación óptima para generar ganancia solar máxima es una función de latitud, pero también del uso y rendimiento del sistema solar a lo largo del año. Un colector más inclinado recibirá más energía solar en meses de invierno; aunque el promedio solar de irradiación/ m²/día sería más alto si la inclinación fuera igual que latitud. Un sistema solar del bombeo requeriría, por

ejemplo, inclinación para la ganancia solar máxima durante el verano (latitud – 20 a 23°); para enfrentarse con demanda máxima de bombeo.

Para la demanda domestica durante todo el año la demanda que un sistema serpentino solar debe ser instalado para el invierno máximo la irradiación solar. Según Jaime Domingo, ingeniero solar Catalán, en Ecuador y zonas tropicales, con una irradiación constante durante el año, se puede emparejar la inclinación a la latitud. En Xela, Guatemala, una zona templada con menos irradiación durante invierno, la inclinación debe ser la latitud + (entre 20 y 23°) → 35°.

4.1.3 Sombra

!!Selecciona un sitio sin sombra para los colectores. Los colectores no deben tener árboles, edificios cuestas deben ser posicionados adelante (al sur en el Hemisferio Norte, o al norte en el Hemisferio Sur) Eso también es verdad por obstrucciones en el tejado. Aunque objetos que hacen sombra al oriente o al oeste pueden tener un efecto

4.1.4 Posición relativa a la ducha

El flujo a la ducha depende de la diferencia del nivel del tanque de agua caliente. En el tubo entre el tanque y la ducha, las bajadas verticales mejoran el flujo (aunque tramos largos deben ser forrados para prevenir perdida de calor.) Minimice tubos horizontales que restringirán flujo.

4.2 Tubería

4.2.0 CPVC

Ahora mismo se utiliza CPVC para la ida y retorno entre los colectores y el tanque y para el tubo que lleva agua caliente a la ducha. CPVC aguanta una presión máxima de 100 PSI @ 180° F (82° C); no debe utilizarlo para aplicaciones encima de esta temperatura. Para protegerlo de la degradación de UV en un tejado soleado deben pintarlo con pintura látex exterior. Hay que sellar los empalmes con 'CPVC cemento'.

Los Instaladores en Guatemala cuentan con dificultad en conectar CPVC con accesorios de otros materiales aunque sean del mismo diámetro nominal. Un tramo de tubo de CPVC, HG y PVC, aunque subministrados todos como 1/2" por ejemplo, tendrán otros diámetros actuales (por la rugosidad.) hay que asegurarse a la hora de comprarlos y pedir todos los adaptadores necesarios.

4.2.1 Cobre: Protección contra temperaturas elevadas

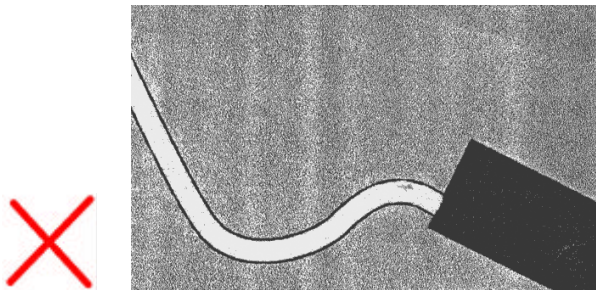
El autor se preocupa sobre la capacidad de cobre de aguantar temperaturas máximas en la salida del colector. En *Manual de Diseño: Calentador de Agua Solar Serpentin* (9.1) se explica los beneficios de tubo de cobre.

4.2.3 Instalación de tubos para termo-sifón

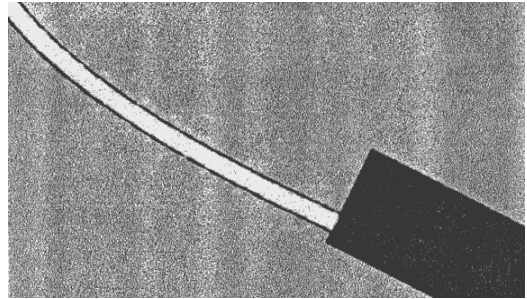
Circulación entre los colectores y tanque requiere un declive hacia arriba en el tubo, si posible >45°. Es más fácil de conseguir el declive si los tubos son lo más cortos posibles. Buen

funcionamiento requiere un tubo relativamente grueso, porque la presión que causa circulación es poca. ½" sirve para típicas instalaciones, pero donde hay largos tramos de tubo o más de tres colectores, el diámetro mayor puede ser necesario. La tubería debe tener una mínima de codos de 90°, y las curvas de gran diámetro son preferibles para prevenir caída de presión.

Todas las conexiones deben estar inclinadas hacia arriba:



Conexión del colector (a bajo a la derecha) al tanque el tubo baja entonces una burbuja de aire que va a bloquear la Circulación y el sistema deja de funcionar.



Esta conexión está inclinado hacia arriba Entonces no hay problema con la circulación de agua.

4.2.4 Aislante de Tubería

Todavía hay que evaluar los beneficios al rendimiento del sistema ganados por aislar los tubos en comparación del costo adicional. Se ha presumido que las pérdidas de tubos de plástico son mínimas ya que el plástico tiene baja transferencia de calor. No obstante, se recomiendan pruebas simultáneas de temperatura de sistemas con y sin aislante de tubos. Las instalaciones actuales en el apéndice prueban la necesidad de un mejor sistema de instalar aislante de tuberías en Guatemala (e.g. con pegamento de PVC)

4.3 Llenar el sistema: procedimiento para purgar aire

Hay que seguir este procedimiento durante instalación y cualquier reparación. El accesorio puesto en la entrada de agua caliente debe ser una “unión universal” para que el tubo pueda permanecer fijó mientras se lo aprieta.

4.3 Unión Universal

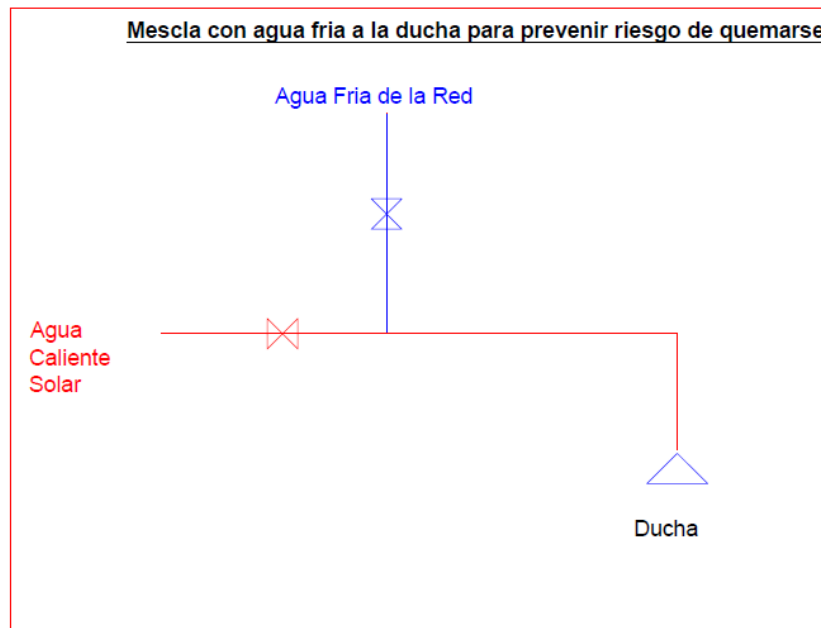


1. Haga toda la fontanería pero deje por último el empalme entre el tubo de CPVC y la entrada al tanque sin conectar. Conecte el Retorno frío entre los colectores y el tanque, pero la ida caliente solo a los colectores.
2. Gire la llave de paso en la entrada fría al tanque para llenar el tanque con agua. El agua pasara a los colectores.
3. Deje que le agua salga del tubo de ida al tanque. Así el agua purgara
4. Ahora conecte el tubo de ida al tanque: apriete la Unión Universal (foto)
5. Si hay aire en el sistema todavía repita el procedimiento
6. Al agua fría se cierra solo cuando el tanque este lleno

4.4 Mezclar con Agua Fría

En Europa sistemas de ACS llevan una válvula de ante-escalda en la salida caliente de agua del tanque. Esto mezcla con agua fría para mantener una temperatura máxima predeterminada. En Guatemala, el tubo de agua caliente del tanque debe estar conectado en el tubo de agua fría de la ducha. Debe haber una llave de paso en el tubo de agua fría antes de la T, para que los usuarios puedan mezclar el agua del sistema solar si está demasiado caliente. El uso de cada válvula debe estar aclarado a usuarios con un cartel explicativo.

La Guardería ducha solar: válvulas de agua caliente y fría



4.5 Sistemas de Montaje

En las instalaciones actuales de AIDG/ Xelateco la estructura de soporte de los colectores normalmente consiste en sostener la parte superior del panel con dos bloca cada lado. Los tanques también están sostenidos encima de una base de bloca, solo más alto. En otros países con regulaciones rigurosas de construcción, las instalaciones solares en tejados planos tienen requisitos exigentes sobre el peso de lastre para contrarrestar cargas máximas de viento. Las estructuras soporte en tejados planos y inclinados agregan tiempo y gasto al diseño y trabajo de una instalación. No sería posible copiar los requisitos de construcción de otros países. Sin embargo algunas mejoras valdrían la pena para hacer los sistemas más fuertes contra tormentas.

Una adición, incluido en Nueva Alianza (A2.1), sería “A-Marcos” de hierro angular para los colectores. Esto consiste en (en cada lado) un angular horizontal conectado al rincón inferior, atornillado a un angular vertical que está conectado al rincón superior. Las longitudes verticales y horizontales deben ser calculadas para la inclinación óptima (35°.) Estos deben estar atornillados a los sujetadores del colector y reforzados con conexiones de angular entre el angulares vertical en cada lado. Una estructura del ‘A-Marco’ en Nueva Alianza es mostrada en la foto MS1.

Estos ‘A-Marco’ debajo del colector deben estar atornillados a bloca o el tejado mismo si es posible. Esto proporciona el anclaje contra vientos. Si los bloques son utilizados deben estar cementados cuando estén puestas en su posición final. La altura y la forma del tanque aumentan su vulnerabilidad. Su base de bloca debe estar cementada, y hay que diseñar sujetadores para soportarla en su sitio.

MS1 Estructura de Soporte Solar 'A-Marco' (Nueva Alianza)



El dilema de sistemas de montaje en Guatemala se nota en la instalación en La Guardería. Uno de los tres colectores está solo apoyado contra una viga, y los alambres que sostienen todo en su sitio estarían como una tirita durante un huracán. Sin embargo, estos métodos reflejan una construcción generalmente en Guatemala. El tamaño y el tipo de tejado no habrían permitido un sistema muy diferente, y el montaje ha funcionado durante tres años.

MS3 La Guardería: un poco de alambre...



MS4 Montaje al techo al estilo Guatemala en La Guardería





Instalación Solar en Cheshire, UK: no la solución para Guatemala

5. Costos de Materiales en Guatemala

Cada instalación para 3-4 personas tiene 3 paneles y 1 tanque. **Coste total: 3359 Q (\$ 420)**. Esto incluye tubos y accesorios de instalación, pero no el trabajo de instalación.

Materiales: 1 Colector Solar Serpentin

Artículo	Cantidad	Costo individual	Costo total
Canal HG, 25mm x 63mm x 25mm	4,3m (2 x Tramos, 10')	26.60Q el tramo de 10'	53.2Q
Empaque de hule	4.3m		30Q?
½ "tubo HG	6m	120Q por 6m	120Q
Remaches; 5 / 32 "x 1 / 4	50		3.25Q
Aislamiento Termoflex	3m	25Q	75Q
Plancha del absorbedor, cal 28	(3' x 4')	(70Q – plancha entera de 3 'x 8')	35Q
Plancha HG cal 26: plancha de atrás del Colector	(3' x 4')	(104Q – plancha entera de 3 'x 8)	52Q
Vidrio transparente de 5 mm x 36 "x 48"	1	110Q	110Q
Pintura ante-corrosiva negro	1/10 galón	15.2Q	15.2Q

Hierro plano HG	0.5m	15Q/ m	8Q
Hierro angular, 2.04m	2m	15Q/m 15Q / m	30Q
Alambre para montar el absorbedor			20Q?
Fabricación, 6 horas de trabajo	6hours 6 horas	18,75 Q/ hora	112.5Q
Total 664.15Q (\$83)			

Materiales 2: tanque de agua caliente

Artículo	Cantidad	Costo individual	Costo total
18 "x 32" barriles de plástico azul + tapa	1	150Q	150Q
Válvula de flotador: ½ "	1	52Q	52Q
Cadena de Válvula de flotador	1	? ?	20?
Válvula de flotador: 8mm tornillo (sustituir el brazo de unión)	1	10Q	10Q
Ánodo de sacrificio	1	? ?	30?Q
Tambo de 55 galones + tapa	1	160Q	160Q
Aislamiento Termoflex, 6.2m	2	25Q/m	150?Q
Válvula de paso, 3 / 4 "	1	41Q	41Q
Niple, ½ "HG x 2" de largo	5	5.25Q	26.25Q
Niple, ½ "- 4" de largo	4	6Q	24Q
Copla, ½ "HG	7	3Q	2Q
Washer, 1 / 2 ", HG	7	3Q	21Q
Empaque para hacer washers de hule	suficiente para el 8 de arandela	? ?	20? Q
Adaptadores hembra: 1 / 2 "CPVC → ½" HG	9	10Q	90Q
Empaque para sellar entradas tanque exterior	suficiente para 4	? ?	5? Q
Pintura anti-corrosiva negro	1/10 galón	15.2Q	15Q
Fabricación, 8 horas de trabajo	8 horas	18.75Q / h	150Q
Total 966.45Q (\$120.80)			

Se estima 400Q para las tuberías y accesorios necesarios para la instalación (suponiendo uso de CPVC.)

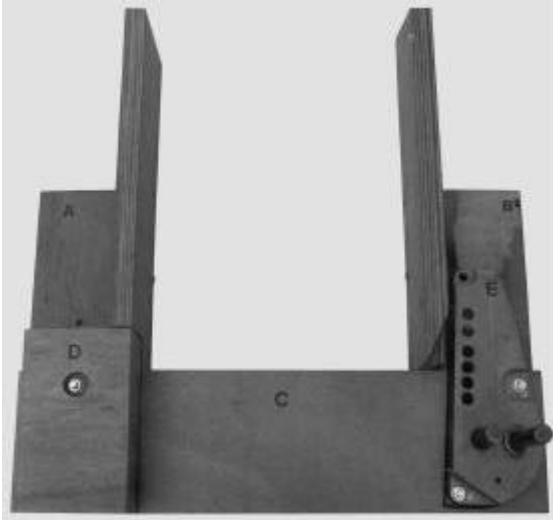
Apéndice 1 Construir el Doblador de Tubo

Reproducido de B. Deus et al (2004): **ZigZag Collector**, BABICO and WOT Publications

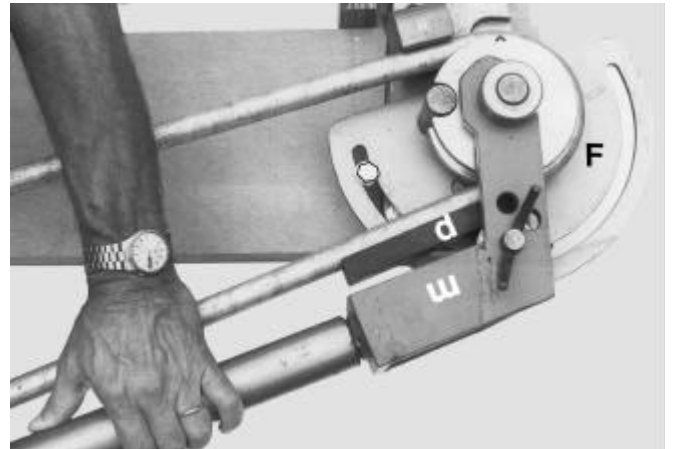
El Doblador consiste en 2 partes:

- Un marco de madera fijado a un banco de trabajo
- Un conjunto de hierro para doblar, que se fija a la estructura de madera

El marco de Madera, compuesto de diferentes bloques, es necesario para apoyar el conjunto de flexión. También proporciona la forma de horizontal serpentín del tubo. El marco de madera tiene que ser de madera fuerte.



El marco de Madera es necesario para apoyar las partes de hierro en el conjunto de doblar tubo

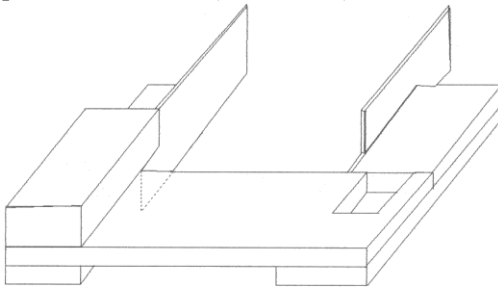


El conjunto para doblar consiste en partes de hierro

Construir el marco de madera

Hacen falta las siguientes **herramientas**:

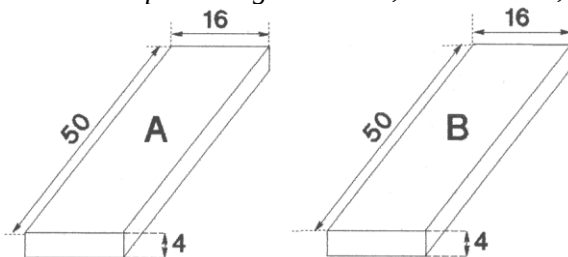
Una sierra de mano grande o sierra de mesa; una escuadra; un metro; un marcador; un martillo; un cepillo; un punto; un taladro (4-6-8 mm.); un destornillador



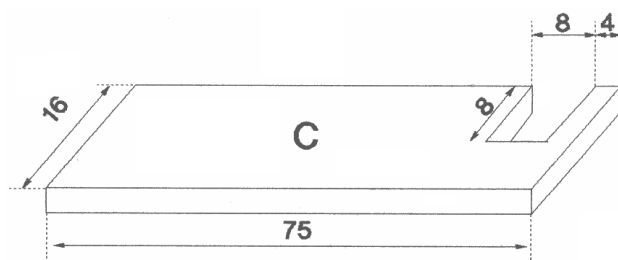
Hacen falta los siguientes materiales:

Madera sólida; tornillos (espesor al menos 6 mm.), tornillos y tuercas

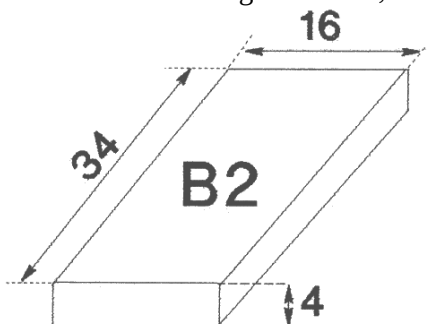
Corta 2 bloques - longitud 50 cm, ancho 16 cm, espesor de 4 cm. Marque los dos bloques con A y B.



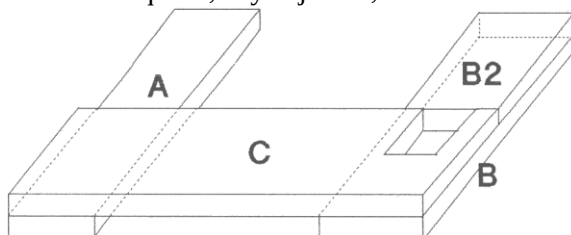
Corte un bloque - longitud 75 cm, ancho 16 cm, 4 cm de espesor. Corte a 4 cm. desde el final de un lado largo, un espacio rectangular de 8 cm. por 8 cm. (ver foto). Marque el bloque con C.



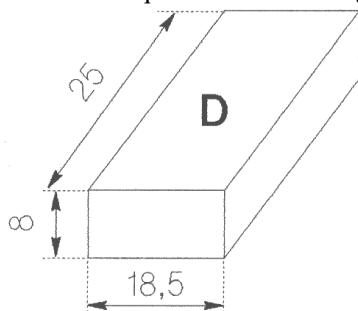
Corte 1 cuadra - longitud 34 cm, ancho 16 cm, espesor de 4 cm. Marque el bloque con B-2.



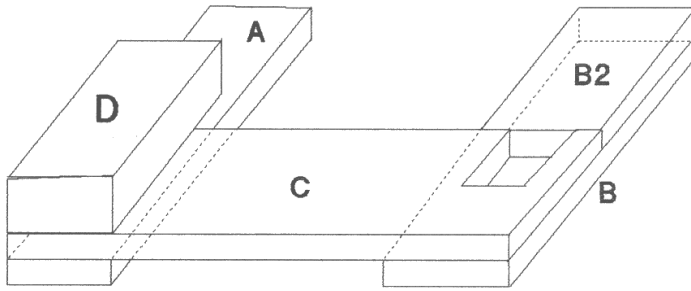
Junte el bloque A, B y C juntos, como se muestra en la foto de abajo. Luego junte bloque B2 a bloque B.



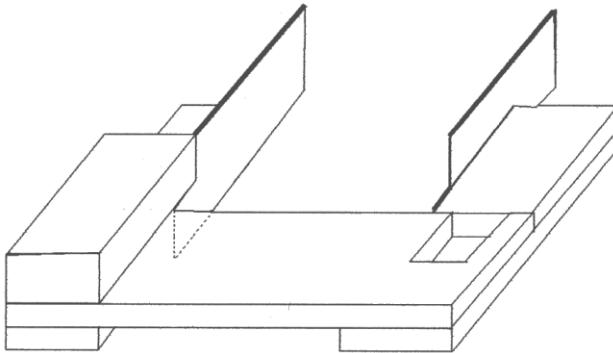
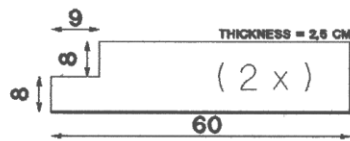
Corte 1 bloque - 25 cm de longitud, 18,5 cm de ancho, espesor de 8 cm. Marque el bloque con D



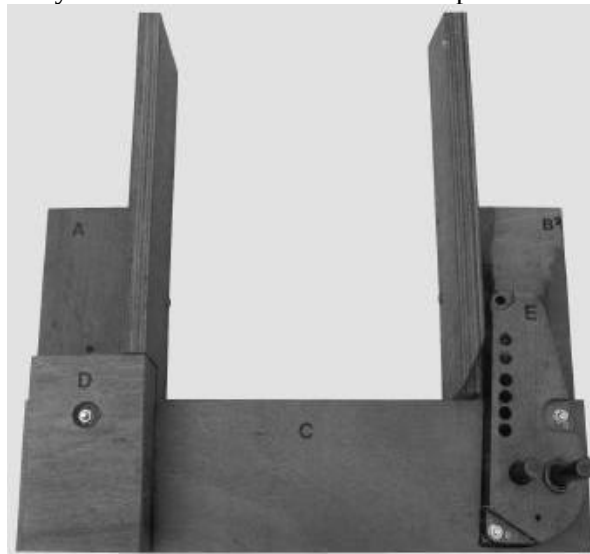
Fije bloque D en el bloque C, como se muestra en la imagen de abajo.



Corta 2 tablas - longitud 60 cm, ancho 16 cm, 2,5 cm de espesor

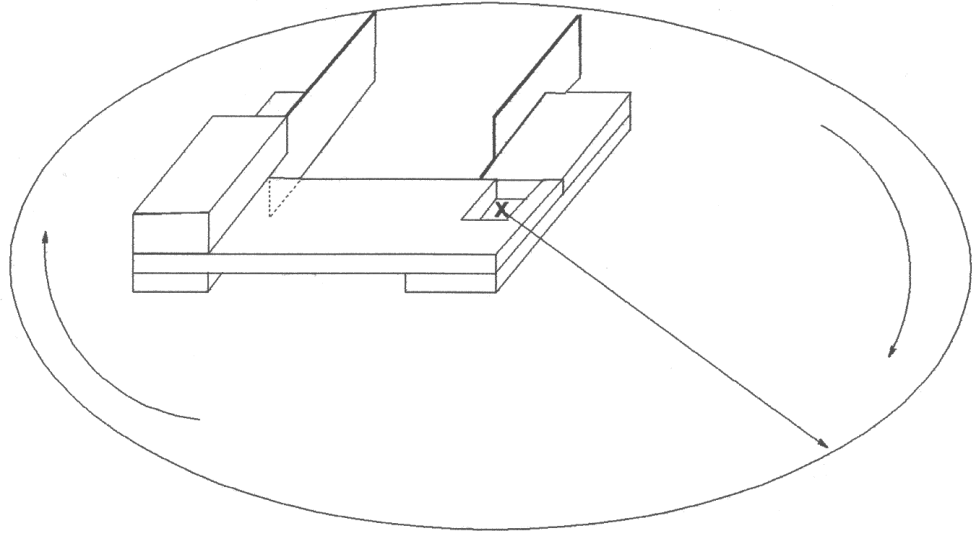


Corte de un extremo del lado largo, un espacio rectangular de 8 cm. de la parte superior y 9 cm de la media. Ponga ambas tablas contra el bloque A y B. Las dos tablas deben tocar bloque C. Bloque D encaja en el espacio. Ahora, sujete las tablas al bloque A y B. El marco de madera está completo.



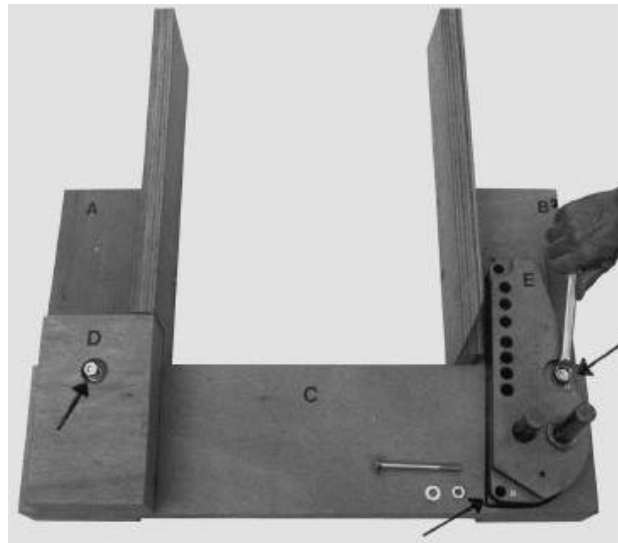
Preparación del conjunto de flexión de tubo

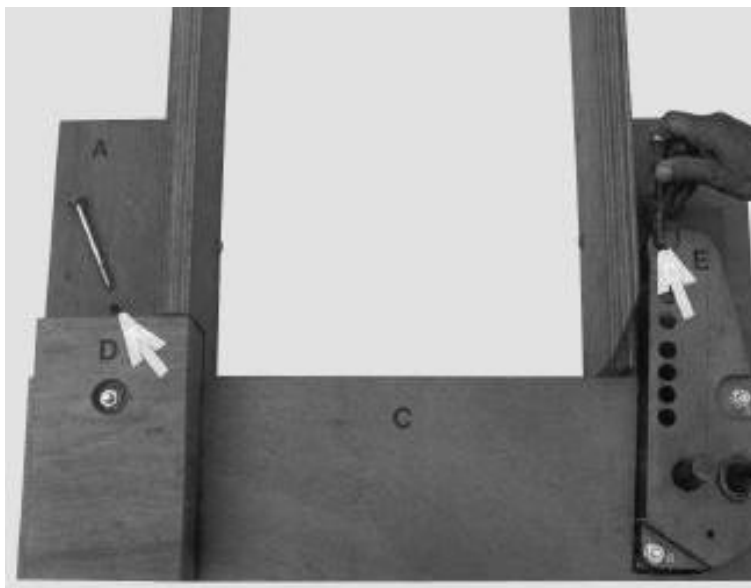
Las siguientes **herramientas** son necesarias: un taladro y brocas; llaves (n. 17); un destornillador; cangrejos. Coloque el marco de madera en un banco de trabajo. El banco debe ser muy estable debido a la fuerza necesaria para poder doblar los tubos. Asegúrese de que hay un espacio libre con un radio de al menos 3 metros alrededor del punto X de la estructura de madera.



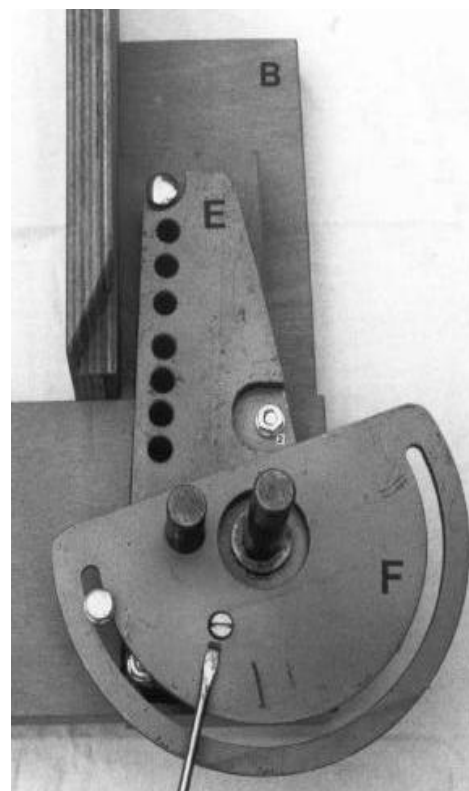
Asegura que hay espacio libre con un radio de al menos 3m alrededor de punto x

Ponga el Plato de base E en el lugar indicado de la estructura de madera. La tuerca grande en la parte inferior de E encaja en el espacio rectangular en el bloque C. Taladre 2 agujeros a través de E, y 1 agujero a través del bloque D (ver flechas en negro). Los agujeros también perforan bloques C, B y A. Por medio de los tornillos de fijación, Plato de base E y bloque D están fuertemente conectados a la estructura (los tornillos se tienen que mantener en la parte superior.)



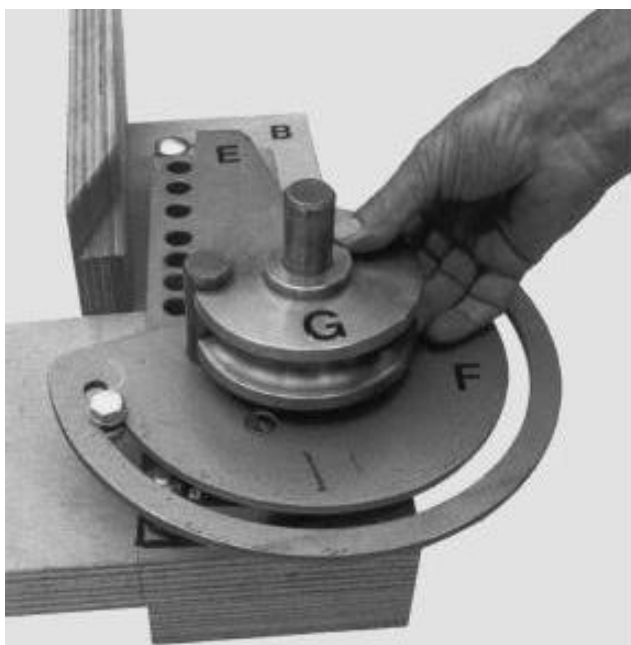


Perfore 2 agujeros en bloque A y Plato de Base E (véase flechas blancas). Los agujeros también deben perforar el banco. Por medio de tornillos de fijación de grandes el marco de madera está sujeta a la banca..Es necesario, utilizar algunos tornillos extra para asegurar la conexión entre el marco y el banco. La conexión debe ser tan firme como una roca.

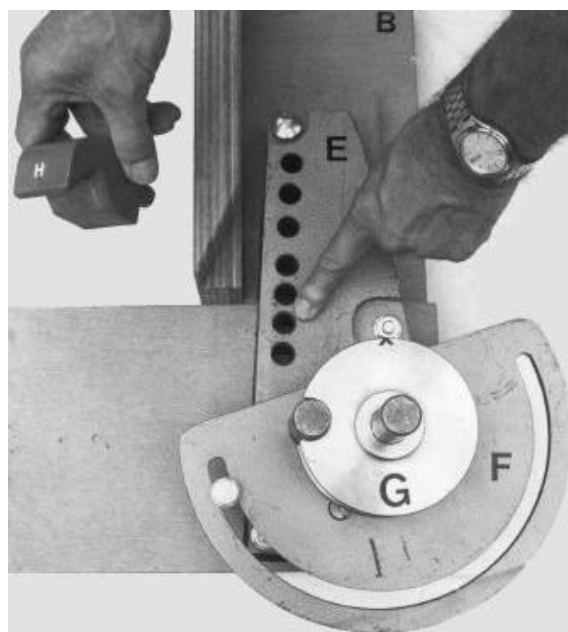


Fije el plato de doblar F al plato de Base E con un destornillador

Deslice el disco de flexión G sobre el eje de tiempo. Pegue la sujeción H-bloque en el segundo hoyo de plato de base E



Coloque el plato de doblar G encima el eje largo.

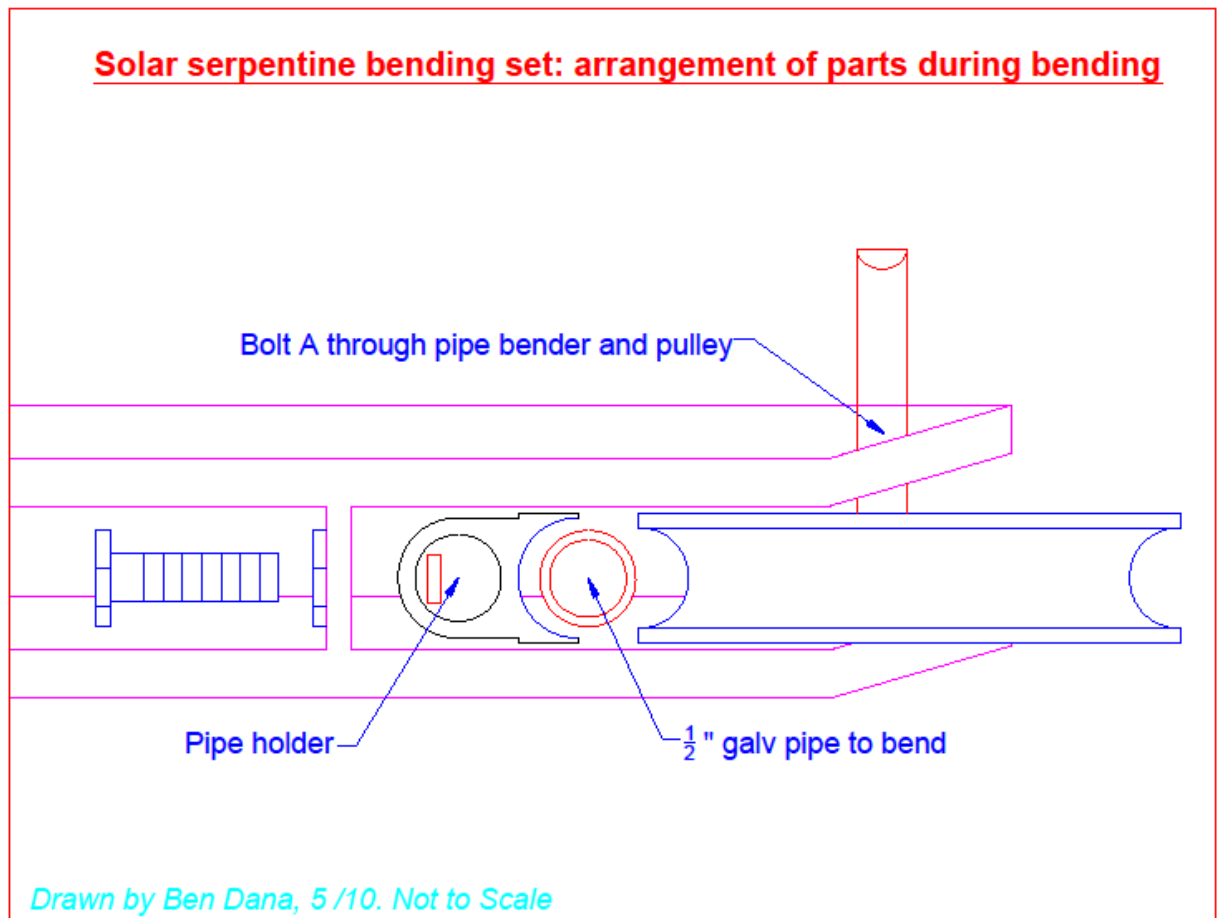


Coloque el bloque de sujeción H al Segundo agujero de Plato de Base E.

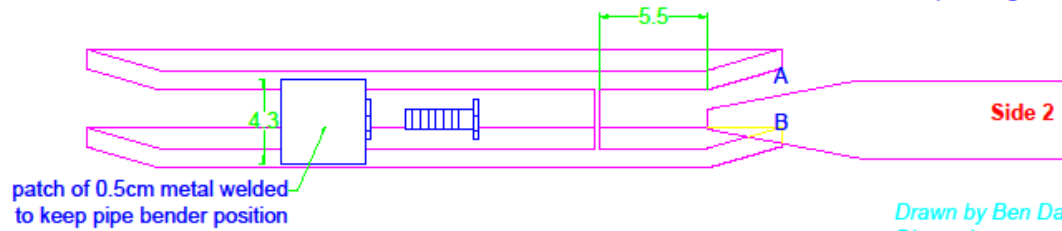
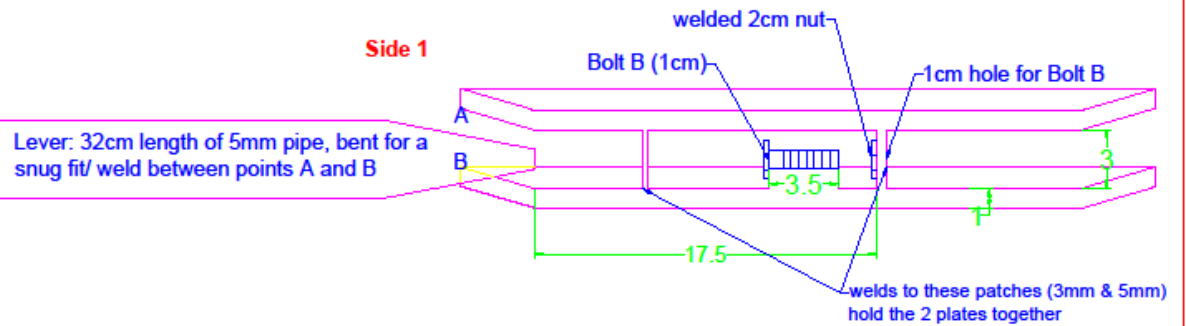
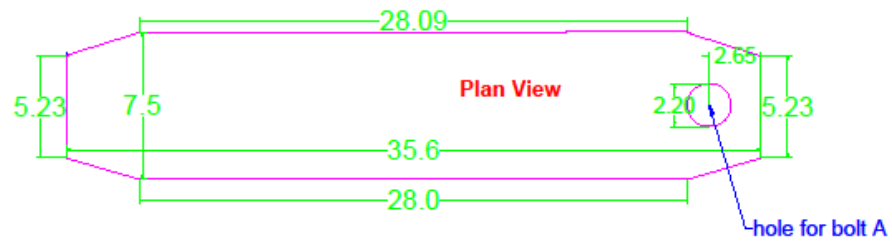
Apéndice 2: Otro doblador de tubo

The bending set described by B. Deus et al (2004) and in Appendix 1 does not include dimensions. AIDG Guatemala has a different set, although at the time of writing modifications are still possible. Dimensions are included in the drawings below.

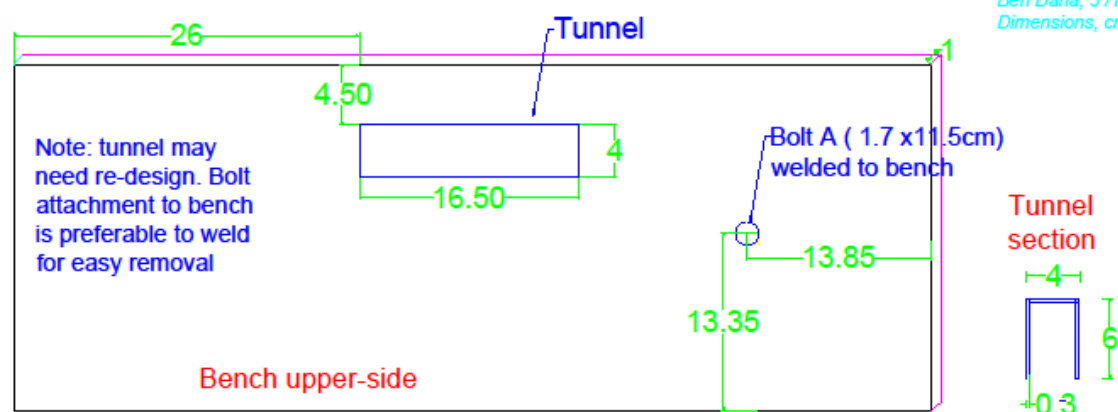
El conjunto de doblar tubo descrito por B. Deus et al (2004) y en el apéndice 1 no incluye las dimensiones. AIDG Guatemala tiene un doblador diferente, aunque al momento de escribir modificaciones son pendientes todavía. Los dibujos abajo incluyen dimensiones.



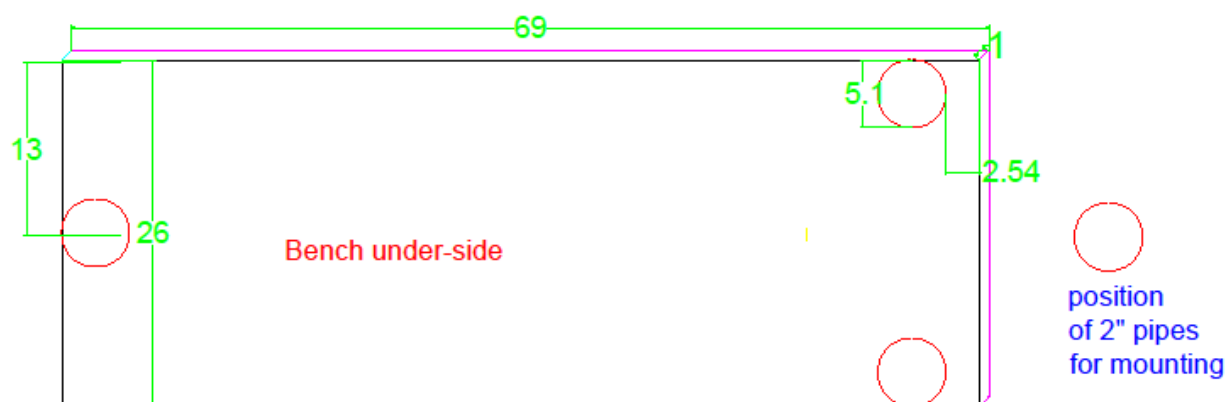
Solar Serpentine Bending Set: Pipe Bender



*Drawn by Ben Dana, 5 /10.
Dimensions cm unless shown*



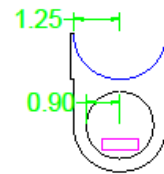
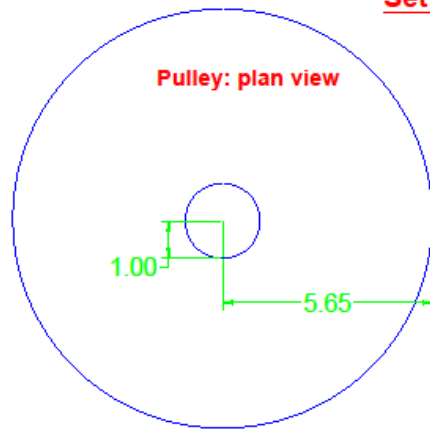
Solar Serpentine Bending set: bench dimensions



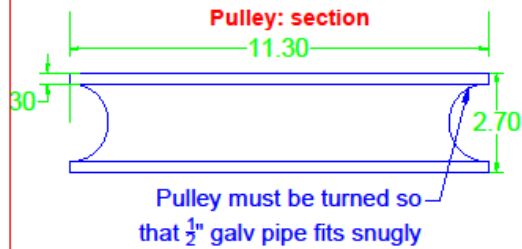
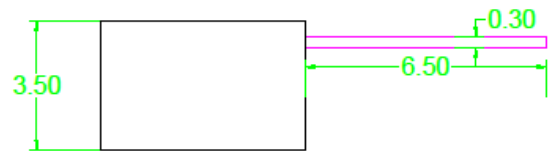
By Ben Dana, 5 /10.
Dimensions cm

Solar Serpentine Bending Set: Pulley and Pipe Holder

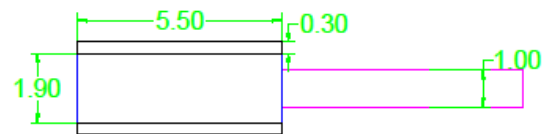
Pipe holder: section



P. holder: side view



P. holder: plan view



Las fotos abajo representan el doblador de tubo descrito en este apéndice, aunque sus dimensiones son diferentes.

