

# Lección 1: Componentes de las instalaciones solares térmicas.

El comprender y asimilar los conceptos que se desarrollan en este tema es básico para poder diseñar y realizar una instalación de energía solar térmica adecuadamente. En concreto en esta lección veremos los siguientes apartados:

## Índice de la lección 1.

Lección 1: Componentes de las instalaciones solares térmicas.....	1
1.1. Introducción.....	5
1.1.1. El circuito primario.....	6
1.1.2. El circuito secundario.....	6
1.2. El colector solar.....	7
1.2.1. Tipos de colectores solares de baja temperatura.....	7
1.2.2. Aspectos que influyen en la captación.....	15
1.2.3. Rendimiento de un colector solar.....	16
1.2.4. Montaje de los colectores.....	19
1.3. Estructura soporte de los colectores.....	23
1.4. Las conducciones.....	24
1.4.1. Pérdidas de carga.....	24
1.4.2. Materiales empleados.....	24
1.4.3. El aislamiento.....	25
1.5. El fluido de trabajo.....	27
1.5.1. Agua.....	27
1.5.2. Agua con anticongelante.....	27
1.5.3. Otros fluidos.....	28
1.5.4. La temperatura de trabajo y el caudal de trabajo.....	28
1.6. Bombas o electrocirculadores.....	30
1.6.1. Curva característica de un electrocirculador.....	32
1.6.2. Conectado de electrocirculadores.....	33
1.7. El depósito de almacenamiento.....	34
1.7.1. Formas de acumulación de la energía calorífica.....	34
1.7.2. Acumuladores de agua.....	35
1.7.3. Conectado de acumuladores.....	37
1.8. El intercambiador de calor.....	42
1.8.1. Intercambiadores interiores.....	42
1.8.2. Intercambiadores exteriores.....	44
1.9. Otros sistemas de la instalación.....	49
1.9.1. Sistema auxiliar de calentamiento.....	49
1.9.2. Sistemas de vaciado y llenado del circuito.....	53
1.9.3. Sistema de equilibrado.....	56
1.9.4. Sistemas de control y monitorización.....	57
1.9.5. Válvulas auxiliares.....	62
1.9.6. Centrales de control.....	66
1.10. Sistemas de protección de los circuitos.....	69
1.10.1. Protección contra las heladas.....	69

1.10.2. Protección contra el calor excesivo en el circuito. ....	72
1.10.3. Protección contra la sobrepresión. ....	74
1.10.4. Protección contra la producción de gas en el circuito. ....	79
1.10.5. Protección contra el flujo inverso ....	82
1.10.6. Protección contra las descargas eléctricas. ....	83

### **Índice de figuras de la lección 1.**

Figura 1L1: Símbolo del colector solar plano. ....	7
Figura 2L1: Captación del colector solar. ....	7
Figura 3L1: Estructura de los colectores sin cubierta. ....	9
Figura 4L1: Instalación de colectores de polipropileno. ....	9
Figura 5L1: Esquema de colector solar plano. ....	10
Figura 6L1: Colector solar plano de baja temperatura sobre tejado. ....	11
Figura 7L1: Equipo compacto Viessman. ....	11
Figura 8L1: Estructura de colector de tubos de vacío. ....	12
Figura 9L1: Colector de tubos de vacío. ....	13
Figura 10L1: Instalación con colectores de tubos de vacío. ....	13
Figura 11L1: Esquema de colector CPC. ....	14
Figura 12L1: Curvas características de un colector solar para 1000 W/m <sup>2</sup> . ..	18
Figura 13L1: Conexión de colectores en serie. ....	19
Figura 14L1: Conexión de colectores en paralelo. ....	19
Figura 15L1: Conexión mixta de colectores. ....	19
Figura 16L1: Conexión con retorno invertido incorrecto. ....	21
Figura 17L1: Conexión con retorno invertido correcto. ....	21
Figura 18L1: Equilibrado mediante válvulas. ....	22
Figura 19L1: Estructuras de soporte del colector. ....	23
Figura 20L1: Símbolo de las conducciones. ....	24
Figura 21L1: Fotografía de aislamiento de tubería. ....	25
Figura 22L1: Bomba centrífuga. ....	30
Figura 23L1: Fotografías de electrocircuitadores. ....	30
Figura 24L1: Curvas de trabajo y de pérdidas en la instalación. ....	32
Figura 25L1: Símbolo de un electrocircuitador. ....	33
Figura 26L1: Conexión de electrocircuitadores. ....	33
Figura 27L1: Depósito de acumulación. ....	35
Figura 28L1: Fotografías de acumuladores de calor. ....	36
Figura 29L1: Símbolo del acumulador de calor. ....	37
Figura 30L1: Sistema auxiliar en depósito principal. ....	37
Figura 31L1: Sistema auxiliar en depósito secundario. ....	37
Figura 32L1: Sistema auxiliar en depósito secundario con válvula. ....	38
Figura 33L1: Depósito auxiliar con recirculación. ....	39
Figura 34L1: Acumulación con capacidad variable. ....	39
Figura 35L1: Conexión de varios depósitos en serie y paralelo. ....	39
Figura 36L1: Conexión incorrecta de acumulador horizontal. ....	40
Figura 37L1: Conexión correcta de acumulador horizontal. ....	41
Figura 38L1: Intercambiador de serpentín. ....	43
Figura 39L1: Intercambiador de haz tubular. ....	43
Figura 40L1: Intercambiador de doble envolvente. ....	44
Figura 41L1: Fotografías de intercambiadores interiores. ....	44

Figura 42L1:	Intercambiador exterior tubular.....	45
Figura 43L1:	Intercambiador exterior de placas. ....	45
Figura 44L1:	Circulación del fluido. ....	46
Figura 45L1:	Fotografías de intercambiadores exteriores. ....	46
Figura 46L1:	Símbolos del intercambiador. ....	47
Figura 47L1:	Configuraciones básicas del sistema auxiliar. ....	50
Figura 48L1:	Energía auxiliar en depósito secundario centralizado. ....	50
Figura 49L1:	Energía auxiliar en depósitos secundarios distribuidos.....	50
Figura 50L1:	Energía auxiliar con circuito independiente.....	51
Figura 51L1:	Energía auxiliar en línea centralizado. ....	51
Figura 52L1:	Energía auxiliar en línea descentralizado.....	51
Figura 53L1:	Fotografía de caldera mural. ....	52
Figura 54L1:	Energía auxiliar en depósito de acumulación.....	52
Figura 55L1:	Bomba de llenado del circuito. ....	53
Figura 56L1:	Bomba de circulación con sistema de llenado.....	54
Figura 57L1:	Válvula de llenado automático.....	54
Figura 58L1:	Válvula de llenado y vaciado manual. ....	54
Figura 59L1:	Esquema de válvula de cuadradillo.....	55
Figura 60L1:	Símbolo de válvula de macho o cuadradillo. ....	55
Figura 61L1:	Esquema de válvula de asiento.....	56
Figura 62L1:	Fotografía de válvula de equilibrado. ....	56
Figura 63L1:	Símbolo de válvula de asiento.....	57
Figura 64L1:	Símbolo de instrumento de medida. ....	58
Figura 65L1:	Sonda de temperatura.....	58
Figura 66L1:	Símbolo de sonda de temperatura. ....	59
Figura 67L1:	Símbolo del termostato. ....	59
Figura 68L1:	Símbolo del termostato diferencial. ....	60
Figura 69L1:	Símbolo del hidrómetro. ....	60
Figura 70L1:	Foto de caudalímetro .....	61
Figura 71L1:	Símbolos del caudalímetro .....	61
Figura 72L1:	Fotografía de manómetro. ....	61
Figura 73L1:	Símbolo del manómetro. ....	62
Figura 74L1:	Válvula de esfera.....	63
Figura 75L1:	Fotografía de válvulas de esfera. ....	63
Figura 76L1:	Símbolo de válvula de esfera. ....	64
Figura 77L1:	Símbolo de válvula de corte. ....	64
Figura 78L1:	Fotografía de electroválvula de corte. ....	65
Figura 79L1:	Símbolo de electroválvula de corte. ....	65
Figura 80L1:	Fotografía válvula de tres vías. ....	65
Figura 81L1:	Símbolos de válvulas de tres vías. ....	66
Figura 82L1:	Fotografías de centrales de control. ....	68
Figura 83L1:	Símbolo de equipo de control.....	68
Figura 84L1:	Fotografías de válvulas termostáticas. ....	73
Figura 85L1:	Símbolo de válvula termostática.....	74
Figura 86L1:	Depósito de expansión abierto.....	75
Figura 87L1:	Depósito de expansión cerrado.....	76
Figura 88L1:	Funcionamiento del depósito de expansión cerrado. ....	76
Figura 89L1:	Fotografías de depósitos de expansión.....	77
Figura 90L1:	Símbolos de los depósitos de expansión. ....	77
Figura 91L1:	Diferentes tipos de válvulas de seguridad.....	78

Figura 92L1:	Esquema de válvula de seguridad. ....	78
Figura 93L1:	Fotografías de válvulas de seguridad.....	78
Figura 94L1:	Fotografía de válvula de seguridad con manómetro. ....	79
Figura 95L1:	Símbolo de la válvula de seguridad.....	79
Figura 96L1:	Funcionamiento del purgador.....	80
Figura 97L1:	Fotografías de purgadores. ....	80
Figura 98L1:	Símbolo del purgador. ....	81
Figura 99L1:	Funcionamiento del desaireador. ....	81
Figura 100L1:	Fotografías del desaireadores. ....	81
Figura 101L1:	Símbolo del desaireador. ....	81
Figura 102L1:	Válvulas de claqueta y de obús. ....	82
Figura 103L1:	Fotografías de válvulas antirretorno. ....	82
Figura 104L1:	Símbolos de las válvulas de obús y de claqueta. ....	83

### **Índice de tablas de la lección 1.**

Tabla 1L1:	Rango de utilización de diversos colectores.....	8
Tabla 2L1:	Espesores de aislamientos.....	26
Tabla 3L1:	Potencia eléctrica máxima de la bomba .....	32

## 1.1. Introducción.

***Una instalación solar térmica está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo y, por último almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores, o bien transferirla a otro, para poder utilizarla después en los puntos de consumo.*** Dicho sistema se complementa con una producción de energía térmica por sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrada dentro de la misma instalación.

Los sistemas que conforman la instalación solar térmica para agua caliente son los siguientes:

- Un sistema de captación formado por los colectores solares, encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula por ellos.
- Un sistema de acumulación constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precisa su uso.
- Un circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación.
- Un sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de colectores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.
- Un sistema de regulación y control que se encarga por un lado de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y, por otro, actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelaciones, etc.
- Adicionalmente, se dispone de un equipo de energía convencional auxiliar que se utiliza para complementar la contribución solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior al previsto.

Ya hemos indicado que la una instalación solar térmica tiene habitualmente como mínimo dos circuitos:

- ***El circuito primario o circuito hidráulico es el encargado de captar la energía solar, transformarla en calor y trasladar la energía calorífica hasta un lugar de almacenamiento.***
- ***El circuito secundario es el circuito que toma el calor almacenado en el acumulador y lo conduce hasta los puntos de uso.***

Además de estos circuitos, la instalación puede disponer de otros circuitos en función de su diseño y aplicaciones.

### **1.1.1. El circuito primario.**

El circuito primario o circuito hidráulico es el encargado de captar la energía solar, transformarla en calor y trasladar la energía calorífica hasta un lugar de almacenamiento. A continuación mencionamos, de forma genérica, los componentes básicos del circuito primario.

- Colectores.
- Estructuras de soporte y anclaje de los colectores.
- Conducciones.
- Aislamiento.
- Bombas de circulación,
- Sistemas de control.
- Sistemas de protección.
- Sistemas de llenado y vaciado del circuito.
- Dispositivos de regulación de la circulación del fluido.
- Intercambiador.

Normalmente, por el circuito primario circula líquido con ciertas propiedades térmicas, que lo hace idóneo para aguantar altas y bajas temperaturas, pero que no es potable.

### **1.1.2. El circuito secundario.**

El circuito secundario es el circuito que toma el calor almacenado en el acumulador y lo conduce hasta los puntos de uso. A continuación mencionamos, de forma genérica, los componentes básicos del circuito secundario.

- Conducciones.
- Aislamiento.
- Depósito de almacenamiento.
- Bombas de circulación.
- Sistemas de protección.
- Sistema de llenado y vaciado.
- Dispositivos de regulación de la circulación del fluido.
- Intercambiadores.
- Sistema auxiliar de calentamiento.

Normalmente, por el circuito secundario circula agua de consumo. En este caso, los elementos que lo componen deberán de cumplir, además de con las especificaciones propias de un circuito térmico, con los requisitos establecidos para circuitos hidráulicos que conduzcan agua de consumo humano.

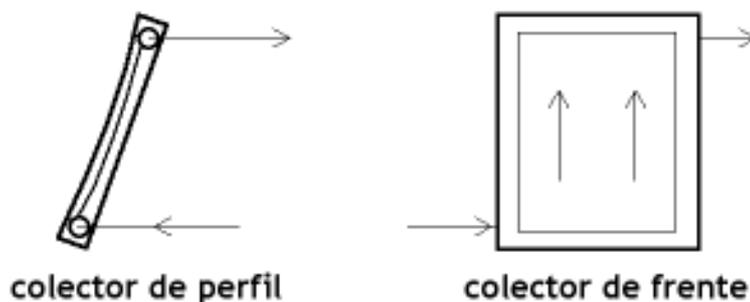
## 1.2. El colector solar.

**Llamamos colector o captador solar térmico al sistema capaz de transformar la irradiación solar incidente en energía térmica, que podremos aprovechar para nuestro uso. Independientemente del rango de temperaturas con el que estemos trabajando.**

La variedad existente de colectores solares es enorme, en este tema hablaremos fundamentalmente del colector solar plano de baja temperatura, aunque es necesario decir que, incluso de solamente de este tipo, existe una enorme variedad de diseños.

Nos interesará representar simbólicamente los elementos de una instalación solar, porque esto nos permitirá realizar esquemas explicativos referentes al funcionamiento de sus elementos y de los sistemas que estos elementos conforman.

Figura 1L1: Símbolo del colector solar plano.

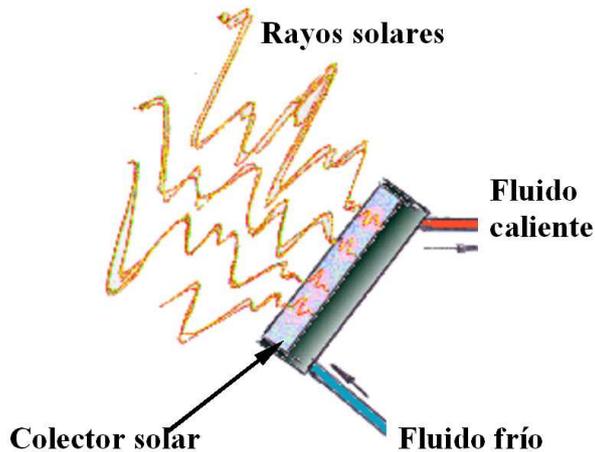


Las flechas indican el sentido del movimiento del fluido de trabajo dentro del colector.

### 1.2.1. Tipos de colectores solares de baja temperatura.

**Los colectores solares de baja temperatura se caracterizan por que carecen de cualquier tipo de sistema de concentración de la irradiación solar incidente, captan tanto la irradiación directa como la difusa, no disponen de ninguna forma de seguimiento de la posición del sol, a lo largo del día, generalmente utilizan como fluido térmico una mezcla de agua y anticongelante y su rango de funcionamiento está entre los 40 °C y 130 °C.**

Figura 2L1: Captación del colector solar.



El fin para el que va a estar destinado el colector solar va a hacer que tenga unas características muy determinadas, y esto nos permitirá hacer algunas distinciones entre unos colectores y otros.

Así, si bien el principio que rige su funcionamiento es el mismo para todos los colectores, el rendimiento que queremos sacarle, y el precio que lo hace rentable para una aplicación determinada, dará lugar, por ejemplo, al uso de colectores sin carcasa, cubiertas y aislamientos, como son los que se utilizan en climatización de piscinas.

Los materiales que los componen también pueden variar considerablemente, pues nos interesa siempre ajustarnos lo más posible a un rendimiento máximo en las condiciones que presente nuestro caso particular por un coste mínimo.

Nuestra instalación no va a ser efectiva si tenemos que reemplazar un colector, o alguno de sus componentes, antes de que finalice la vida normal de este, que es de, cómo poco, unos quince años; el gasto que nos supondría él tener que hacerlo no nos permitiría decir que la instalación del sistema de baja temperatura ha sido rentable.

Debemos tener muy en cuenta, que muchos de los defectos y accidentes relativos a los colectores pueden ser evitados con una buena elección de los materiales utilizados y un correcto montaje.

La conversión de la irradiación solar en energía térmica lleva asociadas unas pérdidas por irradiación, conducción y convección, cuyo efecto es la progresiva disminución del rendimiento a medida que aumenta la diferencia de temperatura entre la placa absorbadora y el ambiente, según se expresa en la ecuación característica del colector, como veremos posteriormente.

Para hacernos una primera idea general, presentamos a continuación algunos de los diferentes tipos de colectores solares de baja temperatura más utilizados.

Tabla 1L1:      Rango de utilización de diversos colectores.

COLECTOR	RANGO T (°C)
Sin cubierta	10-40
Cubierta simple	10-60
Cubierta doble	10-80
Superficie selectiva	10-80
Tubos de vacío	10-130
Colector parabólico compuesto CPC	10-130

### 1.2.1.1. Colectores sin cubierta.

**Los colectores solares para calefacción de piscinas están hechos de materiales plásticos resistentes a los rayos UV del sol y se instalan sin cubierta, normalmente encima del techo de algún edificio próximo a la piscina.**

Básicamente consisten en placas de polipropileno flexible, muy ligeras, resistentes y duraderas extendiéndose en zonas expuestas al sol. Por dentro de ellas circula a través de unos pequeños conductos la misma agua de la piscina. El agua de la piscina circula gracias a una pequeña bomba

Generalmente los cambios que deben realizarse para adaptar los colectores a una instalación son sencillos. Necesitan un mantenimiento mínimo, ya que no hay riesgo de corrosión, y son muy ligeros y baratos. Aunque su rendimiento es más bien bajo.

Figura 3L1: Estructura de los colectores sin cubierta.

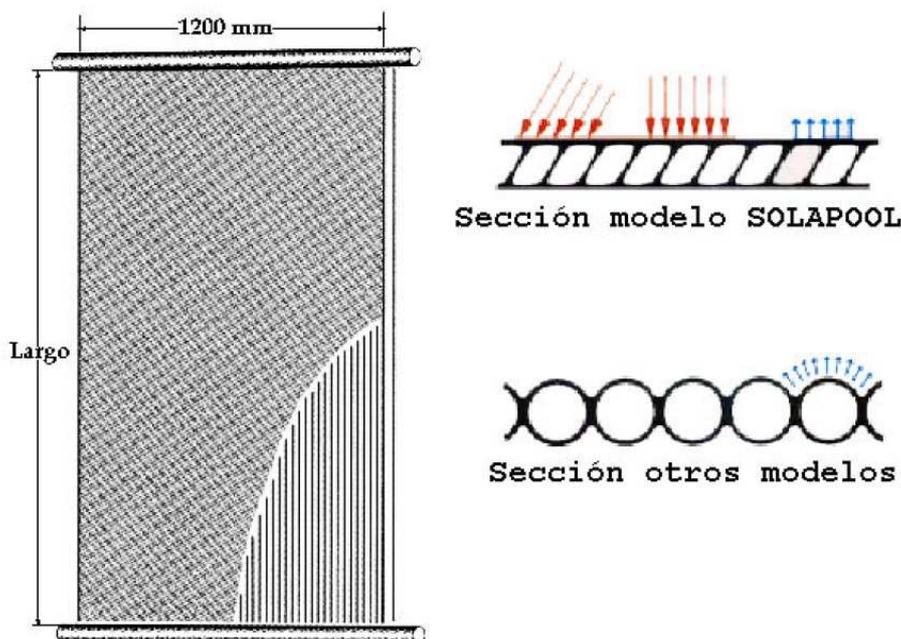


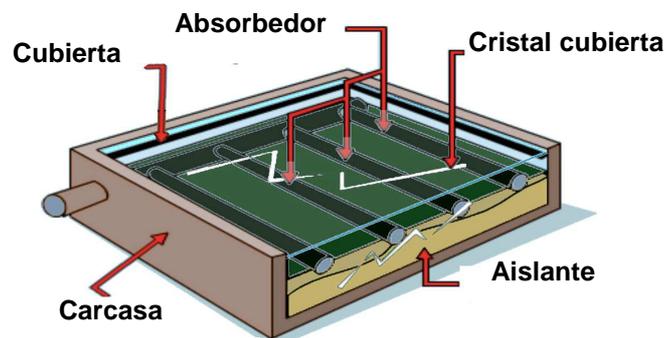
Figura 4L1: Instalación de colectores de polipropileno.



#### 1.2.1.2. Colectores planos con cubierta.

**Los colectores solares planos de baja temperatura con cubierta son básicamente una caja herméticamente cerrada y térmicamente aislada, que dispone de una pared transparente, que es la que se orienta al sol, para permitir que la irradiación solar incida sobre la superficie captadora.** La caja actúa como una trampa de energía solar ya que permite su entrada pero dificulta su salida, es decir, que utiliza en su funcionamiento el efecto invernadero. Para comprender su funcionamiento debemos observar la figura siguiente.

Figura 5L1: Esquema de colector solar plano.



Los rayos solares, atraviesan la cubierta, incidiendo en la placa absorbadora. Esta tiene la característica de absorber al máximo estos rayos, pues es de color negro y su superficie refleja un mínimo de energía.

La energía absorbida se transforma en calor que es cedido a su vez al caloportador o fluido de trabajo, que es el encargado de recoger y transmitir la energía captada por el colector en el absorbedor.

Los rayos que no han sido absorbidos por la placa absorbedora, se quedan atrapados dentro de la carcasa, debido al efecto invernadero, con lo que la temperatura del aire del interior del colector aumenta, lo que contribuye a que las pérdidas de calor por conducción, convección y irradiación no sean muy grandes, pues estas dependen de la diferencia de temperaturas entre un cuerpo y su entorno, y propiciando el efecto invernadero hemos conseguido que esta diferencia sea menor.

Figura 6L1: Colector solar plano de baja temperatura sobre tejado.



### 1.2.1.3. Equipos compactos.

**Los equipos compactos son un tipo especial de colector solar plano de baja temperatura, en el que el depósito de acumulación está integrado en el sistema. Son muy útiles para realizar instalaciones sencillas unifamiliares.**

Figura 7L1: Equipo compacto Viessman.