



# **Guía de Planificación para Generación Solar Térmica en Procesos de Calor Industriales**

**Proyecto SO-PRO  
(Solar Process Heat)**



## INDICE

1	Introducción.....	3
1.1	Potencial del calor solar en los procesos .....	3
1.2	Objetivo de esta guía .....	3
1.3	El proyecto SOPRO.....	4
2	Aplicaciones prioritarias.....	5
3	Información preliminar.....	6
3.1	Análisis de las instalaciones y las condiciones de contorno.....	6
3.2	Análisis del proceso y recuperación de calor .....	6
4	Aplicaciones prioritarias: conceptos de los sistemas, perfiles de carga y diseño de sistemas de energía solar térmica .....	7
4.1	Calentamiento de agua de red para lavado/limpieza .....	7
4.2	Pre-calentamiento de agua para generación de vapor .....	9
4.3	Calentamiento de baños industriales .....	12
4.4	Secado convectivo con aire caliente.....	14
5	Aspectos económicos y ayudas .....	17
6	Ejemplo.....	17

Elaborado por: Francisco Puente, ESCAN,S.A., en colaboración con: Stefan Heß & Axel Oliva, Fraunhofer ISE, Germany

El contenido de este documento está basado en la publicación “Solar Process Heat Generation: Guide on Solar Thermal System Design for Selected Industrial Processes”, desarrollado en cooperación con el Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, disponible en: [www.solar-process-heat.eu](http://www.solar-process-heat.eu)

Publicado por: ESCAN,S.A. Madrid. España. [escan@escansa.com](mailto:escan@escansa.com)

El contenido de esta publicación solo compromete a su autor y no refleja necesariamente la opinión de la Unión Europea. Ni la EACI ni la Comisión Europea son responsables de la utilización que se podrá dar a la información que figura en la misma.

# 1 Introducción

## 1.1 Potencial del calor solar en los procesos

El potencial de la generación térmica solar en procesos de calor es enorme. En Europa, alrededor del 27 % del total de la demanda de energía final es calor consumido en la industria. Aproximadamente un 30 % de la demanda ocurre a temperaturas por debajo de 100°C y cerca del 27 % a temperaturas entre 100°C y 400°C. Una parte importante de este calor puede ser generado por plantas solares térmicas. Los sectores más prometedores son los de alimentación y bebidas, textil, metal, tratamiento de superficies, papel e industria química.



## 1.2 Objetivo de esta guía

Este documento está dirigido a compañías solares, instaladores, diseñadores especializados e investigadores. Los principios de planificación para la integración de la energía solar térmica están proporcionados para cuatro aplicaciones industriales prioritarias seleccionadas.

- Calentamiento de agua fresca para procesos abiertos de lavado / limpieza
- (Pre-) Calentamiento de agua de aporte adicional para redes abiertas (o parciales) de vapor de proceso
- Calentamiento de baños industriales
- Secado convectivo con aire ambiente caliente en sistemas abiertos

Este documento, de carácter práctico, suministra información técnica sobre como puede integrarse la energía solar térmica en cada una de las aplicaciones prioritarias consideradas. El principal objetivo es vincular los campos del sector industrial con la ingeniería solar térmica, no proporcionar extensos principios de planificación.

Es importante tener en cuenta que los sistemas conceptuales recomendados y los cálculos de energía simulados sólo están optimizados para los cuatro ejemplos específicos introducidos. Aunque los ejemplos seleccionados son representativos por considerarse aplicaciones



prioritarias, debido a la gran variedad de sistemas industriales, el sistema solar óptimo diseñado normalmente presentará ligeras diferencias frente a estos ejemplos.

### **1.3 El proyecto SOPRO**

La contribución de la energía solar térmica en el sector industrial, es relativamente pequeña actualmente en la UE y España en comparación con otros sectores como el doméstico o de servicios. Al mismo tiempo, el potencial de desarrollo en el ámbito industrial es muy elevado. En torno al 30% del calor industrial necesario se encuentra en un rango de temperaturas inferior a los 100°C, temperatura susceptible de conseguirse mediante tecnología solar térmica.

El proyecto SO-PRO (Solar Process Heat) nace con el objetivo de desarrollar la industria solar térmica de baja temperatura en el sector industrial, focalizando sus actividades en 6 regiones europeas (Norte de Austria, Castilla y Madrid/España, Sur de Bohemia/Rep.Checa, North-Rhine Westphalia/Alemania, Saxony/Alemania y Maribor/Eslovenia). El proyecto comprende la realización de diferentes actividades, tales como la formación en el ámbito profesional, información a las industrias sobre los beneficios de esta tecnología, el asesoramiento técnico a proyectos de implantación de un sistema de captadores solares térmicos en industrias, y la implantación de esta tecnología a través de Empresas de Servicios Energéticos ESCO's.

Los objetivos del proyecto están en consonancia con las líneas de trabajo del IDAE (la Agencia Nacional de la Energía) y las de los Gobiernos Autonómicos para el desarrollo de la energía solar térmica. Así mismo, el proyecto SO-PRO cuenta con el apoyo de la Comisión Europea.

Más información en: [www.solar-process-heat.eu](http://www.solar-process-heat.eu)



## 2 Aplicaciones prioritarias

Los sectores industriales con mayores posibilidades son la industria química, la fabricación de materiales de transporte y el de alimentación y bebidas, aunque otros como textil, metal, tratamiento de superficies o papel, también podrían incorporar un sistema solar térmico.

En este apartado se analiza la integración de la energía solar en procesos básicos mayoritarios, aplicables en un elevado número de industrias con demanda de calor. Estos fundamentos de planificación se han elaborado para cuatro aplicaciones industriales prioritarias:



- Calentamiento de agua fresca para procesos abiertos de lavado / limpieza
- (Pre-) Calentamiento de agua de aporte adicional para redes abiertas (o parciales) de vapor de proceso
- Calentamiento de baños industriales
- Secado convectivo con aire ambiente caliente en sistemas abiertos

El procedimiento descrito en este apartado es una orientación práctica que suministra información técnica sobre como la energía solar térmica puede ser integrada en cada una de las aplicaciones industriales consideradas. El principal objetivo es vincular los campos del sector industrial con la ingeniería solar térmica, no proporcionar extensos principios de planificación. Se explica detalladamente con varios pasos el enfoque de la planificación estructurada. En las referencias citadas puede encontrarse más información sobre problemas de diseño específicos.

Es importante tener en cuenta que los sistemas conceptuales recomendados y los ahorros de energía simulados están optimizados para los ejemplos específicos. Esto significa que los resultados mostrados deben ser adaptados individualmente tomando las variaciones de los sistemas de procesos industriales, así como deben considerarse la gestión de procesos individuales y los perfiles de carga resultantes.



### 3 Información preliminar

#### 3.1 Análisis de las instalaciones y las condiciones de contorno

Normalmente, una visita técnica a la planta es el primer paso para comprobar si la solar térmica puede tenerse en cuenta. En esta primera etapa es conveniente contar con el apoyo de un técnico cualificado o un ingeniero de planta que conozca el proceso y las instalaciones, para elaborar un análisis estimativo inicial.

Como primera etapa, debe rellenarse el “Checklist para Procesos Industriales” que se incluye en este Manual. Si se aplica alguno de los “Criterios de Knock-out”, la energía solar térmica no debería considerarse inicialmente para esta planta, aunque conviene contrastar la información para desechar finalmente un análisis más profundo.

Si la evaluación de la *checklist* es positiva, se recomienda aplicar los siguientes pasos:

- a) Realizar un croquis de las instalaciones con las características básicas, como las dimensiones disponibles de techo sin sombra y sus áreas accesibles con la orientación y pendiente, la accesibilidad de la grúa (por lo general necesaria), información sobre las estructuras (si está disponible), etc.
- b) Cálculo aproximado del área accesible y sin sombra del tejado para el campo del colector, área para el tanque de almacenamiento (y otras instalaciones) así como la distancia desde el acumulador al campo colector y el potencial de apoyo al proceso. Indicar estas magnitudes en el croquis.
- c) Analizar si existe algún requerimiento legal o restricción acerca de la instalación de una planta solar térmica. Puede ser de ayuda consultar con el administrador o gerente de la planta este punto, ya que normalmente conocen estos aspectos.
- d) Análisis de las características principales del proceso para conocer la viabilidad técnica inicial (al menos energía, temperatura y frecuencia de uso de los sistemas). Posteriormente será preciso conocer con mayor detalle los procesos viables *a priori*.



La “checklist”

Información General	
Nombre de la empresa	
Sector / Productos	
Datos de contacto	

Criterio K.O.	Si	No	Comentarios
¿Necesita calor para los procesos a temperaturas inferiores a 60 °C?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
¿Dispone de espacio para la instalación de los colectores solares, al menos 100 m <sup>2</sup> ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Este espacio, ¿está orientado hacia el sur y está libre de sombras? (en lugar de orientación sur, puede también ser superficie plana)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Criterio O.K.	Si	No	Comentarios
¿Necesita calor para los procesos de marzo a septiembre?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
¿Necesita calor para los procesos al menos cinco días a la semana?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
¿Dispone de espacio (bajo suelo, almacén, etc.) para instalar los acumuladores de agua del sistema solar? (25 a 50 m <sup>2</sup> )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

#### 3.2 Análisis del proceso y recuperación de calor

Es importante además clasificar si el proceso de la planta consume energía térmica en un proceso abierto o cerrado, así como en continuo o discontinuo. Debe prestarse especial atención a los procesos abiertos sin recuperación de calor o masa que funcionan de manera continua, ya que son las de mayor potencial de integración de energía solar térmica.

La evaluación de la generación y distribución actual de calor consta de las siguientes etapas:

- a) Recopilar los datos disponibles sobre la carga térmica de la planta. Los más importantes son:



- a. Los niveles de temperatura de los procesos que consumen energía térmica
- b. Las temperaturas de retorno de los fluidos de la red de distribución, generalmente disponibles.
- c. El tipo de sistema de producción de calor o características de los equipos en la sala de calderas (número de calderas, potencia, antigüedad, etc.)
- d. La fuente de energía usada (por ejemplo gas, gasóleo o electricidad)
- e. El precio de la energía
- f. Una estimación aproximada de la eficiencia del sistema de calentamiento en los distintos puntos de consumo.<sup>1</sup>
- g. Perfil de carga térmica del proceso (frecuencia de uso), al menos sobre una base estacional.

Es posible que la industria haya realizado una auditoría energética con anterioridad, que puede ofrecernos una buena base para los cálculos energéticos, aunque debe contrastarse la información para atender a la situación actual.<sup>2</sup>

- b) Analizar todos los procesos térmicos con el fin de examinar la viabilidad de acoplamiento con la energía solar térmica. Los esquemas de proceso son muy útiles para comprender los flujos de masa y energía. Deben conocerse las principales temperaturas de entrada y salida, y toda la carga térmica de la planta debe ser dividida entre los procesos. Estudiar si las demandas de calor de cada proceso son altas o bajas, y constantes o variables. Debe prestarse especial atención a las temperaturas más bajas (por ejemplo, agua fresca que ha sido calentada para procesos de limpieza).

## **4 Aplicaciones prioritarias: conceptos de los sistemas, perfiles de carga y diseño de sistemas de energía solar térmica**

### **4.1 Calentamiento de agua de red para lavado/limpieza**

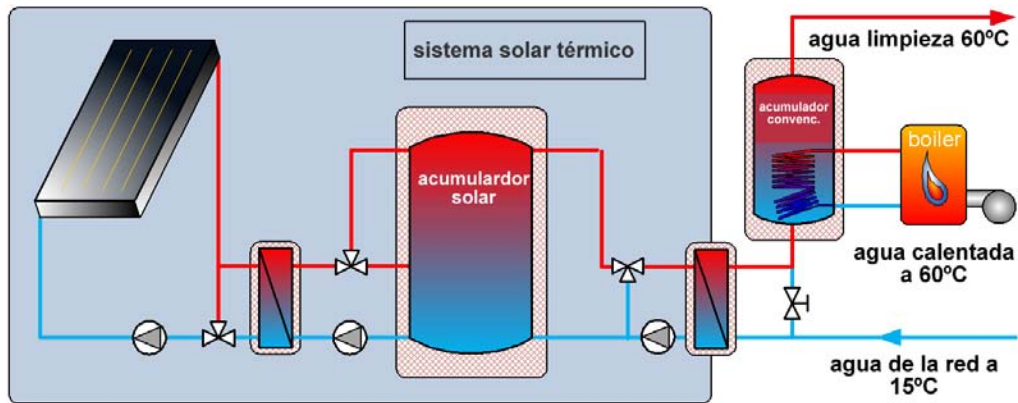
El proceso considerado para la generación del agua caliente consiste en un sistema sin recuperación de calor, debido a que el agua de limpieza está contaminada y enfriada por el proceso de lavado/limpieza. El agua de la red (15°C) se calienta hasta 60°C para su posterior uso.

---

<sup>1</sup> En este punto hay que considerar la eficiencia estacional, no la del sistema generador. Por ejemplo, una caldera de gasóleo en buenas condiciones puede tener una eficiencia del 85% en combustión, pero su eficiencia media en el punto de consumo en funcionamiento normal será aproximadamente de un 60-70%. Para una caldera de gas estos valores serán del 70-80% en los casos más favorables.

<sup>2</sup> Se recomienda consultar la "Guía de auditoría energética en la Industria" de la Comunidad de Madrid, publicada por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid ([www.fenercom.com](http://www.fenercom.com))

En las plantas con demanda de agua de limpieza variable y ratios de caudal muy elevados, el sistema de apoyo está normalmente equipado con un acumulador convencional calentado por una o varias calderas.

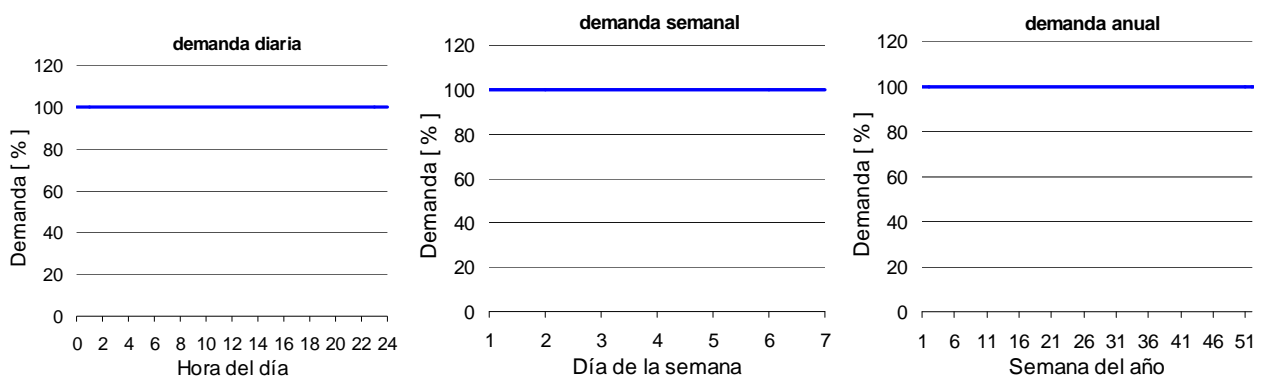


**Figura 1. Concepto de sistema con intercambiador de agua de red y caldera en serie (ilustración simplificada del sistema convencional de preparación de agua caliente)**

En este tipo de esquemas, el sistema solar puede ser integrado con facilidad vía intercambiador de calor adicional (también puede llamarse “estación de agua fresca”). Siempre que el agua fresca tenga que ser calentada, es (pre-)calentada por el sistema solar antes de que entre en el acumulador convencional. Un by-pass para el agua fría en el lado de descarga del acumulador solar evita la existencia de altas temperaturas en el circuito de agua fresca del acumulador (temperaturas mayores de 90°C).

Cuando el acumulador solar se carga energéticamente, se controla la altura de entrada del flujo mediante una o más válvulas de tres vías, de modo que la estratificación se mantenga lo mejor posible. El volumen de almacenamiento puede formarse con almacenamientos en cascada o mediante lanzas de estratificación, si es posible

El perfil que se presenta a continuación (figura 2) es válido para una gran empresa (tres turnos), donde se trabaja siete días a la semana y durante todo el año. Así, la parte de lavado es parte del proceso de producción en sí mismo y la demanda es muy constante.



**Figura 2. Perfil de carga continuo en un proceso de limpieza que forma parte de la producción en una gran empresa.**

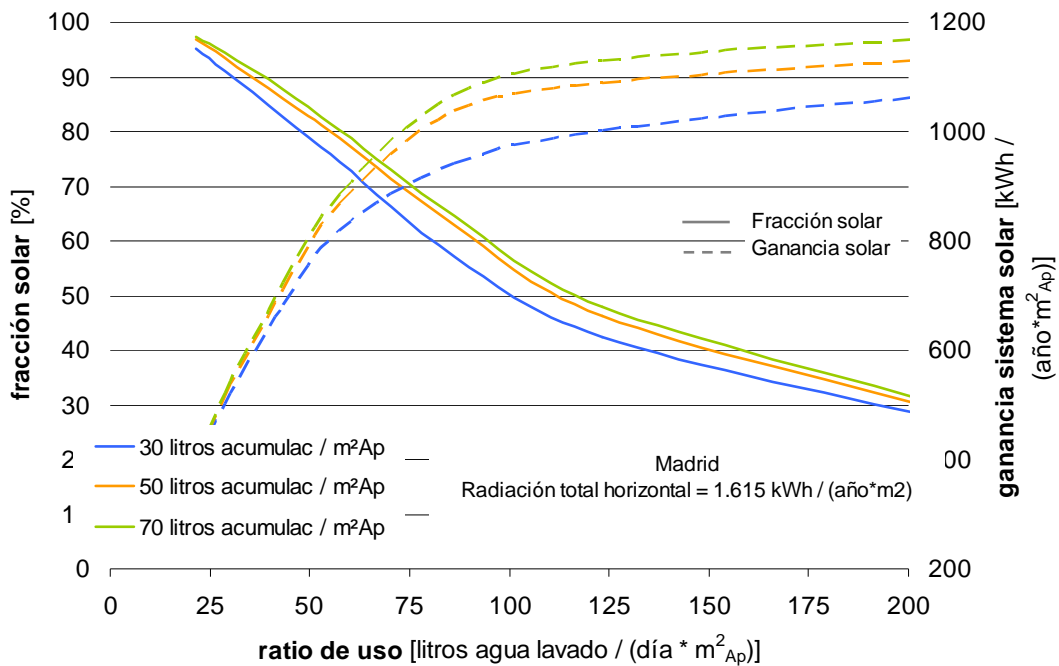


Figura 3. Diagrama de diseño de sistema solar para perfil de carga continuo, calentamiento de 15°C a 60°C, colector solar plano, almacenamiento estratificado y ángulo de inclinación del colector de 40°.

Comparado con el nomograma del perfil discontinuo, pueden observarse ganancias solares y fracción solar significativamente mayores, ya que no se pierde energía en períodos no laborables como son las vacaciones de verano (tres semanas). No obstante, es importante no elegir fracciones solares demasiado elevadas para evitar el estancamiento en verano. También debe considerarse que, en el caso de perfil de carga continuo, no parece recomendable instalar más de 50l de volumen de almacenamiento por m<sup>2</sup>, ya que los beneficios adicionales son escasos.

#### 4.2 Pre-calentamiento de agua para generación de vapor

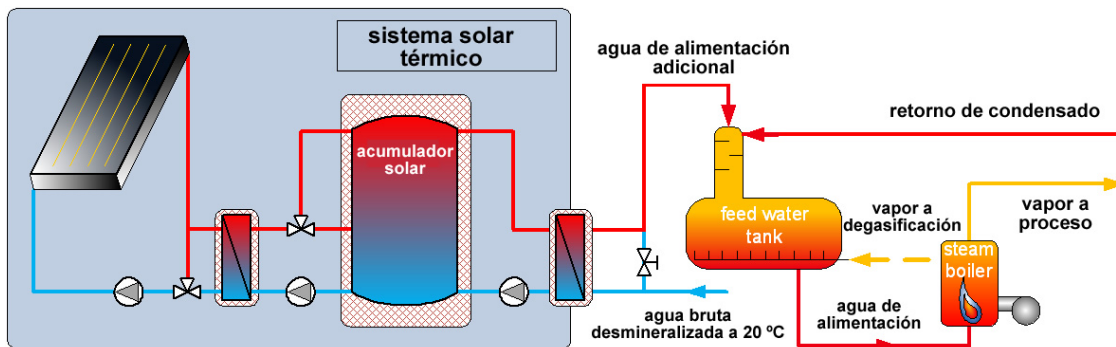


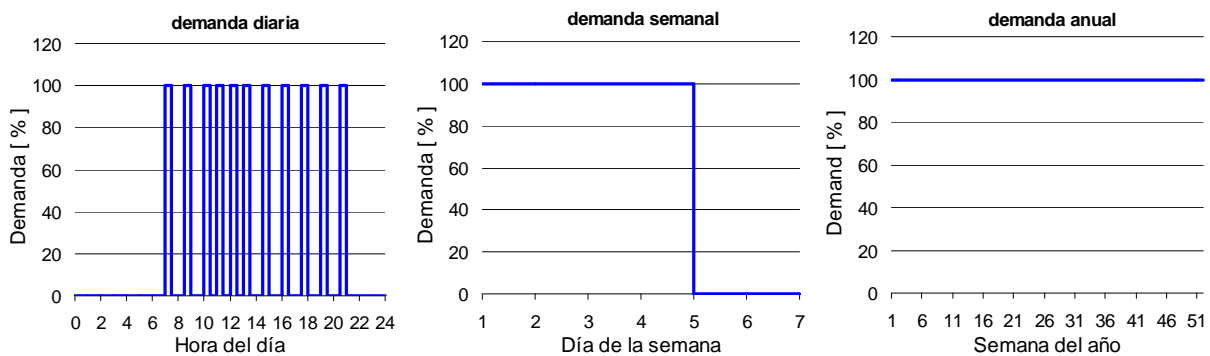
Figura 4. Concepto de sistema de intercambiador de agua bruta y caldera en serie



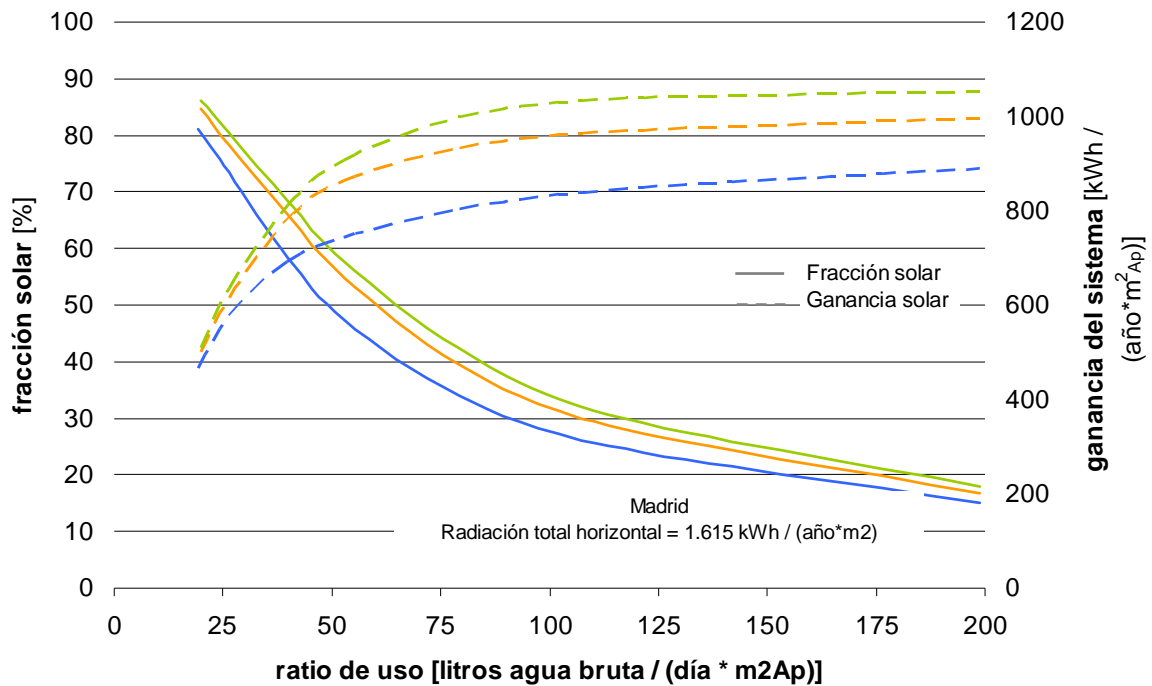
El apoyo al proceso de generación de vapor es económico únicamente cuando una parte significativa del vapor se usa en el proceso directamente (la red de vapor es un sistema abierto o parcialmente abierto). El calentamiento de la parte adicional del agua desmineralizada mediante energía solar es económicamente atractivo, debido a que tanto el retorno del condensado como el agua de alimentación se encuentran a elevadas temperaturas.

En las redes de vapor parcialmente abiertas, el agua desmineralizada se mezcla normalmente con el condensado de retorno y tiene que ser venteado antes de poder entrar a la caldera de vapor. Esta desgasificación se realiza normalmente de forma térmica (el agua de alimentación tiene que ser calentada hasta 90°C para liberar el gas) usando vapor de proceso de la caldera. Por tanto, es una buena solución precalentar el agua adicional descalcificada antes de mezclarla con el condensado y antes de ventear la mezcla. De este modo, se consume menos vapor para la desgasificación, y puesto que éste es compatible con diferentes procesos de la fábrica, el sistema solar puede cubrir una parte significativa de la demanda total de calor simplemente instalando un intercambiador de calor en el sistema existente.

El concepto de sistema solar recomendado es similar al indicado para el lavado/limpieza. El intercambiador de calor protege al acumulador solar del riesgo de corrosión y no se realiza un by-pass en el lado solar, puesto que la temperatura máxima de acumulación es de 90°C. No se emplea almacenamiento adicional, como consecuencia de que el caudal del agua de alimentación normalmente no varía.



**Figura 5. Perfil de consumo de agua bruta en un sistema parcialmente abierto de una lavandería (dos turnos, sin vacaciones). El nivel de llenado del tanque de alimentación permite la entrada de agua bruta en intervalos de 30 minutos, por lo que el caudal es constante.**



**Figura 6. Diseño de nomograma para un sistema solar utilizado para precalentamiento de agua bruta para el concepto y perfil de demanda indicados en este apartado. (tipo de colector: colector plano, almacenamiento estratificado).**

Las ganancias solares alcanzables son algo más pequeñas que las de los sistemas que suministran aplicaciones de lavado/limpieza. Esto se debe a la mayor temperatura mínima disponible de 20°C (frente a 15°C para lavado/limpieza), ya que el agua está calentándose cuando se desmineraliza. También, las fracciones solares alcanzables son menores, ya que el agua debe ser calentada hasta 90°C (la carga térmica es siempre referida a la elevación de temperatura que el sistema solar puede proporcionar, en este caso de 20 a 90°C).

Los intervalos del caudal de agua a calentamiento, anexados a un control de nivel del tanque de alimentación, no deberían afectar significativamente a la eficiencia del sistema solar, debido a que los aportes solares solamente deben ser almacenados para intervalos de una hora cada día.

El nomograma muestra claramente que el ratio de utilización no debe ser superior a 75, ya que las ganancias del sistema solar para volúmenes de acumulador razonables no incrementan por encima de este valor y la fracción solar se vuelve muy baja.

En algunos casos, la temperatura mínima disponible para el agua bruta desmineralizada puede elevarse hasta 60 °C después de aplicar medidas de recuperación de calor, por lo que la eficiencia del sistema solar disminuiría significativamente. Este factor debe ser analizado, específicamente en cada industria.

### 4.3 Calentamiento de baños industriales

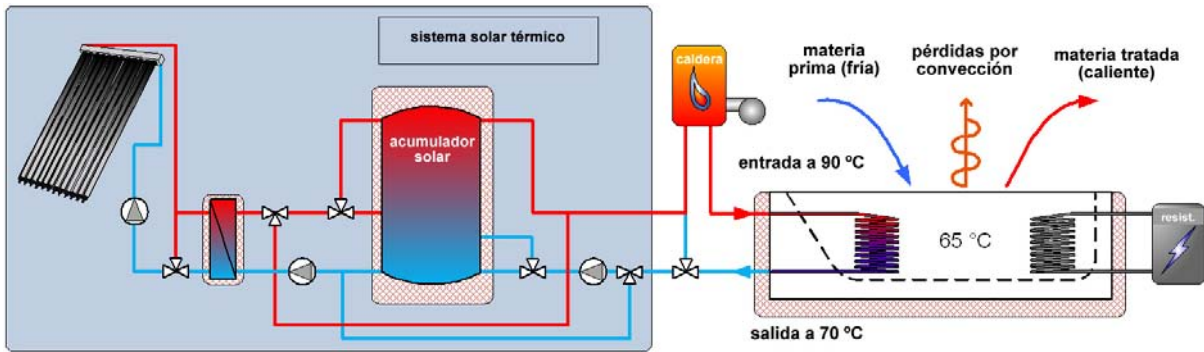


Figura 7. Concepto de sistema para el calentamiento de un baño industrial. (uso directo de calor solar con resistencia eléctrica o sistema solar con caldera auxiliar).

En el caso de calentamiento de baños industriales, las ganancias solares son normalmente menores que para el calentamiento de agua fresca. De nuevo, esto depende de la temperatura mínima disponible y es más crítico cuando los baños no se rellenan nunca o en muy limitadas ocasiones.

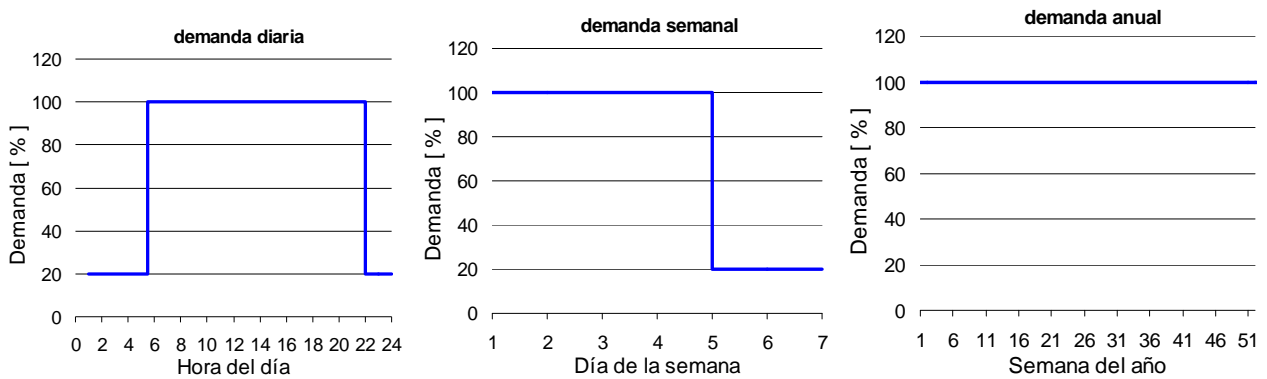


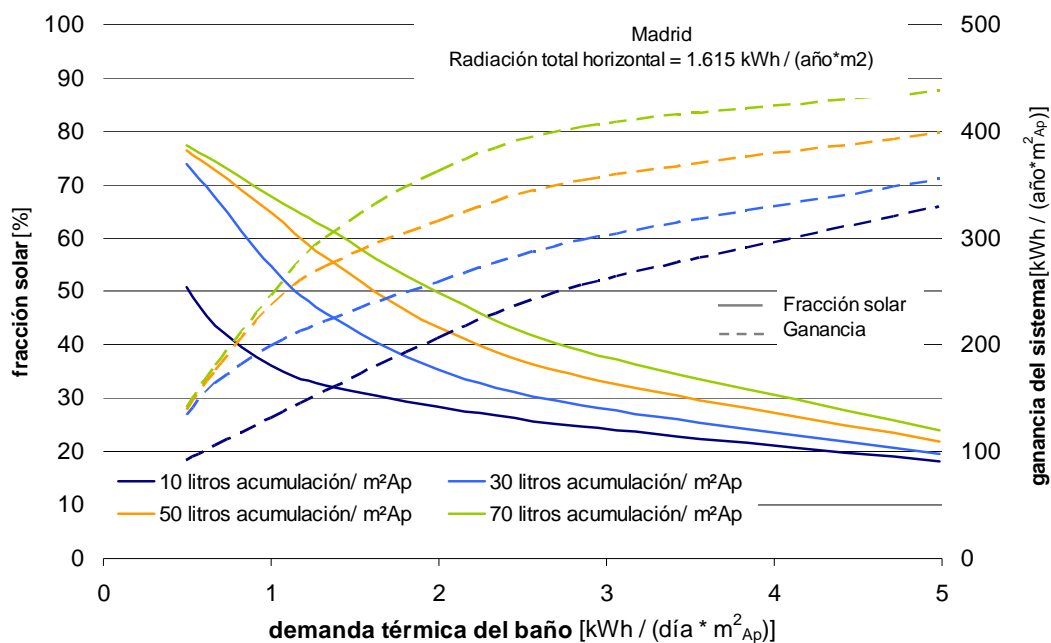
Figura 8. Demanda continua de calor de un baño industrial en una empresa pequeña (por ejemplo, el electrolito debe mantenerse a una cierta temperatura)

El perfil de carga muestra que la empresa trabaja en dos turnos y no durante los fines de semana. La demanda del 20% durante la noche y los fines de semana es la pérdida de calor conductiva del baño, que se cubre y se calienta continuamente para mantener la temperatura a 65°C. Durante el periodo de trabajo, existen pérdidas de calor convectivas y las partes tratadas también eliminan algo de calor. En este ejemplo, el baño nunca se rellena.



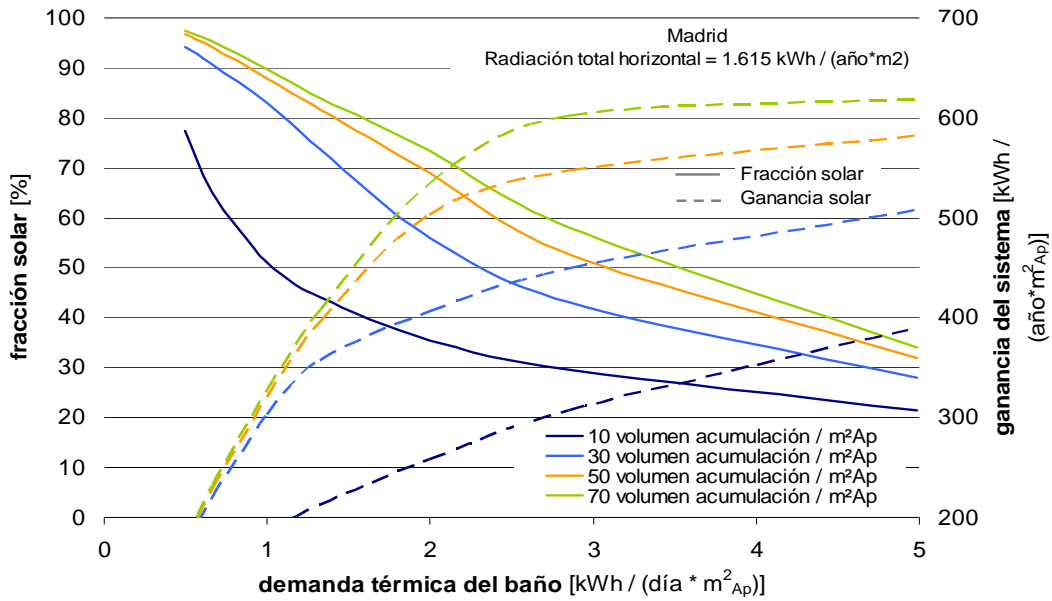
Existen pequeñas diferencias del sistema solar comparado con el sistema de calentamiento de agua fresca del caso anterior. Puesto que la energía producida por el sistema solar es normalmente significativamente menor que la demanda térmica (el cambiador de calor tiene que tener una entrada a 90°C) existe la posibilidad de realizar un by-pass en el acumulador para reducir las pérdidas por almacenamiento y evitar que la temperatura del fluido mezclado descienda. Es importante porque la temperatura mínima disponible es de 70°C en todo el sistema.

Cuando se descarga el acumulador, el flujo de retorno del baño puede ser mezclado en varias alturas del acumulador mediante una válvula de tres vías para asegurar la buena estratificación cuando el fondo del acumulador esté por debajo de 70°C. La caldera se conecta en serie. Dependiendo del tipo, tiene que preverse un by-pass para situaciones en las que no trabaje.



**Figura 9. Diagrama de diseño de sistema solar para el concepto y perfil indicados. Colector de tubos de vacío, almacenamiento estratificado, entrada al cambiador de calor 90°C, salida 70°C (baño a 65 °C).**

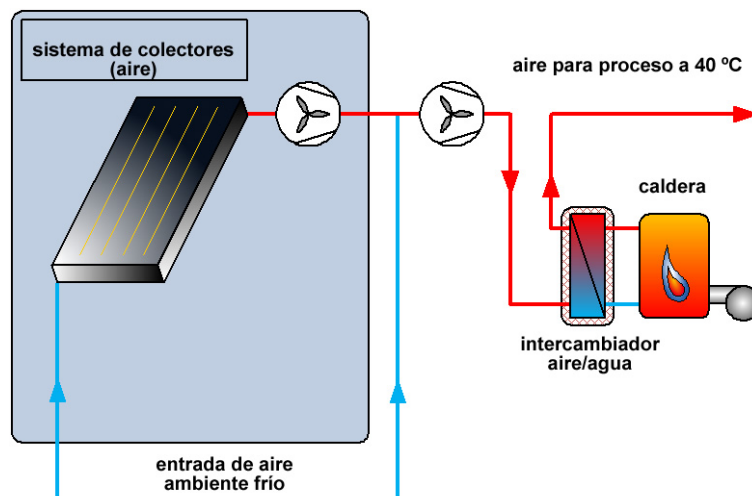
De estas simulaciones se desprende claramente que las temperaturas de retorno de 70 °C (como temperatura mínima disponible) reduce notablemente la energía que puede transferir el sistema solar al proceso. Esta conclusión no se aplica a todos los casos de calentamiento de cubas o depósitos, ya que depende de la frecuencia con la que tenga que inyectarse agua de alimentación o del enfriamiento del proceso.



**Figura 10. Diagrama de diseño de sistema solar para el concepto y perfil indicados. Colector plano, inclinación 35°, almacenamiento estratificado, entrada al cambiador de calor 70°C, salida 50°C.(baño a 45 °C).**

En el caso de temperaturas de proceso de 45 °C, el colector plano se presenta como una buena solución frente al colector de vacío, ya que en esta temperatura tanto su fracción solar como la ganancia del sistema son adecuadas. El colector de vacío también podría ser una solución técnicamente correcta, pero su mayor coste no justificaría la ligera mejoría de la eficiencia.

#### 4.4 Secado convectivo con aire caliente



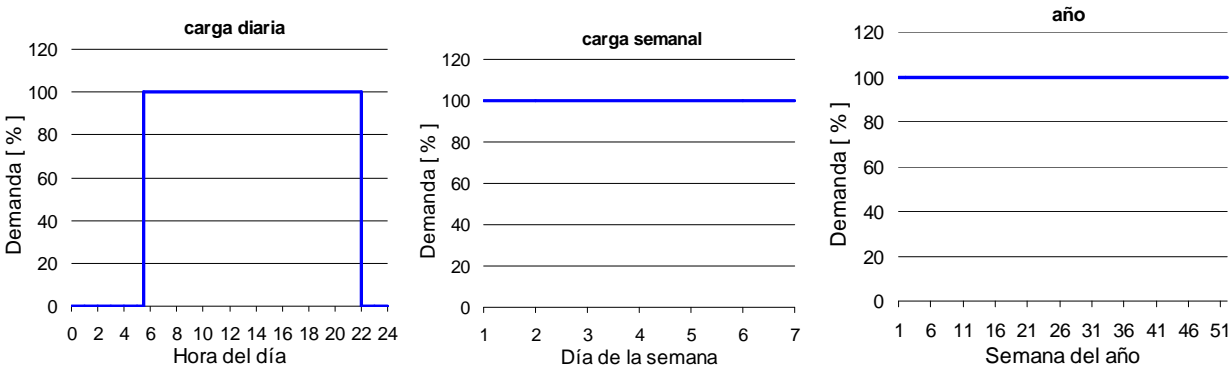
**Figura 13. Concepto de sistema de un proceso abierto de secado. El sistema de colector abierto de aire es apoyado por una caldera en serie.**



El proceso suministrado es un proceso abierto de secado, como es el caso del secado lento de la madera. En este ejemplo, no hay recuperación de calor del aire húmedo. Normalmente, el aire ambiente se calienta a 40 °C mediante un intercambiador aire/agua. El sistema de colectores solares por aire se instala para (pre)calentar el aire ambiente. El ventilador instalado en el lado caliente de los colectores se sitúa en esta posición para que, en caso de fugas de aire, se use la totalidad del fluido y no se pierda eficiencia.

Si la temperatura del aire caliente es demasiado caliente para el proceso, el aire frío del ambiente se mezcla con la corriente de fluido caliente y el caudal másico y la eficiencia en los colectores se reduce ligeramente. En días soleados, se realiza un bypass en el cambiador de apoyo. Cuando la temperatura de los colectores de aire es demasiado baja, una parte del caudal de aire es calentado adicionalmente por el intercambiador de calor de aire/agua.

Comparados con colectores solares por agua (glicolada), la eficiencia del colector por aire disminuye cuando el fluido másico disminuye. Por ejemplo, un colector puede tener una eficiencia del 70% para  $100 \text{ kg}_{\text{Air}} / \text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{Ap}}$ , mientras que disminuye hasta un 45% de eficiencia para  $20 \text{ kg}_{\text{Air}} / \text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{Ap}}$ , considerando que la temperatura de entrada al colector es la temperatura ambiente. Por otro lado, la caída de presión en el colector es de cinco a seis veces superior en caudal másico alto que en bajo caudal.



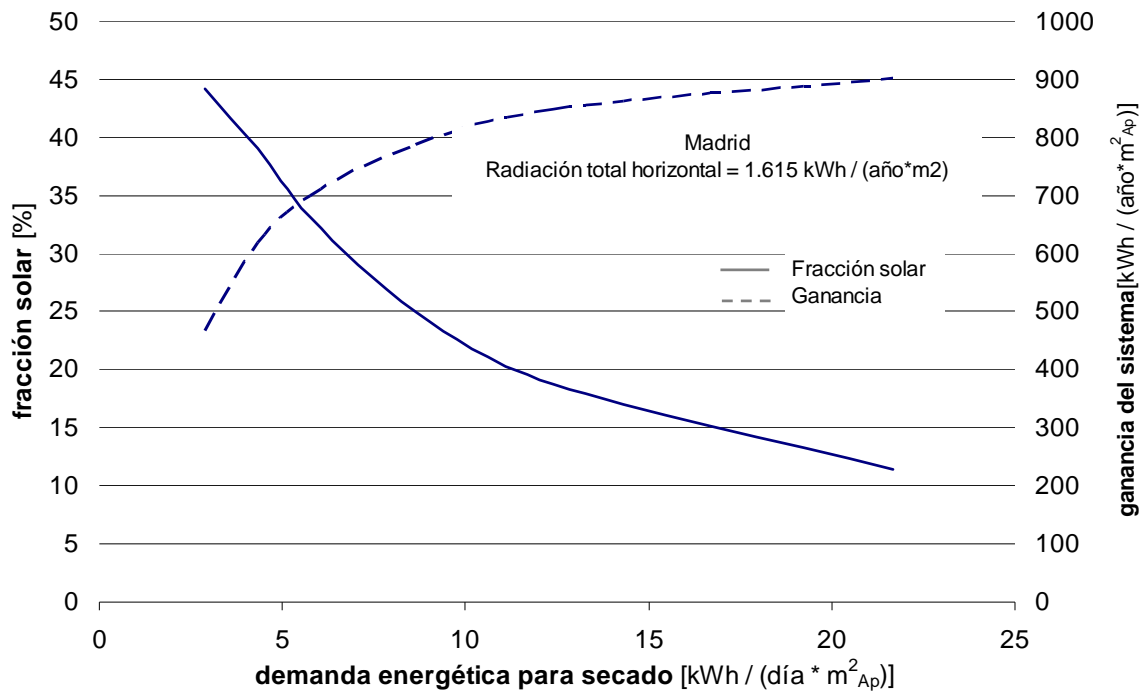
**Figura 14. Perfil de carga para secado convectivo. Es una aplicación razonable puesto que el aire caliente se precisa cuando el día está soleado.**

En cualquier proceso donde se precise calentar el aire ambiente, el ventilador convencional genera el caudal másico. Cuando no hay sol, el ventilador del primario no se activa y el aire ambiente se calienta directamente mediante el intercambiador de calor. Cuando la temperatura obtenida del colector solar (o la radiación solar, dependiendo del control) llega a un valor, el ventilador solar comienza a funcionar y genera un caudal máximo de  $100 \text{ kg}_{\text{Air}} / \text{h} \cdot \text{m}^2_{\text{Ap}}$ . Para este caudal másico, el salto de temperatura proporcionado por el sistema solar es bajo, pero la eficiencia es alta.

Dependiendo de la irradiación solar, la diferencia sobre la temperatura residual hasta los 40°C se genera mediante el intercambiador de calor. Cuando el nivel de temperatura después del ventilador convencional excede los 40°C, la velocidad del ventilador del primario disminuye gracias al sistema de control. El caudal másico a través del campo de colectores disminuye y una cantidad mayor de aire ambiente se mezcla con el aire caliente. De este modo puede mantenerse la temperatura de 40°C, debido a que la eficiencia de los colectores por aire



disminuye para menores caudales másicos. En este caso el consumo eléctrico del ventilador del primario se reduce debido a la menor caída de presión en el campo solar. Con un sistema de colectores solares adecuadamente gestionado para un determinado proceso de secado, el intercambiador aire/agua puede disponer de by-pass en los días más soleados para reducir las pérdidas de presión en el sistema.



**Figura 15. Diseño de sistema solar para secado convectivo válido para el caso de este apartado. No existe almacenamiento, rango de caudal másico de 20 kg / (h\*m<sup>2</sup><sub>Ap</sub>) a 100 kg / (h\*m<sup>2</sup><sub>Ap</sub>).**

Estas curvas están representadas para una demanda energética (y de caudal másico) constante. En las simulaciones, únicamente varía el tamaño del campo de colectores, así como la demanda específica.

Para demandas específicas elevadas (campo de colectores pequeño), el colector habitualmente puede funcionar a elevados caudales másicos, con alta eficiencia, debido a que no suele alcanzarse la temperatura de 40°C. Para reducir el esfuerzo de la instalación, una de las líneas de colectores suele conectarse en serie. Por otro lado, la fracción solar es muy baja y el sistema de calentamiento de respaldo se mantiene en funcionamiento, generalmente de forma poco eficiente. Para campos de colectores grandes, las ganancias específicas del sistema disminuyen, a causa de que el caudal másico que los atraviesa debe disminuirse en los días más soleados, provocando una disminución de la eficiencia. Con este sistema y perfil de carga, la fracción solar normal para España sería de 25% al 35%, mientras que en países centroeuropeos es razonable un 15 o 20%.

## 5 Aspectos económicos y ayudas

Los análisis económicos de las instalaciones solares industriales van a depender fundamentalmente de cuatro factores:

- Los costes de inversión unitarios, que se reducen para instalaciones de mayor tamaño por la economía de escala, lo que favorece a las grandes instalaciones industriales.
- La eficiencia del sistema a lo largo de su vida útil, que dependerá de los componentes elegidos, el diseño de la instalación, la ejecución de la propia instalación y su adecuada operación y mantenimiento.
- El coste de la energía convencional sustituida, junto con la eficiencia en su generación y distribución hasta el punto de sustitución (el punto donde el sistema solar cede su energía).
- Las posibles ayudas públicas directas (subvenciones) y financiaciones existentes.

Otro aspecto a considerar para conocer la viabilidad económica de una instalación solar es la disponibilidad de suministros energéticos. Normalmente, en grandes poblaciones o núcleos cercanos a las redes de gas existe suministro de dicho combustible, mientras que en poblaciones menores o en determinados polígonos puede no existir. El gas natural para industrias tiene un coste normalmente bajo comparado con otras fuentes de energía convencionales (gasóleo o electricidad) por lo que normalmente los periodos de recuperación de la inversión solar frente al gas son largos.

Las inversiones en instalaciones solares con colectores planos se sitúan normalmente en el rango de 650 a 850 €/m<sup>2</sup>, en función del tamaño de la instalación, equipos y componentes elegidos, y calidad y garantías de los suministradores e instaladores.

Al realizar una inversión en una instalación renovable, es conveniente solicitar varios presupuestos a empresas solares especializadas de la propia Comunidad Autónoma, ya que podrán ofrecerle un servicio de asistencia técnica cercano, resolviendo cualquier contratiempo en el menor tiempo posible. Para conocer empresas del sector, pueden visitar la web de la asociación de la industria solar térmica ([www.asit-solar.org](http://www.asit-solar.org)).

En cuanto a las ayudas públicas, las Comunidades Autónomas publican anualmente su Programa de Ayudas para las energías renovables. En particular, los programas apuesta por la energía solar térmica mediante la concesión de subvenciones (a fondo perdido), que pueden variar en función de los criterios de cada región. Normalmente la ayuda se sitúa entre el 20 y el 50%.

## 6 Ejemplo

A continuación se presenta una instalación de energía solar térmica de 42,42 kW para agua caliente industrial en la fábrica de embutidos en Cardeñadizo (Burgos). La instalación incluye 30 captadores solares térmicos de 2,02 m<sup>2</sup>, un interacumulador de 2.500l. para ACI, un intercambiador de calor para ACI, 4 bombas circuladoras, trazado hidráulico con componentes necesarios, y sistema de regulación y control.



**Figura 24. Captadores Solares**

La instalación cuenta con un sistema de captación formado por 30 captadores agrupados en baterías de captadores unidos en paralelo, resultando una superficie total de captación útil de  $60,6 \text{ m}^2$ .

El sistema de acumulación solar de Agua Caliente Industrial estará constituido por dos acumuladores de 1.000 litros de capacidad que irán ubicados en la sala de máquinas. Estos acumuladores tienen un recubrimiento interno vitrificado de alta calidad alimentaria que soporta una temperatura de agua en continuo de  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Su aislamiento térmico es con espuma de poliuretano rígido inyectado de 75 mm. de espesor.

Para mas información sobre energía solar para procesos industriales en España puede contactar con:

ESCAN,S.A., At. Proyecto SOPRO

[escan@escansa.com](mailto:escan@escansa.com)

Tlf.: 913232643



Con el apoyo de:



*El contenido de esta publicación solo compromete a su autor y no refleja necesariamente la opinión de la Unión Europea. La Comisión Europea no es responsable de la utilización que se podrá dar a la información que figura en la misma.*