



# Jornadas Técnicas de Ciencias Ambientales

**Título**

**ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE BAJA  
TEMPERATURA**

**Área**

**ENERGÍA Y ATMÓSFERA**

**Autor**

**REBECA ESPADA NICOLÁS**

**Institución**

**VISSMANN, S.L.**





### DATOS PERSONALES

Apellidos y nombre: ESPADA NICOLÁS, REBECA

### FORMACIÓN REGLADA

1.996-2.000 Licenciada en Ciencias Ambientales por la Universidad de Alcalá de Henares

### EXPERIENCIA LABORAL

- Enero 2.001-Febrero 2.002: Ayudante técnico en el Departamento de Energía Solar de Viessmann, S.L.
- Desde Marzo 2.002: Responsable de Estudios y Proyectos en Viessmann, S.L.



## 1. INTRODUCCIÓN

El sol nos regala su energía en forma de luz y calor. Hoy, una tecnología establecida, eficiente y no contaminante nos permite utilizarlo para iluminar y calentar nuestras casas y negocios reduciendo los consumos energéticos para la producción de agua caliente sanitaria, la calefacción, el calentamiento de piscinas y la climatización. Su utilización se justifica no sólo en el ahorro energético y la rentabilidad del usuario sino que además contribuye al bien común: la mejora de la calidad del aire de las ciudades y del país; la rentabilidad macroeconómica por el uso de recursos propios, la generación de riqueza interna y de empleos, y la reducción de la dependencia energética externa.

Las perspectivas del mercado de colectores solares térmicos en nuestro país son excelentes. El 'Plan de Fomento de las Energías Renovables' –documento elaborado por el IDAE- cifra como objetivo para el 2.010 la instalación de 4.500.000 m<sup>2</sup> de colectores solares adicionales (1.350.000 m<sup>2</sup> para el 2005) lo cual representa un volumen de negocio superior a los 300.000 millones de pesetas en 10 años.

A lo largo de los últimos 3 años se ha iniciado el despertar del mercado solar térmico en España, con crecimientos que, sin llegar a las cifras de Alemania (más de 900,000m<sup>2</sup> de colectores solares térmicos instalados en el año 2001), empiezan a ser muy significativos al superarse en el año 2002 los 70000m<sup>2</sup> instalados.

Los principales mecanismos que explican este despertar solar están ligados tanto al crecimiento del interés social por la protección del medio ambiente, como a una actitud mucho más activa por parte de las Administraciones – tanto ayuntamientos, como comunidades autónomas y administración central- que han abierto líneas de subvención mucho más generosas y que están introduciendo elementos de obligatoriedad solar dentro de las regulaciones de su competencia: las ordenanzas solares de los Ayuntamientos de Barcelona, Madrid, Burgos,... obligan a la instalación de sistemas de aprovechamiento solar para la producción del agua caliente en las nuevas edificaciones –y reformas integrales- (viviendas, hoteles, polideportivos,...) de estas ciudades en las que habitan mas del 20% de la población española. Este ejemplo ya lo están siguiendo ciudades como Pamplona, Zaragoza, Valladolid, Sevilla, Gijón, ....

Las ordenanzas solares muestran una preocupación especial por garantizar la calidad de las instalaciones solares y su correcto mantenimiento, se promueve la eficiencia energética de los colectores solares y se muestra especial interés en que la Integración Arquitectónica de la instalación sea adecuada. Con las ordenanzas solares, los usos afectados son prácticamente todos los edificios de nueva construcción o aquellos a los que se les somete a una reforma sustancial; las únicas excepciones van ligadas a la imposibilidad física de aprovechar el sol o a elementos de protección del Patrimonio Histórico Artístico.

Las principales aplicaciones solares en la ciudad reguladas por las ordenanzas son la preparación del Agua Caliente Sanitaria (ACS) y la climatización de piscinas. Los requisitos de dimensionados usuales suelen ser tales que con energía solar se reduce de un 60 a un 75 % su consumo energético. Este requerimiento de reducción del consumo conlleva que, en función de la eficiencia de la tecnología solar utilizada, se va a necesitar un área de colectores diferente: cuanto mayor sea el rendimiento del sistema solar en su conjunto (colectores solares, acumuladores, sistema de tuberías de distribución, ...), menor será el área de colectores solares requerida.

Las aplicaciones de energía solar tienen que estar guiadas por los siguientes principios básicos:

- El sistema solar debe ser un elemento más de las instalaciones térmicas de los edificios y, en ese sentido, debe trabajar en sintonía con el resto de los equipos de confort térmico, buscando soluciones globales de ahorro energético y protección del medio ambiente.
- El sistema solar debe integrarse armónicamente con las soluciones arquitectónicas adoptadas en el edificio de tal forma que sus propietarios, además de beneficiarse del ahorro energético, se enorgullezcan de su contribución a la protección del medio ambiente a la vez que del aspecto de su edificio.
- Un correcto mantenimiento es básico para garantizar que el sistema solar funcione adecuadamente durante muchos años ahorrando el consumo de combustibles fósiles y evitando sus emisiones contaminantes asociadas.



## 2. PRINCIPIOS DE TÉCNICA SOLAR

Un sistema solar está constituido por los siguientes elementos:

- Subsistema de Captación: Formado por los colectores solares, estructuras o fijaciones a las distintas cubiertas, accesorios para su conexionado y valvulería (purgadores, válvulas de equilibrado, válvulas de seguridad, vasos de expansión,...) necesaria para su correcto funcionamiento.
- Subsistema de Intercambio y Circulación (tuberías, bombas, intercambiadores): Formado por los elementos electromecánicos que provocan la circulación del fluido caloportador hasta el Subsistema de Captación y los elementos en los que se produce el intercambio de la energía generada en los colectores al Subsistema de Acumulación.
- Subsistema de Acumulación: Formado por el o los acumuladores en los que se almacena la energía generada en el Subsistema de Captación en forma de agua caliente. Para aplicaciones distintas a la Producción de ACS, los acumuladores de agua sanitarios se sustituyen por depósitos de inercia o por los vasos de las propias piscinas.
- Subsistema Eléctrico y de Control: Formado por los distintos elementos eléctricos y electrónicos que permiten la regulación y control de la instalación solar de manera automatizada.
- Subsistema auxiliar y de consumo: Formado por elementos de energía convencional (gas, gasoil, etc.) que apoyan a la instalación solar en épocas de baja radiación, puntas de consumo o mantenimientos. Este Subsistema se une al circuito de consumo de la vivienda.

En su diseño hay que tener en cuenta que, tan importante como la correcta selección de los elementos integrantes de cada subsistema, es la correcta integración de todos ellos en el sistema y la selección de las estrategias de regulación, control y operación.

### 2.1. SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN

Los colectores solares son el corazón de cualquier sistema de utilización de la energía solar: absorben la luz solar y la transforman en calor. Están constituidos por 4 elementos principales:

- Cubierta transparente
- Absorbedor
- Aislamiento
- Carcasa

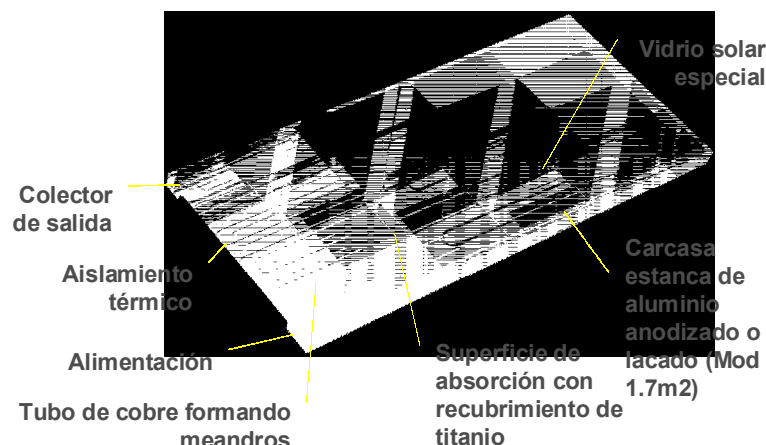


Fig. 1: Elementos del colector plano Vitosol 100



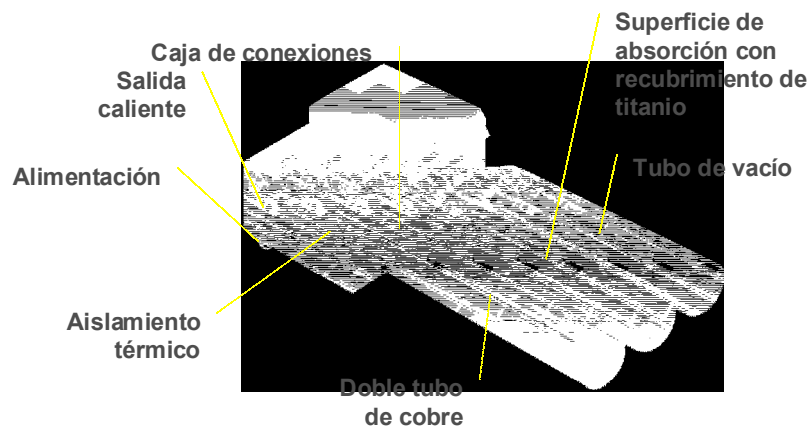


Fig. 2: Elementos del colector de vacío Vitosol 200

Los criterios básicos para seleccionar el tipo de colector térmico a utilizar son:

- Productividad energética a la temperatura de trabajo
- Coste
- Durabilidad y calidad
- Posibilidades de integración arquitectónica
- Fabricación y reciclado no contaminante

Dependiendo de la aplicación el tipo de colector solar que hay que utilizar varía: para aplicaciones que requieren un fluido a baja temperatura ( $<100^{\circ}\text{C}$ ) los sistemas con colectores de placa plana son los más utilizados, seguidos por los de tubos de vacío. Los colectores de tubos de vacío se distinguen de los colectores planos por sus menores pérdidas térmicas – mayor rendimiento- al encerrarse el absorbente solar en una cápsula de vidrio de la que se extrae el aire y sus mayores posibilidades de integración arquitectónica. La diferencia de productividad energética entre los diferentes tipos de colectores planos viene dada por las diferencias en las propiedades ópticas de los recubrimientos de sus absorbentes y por las características y espesores de los aislamientos térmicos. Las diferencias en durabilidad y calidad surgen de los materiales empleados y, en especial, de la junta de estanqueidad que une la cubierta de vidrio del colector con el marco y de la resistencia del material de aislamiento térmico al apelmazamiento por las condensaciones internas del colector.

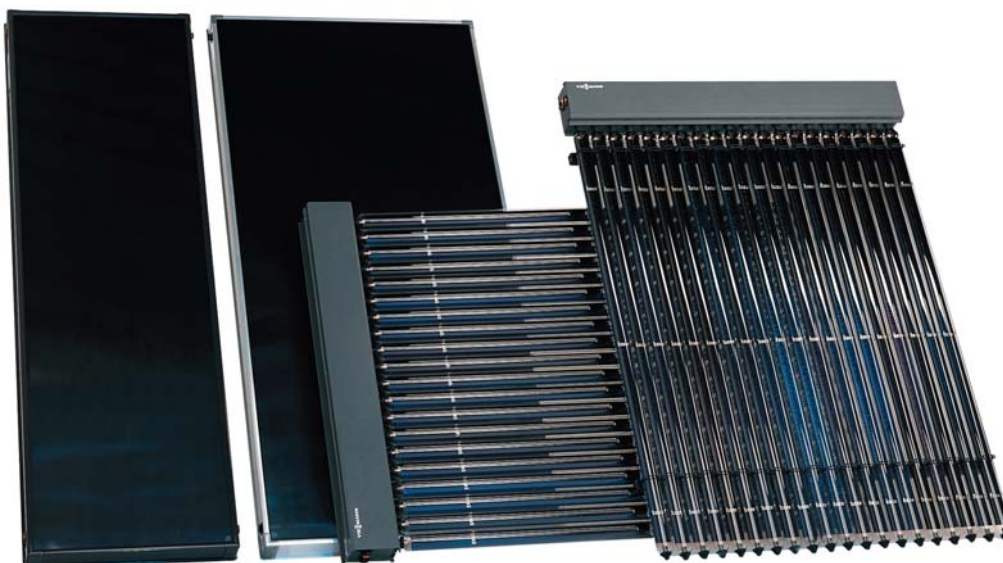
Al igual que ocurre con las calderas, la utilización de colectores más eficientes tiene una influencia mucho más significativa en la productividad anual que la que se puede deducir de la comparación directa de los rendimientos instantáneos (relación entre el calor extraído del colector en un momento dado y la radiación solar disponible en es momento). Además, se pueden encontrar reducciones significativas en los costes del resto de los elementos del sistema solar ya que, para un mismo aporte solar, hacen falta instalar menos  $\text{m}^2$  de colectores y se puede trabajar a temperaturas mas altas sin repercusión en el rendimiento (bombas, tuberías, almacenamiento, intercambiadores,... más pequeños).

Desde el punto de vista de la integración arquitectónica, una ventaja que tienen los colectores de vacío de absorbente plano es que permiten una mayor flexibilidad de montaje. Así, los tubos de vacío con absorbente plano se pueden instalar en una superficie horizontal o vertical y girar los tubos para que su absorbente esté a la inclinación adecuada.



### Colectores planos Vitosol 100

### Colectores de vacío Vitosol 200 y Vitosol 300



*Fig. 3: Ejemplos de tecnologías solares: Colectores solares Viessmann*

El circuito primario de paneles solares debe ser un circuito cerrado, que trabajará a presión y en algunos casos a altas temperaturas.

Teniendo en cuenta que los colectores solares –incluso los planos– son capaces de alcanzar temperaturas por encima de los 200°C, el circuito primario solar es un elemento a diseñar con especial cuidado. Todos los materiales que se empleen en este circuito tendrán que estar preparados para las temperaturas que se puedan alcanzar, especialmente aquellos que se encuentren en las cercanías de los colectores solares, y el diseño del circuito deberá ser capaz de evitar que, el trabajo a estas temperaturas, pueda suponer un problema.

Uno de las consecuencias de que los paneles alcancen temperaturas elevadas es la formación de vapor en los paneles solares en estancamiento ya que la presión máxima del circuito no suele sobrepasar los 6 bar. El estancamiento de un panel solar se produce cuando el colector recibe energía solar y no se extrae, porque la circulación del circuito primario haya cesado. Esta situación suele producirse en verano cuando la demanda de energía de la instalación es menor que la producción del sistema solar. Esta situación no tiene porque resultar problemática teniendo en cuenta dos factores:

- El correcto dimensionado de la instalación solar
- El correcto diseño del circuito primario

Del buen dimensionado de la instalación solar dependerá que la situación de estancamiento se produzca más o menos frecuentemente. En viviendas si se dimensiona la instalación solar para grados de cobertura elevados, 75-80% de cobertura de la demanda en ACS, en el periodo estival se producirán excesos de energía solar con mucha frecuencia, con lo que el paro de bombas del circuito primario también será frecuente. En la medida en que se ajuste la cobertura de energía con el sistema solar a la forma de la demanda, se reducirá la probabilidad de llegar a la situación de estancamiento de los paneles solares. En España, y cuando la demanda es aproximadamente constante a lo largo del año, un buen criterio para dimensionar el sistema solar de manera que no se produzca la situación de estancamiento con demasiada frecuencia es llegar a una cobertura con la instalación solar del 60% al 75% de la demanda (como ejemplo para instalaciones de ACS).

Una vez minimizado la duración del estancamiento de la instalación solar, un buen diseño del circuito primario nos evitará que, si la situación de estancamiento se produce, pueda ser un problema. Para ello, lo principal es que el circuito sea hermético al vapor, ya que este se producirá en el interior del colector solar.



Al no dejar escapar el vapor por los purgadores éste formará una bolsa en el interior del colector que desplazará el líquido que normalmente contiene. Si este líquido puede ser absorbido en algún elemento de la instalación, como por ejemplo un vaso de expansión correctamente dimensionado, no habrá ningún problema mayor. De no dimensionarse correctamente el vaso de expansión se produciría una sobrepresión en el circuito que haría saltar la válvula de seguridad, y por lo tanto se tendría que volver a rellenar el circuito, con las molestias y problemas que esto conlleva. En este sentido, para detectar las posibles fugas, no es recomendable un sistema de llenado automático, ya que introduce fluido en el circuito a medida que se producen las pérdidas. Igualmente, es interesante conducir las válvulas de seguridad a un depósito auxiliar, permitiendo reutilizar este fluido, que en el caso de ser anticongelante supone un coste.

El depósito de llenado ha de ser del tamaño adecuado para almacenar la totalidad del anticongelante en caso de que sea necesario hacer un vaciado del circuito. En el caso de que por razones de espacio no sea posible, se ha de pensar en un sistema auxiliar que bombee el fluido a otro depósito, o incluso conservar los recipientes iniciales en los que se suministró.

De igual forma y con objeto de asegurar el caudal de diseño en los colectores, es recomendable instalar válvulas de regulación de caudal en las baterías de colectores, ubicándolas lo más cerca posible para facilitar las labores de puesta en marcha.

## 2.2. SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN

El sol es una fuente de energía que no podemos controlar, su producción nos llega de forma continuada durante una media de 12 horas al día, a razón de 1400-1800 kWh/m<sup>2</sup>.año, lo que equivale a que por cada m<sup>2</sup> de terreno recibimos la energía obtenida de quemar unos 165-200 L de gasóleo; esto es, con la energía solar que llega en 5m<sup>2</sup> podríamos suplir las necesidades térmicas anuales para acondicionar una casa de 100m<sup>2</sup>. Pero esta energía no nos llega en el preciso momento en que la necesitamos, sino repartida durante todas las horas de sol. Opuesta a esta producción nos encontramos con los perfiles de consumo de las instalaciones, que variarán en función de su uso. Por ejemplo, en las instalaciones de ACS en viviendas tendremos dos-tres picos de consumo al día, en las instalaciones de calefacción el horario de funcionamiento normalmente comenzará después de las 12 del mediodía y sólo durante el invierno,... Para conseguir acoplar la producción del sistema solar con el consumo de la instalación siempre nos hará falta una acumulación de energía solar. Esta acumulación tendrá mayor o menor volumen en función de dos factores principales:

- El nivel de cobertura con energía solar de la demanda de la instalación.
- El perfil de consumo de la instalación.

Cuanto mayor sea el nivel de cobertura, mayor tendrá que ser esta acumulación. La mayor heterogeneidad del perfil de consumo también hará que sea necesaria una acumulación mayor.

El cálculo del volumen de acumulación solar adecuado para cada instalación tiene una gran importancia porque de este volumen va a depender en gran medida el rendimiento de todo el sistema solar. Para calcular el volumen exacto de acumulación solar en una instalación habrá que hacer un análisis de sensibilidad, analizando el rendimiento del sistema solar con diferentes volúmenes de acumulación y comparando el beneficio de su utilización con la inversión inicial necesaria.

Otro factor de gran influencia en el rendimiento del sistema solar será la estratificación térmica de la acumulación solar, a mayor estratificación mayor será el rendimiento de la instalación solar. La estratificación térmica de la acumulación hace posible que la temperatura de entrada al colector solar sea lo más baja posible, lo que mejora su rendimiento. Esta estratificación se puede conseguir en mayor o en menor grado en función de las medidas de diseño que se tomen. Como medidas básicas se deben adoptar las siguientes: utilización de depósitos verticales y conexión en serie de las batería de depósitos. Una estratificación mayor se puede conseguir mediante diseños más sofisticados, funcionamiento a bajo flujo el circuito primario solar con caudal variable o depósitos especialmente diseñados para favorecer la estratificación térmica.

Una de las consecuencias más importantes de la necesidad de acumulación de energía con los sistemas solares es que el cálculo del sistema solar siempre se tiene que hacer en función de la energía demandada y no de la potencia. Esto implica un cambio en el cálculo clásico de las instalaciones, que normalmente se hace basándose en potencias y demandas máximas (el peor día del invierno,...) y no basándose en consumos medios diarios como es el caso del diseño solar.



En la fase de diseño es importante instalar llaves de corte o racores en las bocas de los depósitos de acumulación, con lo que se facilitarán significativamente las tareas de limpieza.

### 3. INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA: SOLUCIÓN DESDE EL PROYECTO

La aceptación social de las instalaciones solares pasa por suministrar soluciones estéticas, respetuosas con la concepción del edificio.

El momento adecuado para plantear de la mejor manera posible el aprovechamiento solar, es durante la fase de diseño. De hecho el planeamiento urbanístico de una zona va a marcar de una manera definitiva las posibilidades de que la integración solar se realice estéticamente. Al igual que pasa con la arquitectura bioclimática, si el planeamiento urbano selecciona como ejes de las cuadrículas de las parcelas de los edificios los ejes norte-sur, este-oeste, el trabajo de integración solar será mucho más sencilla. En cualquier caso, es importante recordar que desviaciones importantes (más de  $25^\circ$ ) tanto con respecto a la orientación óptima (sur) como a la inclinación óptima (unos  $40^\circ$ ) de los paneles solares no afecta de una manera muy significativa a su productividad energética anual.

Entre las opciones de integración solar existen niveles diferentes que van desde la sustitución de elementos constructivos (tejas, forjados,..) por paneles solares, hasta colocación de los colectores solares sobre la terraza, pasando por la colocación de los paneles sobre los tejados. En todos los casos es preferible la utilización de soluciones constructivas estándar, en vez de improvisar una solución para cada proyecto, con elementos y estructuras duraderos, fiables –especialmente con respecto a las impermeabilizaciones del edificio- y de fácil montaje.



Fig.4: Ejemplos de integración solar con colector plano



Fig.5: Ejemplos de integración solar con colector de vacío

En cualquier caso, es importante que la disposición de los colectores se haya realizado pensando en facilitar las tareas de mantenimiento, dejando suficiente espacio entre ellos, y con la inclinación adecuada para evitar que en el caso de vaciados de la instalación éstos retengan agua en su interior, lo cuál es crítico en caso de heladas.

### 4. INTEGRACIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR CON LOS EQUIPOS CONVENCIONALES

Es muy importante que la instalación solar trabaje en sintonía con el resto de la instalación del edificio para garantizar el correcto funcionamiento y el máximo aprovechamiento – ahorro energético- del sistema en su conjunto.

El sistema de apoyo siempre tiene que estar dimensionado como si el sistema solar no existiese, ya que la función principal del sistema auxiliar será la de cubrir los picos de demanda y en los momentos en los que la aportación del sistema solar sea insuficiente.

El objetivo básico del diseño de un sistema de aprovechamiento solar ha de ser el suministrar al usuario una instalación solar que, dentro de las restricciones de costes:

- Maximice el ahorro energético global de la instalación en combinación con el resto de equipos térmicos del edificio
- Garantice una durabilidad y calidad suficientes



- Garantice un uso seguro de la instalación

Para maximizar el ahorro energético y, dado que los colectores solares tienen mejor rendimiento trabajando a bajas temperaturas, es recomendable la conexión entre el sistema solar y el sistema de apoyo convencional de tal manera que el sistema solar siempre trabaje a la temperatura más baja posible. Esto nos llevará a conectar la instalación solar en serie con el sistema de apoyo y siempre por delante de éste. En la mayor parte de los casos este es el método más sencillo y eficiente aunque existen excepciones.

## 5. PRINCIPALES APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

### 5.1. Utilización de la energía solar para la preparación de ACS

En edificios compartidos por varios usuarios, la producción de ACS solar será preferiblemente centralizada, es decir un único sistema de captación, intercambio y acumulación solares, garantizando por supuesto, que cada usuario paga el agua que consume. En instalaciones de producción de ACS con energía solar se coloca un primer depósito en el que entra directamente el agua de red y que es calentado por el sistema solar. Esta agua precalentada por el sistema solar pasará después, según se produzca el consumo, al sistema de calentamiento convencional (interacumulador calentado por caldera, calentador instantáneo modulante, termo eléctrico,...). Por tanto, en este tipo de esquema, el depósito solar y el de caldera están en serie siendo la entrada de éste la salida del depósito solar.

Para instalaciones con consumos de 1.000 a 3.000L/día el esquema se suele resolver mediante interacumuladores, tanto para el sistema solar como para el convencional. En sistemas con consumos mayores de 5.000 la acumulación solar se resuelve normalmente mediante acumuladores e intercambiador de placas externo. Para consumos mayores suele ser interesante realizar la acumulación solar en circuito cerrado mediante dos intercambiadores de placas, de este modo se economiza sensiblemente la inversión inicial en acumulación solar al poder utilizar tanques de acero al carbono sin recubrimiento. En la figura 6, se muestra un esquema tipo de ACS solar, si bien en este caso se han separado los circuitos de agua de consumo y de extracción de agua caliente solar mediante un intercambiador para evitar la necesidad del tratamiento anti-legionella en el acumulador solar.

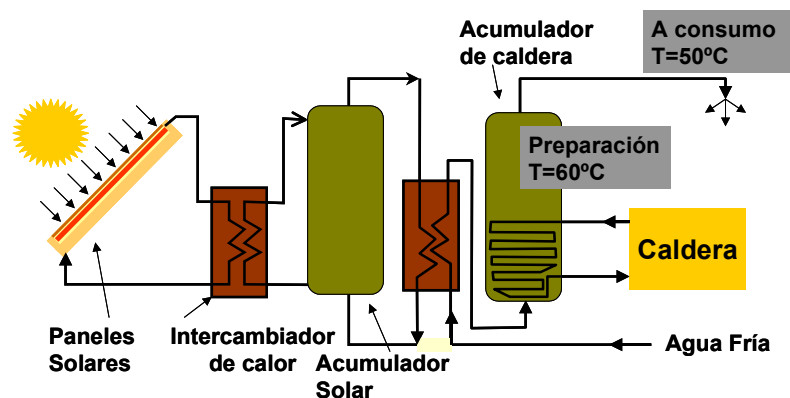


Fig.6: Sistemas de ACS con interacumuladores separados e intercambiador entre el acumulador solar y de caldera

### 5.2. Energía solar para el ACS y la climatización de piscinas

Una de las aplicaciones más interesantes y eficientes de utilización de la energía solar es el calentamiento de piscinas ya que las temperaturas requeridas son bajas y las demandas energéticas muy grandes. En el caso de piscinas cubiertas es usual instalar como sistema de calentamiento una combinación de bomba de calor y caldera. La bomba de calor sirve como mecanismo de control de la humedad del recinto, recuperando la entalpía del aire de renovación para aportar calor al ambiente y al vaso de la piscina. En este caso, la instalación solar siempre se ha de montar en serie con la caldera, pero en paralelo con la bomba de calor – para no empeorar su rendimiento ni pararla por sobretensión- dando prioridad al mantenimiento de las condiciones de confort –temperatura y humedad- en la piscina. En la figura 7 mostramos un esquema tipo para esta aplicación.



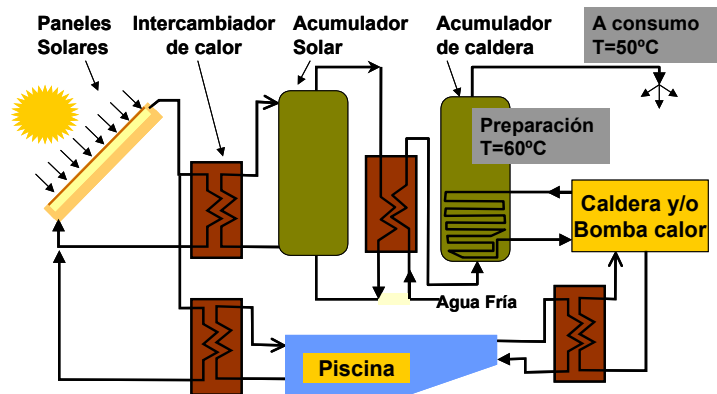


Fig.7: Esquema tipo de aplicación solar para ACS y Piscina

### 5.3. Utilización de la energía solar para el apoyo a la calefacción de los edificios

En sistemas de calefacción, y en general en circuitos cerrados, la conexión del sistema solar ha de hacerse donde se encuentre la temperatura más baja del circuito, normalmente este punto es el retorno de la instalación. En la figura 8 se muestra el esquema tipo: el retorno de calefacción se hace pasar por los tanques solares cuando los acumuladores solares están más calientes que el retorno, de esta manera precalentamos el retorno y ahorramos combustible en la caldera. Para hacer la conexión la solución más sencilla es colocar una válvula de tres vías diversora que obligue al agua de retorno de la calefacción – cuando el retorno esté más frío que los tanques solares- a circular por la acumulación solar, donde será precalentado con la energía acumulada, para volver a entrar en la caldera a continuación.

Si bien está bastante claro que el punto de conexión del sistema solar debe ser siempre el punto más frío de la instalación de calefacción, en ocasiones hay que hacer un análisis cuidadoso de la instalación para poder determinar cuál es este punto. En instalaciones clásicas en las que existe un único colector de impulsión y otro de retorno el punto de conexión del sistema solar será siempre entre el colector de retorno y la caldera. En instalaciones de calefacción más complejas decidir el punto exacto de conexión del sistema solar a calefacción puede ser menos inmediato. Por ejemplo, si existe un distribuidor menor formado por colector de impulsión y colector de retorno conectados a un colector corrido el lugar más indicado para conectar la instalación solar no sería entre el colector corrido y el retorno de caldera, ya que este punto del retorno puede llegar a esta a una temperatura elevada. En este caso habría que conectar el sistema solar entre el colector menor de retorno y el colector corrido.

Además del correcto conexionado de los dos sistemas de producción otro elemento muy importante para un buen rendimiento de los sistemas de calefacción con energía solar es el elemento de distribución del calor. Los sistemas solares tendrán mejor rendimiento con aquellos sistemas que trabajan con temperaturas de retorno más bajas: suelo radiante, fan-coils, sistemas de radiadores dimensionados para temperatura de impulsión de 60°C o inferior, ...; en ese sentido, trabajar con calderas que puedan trabajar con temperaturas de retorno más bajas (calderas de baja temperatura o condensación) siempre simplifica el funcionamiento de la instalación en su conjunto, además de –por supuesto- conseguir un ahorro energético global mucho mayor.

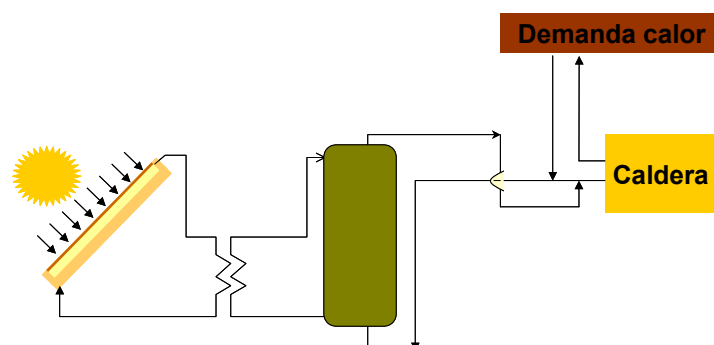


Fig.8: Esquema tipo de aplicación solar para Calefacción



#### 5.4. Utilización de la energía solar para el apoyo a la refrigeración de los edificios

Para la aplicación del sistema solar a la producción de frío se utilizan máquinas de absorción con unas temperaturas de trabajo de 80-90°C. Para suministrar energía a estas temperaturas a la máquina de absorción se puede conectar el equipo al distribuidor de caldera como un consumidor más en la instalación. Conectando la máquina al distribuidor de calefacción, el apoyo del sistema solar se podrá aplicar tanto a la producción de frío como al apoyo de calefacción, de forma sencilla y natural, siendo la única diferencia para el sistema solar entre la temporada de calefacción y de refrigeración, la temperatura del retorno en cada época.

Este sistema de conexión de la máquina de absorción con el sistema solar es especialmente aconsejable en instalaciones en el que el único generador de frío es la máquina de absorción (ver Fig. 9).

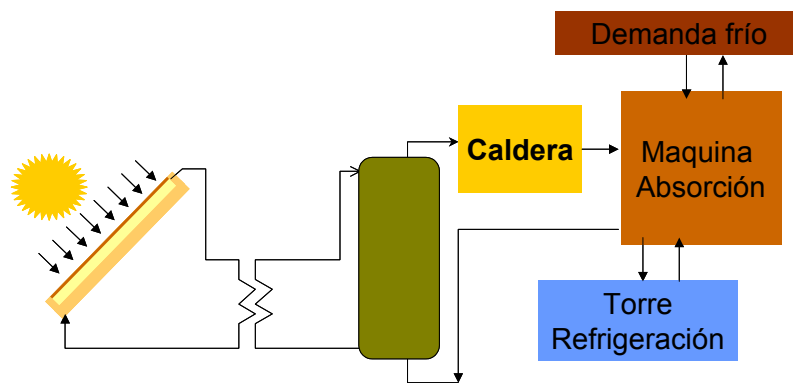


Fig. 9 : Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con sólo Máquina de absorción

Teniendo en cuenta que las máquinas de absorción utilizables con energía solar presentan COP bajos, del orden de 0.65, a pesar de las diferencias de coste entre el kWh térmico producido por gas o gasóleo para alimentar la máquina de absorción y el kWh eléctrico (de 2 a 3 veces más caro) para alimentar la bomba de calor, como el COP en frío de las bombas de calor suele ser superior a 3 y las inversiones iniciales suelen ser bastante inferiores, la mayoría de los hoteles suelen elegir bombas de calor para cubrir sus necesidades de frío. Desde ese punto de vista cuando se decide instalar una instalación solar para climatización mediante máquina de absorción, los consumos en los hoteles suelen ser lo suficientemente altos para que además de la máquina de absorción se instalen bombas de calor (enfriadoras) para la producción de frío. En este caso la producción de frío mediante energía solar se realiza mediante la conexión directa del sistema solar a una máquina de absorción que solamente trabaja con energía solar (ver Fig. 10) ya que no es interesante - ni desde un punto económico, ni medioambiental - el utilizar combustible en la máquina menos eficiente.

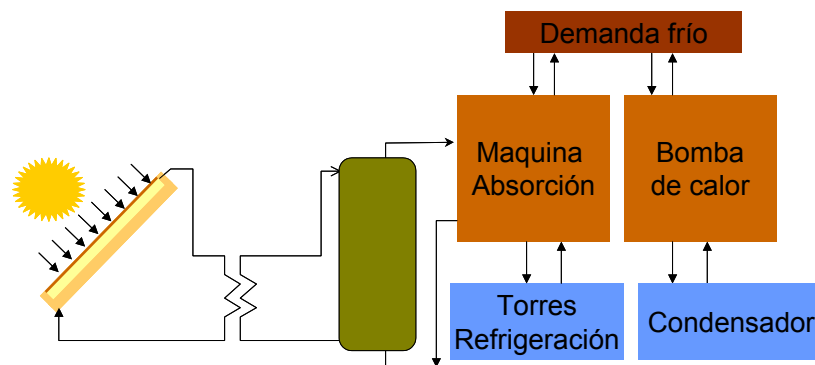


Fig. 10: Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con Máquina de absorción y apoyo de bomba de calor: Modo frío



Una cuestión importante cuando existe una bomba de calor para la producción de calor en invierno y de frío en verano, es cómo integrar la instalación solar para cubrir la demanda de calor. Dado que el funcionamiento de la bomba de calor se ve perjudicado si precalentamos con energía solar el retorno que viene de la demanda de calor, un esquema del tipo de la figura 6 no es conveniente. Las dos opciones básicas son conexión a la demanda de calor en paralelo (Fig.11) y en serie con el evaporador de la bomba de calor (Fig. 12).

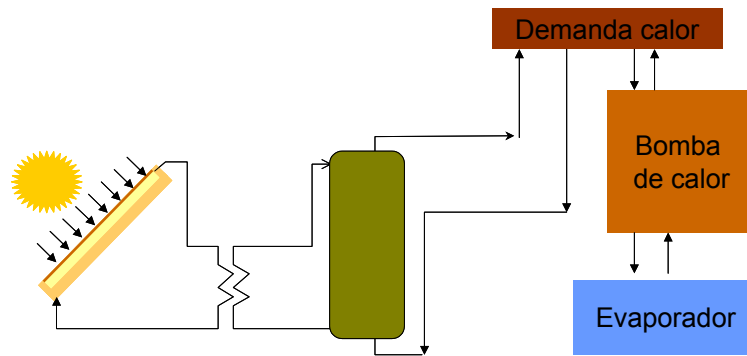


Fig. 11: Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con Máquina de absorción y apoyo de bomba de calor: Modo calefacción, opción de conexión en paralelo

La opción en paralelo es la opción más sencilla, pero obliga al sistema solar a trabajar con temperaturas de retorno moderadamente altas (35-40°C) en invierno y por tanto no es la opción más eficiente.

En la opción en serie con el evaporador, la energía solar se utiliza para precalentar el fluido al que el evaporador le coge el calor (agua de pozo, aire exterior,...). Si este fluido es agua, el esquema de conexión es muy sencillo ya que sólo hay que montar un intercambiador de calor para transferirle el calor del circuito solar – aire a pasar por el evaporador, puede llegar a ser muy complejo e imposibilitar su realización práctica. En caso de que la conexión serie sea posible con un coste razonable, las ventajas son claras:

- Funcionamiento de la instalación solar de manera más eficiente al trabajar para calentar el evaporador por encima de la temperatura ambiente o de pozo.
- Funcionamiento de la bomba de calor con mejor COP al aumentar la temperatura del evaporador y especialmente cuando la temperatura ambiente o de pozo sea muy baja (<5°C)

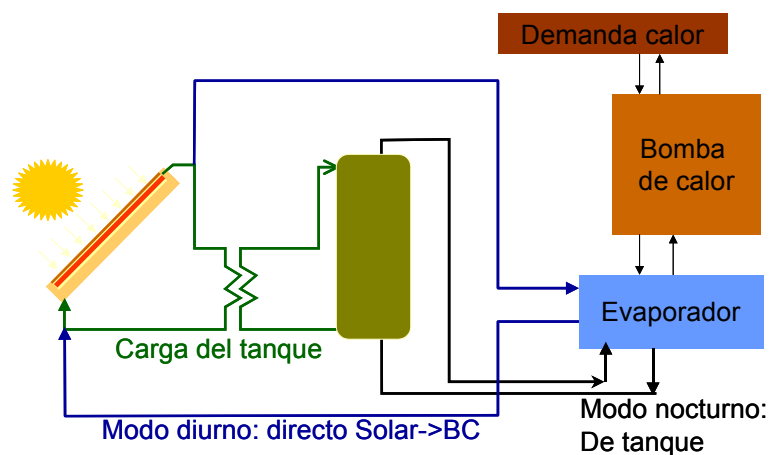


Fig. 12: Esquema tipo de aplicación solar para refrigeración con Máquina de absorción y apoyo de bomba de calor: Modo calefacción, opción de conexión en serie

