



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



Madrid
Ahorra
con Energía



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

MANUAL TÉCNICO DE ENERGÍA SOLAR PARA PROCESOS INDUSTRIALES

Manual técnico de energía solar para procesos industriales



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO

IDAE Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía



Medida de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España (2004/2012) puesta en marcha por la Comunidad de Madrid, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).



Manual técnico de energía solar para procesos industriales

Madrid, 2010



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid



www.fenercom.com



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundacion@fenercom.com

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellos se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta guía.

Depósito Legal: M. 47.954-2010

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.

28935 MÓSTOLES (Madrid)

Esta guía ha sido realizada por iniciativa de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

La elaboración técnica ha sido encomendada a la empresa Escan, S.A.



Índice

PRÓLOGO	9
1. INTRODUCCIÓN	11
2. USO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA INDUSTRIA	15
3. DETALLES DE LOS COMPONENTES	29
4. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES SOLARES	49
5. MONTAJE Y MANTENIMIENTO	69
6. ENERGÍA SOLAR APLICADA A PROCESOS BÁSICOS	85
7. ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS	117
8. EMPRESAS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS SOLARES	133
9. INSTALACIONES SOLARES EN INDUSTRIAS ESPAÑOLAS: EJEMPLOS	147
ANEXO I: <i>CHECKLIST</i> PARA INDUSTRIAS	199
ANEXO II: FORMULARIO PARA TOMA DE DATOS	203
ANEXO III: CONTRATO TIPO ESE SOLAR	207
ANEXO IV: DEFINICIONES	215
BIBLIOGRAFÍA	223



P

RÓLOGO

Todo el mundo asume que el principal escollo para el desarrollo futuro, tanto de los países ricos como, sobre todo, de los que aún no lo son, es precisamente el elemento clave de dicho desarrollo: **la energía**.

Aunque el petróleo, el carbón y el gas natural continuarán siendo la fuente de una parte importante de la energía mundial y de la Unión Europea hasta bien entrado el siglo **xxi**, existe un creciente consenso sobre el hecho de que nos estamos adentrando en un periodo en el que el coste total de nuestra adicción a los combustibles fósiles está empezando a actuar como un lastre para la economía global.

En esta era de penumbras, los países están esforzándose por garantizar que las actuales reservas de combustibles fósiles se utilizan de una forma más eficiente y están experimentando con tecnologías de energía limpia para limitar las emisiones de dióxido de carbono procedentes del uso de combustibles convencionales.

La Unión Europea, en particular, está exigiendo a los Estados miembros que aumenten su eficiencia energética en un 20% para el año 2020 y reduzcan sus emisiones perjudiciales globales en un 20% (respecto a los niveles de 1990), también para 2020.

Pero una mayor eficiencia en el uso de combustibles fósiles y la reducción obligatoria de las emisiones de gases de efecto invernadero, por sí solas, no bastan para abordar adecuadamente la crisis del calentamiento global y del pico mundial de la producción de petróleo y de gas.

Con vistas al futuro, los gobiernos tendrán que explorar nuevos caminos energéticos y establecer nuevos modelos económicos dando paso a lo que se ha venido a denominar la Tercera Revolución Industrial post-CO₂.

Tal y como propugna Jeremy Rifkin, Presidente de la Fundación de Tendencias Económicas en Washington, la creación de un sistema de energía renovable captada por los edificios, parcialmente almacenada en forma de hidrógeno y distribuida a través de redes inteligentes, abre la puerta a la citada Tercera Revolución Industrial y debería tener un efecto multiplicador de la economía en el siglo **xxi** tan grande como la convergencia de





Manual técnico de energía solar para procesos industriales

la imprenta con la maquinaria alimentada con carbón y vapor en el siglo XIX, y el advenimiento simultáneo de los métodos eléctricos de comunicación, el petróleo y el motor de combustión interna en el siglo XX.

Con el objeto de que tanto los industriales como los ingenieros y técnicos del ámbito solar dispongan de un instrumento para abordar los estudios de viabilidad en energía solar térmica para procesos productivos, la Consejería de Economía y Hacienda, a través de la Dirección General de Industria, Energía y Minas y la Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid, elabora este *"Manual Técnico de Energía Solar para Procesos Industriales"*.

El Manual está dirigido a personal técnico titulado del sector industrial, ingenieros proyectistas de instalaciones solares, organizaciones tecnológicas y de investigación y, en general, a profesionales relacionados con aspectos técnicos de las instalaciones solares térmicas.

Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas
Consejería de Economía y Hacienda
Comunidad de Madrid

1

INTRODUCCIÓN



La tecnología solar térmica es una parte fundamental de la estrategia de la Unión Europea desde finales de los años noventa. Tal y como se expresa en el "Libro Blanco: Energía para el futuro – recursos energéticos renovables" [COM(97) 599 final] y en el "Libro Verde de seguridad del suministro" (2000), el objetivo es alcanzar 100 millones de m² de colectores solares para el 2010 en la Unión Europea de los 15.

Posteriormente, la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energías renovables para la Unión Europea de los 27, establece ampliar la integración de las energías renovables y asigna a España un objetivo del 20% para 2020 procedente de fuentes renovables.

La energía solar contribuye de forma significativa a los principales logros de las políticas energéticas europeas que se dirigen hacia la seguridad del suministro energético mediante la reducción del uso de los combustibles fósiles importados, la lucha contra el cambio climático a través de tecnologías libres de emisiones de CO₂ y el incremento de la competitividad de la economía. En particular, el incremento del coste de la energía en los últimos años hace incluso más atractivo el uso de los sistemas solares térmicos.

En España, el mercado de la energía solar térmica ha tenido un desarrollo positivo durante el período 2003-2008, hasta la llegada de la crisis de mediados de 2008, que afectó seriamente a uno de los principales usuarios del país, el sector de la construcción. En 2009, las instalaciones solares sumaban 2.112.000 m², cifra sensiblemente inferior a las previsiones del Plan de las Energías Renovables (PER) 2005-2010, que preveía cerca de 5.000.000 m² para 2010.

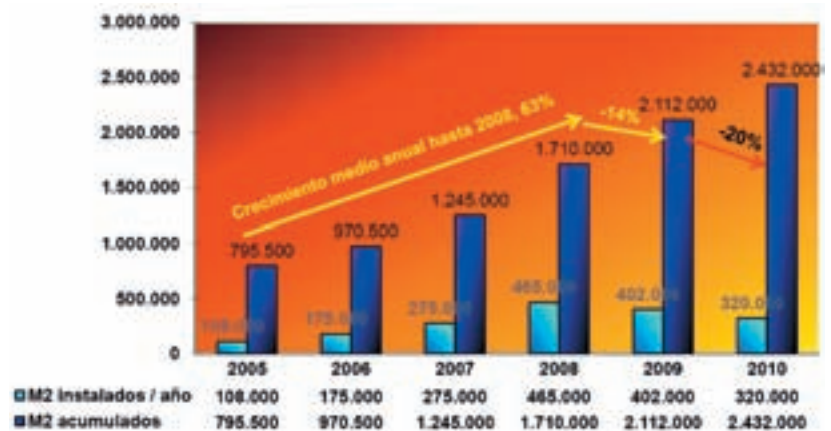


Figura 1.1. Energía solar térmica instalada en España. (Fuente: ASIT).

En el contexto anterior, la HE4 del Código Técnico de la Edificación (2006), relativa a la contribución solar mínima obligatoria para la generación de agua caliente sanitaria, que aplica a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta, ha contribuido a la realización de instalaciones solares térmicas en la edificación, pero sin definir claramente la calidad de las mismas.

No obstante, el seguimiento de su correcto cumplimiento es igualmente difícil, ya que existen numerosas posibilidades de instalación y no es posible calibrar la calidad de todas ellas. Actualmente, se están modificando las tendencias con el objetivo de que se bonifique el kWh energético producido con solar térmica, frente a ayudas directas a instalaciones (en función del número de m² instalados), con lo que las instalaciones más eficientes y con mayor producción saldrían beneficiadas.

En relación con las instalaciones solares térmicas para la industria, se estima que existe un fuerte potencial para su desarrollo, pero es necesario poner en marcha nuevos programas de financiamiento dirigidos específicamente al sector industrial y crear un nuevo marco retributivo en función de la energía solar térmica generada.

La Comunidad de Madrid, por su parte, de acuerdo al vigente Plan Energético Regional (2004-2012), tiene como objetivo duplicar la ener-

gía generada anualmente por fuentes renovables, sobrepasando las 400 ktep/año al final del Plan. En lo referente a la energía solar térmica, esto se traduce en lograr una superficie instalada de 400.000 m² de colectores solares en el año 2012, para lo que debe duplicarse la superficie total instalada acumulada en 2009.

El potencial solar térmico de la Comunidad de Madrid es elevado, ya que los valores de irradiación anuales y la disponibilidad de numerosas cubiertas en edificaciones e industrias permiten ser optimistas en cuanto a la ejecución de nuevas instalaciones.

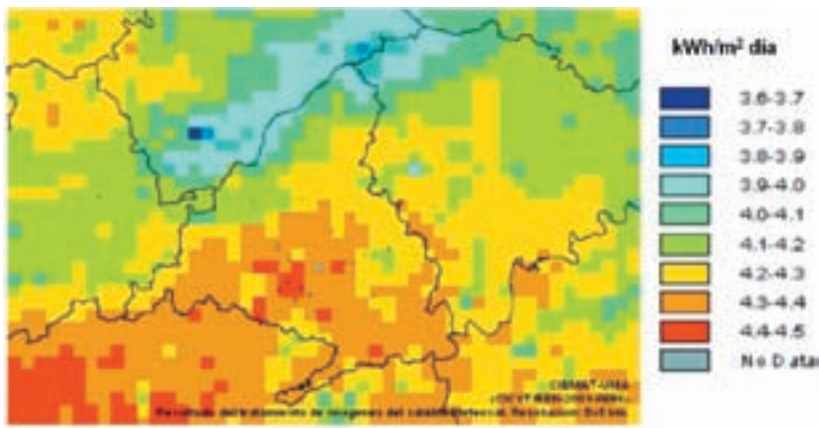


Figura 1.2. Datos de irradiación solar derivados de imágenes de satélite para la Comunidad de Madrid. (Fuente: CIEMAT).

2

USO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA INDUSTRIA



2.1. Consideraciones previas

En una primera evaluación de los sectores industriales de mayor interés, pueden considerarse prioritarias aquellas industrias que posean un consumo energético térmico constante a lo largo del año, en particular con demanda en los meses de verano y temperatura de uso del fluido inferior a los 100 °C. Otras consideraciones para conocer la viabilidad de un proyecto solar, que se analizarán posteriormente en el documento, serán el coste del combustible actual, la disponibilidad de espacio para realizar la instalación de paneles y acumulación o incluso las políticas de la empresa en cuanto a la reducción de emisiones de gases contaminantes, como el CO₂.

Los sectores industriales de interés en la Comunidad de Madrid que cumplen estos requisitos son varios, destacando por su importancia el de la industria química, la fabricación de materiales de transporte y el de alimentación y bebidas.

Algunos de estos sectores presentan grandes consumos de energía térmica a temperaturas de uso inferiores a 65 °C, que permiten mejorar el rendimiento del sistema solar térmico. Los procesos que operan a temperaturas superiores a la indicada pueden ser también considerados, pero la viabilidad económica tiende a ser normalmente inferior debido a las características de la producción del agua caliente solar.

Debido a la actual situación económica española, no se espera la aparición de nuevas industrias o la expansión de las existentes para los próximos 3 o 4 años, por lo que se ha analizado el potencial solar en sectores industriales existentes en la región.



Las experiencias previas de estudios de eficiencia energética, como son diagnósticos energéticos y estudios desarrollados en la región por agentes del mercado, y la información proporcionada por las asociaciones industriales, permiten seleccionar las empresas industriales con mayor potencial para la instalación de colectores solares, sobre las que poder realizar un análisis de viabilidad.

2.2. Procesos industriales

2.2.1. Procesos industriales con demanda térmica

En la detección de procesos industriales con demanda térmica que justifique una instalación solar se describen, a título ejemplarizante, sistemas consumidores de los sectores industriales más relevantes en la Comunidad de Madrid. Dentro de cada sector se ha seleccionado un tipo de industria específica, con objeto de describir los procesos involucrados y exponer los correspondientes diagramas.

Los sectores industriales que disponen de mayor potencial son:

- Industria química.
- Fabricación de materiales o piezas metálicas.
- Industria alimentaria y bebidas.
- Plantas industriales de lavado y limpieza.

a) Industria química

Dentro de la industria química, puede considerarse como ejemplarizante una fábrica de productos cosméticos capilares, como pueden ser champús, lociones, geles, aerosoles o tintes. Estos productos se consumen en grandes cantidades en grandes superficies, comercios o para venta a salones de belleza y peluquerías.

Las materias primas son, básicamente, productos químicos cuyo uso no está relacionado normalmente con el mes o estación del año, sino que fluctúa en función de los parámetros de demanda anuales.

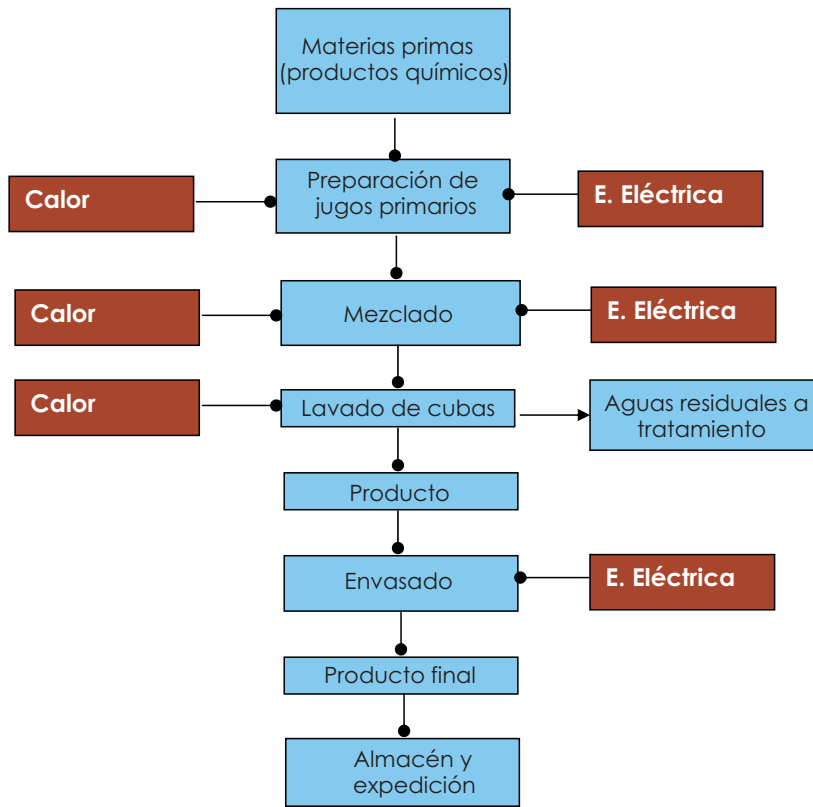


Figura 2.1. Fabricación de productos químicos.

En estas plantas existen numerosos procesos que exigen calentamiento. Para ello, se genera normalmente vapor mediante una caldera que, posteriormente, cede el calor a través de intercambiadores, obteniendo fluidos a menor temperatura. En las industrias químicas el calor puede utilizarse para conformar la materia prima, para el calentamiento de cubas y depósitos, para el calentamiento de agua desmineralizada, para el calentamiento de productos intermedios y también para agua de lavado. Algunos de estos procesos exigen de intercambiador de calor, mientras que otros consumen directamente el vapor.

En el caso de consumo de agua, la cantidad utilizada puede ser de cientos o miles de m³/mes a temperaturas que se sitúan normalmente de entre 40 y 80 °C. La acumulación se realiza a temperaturas superiores, ya que deben considerarse las pérdidas en los conductos de transporte y en la propia acumulación.





b) Fabricación de materiales o piezas metálicas

La fabricación de materiales o piezas metálicas se produce en empresas industriales donde normalmente predomina el consumo eléctrico. No obstante, existen diversos procesos donde el gasto térmico también es notable, como son los procesos de pintura (hornos) y los baños dedicados a tratamientos que otorgan propiedades a las piezas. En este caso, se ha considerado una empresa dedicada a la fabricación de piezas metálicas y fabricación de elementos auxiliares del automóvil.

En este tipo de plantas se genera el calor mediante calderas de vapor o agua sobrecalentada que pasa al proceso mediante intercambiadores, y también se precisa de calor directo para hornos generado a través de quemadores. El consumo es normalmente estable a lo largo del año, ya que no suele existir temporalidad en este tipo de productos.

Las temperaturas dedicadas a los baños se sitúan normalmente entre los 30 y los 85 °C por lo que, en el rango de temperaturas inferior, es posible analizar la aplicación de sistemas solares térmicos.

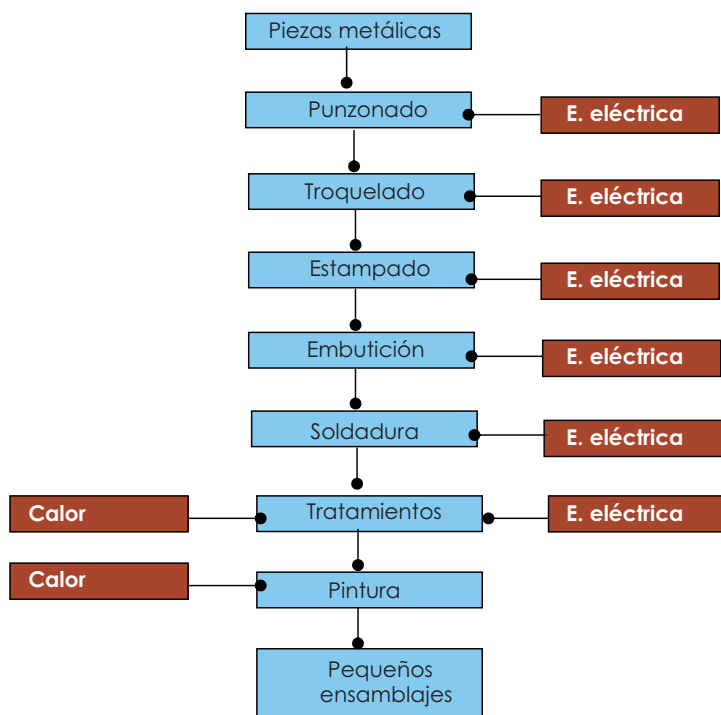


Figura 2.2. Fabricación de materiales y piezas metálicas.



Foto 2.1. Proceso de baño industrial.



c) Alimentación y bebidas

El sector de alimentación y bebidas comprende un gran número de industrias y procesos, por lo que se han seleccionado dos subsectores con alta replicabilidad.

Mataderos e industrias cárnicas

Los mataderos y las industrias cárnicas se presentan como subsector de elevado interés para la aplicación de soluciones solares térmicas. Las industrias cárnicas son, en su mayor parte, industrias transformadoras de pequeña dimensión. Una gran parte de las mismas realizan el ciclo completo (matadero, despiece, frío, secaderos y bodegas de añejamiento), si bien puede suceder que mataderos e industrias se hallen separados. En este último caso, imperan los mataderos especializados, muy modernos, de carácter municipal o privado.

La producción de calor se realiza normalmente mediante calderas de agua caliente o agua sobrecalentada, ya que no se precisa de temperaturas de proceso elevadas. El proceso de escaldado necesario



para la eliminación de pieles, los procesos de lavado continuado de las piezas o los lavados de las maquinarias de producción, que se realiza diariamente, permiten considerar el uso de la energía solar. Estos procesos necesitan temperaturas para el agua de 40 a 70 °C normalmente, temperaturas muy razonables para su sustitución.

También son de especial interés los criaderos de aves para consumo, donde es necesario aportar calor en el proceso de las naves de cría.

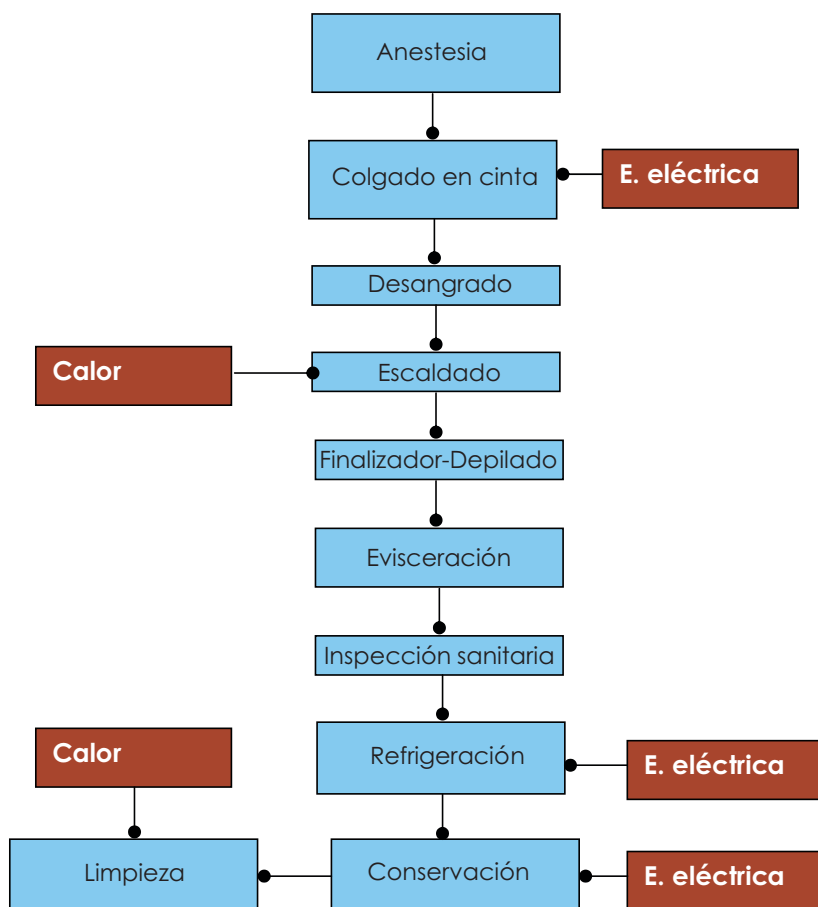


Figura 2.3. Matadero e industrias cárnicas.

Planta de embotellado

En las plantas de embotellado se produce energía térmica fundamentalmente en procesos de limpieza de las botellas, latas o envases, y de

sus cajones de transporte. El calor se genera normalmente mediante una caldera de agua caliente o agua sobrecalentada, consumiéndose parte del agua en los procesos indicados y recuperándose parte de ésta (o de su calor).

En las plantas de embotellado, el calor puede ser utilizado para conformar la materia prima, para el calentamiento de cubas y depósitos, para el calentamiento de agua desmineralizada, para el calentamiento de productos intermedios y también para agua de lavado. Algunos de estos procesos exigen de intercambiador de calor, mientras que otros consumen directamente el agua caliente.

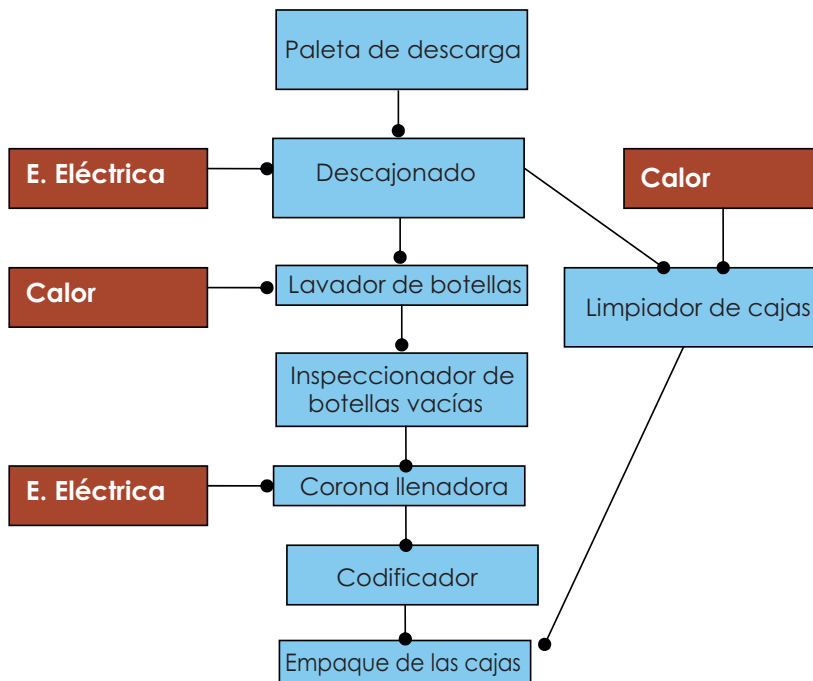


Figura 2.4. Planta de embotellado.

d) Lavanderías industriales, túneles de lavado de vehículos y áreas de lavado de contenedores

Existen numerosos procesos, normalmente de menor tamaño que los indicados en apartados anteriores, que disponen de un alto potencial para el uso de la energía solar térmica. Su ventaja reside en que utilizan directamente agua caliente para un proceso de lavado o limpie-



za y que pueden disponer incluso de un sistema de recuperación de agua o calor que mejore la eficiencia.

Algunas de las aplicaciones de lavado o limpieza con un elevado potencial son:

- **Lavanderías industriales.** Las lavanderías industriales precisan de agua caliente para el lavado de tejidos provenientes de hoteles, residencias, restaurantes, etc. Estas máquinas consumen de 100 a 1.000 litros de agua por lavado y su consumo energético depende del programa de lavado. Las máquinas de lavado generan normalmente el agua caliente a partir de resistencias eléctricas situadas en su interior, con una potencia de varios kilovatios. Estas resistencias consumen cantidades importantes de energía y aumentan sensiblemente la necesidad de contratación de potencia eléctrica.



Foto 2.2. Lavadoras industriales.

- **Túneles de lavado de vehículos.** Los túneles de lavado tienen un consumo de agua caliente elevado para la limpieza de vehículos. Un sistema convencional puede consumir entre 50 y 100 litros de agua por vehículo, por lo que las necesidades energéticas son importantes.



Foto 2.3. Túnel de lavado.

- **Plantas de lavado de contenedores y cajas.** Los contenedores y cajas son elementos utilizados en numerosas aplicaciones que precisan de una labor de lavado y mantenimiento en varias ocasiones. Además de las industrias químicas y de alimentación, ya descritas, también se utilizan en industrias del sector del automóvil, tintes y pinturas, o en la recogida y tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU). Las plantas de lavado permiten la limpieza de contenedores, palets, cajas, cisternas o bidones, con un consumo de energía térmica elevado, necesario para calentar el agua.



Foto 2.4. Contenedor.





2.2.2. Diagnósticos energéticos solares

Para la verificación de las oportunidades existentes en los procesos industriales indicados en el apartado anterior, se han realizado diagnósticos energéticos solares en las propias industrias (un análisis preliminar de la viabilidad técnica y económica de instalaciones solares térmicas para calor de proceso en las industrias) con objeto de conocer las aplicaciones (procesos o subprocesos) más favorables.



Foto 2.5. Industrias con mayor potencial.

Algunos de los principales procesos para el uso de energía solar térmica son:

- **Pasteurización.** Proceso donde el calor del agua caliente solar se intercambia durante un periodo de tiempo breve en algún producto alimenticio.
- **Limpieza.** Proceso donde los equipos y maquinarias se limpian por razones de higiene.
- **Limpieza química.** Proceso de limpieza pero que incluye componentes químicos en el baño.
- **Lavado de materia.** Procesos donde la materia prima se lava por razones de proceso.
- **Lavado de depósitos.** Lavado de los envases de productos.
- **Baños de proceso.** Proceso donde algún material se introduce en un baño para obtener ciertas propiedades.
- **Escaldado.** Proceso donde un producto se calienta durante unos minutos para obtener ciertas propiedades en su exterior.

- **Calentamiento de depósitos.** Proceso donde un depósito precisa de calor para mantener un cierto producto caliente.
- **Calentamiento de naves.** Proceso que permite mantener unas condiciones de temperatura en naves industriales, normalmente para procesos de secado o criaderos de animales.

Los diagnósticos preliminares de las instalaciones industriales presentan algunos resultados de interés común desde el punto de vista técnico-económico, que se resumen a continuación:

1. La demanda de calor es altamente variable en los procesos, desde 40.000 kWh/año a 1.200.000 kWh/año, por tanto este parámetro no es determinante para decidir sobre la viabilidad de una aplicación solar. El calor que podría generarse con el sistema solar sería de un 65 a un 75% de la demanda energética total para el proceso.
2. De acuerdo al punto anterior, los paneles solares a instalar pueden variar desde 30 a 1.300 m², por lo que el sistema solar puede ser recomendable en tamaños muy diversos.
3. El coste del sistema solar, considerando todos los componentes, podría variar entre 500 y 800 €/m² dependiendo fundamentalmente de la situación actual del sistema generador de energía térmica y del tamaño de la instalación solar propuesta. La inversión se recupera en períodos igualmente variables, considerando los factores anteriores, junto con el coste de la energía convencional sustituida y los trabajos necesarios para adaptar el proceso e instalaciones actuales al sistema solar.



Foto 2.6. Instalación solar industrial.



En la realización de los diagnósticos también se recogen los intereses y opiniones de los agentes del mercado, es decir, de las empresas solares y sus asociaciones, empresas industriales y sus asociaciones, instaladores, ingenierías y consultorías, etc. Algunas de las citas destacadas, que aportan un valor añadido al conocimiento del sistema solar térmico para industrias son las siguientes:

- “Un proyecto de instalación solar térmica tiene un período de desarrollo de 12 a 24 meses, desde el primer contacto con el usuario interesado hasta que el proyecto se finaliza completamente.”
- “El sistema solar es preferentemente beneficioso cuando se eligen industrias de mayor consumo energético debido a la reducción en los costes unitarios. Por otro lado, las limitaciones financieras pueden reducir el tamaño final de la instalación deseada.”
- “Los usuarios prefieren soluciones integrales frente a soluciones que impliquen a un mayor número de empresas. Las instalaciones de mayor calidad y la integración en el proceso es necesaria, así como la operación y mantenimiento adecuados.”
- “Las Empresas de Servicios Energéticos (ESEs) pueden ofrecer soluciones preferentemente en instalaciones de, al menos, 100 colectores solares debido a la viabilidad económica de estos sistemas, considerando los productos financieros necesarios.”
- “Debe fomentarse la instalación solar que produce kilovatios-hora (kWh) y que es eficiente, no la superficie instalada.”

2.3. Selección de aplicaciones prioritarias

Las aplicaciones de energía solar térmica que se han mostrado viables inicialmente, desde el punto de vista técnico y económico, han sido las dedicadas al calentamiento de baños en procesos de pintura, el lavado de depósitos y maquinaria, el lavado de productos de la alimentación, el lavado de envases para reutilización, el agua de alimentación para materias primas, la limpieza química de piezas metálicas y el calentamiento de depósitos, baños y naves.

Considerando los apartados anteriores y las conclusiones obtenidas de los estudios previos realizados, se han seleccionado tres aplicaciones prioritarias para un estudio detallado. Las principales caracterís-

ticas que se han tenido en cuenta para el análisis de estas aplicaciones han sido la temperatura demandada, las posibilidades de una integración sencilla con el sistema convencional y la replicabilidad en industrias de la región.

Los procesos básicos seleccionados que pueden ser más beneficiosos para la instalación de nuevos sistemas solares han sido:

- Proceso de lavado y limpieza: mataderos, limpieza de depósitos, industrias del sector transporte, preparación de materias primas, etc.
- Baños: metales, coches, camiones, etc.
- Calentamiento o precalentamiento de depósitos: camisas de depósitos en la industria química

Otra de las opciones donde es factible el uso de energía solar térmica es la reposición de agua en los sistemas de calentamiento generales (calderas).



3

DETALLES DE LOS COMPONENTES



3.1. Generalidades

Los materiales de la instalación deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse.

Así, todos los componentes y materiales cumplirán lo dispuesto en el Reglamento de Aparatos a Presión, que les sea de aplicación.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos. En todos los casos, es aconsejable prever la protección catódica del acero.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Para procesos industriales, el diseño, cálculo, montaje y características de los materiales deberán cumplir los requisitos establecidos por el proceso industrial.

También se debe tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que puedan estar expuestos a agentes exteriores especialmente agresivos producidos por procesos industriales cercanos.

3.2. Captadores solares

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del



fluido en contacto con él está comprendido entre 7,2 y 7,6. Absorbedores de hierro no son aptos.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m² será inferior a 1 m.c.a.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro superior a 4 mm, situado en la parte inferior, de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

3.3. Acumuladores

Cuando el acumulador lleve incorporado una superficie de intercambio térmico entre el fluido primario y el secundario, en forma de serpentín o camisa de doble envolvente, se denominará interacumulador.

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará, además, los siguientes datos:

- Superficie de intercambio térmico en m².
- Presión máxima de trabajo del circuito primario.

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica con los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.

- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio), o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica o anticorrosiva establecida por el fabricante para garantizar su durabilidad.

Todos los acumuladores se protegerán, como mínimo, con los dispositivos indicados en el punto 5 de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP-11 del Reglamento de Aparatos a Presión (Orden 11764 de 31 de mayo de 1985 - BOE número 148 de 21 de junio de 1985).

Al objeto de estas especificaciones, podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

- Acumuladores de acero vitrificado.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable, adecuados al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y cumplan las normas UNE que le sean de aplicación
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo).





3.4. Intercambiadores de calor

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular, se prestará especial atención a los intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas, por un lado, a la presión y, por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

En ningún caso se utilizarán interacumuladores con envoltorio que dificulten la convección natural en el interior del acumulador.

Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo.

Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

El diseño del intercambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

El fabricante del intercambiador de calor garantizará un factor de ensuciamiento menor al permitido en los Criterios de Dimensionado y Cálculo de Instalaciones de Energía Solar Térmica.

Los tubos de los intercambiadores de calor tipo serpentín sumergidos en el depósito tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada, para instalaciones por circulación forzada. En instalaciones por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de una pulgada.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de lo que los siguientes criterios especifican:

- Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debi-



do al intercambiador de calor no debería exceder el 10% (en valor absoluto).

- Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.
- Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no debería ser menor de $40 \text{ W}/(\text{Km}^2)$.

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 m.c.a., tanto en el circuito primario como en el secundario.

El factor de ensuciamiento del intercambiador de calor no será inferior al especificado en la Tabla 3.1 para cada tipo de agua utilizada como fluido de trabajo.

TABLA 3.1. Factor de ensuciamiento.

circuitos de consumo	$\text{m}^2\text{k/w}$
Agua blanda y limpia	0,0006
Agua dura	0,0012
Agua muy dura y/o sucia	0,0018
Circuitos cerrados	0,0008

3.5. Bombas de circulación

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo, o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea. En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y, en general, con el fluido de trabajo utilizado. Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.



Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito. La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

Cuando todas las conexiones son en paralelo, el caudal nominal será igual al caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores conectados en paralelo. La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores dados en la Tabla 3.2.

TABLA 3.2. Potencia eléctrica parásita.

sisTema	PoTenc iA eLéc Tr íc A de LA Bo mBA
Sistemas pequeños	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
Sistemas grandes	1% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje.

La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

3.6. Tuberías

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas. En el circuito secundario podrán utilizarse otros materiales en función del proceso o procesos a los que se aporte la energía. Podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización en ese proceso.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153), y no se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.

Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discorra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

Las pérdidas térmicas globales del conjunto de conducciones no superarán el 4% de la potencia máxima que transporten.

Todas las redes de tuberías deben diseñarse de tal manera que puedan vaciarse de forma parcial y total, a través de un elemento que tenga un diámetro nominal mínimo de 20 mm.

3.7. Válvulas

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- Para seguridad: válvulas de resorte.





- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta o de clapeta.

El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanqueidad al cierre de las válvulas para las condiciones de servicio especificadas.

El volante y la palanca deben ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual con la aplicación de una fuerza razonable, sin la ayuda de medios auxiliares. El órgano de mando no deberá interferir con el aislamiento térmico de la tubería y del cuerpo de la válvula.

Las superficies del asiento y del obturador deben ser recambiables. La empaquetadura debe ser recambiable en servicio, con válvula abierta al máximo, sin necesidad de desmontarla.

Las válvulas roscadas y las de mariposa serán de diseño tal que, cuando estén correctamente acopladas a las tuberías, no tengan lugar interferencias entre la tubería y el obturador.

En el cuerpo de la válvula irán troquelados la presión nominal, P_n , expresada en bar o kp/cm^2 , y el diámetro nominal, D_n , expresado en mm o pulgadas, al menos cuando el diámetro sea igual o superior a 25 mm.

La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 kp/cm^2 .

Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas, y en ningún caso inferiores a 12 mm.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio y, en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable.
- Obturador de goma sintética.

Los purgadores automáticos resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito.

3.8. Vasos de expansión

3.8.1. Vasos de expansión abiertos

Los vasos de expansión abiertos se construirán soldados o remachados, en todas sus juntas, y reforzados para evitar deformaciones, cuando su volumen lo exija.

El material y tratamiento del vaso de expansión será capaz de resistir la temperatura máxima de trabajo.

El volumen útil del vaso de expansión abierto se determinará de forma que sea capaz de absorber la expansión completa del fluido de trabajo entre las temperaturas extremas de funcionamiento. El nivel mínimo libre de agua de los vasos de expansión abiertos se situará a una altura mínima de 2,5 m sobre el punto más alto de la instalación.

Los vasos de expansión abiertos tendrán una salida de rebosamiento. Cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación automática, mediante sistemas tipo flotador o similar.

La salida de rebosamiento se situará de forma que el incremento del volumen de agua antes del rebose sea igual o mayor que un tercio del volumen del depósito. Al mismo tiempo, permitirá que, con agua fría, el nivel sea tal que al incrementar la temperatura de agua en el





sistema a la temperatura máxima de trabajo, no se produzca derrame de la misma.

En ningún caso la diferencia de alturas entre el nivel de agua fría en el depósito y el rebosadero será inferior a 3 cm. Así mismo, el diámetro del rebosadero será igual o mayor al diámetro de la tubería de llenado. En todo caso, el dimensionado del diámetro del rebosadero asegurará que, con válvulas de flotador totalmente abiertas y una presión de red de 4 kp/cm², no se produzca derramamiento de agua.

La capacidad de aforo de la válvula de flotación, cuando se utiliza como sistema de llenado, no será inferior a 5 l/min. En todo caso, el diámetro de la tubería de llenado no será inferior a 1/2 pulgada o 15 mm.

El flotador del sistema de llenado resistirá, sin deterioro, la temperatura máxima de trabajo durante 48 horas.

3.8.2. Vasos de expansión cerrados

La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Los datos que sirven de base para la selección del vaso son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4 °C, a la que corresponde la máxima densidad.
- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.
- Presiones mínima y máxima de servicio, en bar, cuando se trate de vasos cerrados.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal, que son los datos que definen sus características de

funcionamiento. Los vasos de expansión cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y estarán debidamente timbrados.

La temperatura extrema del circuito primario será, como mínimo, la temperatura de estancamiento del captador, mientras que el volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3% del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a $1,5 \text{ kp/cm}^2$ y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

El dispositivo de expansión cerrado del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

Cuando el medio de transferencia de calor pueda evaporarse bajo condiciones de estancamiento, hay que realizar un dimensionado especial del volumen de expansión. Además de dimensionarlo como es usual en sistemas de calefacción cerrados (la expansión del medio de transferencia de calor completo), el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, más un 10%.

3.9. Aislamientos

El espesor mínimo del aislamiento de los acumuladores será el que corresponda a las tuberías de más de 140 mm de diámetro, mientras que el espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 30 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores que aparecen en la Tabla 3.3.





TABLA 3.3. Espesores de aislamiento.

f Luido i n T e r i o r c A l i e n T e			
diá m e t r o e x T e r i o r (m m) (*)	T e m P e r A t u r A d e l f L u i d o (° C) (**)		
	40 A 60	61 A 100	101 A 180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

(*) Diámetro exterior de la tubería sin aislar.

(**) Se escoge la temperatura máxima de red.

Para tuberías y accesorios situados al exterior, los valores de la Tabla 3.3 se incrementarán en 10 mm como mínimo. Para materiales con conductividad térmica distinta de 0,04 W/(mK), el espesor mínimo e (en mm) que debe usarse se determinará, en función del espesor de referencia e_{ref} (en mm) de la Tabla 3.3, aplicando las siguientes fórmulas:

- Aislamiento de superficies planas:

$$e = e_{ref} \lambda / \lambda_{ref}$$

- Aislamiento de superficies cilíndricas:

$$e = \frac{D_i}{2} \left[\exp \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \ln \frac{D_i + 2 e_{ref}}{D_i} \right) - 1 \right]$$

donde e es el espesor del aislamiento buscado, e_{ref} es el espesor de referencia, D_i es el diámetro interior de la sección circular, "exp" es la función exponencial (e^x), y λ y λ_{ref} son las conductividades térmicas respectivas. λ_{ref} tiene como valor 0,04. El valor de la conductividad térmica a introducir en las fórmulas anteriores debe considerarse a la temperatura media de servicio de la masa del aislamiento.

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurren por el exterior, se terminará con pintura asfáltica u otra protección de características equivalentes.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio. En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

3.10. Purga de aire

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos, considerando que los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de circulación.

Si el sistema está equipado con líneas de purga, deberán ser colocadas de tal forma que no se puedan helar y no se pueda acumular agua en las líneas. Los orificios de descarga deberán estar dispuestos de tal forma que el vapor o el medio de transferencia de calor que salga por las válvulas de seguridad no cause ningún riesgo a las personas, materiales o medio ambiente.

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y, en cualquier caso, hasta 130 °C.

En el trazado del circuito deberá evitarse, en lo posible, los sifones invertidos, pero, cuando se utilicen, se situarán sistemas similares a los descritos en párrafos anteriores en el punto más desfavorable del sifón.





3.11. Sistema de llenado

Los sistemas con vaso de expansión abierto podrán utilizarlo como sistema de llenado. Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general, es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, que será de especial interés cuando exista riesgo de heladas.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

3.12. Sistema eléctrico y de control

El sistema eléctrico y de control cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) en todos aquellos puntos que sean de aplicación. Los cuadros serán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

El usuario estará protegido contra posibles contactos directos e indirectos.

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema de funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre -10°C y 50°C , y el tiempo mínimo

entre fallos especificados por el fabricante del sistema de control diferencial no será inferior a 7.000 horas. Los sensores de temperatura soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en el que se ubiquen.

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la que hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de sondas de inmersión, se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que les rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.

Preferentemente, las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

3.13. Sistema de monitorización

El sistema de monitorización realizará la adquisición de datos, al menos, con la siguiente frecuencia:

- Toma de medidas o estados de funcionamiento: cada minuto.
- Cálculo de medias de valores y registro: cada 10 minutos.
- Tiempo de almacenamiento de datos registrados: anual.

Las variables analógicas que deben ser medidas por el sistema de monitorización serán seis como mínimo, entre las cuales deberán estar las cuatro siguientes:

- Temperatura de entrada de agua fría.
- Temperatura de suministro de agua caliente solar.





Manual técnico de energía solar para procesos industriales

- Temperatura de suministro de agua caliente a consumo.
- Caudal de agua de consumo.

El sistema de monitorización registrará, con la misma frecuencia, el estado de funcionamiento de las bombas de circulación del primario y secundario, la actuación de las limitaciones por máxima o mínima y el funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Opcionalmente, el sistema de monitorización medirá, además, las siguientes variables:

- Temperatura de entrada a captadores.
- Temperatura de salida de captadores.
- Temperatura de entrada al secundario.
- Temperatura de salida del secundario.
- Radiación global sobre el plano de captadores.
- Temperatura ambiente exterior.
- Presión de agua en el circuito primario.
- Temperatura fría del acumulador.
- Temperatura caliente del acumulador.
- Temperaturas de salidas de varios grupos de captadores.
- Variables que permitan el conocimiento del consumo energético del sistema auxiliar.

El tratamiento de los datos medidos proporcionará, al menos, los siguientes resultados:

- Temperatura media de suministro de agua caliente al proceso.
- Temperatura media de suministro de agua caliente solar.
- Demanda de energía térmica diaria.

- Energía solar térmica aportada.
- Energía auxiliar consumida.
- Fracción solar media.
- Consumos propios de la instalación (bombas, controles, etc.).

Con los datos registrados se procederá al análisis de resultados y evaluación de las prestaciones diarias de la instalación. Estos datos quedarán archivados en un registro histórico de prestaciones.

3.14. Equipos de medida

3.14.1. Medida de temperatura

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, han de ser de inmersión y estar situadas a una distancia máxima de 5 cm del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura, deben introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

Como mínimo, han de instalarse termómetros en las conducciones de impulsión y retorno, así como a la entrada y a la salida de los intercambiadores de calor.

3.14.2. Medida de caudal

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnéticos, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo, de forma que la precisión sea igual o superior a $\pm 3\%$ en todos los casos.





Cuando exista un sistema de regulación exterior, éste estará precintado y protegido contra intervenciones fraudulentas.

Se suministrarán los siguientes datos dentro de la Memoria de Diseño o Proyecto, que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador.
- Temperatura máxima del fluido.
- Caudales:
 - En servicio continuo.
 - Máximo (durante algunos minutos).
 - Mínimo (con precisión mínima del 5%).
 - De arranque.
- Indicación mínima de la esfera.
- Capacidad máxima de totalización.
- Presión máxima de trabajo.
- Dimensiones.
- Diámetro y tipo de las conexiones.
- Pérdida de carga en función del caudal.

Cuando exista, el medidor se ubicará en la entrada de agua fría del acumulador solar.

3.14.3. Medida de energía

Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:

- Contador de caudal de agua, descrito anteriormente.

- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

En función de la ubicación de las dos sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo. Para medir el aporte de energía auxiliar, las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas, con una duración de servicio mínima de 3 años.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía aportada.

3.14.4. Medida de presión

Las medidas de presión en circuitos de líquidos se harán con manómetros equipados con dispositivos de amortiguación de las oscilaciones de la aguja indicadora.

El equipamiento mínimo de aparatos de medición será el siguiente:

- Vasos de expansión: un manómetro.
- Bombas: un manómetro para la lectura de la diferencia de presión entre aspiración y descarga de cada bomba.
- Intercambiadores de calor: manómetros a la entrada y a la salida.



4

DISEÑO DE LAS INSTALACIONES SOLARES



4.1. Dimensionado y cálculo

4.1.1. Datos de partida

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por las condiciones de uso y las condiciones climáticas.

Las condiciones de uso son función de la demanda energética asociada a la instalación, según los diferentes tipos de consumo.

Para aplicaciones industriales de agua caliente sanitaria (lavados, limpieza, reposiciones, etc.) sin recuperación posterior de la energía ni del agua, la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente.

Para otras aplicaciones de uso industrial se tendrá en cuenta la demanda energética y la potencia necesaria, realizándose un estudio específico y pormenorizado de las necesidades, definiendo claramente si es un proceso discontinuo o continuo y el tiempo de duración del mismo.

Para instalaciones combinadas se realizará la suma de las demandas energéticas sobre base diaria o mensual, aplicando si es necesario factores de simultaneidad.

En cuanto a las condiciones climáticas, son función de la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.



A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por Censolar, recogidas en distintas publicaciones.

4.1.2. Dimensionado básico

El dimensionado básico de las instalaciones se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar.

Con objeto de realizar una instalación eficiente, el dimensionado básico de una instalación para cualquier aplicación industrial o comercial, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110% de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100%. A estos efectos, y para industrias de un marcado carácter estacional, no se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año, aunque se preverá un sistema de protección de la instalación con objeto de mantener el sistema seguro durante los meses de menor consumo.

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma. En caso de sistemas de refrigeración por absorción, se refiere a la producción de la energía solar térmica necesaria para el sistema de refrigeración.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

- Fracción solar mes "x" = (Energía solar aportada el mes "x" / Demanda energética durante el mes "x") $\times$ 100.
- Fracción solar año "y" = (Energía solar aportada el año "y" / Demanda energética durante el año "y") $\times$ 100.
- Rendimiento medio año "y" = (Energía solar aportada el año "y" / Irradiación incidente año "y") $\times$ 100.
- Irradiación incidente año "y" = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año "y".

- Irradiaciones incidentes en el mes "x" = Irradiación en el mes "x" × Superficie captadora.

El concepto de energía solar aportada el año "y" se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que, para su cálculo, nunca podrá considerarse más de un 100% de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida, podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Así mismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- Las fracciones solares medias mensual y anual.
- El rendimiento medio anual.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en el caso de agua caliente sanitaria industrial, se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que debe aportar a lo largo del periodo seleccionado y no en función de la potencia del generador (captadores solares). Por lo tanto, se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

donde A será el área total de los captadores, expresada en m², y V es el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros,





cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria, M .

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas, se deberá considerar el uso de relaciones V/A pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.

Para instalaciones de climatización, se dimensionará el volumen de acumulación para que se cubran las necesidades de energía demandada durante, al menos, una hora. De cualquier forma, se recomienda usar una relación de V/A entre 25 l/m^2 y 50 l/m^2 .

4.2. Diseño del sistema de captación

4.2.1. Generalidades

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia, según la legislación vigente. Para verificar este requisito, será necesaria la presentación de la certificación de los ensayos del captador realizados por un laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio. Así mismo, la información del captador podrá ser requerida por las autoridades competentes para la justificación de una financiación pública.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

4.2.2. Orientación, inclinación, sombras e integración

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo sean inferiores a los límites marcados en la Tabla 4.1. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

TABLA 4.1. Pérdidas.

	o r i e n T A c i ó n e i n c l i n A c i ó n (o i)	s o m B r A s (s)	T o T A L (o i + s)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Se considera la dirección sur como orientación óptima y la mejor inclinación, dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica.
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°.
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°.

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación.

4.2.3. Conexionado

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila, los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. Normalmente los fabricantes de paneles solares indican los tipos de conexiones óptimas para sus paneles, con objeto de mejorar su eficiencia.

La superficie de una fila de captadores conexionados en serie no será normalmente superior a 10 m². En caso de algunos usos industriales y





de refrigeración por absorción, si estuviese justificado, podrá elevarse a lo máximo permitido por el fabricante.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general, se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador.

En la Fig. 4.1 se pueden observar de forma esquemática las conexiones mencionadas en este apartado.

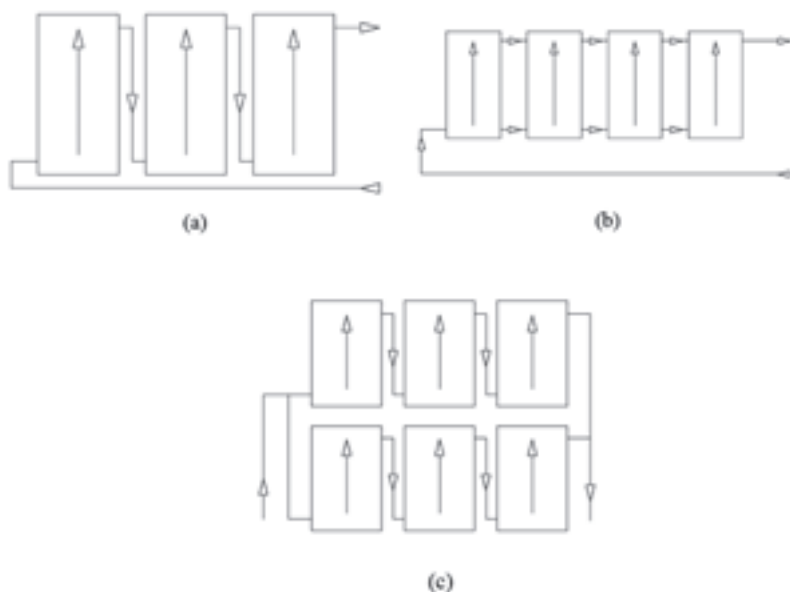


Figura 4.1. Conexión de captadores: a) En serie. b) En paralelo. c) En serie-paralelo.

4.2.4. Estructura soporte

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de s_k (carga de nieve) y v_m (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño, calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas.

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de s_k y v_m sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuadas, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante. Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

En instalaciones industriales, la colocación de captadores en cubiertas antiguas exige del conocimiento de sus características, en particular de la capacidad de soportar la carga del sistema de captación en las condiciones más desfavorables (máximo peso y condiciones climatológicas adversas). Para ello, es recomendable realizar un estudio de cargas por un ingeniero especialista.

4.3. Diseño del sistema de acumulación solar

4.3.1. Generalidades

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores. Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es muy recomendable la configuración vertical del depósito, siendo preferente que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de dos.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria industrial (A.C.S.), deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. En caso de generación de A.C.S. que pueda ser utilizada además por el personal de la industria (por ejemplo, para duchas), el sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60 °C y





hasta 70 °C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

Los acumuladores de los sistemas industriales deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

4.3.2. Situación de las conexiones

En este apartado se va a estudiar la situación de las tomas para las diferentes conexiones con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos.

Así, la conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.

La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como, por ejemplo, A.C.S. industrial, esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito acumulador, habrá que tener en cuenta sus niveles térmicos, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

Se recomienda que las entradas de agua de retorno de consumo estén equipadas con una placa deflectora en la parte interior, a fin de que la velocidad residual no destruya la estratificación en el acumulador o el empleo de otros métodos contrastados que minimicen la mezcla.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

4.3.3. Varios acumuladores

En el caso industrial, es normal la necesidad de varios acumuladores que, conjuntamente, sumen la capacidad de acumulación calculada para el sistema solar térmico. Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados, tal como se puede ver en la Fig. 4.2.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

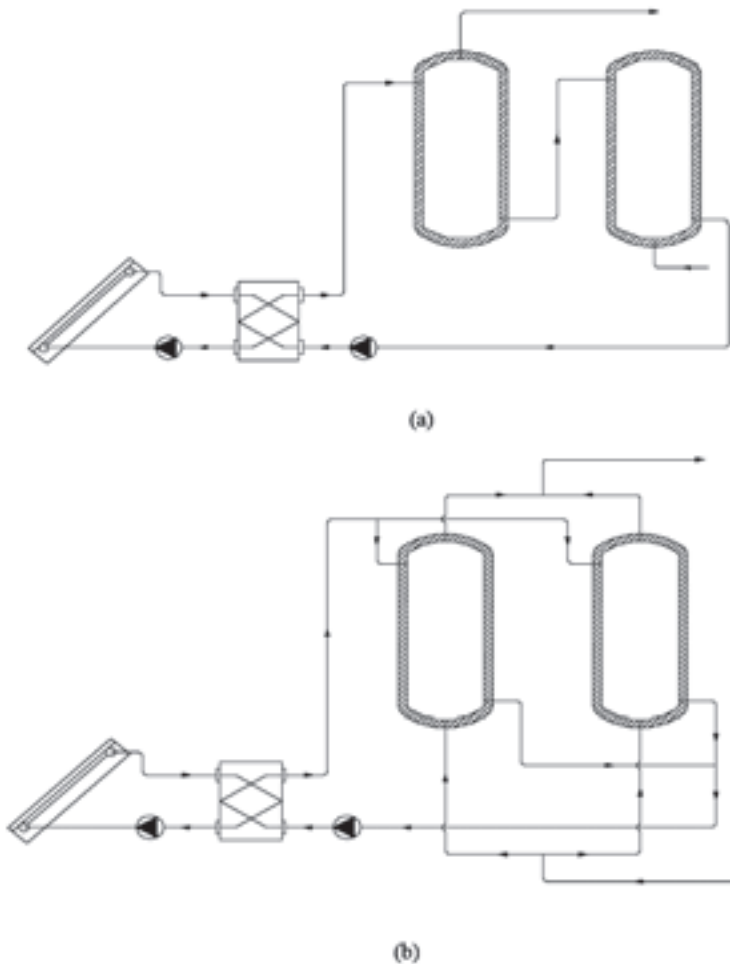


Figura 4.2. a) Conexión en serie invertida con el circuito de consumo. b) Conexión en paralelo con el circuito secundario equilibrado.



4.4. Diseño del sistema de intercambio

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente, P , en vatios, en función del área de captadores, A , en metros cuadrados, cumplirá la condición:

$$P \geq 500 A$$

El intercambiador independiente será normalmente de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente. El intercambiador sumergido podrá ser de serpentín o de haz tubular. La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación no debería ser inferior a 0,15.

En caso de aplicación para A.C.S. industrial, se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta las exigencias de la demanda en el punto más alejado de consumo.

4.5. Diseño del circuito hidráulico

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe controlarse mediante válvulas de equilibrado. En cualquier caso, se recomienda que los materiales del circuito cumplan lo especificado en ISO/TR 10217 en lo referente a corrosión interna.

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general. El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito. Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

En instalaciones industriales se montarán, al menos, dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso, se establecerá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba. Cuando no se cumpla el punto anterior, la altura a la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático.

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

4.6. Diseño del sistema de energía auxiliar

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar. Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica obtenida por efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas.





El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar.

Hay que considerar que las industrias pueden tener grandes superficies construidas, por lo que es recomendable que el sistema solar esté cerca del punto de consumo para que toda la energía renovable generada se aporte directamente sin incurrir en pérdidas. El sistema auxiliar aportará la fracción restante hasta cubrir el 100% de la demanda.

En el cálculo de la energía convencional sustituida deben considerarse aspectos como la eficiencia del sistema generador actual (caldera o sala de calderas), las pérdidas en la distribución y las pérdidas del aporte, si este último se realiza mediante un intercambiador (por ejemplo, intercambiador en un baño). De forma general, el aporte de energía solar sustituye a una cantidad sensiblemente superior de energía térmica convencional, es decir, un kilovatio-hora solar sustituye a más de un kilovatio-hora de gas o gasóleo. Puede considerarse, orientativamente, que la energía media entregada en un consumidor industrial por un sistema basado en gas es de un 70% en el punto del consumo (rendimiento global del 70%) y de un 60% para el gasóleo. Estos valores pueden calcularse con precisión a través de las fórmulas de cálculo existente y de valores de caudal, presión y temperaturas en calderas y conductos.

Las conexiones entre el sistema de producción y el sistema solar deben analizarse por un especialista en procesos industriales y energía solar térmica, ya que afectará a la eficiencia y buen funcionamiento de la instalación.

No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales en los que se prevean elevadas temperaturas en el acumulador solar y pueda ser precisa una reducción de las mismas. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que se evite la introducción de energía procedente de la fuente auxiliar en el acumulador solar.

En el caso de climatización, el termostato de control estará ajustado en función de la aplicación de frío o calor de forma automática o manual.

4.7. Diseño del sistema eléctrico y de control

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe).
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

Con independencia de que cumpla otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial, en los esquemas representado por MCD) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como, por ejemplo, ocurre en la acumulación distribuida. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7°C . La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2°C . De esta forma, el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Esto se puede realizar por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías todo o nada, bombas de circulación o por combinación de varios mecanismos.





Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

Cuando exista, el sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste está incorporado.

4.8. Diseño del sistema de monitorización

Para el caso de instalaciones industriales se recomienda disponer, al menos, de un sistema analógico de medida local que indique, como mínimo, las siguientes variables:

Opción 1:

- Temperatura de entrada de agua fría de red.
- Temperatura de salida del acumulador solar.
- Caudal de agua fría de red.

Opción 2:

- Temperatura inferior del acumulador solar.
- Temperatura de captadores.
- Caudal por el circuito primario.

El tratamiento de los datos permitirá calcular, al menos, la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

4.9. Particularidades del sistema de conexión al proceso

4.9.1. Conexión al proceso

En los sistemas de lavado/limpieza debe prestarse atención al sistema de acumulación solar, que debe conectarse al sistema de suministro de agua caliente mediante intercambiador. Esto se debe a tres aspectos fundamentales:

- **Legionela.** Cuando se almacena el agua para uso en el sector de alimentación (o también otros sectores donde el agua afecte a un proceso para consumo humano), ésta debe calentarse por encima de 60 °C una vez al día para prevenir la legionela.
- **oxidación.** En aquellos procesos industriales donde se utilicen temperaturas superiores a 60 °C, el óxido que se genera a lo largo del tiempo tenderá a depositarse en los intercambiadores, acumuladores, etc., reduciendo la transferencia de calor y el caudal.
- **corrosión.** En el caso de tanques de acero estándar o tubos de cobre, cuando permanecen en contacto habitual con agua bruta con un alto porcentaje de oxígeno, pueden llegar a ser dañados por corrosión.

La oxidación y la corrosión son las razones por las que debe disponerse de un sistema de preparación de agua adecuado, y el motivo por el cual no puede calentarse el agua bruta en el acumulador solar directamente. En las plantas con una demanda de agua de limpieza variable y caudales, elevados normalmente se precisa de una acumulación adicional para mantener la temperatura en el nivel deseado.

4.9.2. Estancamiento

En los momentos de mayor irradiación sobre los colectores solares, con las bombas del sistema primario paradas, el campo de colectores comienza a calentarse hasta la temperatura de estancamiento. Esta es la temperatura en la que la energía absorbida por el colector iguala a sus pérdidas térmicas. Puede ser superior a los 200 °C, dependiendo del tamaño del colector y de los conductos.

Las fases del estancamiento pueden describirse del siguiente modo: en primer lugar, el fluido en los colectores se expande debido al incremento de la temperatura. Se generan burbujas de vapor en el momento de alcanzar la temperatura de vaporización (variable en función de la presión del sistema). La presión aumenta con rapidez. Dependiendo del diseño del sistema de conductos, el fluido puede ser expulsado fuera de los colectores al mismo tiempo que se generan las primeras burbujas de vapor.





El vapor entra en los conductos del campo de colectores solares y puede llegar a otros componentes del circuito primario (dependiendo de la potencia en la producción de vapor del campo de colectores). A partir de este momento, el fluido que permanece en los colectores se evapora a mayores temperaturas, debido a las mayores presiones existentes. El vapor en los colectores se sobrecalienta. Cuando la temperatura disminuye, el campo de colectores se llena de nuevo gracias al vaso de expansión.

Las razones posibles para el estancamiento con producción de vapor en los colectores son:

- Se ha alcanzado la temperatura máxima del acumulador y la bomba se encuentra parada.
- Error en el sistema de instrumentación (sensores) y control.
- Pérdidas en el circuito primario, reduciendo la presión del sistema.

El estancamiento puede causar el deterioro del fluido caloportador del primario (agua glicolada) de forma rápida o incluso eliminar sus propiedades. El glicol puede dañarse térmicamente al alcanzar temperaturas superiores a 160 °C (dependiendo del tipo y cantidad) durante un cierto periodo de tiempo, o dañarse a causa del oxígeno en caso de pérdidas. Cuando el glicol se destruye a muy altas temperaturas, puede adherirse a los conductos de los colectores.

Los componentes del circuito solar pueden dañarse térmicamente, especialmente la membrana del vaso de expansión, las válvulas, desaireadores, bombas, etc. Cuando el vaso de expansión o la válvula de seguridad se dimensionan con poca precisión, el circuito primario puede provocar el disparo de la válvula. Además de los problemas técnicos, en caso de estancamiento la energía irradiada no puede ser utilizada por el sistema solar, reduciendo la eficiencia.

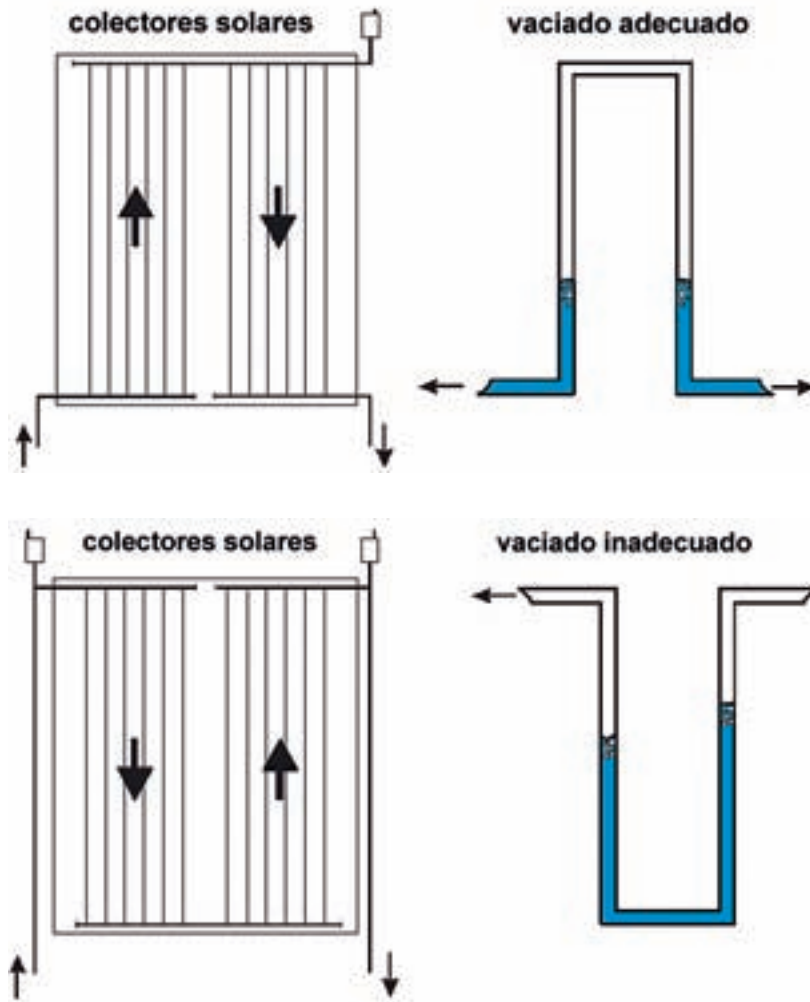


Figura 4.3. Comparativa entre sistemas de conductos. Cuando los colectores y campo de colectores tienen un vaciado adecuado (configuración en U-inversa), la generación de vapor y la profundidad de la penetración es pequeña. En el caso de vaciado inadecuado, todo el fluido dentro de los colectores puede evaporarse y dañarse térmicamente.

Los problemas de estancamiento deben evitarse mediante un diseño adecuado del sistema. Cada sistema debe disponer de un concepto de estancamiento, ya que esto ocurre en modo de operación (por ejemplo, cuando no existe demanda térmica en vacaciones).

Como medidas para evitar el estancamiento se pueden citar las siguientes:



Manual técnico de energía solar para procesos industriales

- Instalar colectores y campos de colectores con un adecuado comportamiento en el vaciado (configuración en U-inversa), pero asegurando que el aire en el campo puede ser eliminado adecuadamente.
- Asegurar un dimensionamiento correcto del depósito de expansión. Debe ser capaz de contener el volumen de los conductos de los colectores.
- Proteger el vaso de expansión del vapor (no aislar únicamente el conducto de conexión, también los enfriadores pasivos pueden aplicarse, dependiendo de la potencia de producción de vapor en el campo).
- No instalar una válvula de retorno entre el campo de colectores y el depósito de expansión. Las válvulas de retorno determinan la dirección de la penetración del vapor.
- Asegurar un correcto dimensionamiento de la válvula de seguridad para que sea compatible con la presión de estancamiento (normalmente 6 bar).
- Seleccionar componentes resistentes al vapor y a las altas temperaturas, en caso de que el vapor pueda llegar hasta ellos. Seleccionar también un tipo de glicol adecuado que pueda utilizarse a altas temperaturas.
- Para colectores de vacío, donde la configuración en U-inverso no es posible para los conductos, la potencia de generación de vapor debe ser conocida y fiable. Es un criterio importante en el diseño, por ejemplo, en relación con el vaso de expansión.
- Asegurarse mediante el sistema de control de que la bomba no puede reiniciarse si existe vapor en los colectores (definición de la máxima temperatura de operación).
- En caso necesario, utilizar enfriamiento activo. Para colectores planos, el calor puede disiparse mediante los colectores por las noches. También pueden instalarse intercambiadores aire/agua para enfriar el campo solar cuando se excede cierta temperatura. Hay que considerar que esta medida disminuye la ganancia solar

específica por lo que únicamente se aplican en caso absolutamente necesario.

- Para sistemas pequeños, asegurarse de que los almacenamientos son suficientemente grandes para toda la energía irradiada en los fines de semana, cuando no existe demanda térmica. Esto evita el estancamiento e incrementa la economía del sistema. Se debe tener en cuenta que la capacidad térmica de los almacenamientos depende en gran medida de su nivel de temperatura inferior.



5

MONTAJE Y MANTENIMIENTO



5.1. Condiciones de montaje

5.1.1. Generalidades

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento y se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en cada caso. Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación, así como comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, así como evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta que se proceda a su unión por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Especial cuidado se tendrá con materiales frágiles y delicados, como luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc., que deberán quedar debidamente protegidos.



Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables. Así mismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc. La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

En las partes dañadas por roces en los equipos producidos durante el traslado o el montaje, el suministrador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a los mismos a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados los equipos, se procurará que las placas de características sean visibles.

Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esta tarea desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

Los botellines de purga estarán siempre en lugares accesibles y, siempre que sea posible, visibles.

5.1.2. Montaje de estructuras soporte y captadores

Si los captadores son instalados en las cubiertas de naves o edificios, deberá asegurarse la estanqueidad en los puntos de anclaje. La instalación permitirá el acceso a los captadores, de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás, siempre considerando las obligaciones de seguridad.

Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores utilizando, preferentemente, accesorios para mangueras flexibles. Cuando se monten tuberías flexibles se evitará que queden retorcidas y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al Sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período, las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

5.1.3. Montaje de acumuladores

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente. La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1.000 l situados en cubiertas o pisos deberá diseñarse por un profesional competente.

En la ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción, cuando se sitúen en cubiertas de piso, se tendrán en cuenta las características de la edificación, y se requerirá el diseño de un profesional competente para depósitos de más de 300 l.

5.1.4. Montaje de intercambiadores

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador para operaciones de sustitución o reparación.





5.1.5. Montaje de bombas

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado. El acoplamiento de una bomba en línea con la tubería podrá ser de tipo roscado hasta el diámetro DN 32.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión, y deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

Cuando se monten bombas con prensa-estopas, se instalarán sistemas de llenado automáticos.

5.1.6. Montaje de tuberías y accesorios

Antes del montaje, deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o, de cualquier manera, dañadas. Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosión. Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, etc. se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías se instalarán de forma ordenada, utilizando fundamentalmente tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

Las tuberías se instalarán lo más próximas posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no debe ser inferior a:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1.000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1.000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1.000 V. Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos, como cuadros o motores. No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos. Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables mediante bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que se evite la formación de bolsas de aire mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1%.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 2". Para diámetros superiores, se realizarán las uniones por bridas.

En ningún caso se permitirán ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.





Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

El dimensionado, distancias y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías las rebabas y escorias.

En las ramificaciones soldadas, el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En las salas de máquinas se aprovecharán los frecuentes cambios de dirección para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar las variaciones de longitud.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

5.1.7. Montaje de aislamientos

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio. El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con su aislamiento, con una holgura máxima de 3 cm.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

El puente térmico constituido por el mismo soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico (goma, fieltro, etc.) entre el mismo y la conducción.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Las franjas y flechas que distinguen el tipo de fluido transportado en el interior de las conducciones se pintarán o se pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de su protección.

5.1.8. Montaje de contadores

Se instalarán siempre entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje. El suministrador deberá prever algún sistema (*by-pass* o *carrere de tubería*) que permita el funcionamiento de la instalación aunque el contador sea desmontado para calibración o mantenimiento.

En cualquier caso, no habrá ningún obstáculo hidráulico a una distancia igual, al menos, a diez veces el diámetro de la tubería antes del contador, y a cinco veces después del mismo.

Cuando el agua pueda arrastrar partículas sólidas en suspensión, se instalará un filtro de malla fina del tamiz adecuado antes del contador.

5.1.9. Montaje de instalaciones por circulación natural

Los cambios de dirección en el circuito primario se realizarán con curvas con un radio mínimo de tres veces el diámetro del tubo.

Se cuidará de mantener rigurosamente la sección interior de paso de las tuberías, evitando aplastamientos durante el montaje.

Se permitirá reducir el aislamiento de la tubería de retorno para facilitar el efecto termosifón.

5.1.10. Pruebas de estanqueidad del circuito primario

El procedimiento para efectuar las pruebas de estanqueidad comprenderá las siguientes fases:





1. **Preparación y limpieza de redes de tuberías.** Antes de efectuar la prueba de estanqueidad, las tuberías deben limpiarse internamente con el fin de eliminar los residuos procedentes del montaje, llenándolas y vaciándolas con agua el número de veces que sea necesario. Deberá comprobarse que los elementos y accesorios del circuito pueden soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales elementos y accesorios deberán ser excluidos.
2. **Prueba preliminar de estanqueidad.** Esta prueba se efectuará a baja presión para detectar fallos en la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica.
3. **Prueba de resistencia mecánica.** La presión de prueba será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las válvulas de seguridad. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para poder verificar de forma visual la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.
4. **Reparación de fugas.** La reparación de las fugas detectadas se realizará sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Una vez reparadas las anomalías se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario.

5.2. Requisitos técnicos del contrato de mantenimiento

5.2.1. Generalidades

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía. El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión cada seis meses para instalaciones industriales con superficies superiores a 20 m².

En instalaciones industriales, y en particular en aquellas con marcado carácter temporal, podría generarse exceso de calor en la instalación solar térmica. Las medidas a tomar en el caso de que en algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100%, son las siguientes:

- Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero, dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo entre las labores del contrato de mantenimiento.
- Tapado parcial del campo de captadores. En este caso, el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y, a su vez, evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).
- Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

En el caso de optarse por las soluciones expuestas en los puntos anteriores, deberán programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento las visitas a realizar para el vaciado parcial/tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales. Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética. También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.

5.2.2. Programa de mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- a) Vigilancia.
- b) Mantenimiento preventivo.
- c) Mantenimiento correctivo.





a) Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Se llevará a cabo, normalmente, por el usuario, que, asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la Tabla 5.1.

TABLA 5.1. Inspección visual.

ELEMENTO DE LA INSTALACIÓN	OPERACIÓN	FRECUENCIA (MESES)	DESCRIPCIÓN
Captadores	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados.
	Cristales	3	IV - Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV - Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV - Fugas.
	Estructura	3	IV - Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
Circuito secundario	Termómetro	Diaria	IV - Temperatura.
	Tubería y aislamiento	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte superior del depósito.

IV: Inspección visual.

b) Plan de mantenimiento preventivo

Son operaciones de inspección visual, verificación de funcionamiento y otras actuaciones periódicas que, aplicadas a la instalación, deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².



El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

En las Tablas 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y las descripciones en relación con las prevenciones a observar.

TABLA 5.2. Sistema de captación.

Eq UIPO	FRECUENCIA (MESES)	DESCRIPCIÓN
Captadores	6	IV - Diferencias sobre original
		IV - Diferencias entre captadores
Cristales	6	IV - Condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV - Agrietamientos, deformaciones
Absorbedor	6	IV - Corrosión, deformaciones
Carcasa	6	IV - Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
Conexiones	6	IV - Aparición de fugas
Estructura	6	IV - Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos
Captadores (*)	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Llenado parcial del campo de captadores

IV: Inspección visual

(*) Estas operaciones se realizarán, según proceda, en el caso de que se haya optado por el tapado o vaciado parcial de los captadores para prevenir el sobrecalentamiento.



TABLA 5.3. Sistema de acumulación.

Eq UIPO	FRECUENCIA (MESES)	DESCRIPCIÓN
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos de sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobación de que no hay humedad

TABLA 5.4. Sistema de intercambio.

Eq UIPO	FRECUENCIA (MESES)	DESCRIPCIÓN
Intercambiador de placas	12	CF - Eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza
Intercambiador de serpentín	12	CF - Eficiencia y prestaciones
	12	Limpieza

CF: Control de funcionamiento.

TABLA 5.5. Circuito hidráulico.

Eq UIPO	FRECUENCIA (MESES)	DESCRIPCIÓN
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV - Uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF - Actuación
Válvula de corte	12	CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12	CF - Actuación

CF: Control de funcionamiento.

IV: Inspección visual.

TABLA 5.6. Sistema eléctrico y de control.

Eq UIPO	FRECUENCIA (MESES)	DESCRIPCIÓN
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF - Actuación
Termostato	12	CF - Actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF - Actuación

CF: Control de funcionamiento.

TABLA 5.7. Sistema de energía auxiliar.

Eq UIPO	FRECUENCIA (MESES)	DESCRIPCIÓN
Sistema auxiliar	12	CF - Actuación
Sondas de temperatura	12	CF - Actuación

CF: Control de funcionamiento.

Para las instalaciones menores de 20 m² se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses. No se incluyen los trabajos propios del mantenimiento del sistema auxiliar.

Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas. Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

c) Mantenimiento correctivo

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y elaboración





del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias.

5.2.3. Garantías

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Así mismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con las mismas. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

Ante la falta de suministro de energía de la instalación solar, el suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas. El plazo podrá extenderse hasta una semana si existe un fallo que no afecta al funcionamiento de la instalación solar.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que dicha demora sea inferior a 15 días naturales.



6

ENERGÍA SOLAR APLICADA A PROCESOS BÁSICOS



6.1. Introducción

Existe un gran potencial para la generación térmica solar en procesos de calor. En Europa, alrededor del 27% del total de la demanda de energía final es calor consumido en la industria, y cerca del 30% de la demanda se produce a temperaturas por debajo de 100 °C. Una parte importante de este calor puede ser generado por sistemas solares térmicos. Los sectores industriales con mayores posibilidades en la Comunidad de Madrid, como ya sea ha comentado, 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 sistemas solares térmicos.

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.

Estas cuatro aplicaciones han sido seleccionadas por su muy alto potencial y frecuente aparición en diferentes sectores industriales.



El procedimiento descrito en este apartado es una orientación práctica que suministra información técnica sobre cómo 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 sólo están optimizados para los cuatro ejemplos específicos introducidos. Aunque los ejemplos seleccionados son representativos por considerarse aplicaciones prioritarias, debido a la gran variedad en los sistemas industriales el sistema solar óptimo diseñado puede diferir normalmente de estos ejemplos. Esto significa que los resultados mostrados deben adaptarse individualmente tomando las variaciones de los sistemas de procesos industriales, así como considerar la gestión de procesos individuales y los perfiles de carga resultantes.

6.2. Análisis de la capacidad y las condiciones de contorno

Cuando en una planta industrial se investiga el potencial existente para la instalación de un sistema solar térmico para proporcionar calor a los procesos, se tienen que realizar tres análisis consecutivos antes de empezar a diseñar el sistema solar óptimo:

- Análisis de las instalaciones (físico) y condiciones de contorno.
- Análisis de las características del proceso.
- Análisis del potencial de optimización del proceso y recuperación de calor.

El nivel de detalle se incrementa notablemente desde la primera hasta la tercera etapa. Sólo a través de la implementación de estos pasos se puede asegurar que la energía solar térmica es la solución correcta para la planta considerada.

6.2.1. Primeros pasos

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 (ver anexo I). 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 del *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 figuras 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*.





6.2.2. Características del proceso y de la red de distribución

Es importante, en primer lugar, 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 dispone de las siguientes etapas:

- a) Recopilar los datos disponibles sobre la carga térmica de la planta. Los datos más importantes son:
 - a. Niveles de temperatura de los procesos que consumen energía térmica.
 - b. Temperaturas de retorno de los fluidos de la red de distribución generalmente disponibles.
 - c. Tipo de sistema de producción de calor o características de los equipos en la sala de calderas (número de calderas, potencia, antigüedad, etc.).
 - d. Fuente de energía usada (por ejemplo, gas, gasóleo o electricidad).
 - e. Precio de la energía.
 - f. Estimación aproximada de la eficiencia del sistema de calentamiento en los distintos puntos de consumo¹.
 - 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 ofrecer una buena base para los

¹ 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.

cálculos energéticos, aunque debe contrastarse la información para atender a la situación actual².

- 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).
- c) Identificar las posibles medidas de recuperación de calor que puedan tener prioridad para la planta examinada y que puedan ser implementadas al mismo tiempo que la solar térmica pero disminuyendo la demanda total. Los siguientes aspectos pueden ser considerados durante la visita técnica:
- ¿Está el aislamiento de las tuberías de agua caliente, el almacenamiento y las máquinas en buen estado?
 - ¿Se malgasta agua caliente u otros fluidos de proceso en la planta?
 - ¿Existe alguna medida de recuperación de calor aplicada y cuál es la intención del propietario de la fábrica en este sentido para el futuro?
 - Cuando el vapor se usa como medio de transmisión, ¿existen circuitos para el retorno del condensado? En caso afirmativo, ¿hay máquinas que consuman parte de ese vapor directamente?
 - ¿Existe algún proceso (por ejemplo, limpieza de equipos o suelos) donde la recuperación de calor puede ser técnicamente o económicamente excluida?



2 Se recomienda consultar la "Guía de auditorías energéticas en la Industria" de la Comunidad de Madrid, publicada por la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (www.fenercom.com).



Los procesos que se muestren favorables para la integración de energía solar térmica inicialmente han de ser analizados con mayor detalle. Los perfiles de demanda térmica se han de elaborar en base diaria, semanal y anual.

6.2.3. Potencial para optimización de procesos y recuperación de calor

Existe una amplia variedad de soluciones para la optimización de procesos industriales. Por lo general, cuando los ingenieros de proceso hablan de optimización de procesos, el proceso de producción se va a optimizar y la intención normalmente no es el ahorro de energía sino, por ejemplo, la reducción de tiempos de ciclo o la entrada de materias primas. Sin embargo, los cambios en los procesos de producción o los equipos muy probablemente tendrán un efecto significativo en la carga térmica. Por lo tanto, siempre que se plantea un cambio sustancial en el proceso de producción de la planta analizada, sólo puede planearse el sistema solar después de conocer de forma fiable los perfiles de carga térmica resultantes.

La optimización de procesos en términos de reducción de la demanda de energía térmica (por ejemplo, mediante recuperación de calor) normalmente repercute en una reducción significativa de la demanda de calor y tiene un gran potencial económico en muchos sectores industriales. Pero el tema es mucho más complejo, ya que las medidas que cambian el suministro de energía térmica pueden afectar directamente al propio proceso de producción. Cuando existe la posibilidad de modernizar los equipos de producción, como la sustitución de viejos sistemas de producción de calor, la recuperación de calor de gases de combustión o implementar una recuperación de calor residual para la planta en cuestión, estas medidas tienen que ser analizadas por expertos especializados. Estas medidas deben ser consideradas siempre antes de planificar un sistema solar.

En algunas ocasiones, las compañías pueden tener reservas en cuanto a aplicar cambios en el sistema de suministro de energía térmica. Esto se aplica tanto a la optimización de procesos térmicos como a las instalaciones de energía solar térmica. Las empresas temen alargar los tiempos del ciclo, bajar la calidad del producto o arriesgarse a cambiar los parámetros de control. Estas dudas sólo pueden resolverse basándose en un análisis integral de todas las partes térmicamente activas de la planta objeto de estudio.

El rendimiento, economía y fiabilidad de un sistema solar térmico depende básicamente de un análisis adecuado de las características del proceso y un análisis en detalle de medidas de optimización. Llevar a cabo adecuadamente las medidas preliminares expuestas anteriormente asegura un concepto de energía industrial sostenible y fiable con ahorros de energía predecibles y también proporciona una buena base para quienes toman las decisiones industriales o la justificación de la inversión en energía solar térmica.

6.3. Etapas básicas del diseño de un sistema solar para procesos

En el análisis preliminar se han recogido las condiciones de contorno principales y se han estudiado las medidas de eficiencia energética. El siguiente paso consiste en una generación de los perfiles de carga de los procesos viables *a priori* y el cálculo de la carga térmica. Esta es la base para determinar, de forma aproximada, las necesidades de superficie de colectores y el volumen de almacenamiento. Los nomogramas pueden ser muy útiles para visualizar estas necesidades. El paso final para el diseño del sistema solar debe realizarse por una empresa de energía solar especializada, mediante las simulaciones que utilicen como punto de partida los resultados preliminares.

6.3.1. Condiciones generales

El factor generalmente más importante para la integración solar térmica es la temperatura mínima disponible. Esta es la temperatura más baja en la planta a la que una cantidad significativa de energía solar térmica puede ser integrada. Este hecho afecta significativamente la temperatura de fluido en el primario y debe ser tan baja como sea posible, ya que el sistema funciona de forma más eficiente a bajas temperaturas. Los procesos abiertos sin recuperación de calor son casos generalmente óptimos.

Como se ha indicado anteriormente, las temperaturas mínimas disponibles deben ser conocidas y contrastadas mediante una campaña de mediciones, y las medidas de eficiencia energética deben considerarse antes de determinar un sistema solar. También es importante la temperatura del proceso en sí misma. Los sistemas más económicos tienen temperaturas por debajo de 50 °C. Las temperaturas de





proceso por encima de 100 °C normalmente incrementan también las temperaturas mínimas, por lo que deberían aplicarse medidas de recuperación de calor.

La energía solar térmica puede integrarse en el proceso directamente o en la red general de distribución de calor. El apoyo a la red general de calor permite apoyar a los procesos térmicos indirectamente, por ejemplo, mediante el precalentamiento del agua de alimentación, e integrar más energía. A excepción de las redes de vapor parcialmente abiertas, normalmente las temperaturas disponibles son más bajas cuando el sistema solar se integra en el proceso directamente.

Considerando que el calor solar para procesos industriales se utiliza normalmente para precalentamiento, la ganancia energética de la planta solar industrial es normalmente superior que para aplicaciones domésticas.

6.3.2. Definición del perfil de carga térmica

Para el diseño del sistema, deben conocerse en base diaria, semanal y anual los perfiles de carga térmica de los procesos a los que se suministra. Los principales criterios de un perfil sostenible para energía solar térmica son:

- Demanda superior a 3/4 del año, incluyendo el verano.
- Demanda, como mínimo, de 5 días a la semana.
- Demanda diaria en verano no inferior a la demanda diaria en el resto del año.

Para generar estos perfiles de carga, normalmente no son suficientes medidas puntuales y entrevistas con los diseñadores del proceso o los responsables de trabajo en planta. Es muy recomendable medir las cargas térmicas de todos los procesos a los que potencialmente pueda darse suministro solar (por ejemplo, consumo energético y temperatura), como mínimo de un día típico de trabajo. También es muy importante que el perfil de carga se calcule después de conocer la energía que se ahorra con las medidas aplicadas para recuperación de calor y considerando sólo el aumento de temperatura residual después de aplicar estas medidas.



Figura 6.1. Perfil de carga discontinuo para la limpieza del equipo de producción en una pequeña compañía.



El perfil de carga mostrado en la Fig. 6.1 es válido para la demanda de agua de limpieza en una empresa pequeña del sector alimentación (dos turnos), que no trabaja los fines de semana. La fábrica permanece cerrada la primera y la última semana del año, y tres semanas en el mes de agosto. Durante el periodo de trabajo siempre hay cierta demanda de agua de limpieza, pero el perfil es discontinuo porque existe alta demanda desde las 8 a las 10 de la noche, cuando todos los equipos de producción se limpian antes de que termine la jornada.

6.3.3. Calculando la carga térmica: ejemplo

El ejemplo de perfil de carga de la Fig. 6.1 mostrado anteriormente corresponde a una compañía del sector de alimentación, como ya se ha comentado. Se asume que, tras el proceso de análisis, el resultado obtenido indica que esta compañía necesita 10 m³ de agua de limpieza a 60 °C por día de trabajo. Las mediciones del caudal demandado muestran la distribución diaria, con un pico por la tarde, y el perfil semanal y anual se ha determinado a través de las visitas técnicas y toma de datos con los responsables.

La temperatura mínima disponible medida es constante y de 15 °C, y el agua bruta con esta temperatura debe ser calentada con el sistema solar. Para el proceso analizado no ha sido posible encontrar medidas de ahorro, debido a que el agua se necesita en un amplio número de consumidores de la fábrica y es enfriada de forma adecuada mediante el proceso de limpieza. Para este proceso, la demanda diaria de energía aproximada es:

$$\text{Demanda/día} = m \cdot c_p \cdot \Delta T = (10.000 \text{ kg/día} \cdot 4,18 \text{ kJ/(kg K)} \cdot 45 \text{ K}) / 3.600 \text{ kJ/kWh} = 522,5 \text{ kWh/día}$$

siendo m la cantidad de agua necesaria al día, c_p el calor específico del agua y ΔT la diferencia de temperaturas del agua.

Los 10 m³ por día se distribuyen como se indica en la Fig. 6.1. Teniendo en cuenta que las horas de trabajo son de 5:30 h a 22 h (16,5 h), la carga máxima se produce en las dos últimas horas del día de trabajo. En las otras 14,5 horas, sólo se necesita el 20% de la carga máxima. Cuando las áreas bajo la línea del gráfico son integradas y comparadas con la carga máxima, se hace obvio que normalmente se consumen durante los tiempos de producción 408 l/h a 60 °C (o 21,3 kWh/h). Desde las 20 h a las 22 h se necesitan 2.040 l/h a 60 °C (o 106,5 kWh/h).

Durante toda la semana se necesitan 50 m^3 o $2.612,5 \text{ kW}$. Cuando se consideran las tres semanas de vacaciones en agosto y las dos semanas de invierno (48 de 53 semanas), la energía térmica anual requerida en el proceso puede ser calculada aproximadamente como $125,4 \text{ MWh/año}$.

6.3.4. Predimensionado del campo colector (aproximación)

En primer lugar, es conveniente considerar la diferencia existente entre el área del colector (área total) y la superficie de apertura. El área total se obtiene como el producto de las aristas del colector (alto x ancho), que permite determinar la superficie mínima para el montaje del colector, por ejemplo en la cubierta de una nave. El área de apertura se corresponde con el área donde la iluminación solar entra al colector, o lo que es lo mismo, el área que recibe la radiación solar y choca contra el absorbedor directa o reflejada (este último caso pueden ser los colectores parabólicos compuestos). De este modo, el área de apertura es siempre inferior que el área total. Normalmente, los valores específicos de los colectores, como la curva de eficiencia, los costes y la ganancia energética anual, están referidas al área de apertura.

El área de apertura del colector solar disponible, que podría ser potencialmente instalada en una cubierta inclinada (donde no se precise estructura), puede calcularse dividiendo el área sin sombras de la cubierta entre el área total del colector. En caso de cubierta plana o suelo, donde es preciso instalar estructura, debe dividirse en primer lugar el espacio disponible entre 2,5 para considerar las distancias necesarias entre los colectores inclinados y evitar sombras entre ellos.

Existen dos métodos o enfoques posibles para el predimensionamiento de un campo de colectores solares:

- Multiplicar el área de apertura de colector disponible por $500 \text{ kWh/m}^2_{\text{apertura}}$ y dividir el resultado por la demanda de energía térmica anual del proceso considerado. Si el resultado está entre el 10–50% de la fracción solar, se está en una buena aproximación.
- Considerar el 40% de la carga térmica anual del proceso, y dividir por $500 \text{ kWh/m}^2_{\text{apertura}}$ como punto de partida.





En cuanto a su colocación, normalmente una desviación inferior a 20° respecto al sur (ángulo azimuth) no tiene una repercusión significativa en el rendimiento del colector. Un ángulo de inclinación similar a la latitud del lugar puede ser un buen punto de partida.

TABLA 6.1. Comparativa entre colector plano y tubo de vacío.

c o l e c t o r p l a n o	T u b o d e v a c í o
Coste menor	Mayor ganancia energética anual
Mejor ratio coste/eficiencia	Menor área de colector para la misma ganancia
Sustitutivo de un tejado convencional	Mayor eficiencia a mayores temperaturas del colector y baja radiación (invierno)
Mejor vaciado a baja temperatura de estancamiento que los colectores de vacío	

Considerando las condiciones existentes en la zona continental de España, donde se encuentra la Comunidad de Madrid, a temperaturas inferiores a 60°C normalmente los colectores planos son la solución más económica. Por encima de este valor, pueden existir diversas opciones que deben analizarse en detalle por la empresa solar especializada.

El dimensionado del campo de colectores, la elección del tipo de colector y la determinación de la inclinación óptima se calculan finalmente mediante una simulación de las distintas opciones. Otros factores que afectan a la elección final son la situación geográfica exacta, la curva de carga, la temperatura mínima disponible, la temperatura de proceso, el volumen de almacenamiento o la configuración del sistema.

6.3.5. Dimensionado de la acumulación

Normalmente, 100 l/m^2 de colector es un punto de partida adecuado para comenzar las estimaciones en un gran número de aplicaciones en procesos industriales. El volumen óptimo de acumulación depende en gran medida de la correlación entre la ganancia solar y el perfil de carga térmica del proceso. En caso de empresas pequeñas, que no trabajan los fines de semana, el almacenamiento debe ser capaz de almacenar las ganancias solares de los dos días sin demanda.

Los sistemas de acumulación demasiado pequeños producen temperaturas altas en el campo de colectores y pueden causar estancamiento.

En las regiones con menor ganancia solar, el volumen de acumulación de partida puede reducirse hasta 50 l/m².

La elección final del volumen de acumulación debería obtenerse mediante los sistemas de cálculo y simulaciones correspondientes a la tecnología elegida. El resultado también dependerá del tipo de almacenamiento y el diseño (almacenamiento único con buena estratificación, almacenamientos paralelos o sistema en cascada), la programación del sistema de control para la carga y descarga y las conexiones con el proceso.

6.3.6. Simulación del sistema

El diseño preciso de un sistema solar térmico para procesos, únicamente podrá realizarse con la simulación. Mediante los nomogramas que se muestran en el apartado 6.3.7., se pueden reducir las variaciones en la simulación. Cuando se realizan las simulaciones, solamente un parámetro debe modificarse para determinar la sensibilidad de la ganancia energética anual y la fracción solar para ese parámetro (por ejemplo, el volumen de almacenamiento).

Existe una gran variedad de herramientas software para simular sistemas solares térmicos, pero no todas son adecuadas para la simulación de sistemas de generación de calor por energía solar para procesos industriales. Un criterio importante para la elección de un programa de simulación es la posibilidad de definir las cargas en base diaria, semanal y anual. El programa debe ser capaz de simular un sistema muy similar al sistema real buscado. En este Manual se presentan resultados significativos que pueden ser de utilidad para comprender las variaciones en los sistemas solares al modificar los parámetros más relevantes.

6.3.7. Nomogramas para el diseño del sistema

Los nomogramas son el resultado de las simulaciones del sistema con variaciones de los parámetros. Son muy útiles para mostrar tendencias y así facilitar los pasos para el adecuado diseño del sistema. Es importante resaltar que un nomograma es válido sólo para una localización geográfica determinada (ya que está afectado por la radiación), el concepto de sistema, el perfil de carga térmica y el nivel de temperatura. Cuando se planifican los sistemas solares térmicos para aplicaciones similares, los nomogramas pueden ser usados de forma





efectiva para el prediseño, ofreciendo resultados preliminares y reduciendo significativamente las variantes del sistema de simulación. Los nomogramas presentados en este Manual son completamente escalables. Por este propósito, sólo se representan valores específicos.

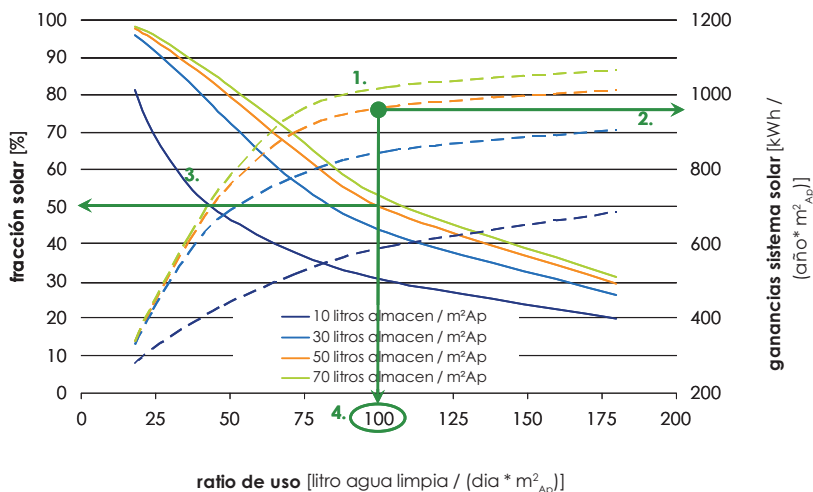


Figura 6.2. Nomograma de diseño de un sistema solar térmico para limpieza/lavado en una empresa pequeña (perfil de demanda según diagramas apartado 6.3.2), que incluye perfil de carga discontinuo entre 15 °C y 60 °C, con colector plano de recubrimiento simple, almacenamiento estratificado y pendiente del colector de 35°.

Existen cuatro colores diferentes en el nomograma, correspondientes a cuatro volúmenes de almacenamiento (litros de almacenamiento por m² de área de apertura del colector).

En el eje de abscisas (horizontal) se muestra el ratio de utilización, que indica cuántos litros de agua de limpieza se necesitan en el proceso por cada m² de área de apertura del colector. También es posible utilizar otros valores de demanda de energía específicos por área de apertura, como la demanda de energía térmica de un baño. Estos y otros casos se explican en los siguientes apartados.

En el eje de ordenadas (vertical) de la izquierda se indica la fracción solar que se corresponde con la línea continua. La fracción solar muestra que parte de la energía térmica que podría proporcionar como máximo el sistema solar térmico, será proporcionada para un cierto ratio entre la demanda, ratio de apertura y volumen de almacenamiento. Es importante señalar que la fracción solar en este caso está relacionada con el proceso al que aplica, no a la demanda total de calor de la planta. Las

líneas continuas del diagrama muestran las curvas de fracción solar para cada uno de los cuatro volúmenes de almacenamiento específicos.

En el eje de ordenadas (vertical) derecho se indican las ganancias solares del sistema (energía entregada al proceso por el sistema solar al año y por m^2 de área de apertura; línea discontinua). Igual que para la fracción solar, también están representadas las ganancias específicas del sistema solar para ciertos ratios entre demanda, área de apertura y volumen de almacenamiento. Las líneas discontinuas del diagrama muestran las curvas de ganancias del sistema solar para cada uno de los cuatro volúmenes de almacenamiento específicos.

Las tendencias del nomograma son las que siguen:

- Pueden encontrarse grandes sistemas solares con pequeños ratios de utilización. La fracción solar de estos sistemas es muy alta, pero las ganancias específicas por m^2 son bajas, lo que reduce la economía del sistema. Adicionalmente, los sistemas solares muy grandes siempre tienen el riesgo de estancamiento los fines de semana o en otros periodos con bajas cargas térmicas y no sólo durante las vacaciones de verano.
- Pueden encontrarse sistemas solares térmicos pequeños (comparados con la carga) con un alto ratio de utilización. Las ganancias específicas del sistema solar son impresionantes, ya que la demanda es siempre mucho mayor que la potencia del sistema solar. Por otra parte, la fracción solar es baja. Esto puede reducir la economía, ya que el esfuerzo de planificación y el análisis del proceso es una parte importante del diseño del sistema solar. Así mismo, las fracciones solares demasiado pequeñas son insostenibles, ya que los costes energéticos de la compañía siguen estando muy ligados al precio de la energía y la inversión no ofrece la posibilidad de reducir la potencia del sistema de generación de calor convencional durante la modernización.
- Los volúmenes de almacenamiento específicos pequeños tienen el riesgo de mayores tiempos de estancamiento y, además, las temperaturas de trabajo en el circuito primario son mayores, lo que reduce la eficiencia del colector. Sólo pueden aplicarse cuando la fracción solar es comparativamente baja y el perfil de carga es muy continuo (por ejemplo, demanda también los fines de semana y no existencia de paradas por vacaciones). Las curvas de 10 y $30 \text{ l}/(\text{m}^2 \text{ año})$ son claramente desfavorables en cuanto a fracción solar y ganancia solar para el caso analizado.





- Los altos volúmenes específicos de almacenamiento conllevan mayores ganancias del sistema y de fracción solar. Es preciso no exceder el volumen de acumulación más de lo necesario, ya que el almacenamiento incrementa los costes y el consumo de espacio del sistema solar. Almacenamientos demasiado grandes tienen un nivel de temperatura bajo para abastecer a los procesos, obligando a que el sistema de apoyo (gas, gasóleo o electricidad, normalmente) funcione más frecuentemente, de forma ineficiente.

6.3.8. Ejemplo

Los nomogramas para el diseño del sistema pueden utilizarse de diferentes maneras, no existe un procedimiento estándar. Cuando la economía del sistema es el factor clave, la ganancia solar puede ser el criterio más importante. A continuación se muestra un pre-dimensionamiento del sistema de la Fig. 6.2:

- En la curva correspondiente a 50 l/m², seleccionar un punto en la curva (1) donde se tengan ganancias solares considerablemente altas (Punto 2: 960 kWh/(año m²)) y una significativa fracción solar (Punto 3: 50%) al mismo tiempo. Para el ejemplo calculado anteriormente, que disponía de una demanda de calor de proceso de 125,4 MWh/año, la ganancia de energía del sistema puede ser de $125,4 * 0,5 = 62,70$ MWh/año.
- Calcular el área de apertura resultante del colector mediante la utilización del ratio. Para este ejemplo podría ser:

$$\text{Área de apertura} = (10.000 \text{ l agua limpieza/día}) / 100 = 100 \text{ m}^2$$

- Calcular el volumen de almacenamiento necesario resultante. En este ejemplo:

$$\text{Volumen de almacenamiento} = 50 \text{ l volumen de almacenamiento} * 100 \text{ m}^2 \text{ área de apertura} = 5.000 \text{ l}$$

- Realizar algunas variaciones para analizar cómo afectan a la solución inicial encontrada y conocer si pueden mejorarla:
 - Si se instalan sólo 75 m² de colectores (ratio de uso 133) con el mismo volumen de almacenamiento específico (curva naranja), la ganancia solar específica puede llegar a 980 kWh/(año m²),

pero la fracción solar se reducirá al 42% y las ganancias del sistema se reducirán a $125,4 * 0,42 = 52,67$ MWh/año.

- Si para una apertura de 100 m^2 (ratio de uso 100) se instalan 70 l de almacenamiento/ m^2 , las ganancias solares específicas pueden llegar a $1.020 \text{ kWh}/(\text{año } \text{m}^2)$ en una fracción solar mayor del 50%.
- Si se instalan 133 m^2 de colectores (ratio de uso 75) y un volumen de almacenamiento de $70 \text{ l}/\text{m}^2$, la ganancia del sistema será aproximadamente de $960 \text{ kWh}/(\text{año } \text{m}^2)$, mientras que la fracción solar estará por encima del 65%. Es decir, se penaliza el coste de la instalación (mayor superficie y acumulación respecto al caso original), pero se incrementa la fracción solar sensiblemente.

En el ejemplo inicial podrían instalarse colectores planos prefabricados de área de apertura de 10 m^2 , sumando un total de 100 m^2 , acompañados de dos acumuladores paralelos en cascada de $2,5 \text{ m}^3$ cada uno, resultando un volumen total de 5 m^3 .

A continuación, se explican conceptos de sistemas solares para las cuatro aplicaciones prioritarias consideradas y se proporcionan perfiles de carga representativos. Para estos conceptos y perfiles de carga con sus correspondientes temperaturas, se han realizado las simulaciones que generan estos gráficos. Los resultados se presentan en forma de nomogramas.

6.4. Diseño de sistemas para aplicaciones prioritarias

6.4.1. 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.

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.



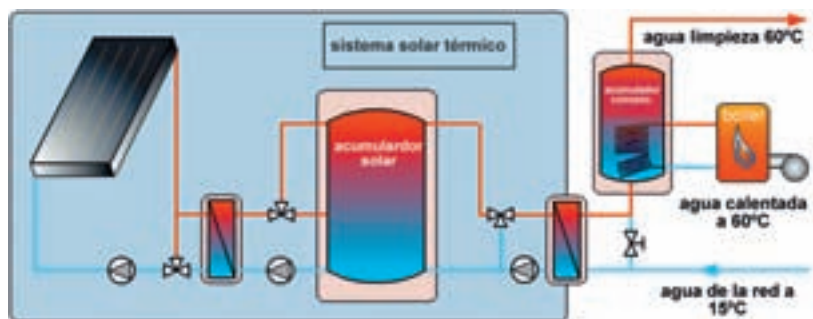


Figura 6.3. Concepto de sistema con intercambiador de agua de red y caldera en serie (ilustración simplificada del sistema convencional de preparación de agua caliente).

En este tipo de esquemas, el sistema solar puede integrarse con facilidad vía intercambiador de calor adicional (también denominado "estación de agua fresca"). Siempre que el agua fresca tenga que ser calentada, se precalienta por el sistema solar antes de entrar en el acumulador convencional. Un *by-pass* para el agua fría en el lado de descarga del acumulador solar evita altas temperaturas en el circuito de agua fresca del acumulador (temperaturas mayores de 90 °C). En el intercambiador de calor solar puede utilizarse un *by-pass* en el circuito solar mediante una válvula de tres vías para hacer circular el fluido solar hasta cierta diferencia de temperatura positiva entre la temperatura inferior del acumulador solar y la temperatura de salida de los colectores solares. De lo contrario, el calor del acumulador puede perderse en el circuito solar y, en instalaciones localizadas en poblaciones con bajas temperaturas, puede haber riesgo de congelación en el intercambiador en invierno. 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.

En procesos con alta demanda de agua de limpieza, el precalentamiento del agua fresca con pequeñas fracciones solares puede conducir a distintos resultados económicos de la instalación debido a la baja temperatura del agua fresca.

El perfil que se presenta en la Fig. 6.4 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.

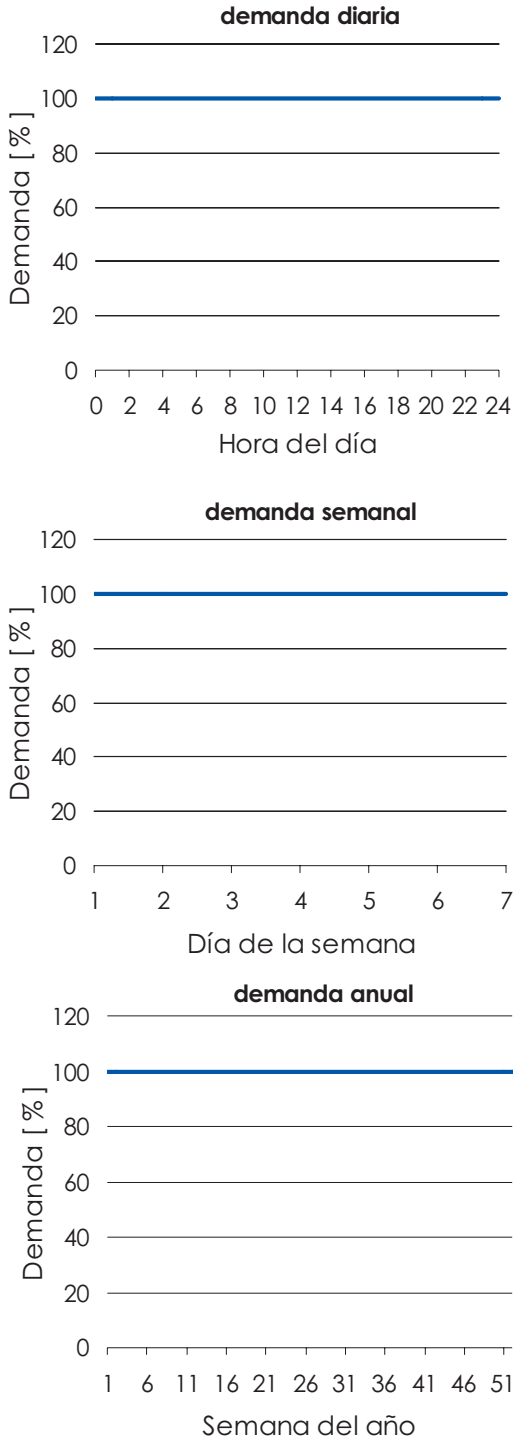


Figura 6.4. Perfil de carga continuo en un proceso de limpieza que forma parte de la producción en una gran empresa.

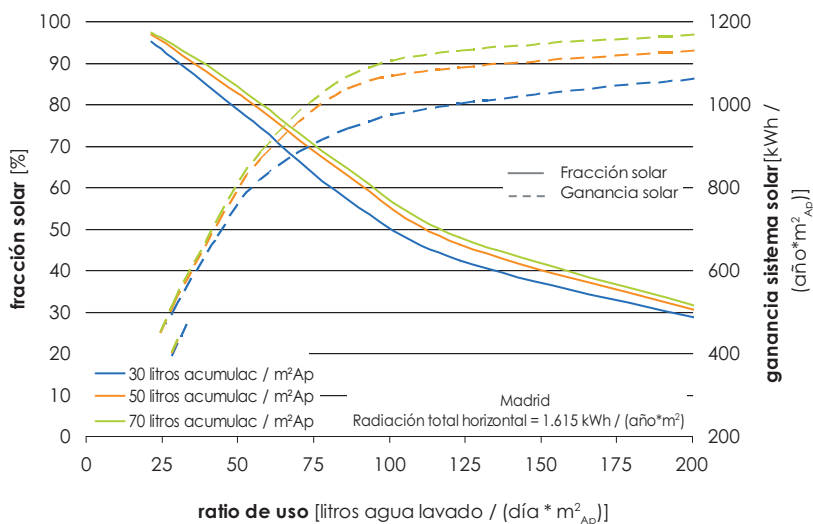


Figura 6.5. Diagrama de diseño del sistema solar para perfil de carga continuo, calentamiento de 15 °C a 60 °C, colector solar plano, almacenamiento estratificado y ángulo de inclinación del colector de 40°.

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 50 l de volumen de almacenamiento por m^2 , ya que los beneficios adicionales son escasos.

6.4.2. Precalentamiento de agua para generación de vapor

El apoyo al proceso de generación de vapor es económico únicamente cuando una parte significativa del vapor se usa directamente en el proceso (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.

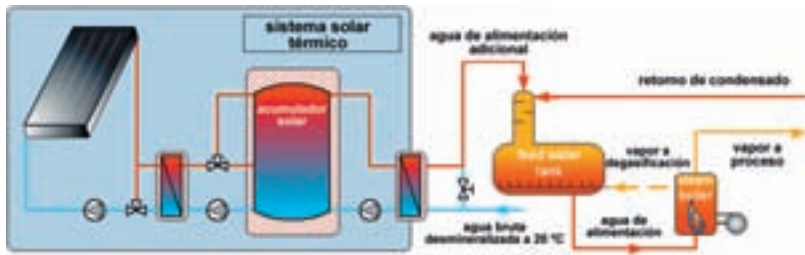


Figura 6.6. Concepto de sistema de intercambiador de agua bruta y caldera en serie.

En las redes de vapor parcialmente abiertas, el agua desmineralizada se suele mezclar 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 calentarse hasta 90 °C para liberar el gas) usando vapor de proceso de la caldera. Por lo 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.



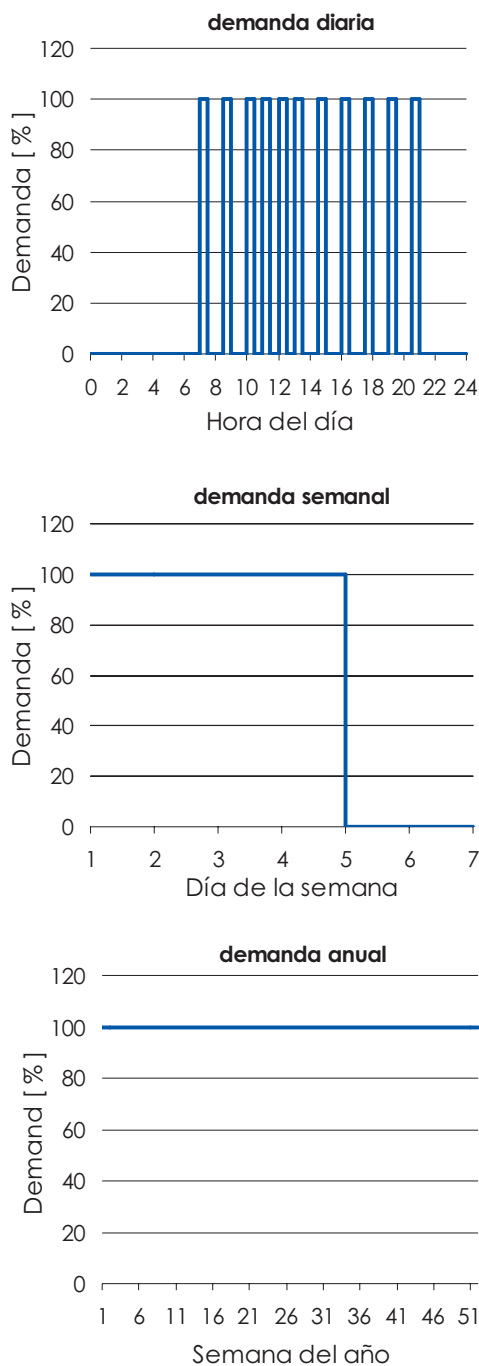


Figura 6.7. Perfil de consumo de agua bruta en un sistema parcialmente abierto de una lavandería (dos turnos, sin vacaciones). El nivel de llenado del tanque de alimentación permite la entrada de agua bruta en intervalos de 30 minutos, por lo que el caudal es constante.

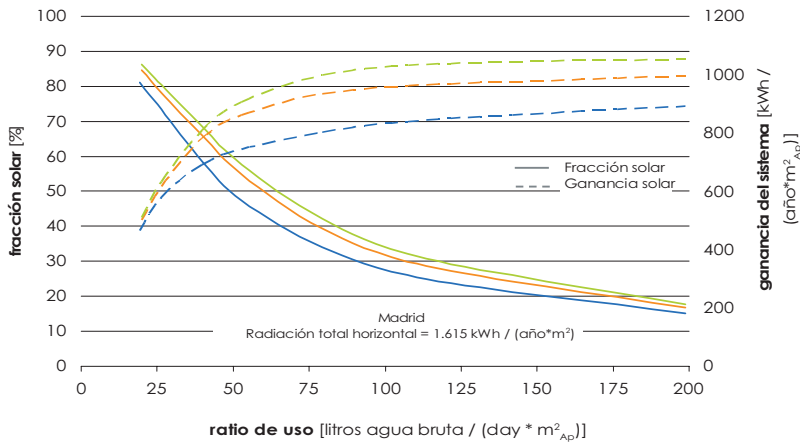


Figura 6.8. Diseño del nomograma para un sistema solar utilizado para precalentamiento de agua bruta para el concepto y perfil de demanda indicados en este apartado. Colector plano, almacenamiento estratificado.

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 los 15 °C para lavado/limpieza), ya que el agua está calentándose cuando se desmineraliza. Las fracciones solares alcanzables también son menores, ya que el agua debe calentarse hasta 90 °C (la carga térmica se refiere siempre 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 se 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 analizarse específicamente en cada industria.





6.4.3. Calentamiento de baños industriales

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.

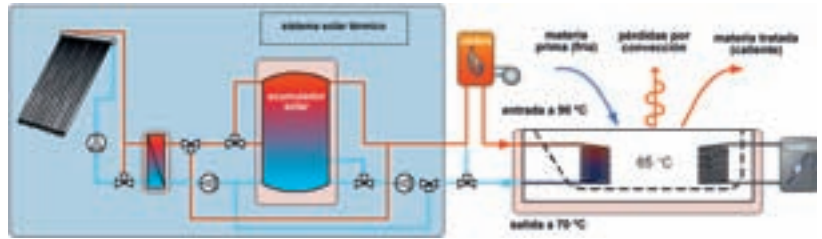
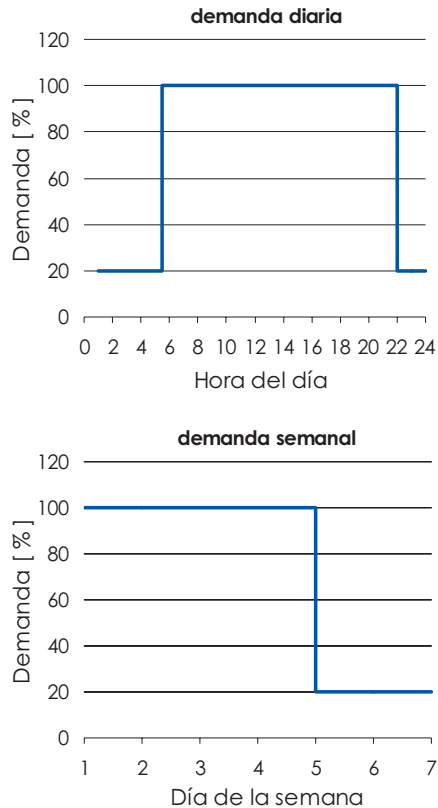


Figura 6.9. Concepto del sistema para el calentamiento de un baño industrial. Uso directo de calor solar con resistencia eléctrica o sistema solar con caldera auxiliar.



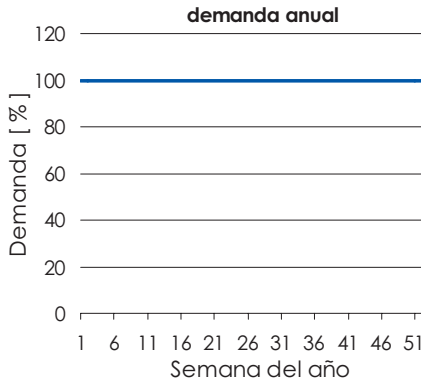


Figura 6.10. Demanda continua de calor de un baño industrial en una empresa pequeña (el electrolito debe mantenerse a una cierta temperatura).

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 los dos sistemas de calentamiento de agua fresca de los casos anteriores. Puesto que la energía producida por el sistema solar suele ser 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 mezclarse 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.



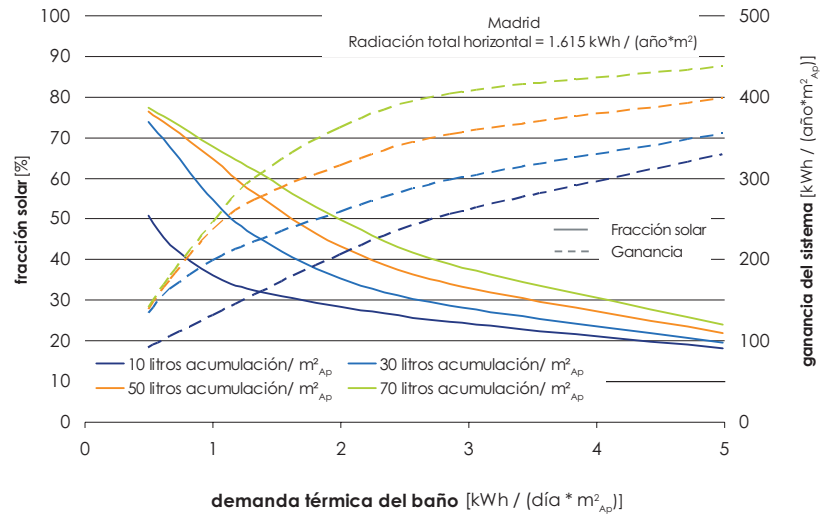


Figura 6.11. Diagrama de diseño del sistema solar para el concepto y perfil indicados. Colector de tubos de vacío, almacenamiento estratificado, entrada al cambiador de calor a 90 °C, salida a 70 °C (baño a 65 °C).

De estas simulaciones se desprende claramente que la temperatura 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 de enfriamiento del proceso.

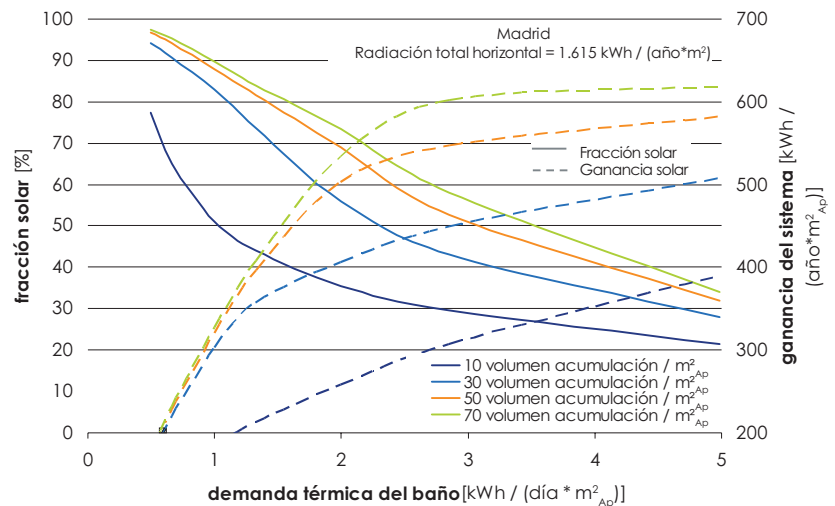


Figura 6.12. Diagrama de diseño del sistema solar para el concepto y perfil indicados. Colector plano, inclinación 35°, almacenamiento estratificado, entrada al cambiador de calor a 70 °C, salida a 50 °C. (baño a 45 °C).

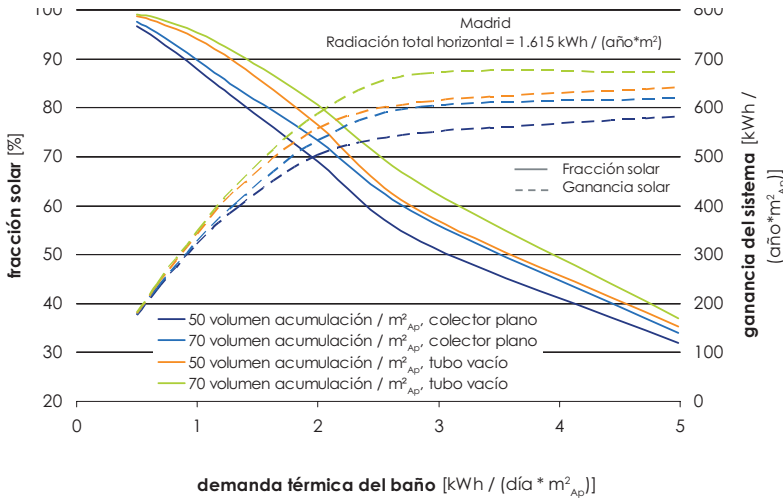


Figura 6.13. Diagrama de diseño del sistema solar para el concepto y perfil indicados. Comparativa de colector plano frente a tubo de vacío, inclinación 35°, almacenamiento estratificado, entrada al cambiador de calor a 70 °C, salida a 50 °C (baño a 45 °C).

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 a 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.

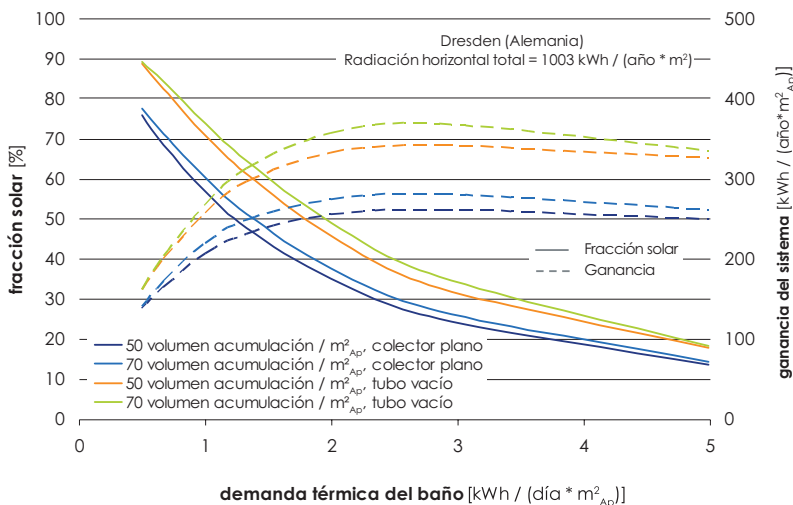


Figura 6.14. Diagrama de diseño del sistema solar para el concepto y perfil indicados en la ciudad de Dresden (Alemania). Comparativa de colector plano frente a tubo de vacío, almacenamiento estratificado, entrada al cambiador de calor a 70 °C, salida a 50 °C (baño a 45 °C).



En el diagrama correspondiente a la utilización de distintos tipos de colector solar (plano y vacío) para una ciudad en el centro de Europa, puede observarse como, para una temperatura de baño de 45°C , la ganancia del sistema solar mejora sensiblemente para los colectores de vacío. En estos casos, es necesario considerar otros aspectos, como los económicos o de espacio en cubierta necesario para los colectores, para la toma de una decisión.

6.4.4. Secado convectivo con aire caliente

Se trata de 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.

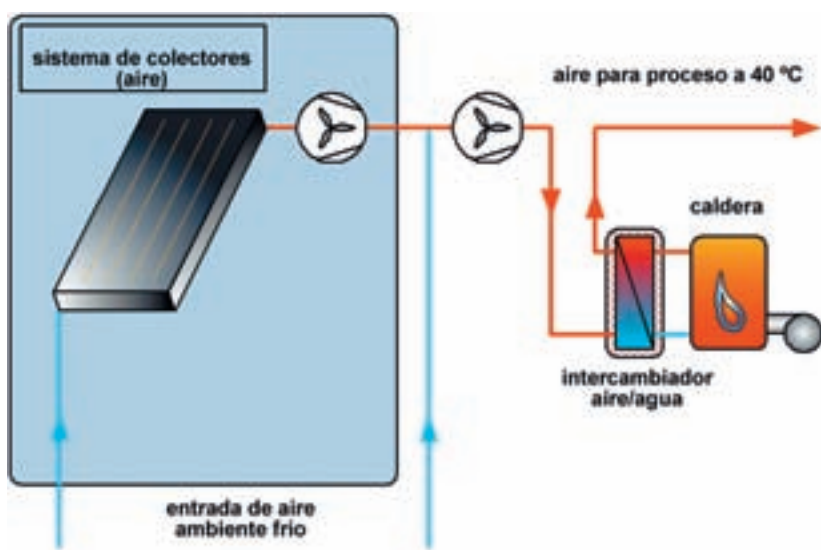
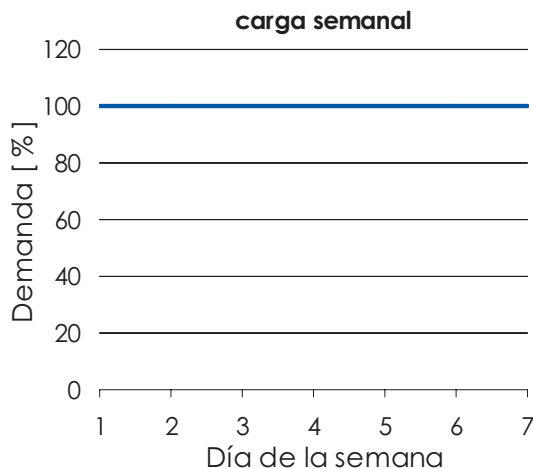
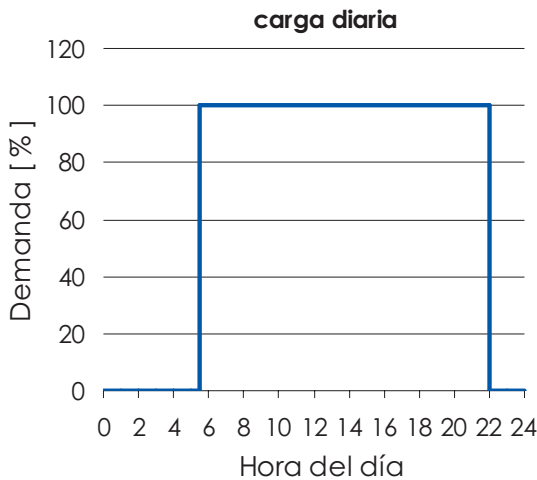


Figura 6.15. Concepto de sistema de un proceso abierto de secado. El sistema de colector abierto de aire está apoyado por una caldera en serie.

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 *by-pass* en el cambiador

de apoyo. Cuando la temperatura de los colectores de aire es demasiado baja, una parte del caudal de aire se calienta 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 $100 \text{ kg}_{\text{Air}}/\text{h m}^2_{\text{Ap}}$, mientras que disminuye hasta un 45% de eficiencia para $20 \text{ kg}_{\text{Air}}/\text{h m}^2_{\text{Ap}}$, 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.



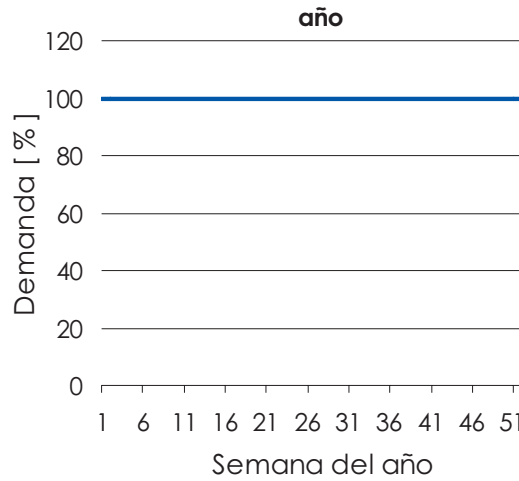


Figura 6.16. Perfil de carga para secado convectivo. Se trata de una aplicación razonable puesto que el aire caliente se precisa cuando el día es soleado.

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 $100 \text{ kg}_{\text{Air}}/\text{h m}^2_{\text{Ap}}$. 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.

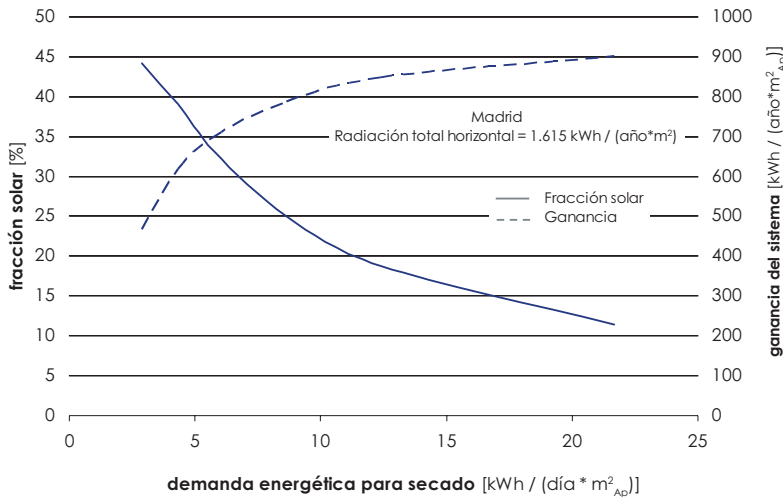


Figura 6.17. Diseño del sistema solar para secado convectivo válido para el caso de este apartado. No existe almacenamiento, rango de caudal másico de $20 \text{ kg}/(\text{h m}^2_{Ap})$ a $100 \text{ kg}/(\text{h m}^2_{Ap})$.

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 reducción de la eficiencia. Con este sistema y perfil de carga, la fracción solar normal para España sería del 25% al 35%, mientras que en países centroeuropeos es razonable un 15% o 20%.

7

ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS



Los análisis económicos de las instalaciones solares industriales dependen 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 financiación 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.

7.1. Inversiones y presupuestos

Las inversiones en instalaciones solares con colectores planos se sitúan normalmente en el rango de 650 a 850 €/m₂, 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).

Los presupuestos en instalaciones solares térmicas industriales deben incluir, como mínimo, los costes de los siguientes conceptos:

- **Sistema de captación o campo de captadores.** Incluye la marca y modelo del captador, su área de captación (apertura), elementos de fijación, estructuras, elementos hidráulicos, seguridad, etc.
- **Estructura** (este apartado puede incluirse en el anterior o ser independiente). Se refiere a los elementos estructurales que soportan a los captadores. En caso necesario, se indicará si es preciso reforzar alguna estructura de la cubierta o lugar donde se instalen los captadores.
- **Circuito primario y secundario** (circuitos hidráulicos), incluyendo tubería, aislamientos, soportes, etc.
- **Bombas de circulación** (o grupo de circulación) del circuito primario y del secundario.
- **Acumulación solar.** Equipos para la acumulación y elementos para su funcionamiento y seguridad, sistemas de expansión, interconexiones, conductos, etc.
- **Intercambiadores** para la cesión de la energía del circuito primario al secundario.
- **Sistema de control o regulación** para el correcto funcionamiento de la instalación.
- **Llenado de los circuitos y puesta en marcha.** Incluye pruebas de estanqueidad y ajustes para el funcionamiento óptimo del sistema.

- **Aspectos medioambientales y de seguridad laboral.**
- **Ingeniería y dirección de obra.**
- **Visado y legalizaciones** (de proyecto, obra y otros que puedan ser necesarios).
- **Mantenimiento** (mínimo recomendable 3 años).

En los presupuestos deben indicarse las condiciones de la oferta, como son:

- **Impuestos aplicables** (IVA y otros): señalar si se encuentran incluidos o no.
- **Periodo de validez de la oferta:** un mes, tres meses, seis meses, etc.
- **Forma de pago:** normalmente se establece un pago a la aceptación del presupuesto y varios pagos en función del avance de la instalación.
- **Plazo de ejecución:** deben conocerse las fechas de comienzo y fin de la obra, que deben adaptarse a los planes de operación y mantenimiento de la planta industrial.
- **Garantías** de equipos y materiales, así como de la instalación.
- **Partidas que se encuentran excluidas,** como pueden ser la obra civil necesaria para la ejecución, subestructuras para reforzar cubiertas, elementos de seguridad para trabajos en altura (línea de vida) o instalación de medios de acceso a las instalaciones, soluciones a vicios ocultos para el buen fin de la obra, etc.

7.2. Rentabilidad de la inversión

7.2.1. Aspectos generales

En el análisis de la rentabilidad de las instalaciones solares industriales, es conveniente tener en cuenta que existen varios parámetros a considerar:





- **Rentabilidad económica:** beneficios económicos asociados a la inversión realizada.
- **Rentabilidad por reducción de emisiones:** beneficios por la reducción de emisiones de gases contaminantes y, en especial, de CO₂. Este apartado puede ser particularmente relevante en industrias con sistemas de gestión ambiental o compromisos de reducción de emisiones.
- **Rentabilidad por seguridad del suministro:** la energía solar térmica es autoproducida en la planta, por lo que es independiente de suministradores externos. Esto implica asegurar su producción y conocer el precio de la energía para los próximos años, a diferencia de la electricidad o los combustibles tradicionales.
- **Rentabilidad socioeconómica local:** la instalación solar implica la necesidad de empresas regionales o locales para su instalación y funcionamiento.

7.2.2. Ayudas públicas de la Comunidad de Madrid

La Comunidad de Madrid publica anualmente su Programa de Ayudas para las energías renovables. En particular, este programa apuesta por la energía solar térmica para industrias mediante la concesión de subvenciones (a fondo perdido). Algunas de las características más destacables de estas ayudas pueden resumirse en:

a) Beneficiarios y criterios de concesión

Podrán beneficiarse de las ayudas reguladas las empresas, empresarios autónomos y otras personas jurídicas, siempre que se cumplan los requisitos establecidos en el artículo 13 de la Ley 38/2003, de 13 de noviembre, General de Subvenciones. El procedimiento de concesión de las ayudas será el de concurrencia competitiva.

Para clasificar los expedientes se establecen como criterio de concesión de las subvenciones, entre otras, para las instalaciones solares térmicas, el ratio de energía producida en relación con la inversión realizada.

b) Compatibilidad de las ayudas

Cuando concurren ayudas compatibles entre sí dadas a empresas, empresarios autónomos, sociedades cooperativas, instituciones sin

ánimo de lucro y otras entidades que desarrollen una actividad económica en concepto de mínimos por cualquier Administración Pública y para cualquier tipo de gasto, no podrá superarse el límite de 200.000 euros para el mismo beneficiario durante cualquier período de tres ejercicios fiscales en los términos establecidos por la Comisión Europea para la regla de mínimos, según lo establecido en el Reglamento (CE) número 1998/2006, de 15 de diciembre, de la Comisión, relativo a la aplicación de los artículos 87 y 88 del Tratado a las Ayudas de mínimos.

Las ayudas reguladas por la presente Orden no se podrán acumular con ninguna ayuda estatal correspondiente a los mismos gastos subvencionables si dicha acumulación da lugar a una intensidad de ayuda superior a la establecida para las circunstancias concretas en un Reglamento de exención por categorías o en una decisión de autorización de ayuda adoptada por la Comisión.

c) Actuaciones y gastos subvencionables

Se considerarán subvencionables las instalaciones de aprovechamiento de solar térmica de baja temperatura, en particular los sistemas de energía solar para calentamiento de un fluido a partir de la captación de la radiación solar mediante captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a $9 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Se considerarán también las aplicaciones de refrigeración u otras aplicaciones especiales y los proyectos innovadores que cumplan los criterios definidos en el apartado de energía solar térmica del Plan de Energías Renovables 2005-2010.

Se considerarán costes elegibles los correspondientes a los equipos e instalaciones que forman parte del equipo, es decir, captadores solares térmicos, acumuladores, intercambiadores de calor, bombas de circulación, tuberías, válvulas y conexiones, vasos de expansión, aislamientos, sistema eléctrico y de control, equipos de medida y demás equipos secundarios, así como el montaje y conexionado del conjunto, obra civil asociada, diseño de ingeniería de la instalación, dirección de obra, puesta en marcha, documentación técnica, manuales de uso y operación y tramitaciones de permisos y ayudas.

d) Cuantía de las ayudas

La cuantía de las subvenciones para instalaciones solares térmicas son (año 2010):





- Aplicaciones de refrigeración, otras aplicaciones especiales y proyectos innovadores, según lo establecido en el Plan de Energías Renovables 2005-2010: 375 €/m² de superficie útil de captación.
- Resto de aplicaciones: 260 €/m² de superficie útil de captación.

e) Solicitudes (año 2010)

1. Las solicitudes se presentarán en el Registro de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sito en la calle del Cardenal Marcelo Spínola, número 14, edificio F-4, 28016 Madrid, en cualquiera de las Oficinas de Registro de la Comunidad de Madrid, en el Registro de los Ayuntamientos de la Comunidad de Madrid que han firmado a estos efectos el correspondiente Convenio, o por cualquiera de los medios establecidos en el artículo 38 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.
2. El plazo de presentación de solicitudes será de un mes a partir de su publicación en el BOCM.
3. Las solicitudes se presentarán en los modelos de impresos que figuran en el Anexo de la correspondiente Orden donde se publican las ayudas, estarán disponibles en la página web de la Comunidad de Madrid (www.madrid.org) y se acompañarán de original o fotocopia compulsada de los documentos detallados en la Orden.

Además de estas ayudas específicas para las instalaciones solares térmicas, la Comunidad de Madrid publica regularmente un Programa de Ayudas para el Fomento del Ahorro y La Eficiencia Energética donde se apuesta específicamente por la realización de auditorías energéticas en industrias manufactureras de la región.

7.2.3. Rentabilidad económica

Existen diversos métodos para el cálculo de la rentabilidad económica. En el caso de la energía solar térmica, y de forma similar para todas las renovables, hay que considerar que las inversiones se recuperan en el medio plazo (no en el corto), por lo que los análisis de rentabilidad deben considerar este factor.

Los factores a considerar para el análisis de rentabilidad son:

- **Coste de la inversión:** es el coste total que supone la instalación del sistema solar térmico en la industria, previamente descrito en el presupuesto, considerando también los matices indicados (necesidad de obra civil, accesos, etc.).
- **Coste de mantenimiento de la instalación:** coste correspondiente a las labores de mantenimiento preventivo (periódico) de las instalaciones. Pueden incluirse otros costes, como la mano de obra del mantenimiento correctivo (averías). El mantenimiento periódico anual tiene un coste de aproximadamente el 1% de la inversión.
- **Vida útil de la instalación:** las instalaciones solares tienen un período de vida superior a los 25 años, aunque la eficiencia de la instalación disminuye a lo largo del tiempo por el desgaste de los equipos y materiales. Puede considerarse un periodo de 20 a 25 años como el tiempo de vida útil.
- **Coste del combustible sustituido:** mayores costes unitarios del combustible actual utilizado en la planta supone mayor ahorro debido al uso del sistema solar. Las plantas de mayor tamaño tienen mayor consumo de energía térmica, pero el precio unitario es normalmente inferior a plantas de menor tamaño. Generalmente, el calentamiento mediante gasóleo, propano o electricidad tiene un retorno más favorable que los sistemas a gas natural.
- **Incremento del coste del combustible sustituido:** el precio de los combustibles convencionales ha sufrido un incremento sustancial durante las últimas décadas, aunque con ciertos máximos y mínimos relativos debidos generalmente a ciclos económicos. Es preciso establecer de común acuerdo entre las partes el coste de partida del combustible actual y el aumento aceptable de su precio para los próximos años (en % anual)³. El incremento del coste anual normalmente se indexa a indicadores históricos, como pueden ser los mostrados en el EUROSTAT (ec.europa.eu/eurostat) o en el MITYC (www.mityc.es).



3 Para establecer el coste del combustible se propone utilizar el resultado de la media aritmética de A y B, siendo A la media del coste del combustible en los últimos años y B el coste máximo del combustible en este período.



- **Eficiencia del sistema convencional:** la eficiencia del sistema convencional es el producto de las eficiencias de generación, distribución y emisión de calor. El coste de la energía entregada en el punto de consumo (por ejemplo, el calor entregado para generar agua caliente en un depósito de agua caliente industrial) dista sensiblemente del coste de la energía del combustible empleado. Aunque es preciso realizar un estudio energético en detalle para conocer estos valores, puede considerarse inicialmente que la eficiencia de suministro en el punto de consumo es de un 70% para calderas a gas y de un 60% para calderas de gasóleo industriales, valores medios obtenidos a partir de diversos estudios de auditoría energética en industrias.
- **Financiación:** en caso de solicitarse, debe conocerse la cantidad a financiar y la tasa de interés anual, así como la cantidad inicial satisfecha en el año 0 por el inversor. También conocer si existen gastos al principio (gastos de gestión, apertura, etc.) y al final (precio residual u otros).

7.2.4. Caso práctico

A continuación se muestra un caso práctico de estudio de rentabilidad económica basado en estudios de caso reales de aplicación de energía solar térmica en industrias.

a) Enunciado del caso

En una planta dedicada al curado de jamones, se precisa agua a 45 °C en circuito cerrado para el proceso de secado y agua a 65 °C para la limpieza de los equipos y materiales. La planta funciona 330 días al año a dos turnos. Actualmente se consumen 20.354 litros de gasóleo al año para estos procesos (199.468 kWh).

El coste de mantenimiento proporcional del sistema actual se estima en 1.000 €/año.

Una auditoría energética previa ha calculado la eficiencia media de los aportes de calor en los puntos de consumo donde se va a sustituir con solar térmica. La eficiencia media es del 62%. Por lo tanto, la energía útil en los puntos de consumo equivale a 123.670 kWh/año.

Al dimensionar la instalación, se ha propuesto colocar 50 paneles solares planos con área de apertura de $2,1 \text{ m}^2$ cada uno, sumando un total de 105 m^2 . Esta instalación se estima que genera 108.050 kWh anuales de energía térmica.

La inversión asciende a $71.227,46 \text{ €} + \text{IVA}$, considerando todos los costes (llave en mano).

El coste medio del gasóleo para la empresa durante los últimos años ha sido de $5,0 \text{ c€/kWh}$, mientras el coste máximo en estos años ha llegado hasta los $7,8 \text{ c€/kWh}$. La media de ambos valores es de $6,4 \text{ c€/kWh}$. El incremento de precio del combustible aceptado es del 5% anual.

El coste de mantenimiento se estima en el 1% de la inversión durante los 25 años de vida de la instalación solar.

Se desea analizar la rentabilidad económica de la instalación.

b) A continuación se muestran los resultados económicos del caso analizado considerando distintas variables (supuestos):

- a. **Supuesto 1:** se recibe una subvención del 25% de la inversión en el primer año y se decide financiar el 75% a 10 años. Se obtiene un crédito al 5% de interés, con unos gastos del 0,5% de la inversión a la apertura de la línea de crédito.
- b. **Supuesto 2:** se recibe una subvención de 260 €/m^2 en el primer año y se decide financiar el resto a 10 años, salvo un aporte de capital inicial por la industria del 30% de la inversión. Se obtiene un crédito al 5% de interés, con unos gastos del 0,5% de la inversión a la apertura de la línea de crédito.
- c. **Supuesto 3:** se recibe una subvención de 260 €/m^2 en el primer año y se decide financiar el resto a 5 años, salvo un aporte de capital inicial por la industria del 30% de la inversión. Se obtiene un crédito al 6,5% de interés, con unos gastos del 1% de la inversión a la apertura de la línea de crédito.





Manual técnico de energía solar para procesos industriales

RENTABILIDAD ECONÓMICA SUPUESTO 1			
Caldera de gasóleo. Subvención del 25%. Financiación 75% de la inversión, a un interés del 5%. Gastos financieros del 0,5% de la inversión a la apertura.			
CALDERA DE GASOIL (SITUACIÓN ACTUAL)			
Energía consumida (gasóleo)	199.468,00	kWh/año	
Energía útil producida	123.670,16	kWh/año	
Coste unitario gasóleo	0,064	€/kWh	Se considera el coste medio de 7,3 c€/kWh
Coste gasóleo anual	12.765,95	€/año	
Coste mantenimiento anual	1.000,00	€/año	Parte proporcional del sistema actual
INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO (NUEVA SITUACIÓN)			
Energía generada con solar t.	108.050,00	kWh/año	
Rendimiento sistema actual	62	%	Obtenido mediante auditoría energética
Ahorro energético (media)	174.274,19	kWh/año	
Ahorro económico	11.153,55	€/año	En el primer año
Inversión	71.227,46	€	Se considera la inversión sin IVA
Subvención	17.806,87	€	Se considera una subvención del 25%.
Inversión - subvención	53.420,60	€	
Coste de mantenimiento	712,27	€/año	Se considera el 1% de la inversión
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD			
Periodo de retorno simple	4,79	años	(inversión/ahorro, considerando subvención)
Ahorro económico en 10 años	105.266,22	€	
económico en 25 años	507.417,91	€	
T.I.R. a 10 años	8,31	%	
a 25 años	18,35	%	
PLAN FINANCIERO			
PLAN FINANCIERO			
Coste instalación	71.227,46	€	
Subvención	17.806,87	€	
Inversión inicial	0,00	€	
Importe financiado	53.420,60	€	
Interés (%)	5,00%		
Plazo (años)	10	Años	
Cuota mensual	467,43	€	
Cuota anual	5.609,16	€	

Figura 7.1. Rentabilidad económica Supuesto 1.

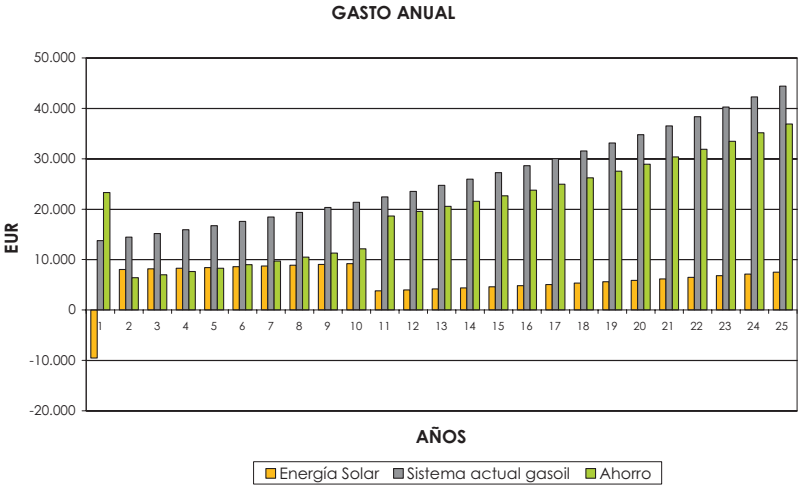


Figura 7.2. Gasto anual Supuesto 1.

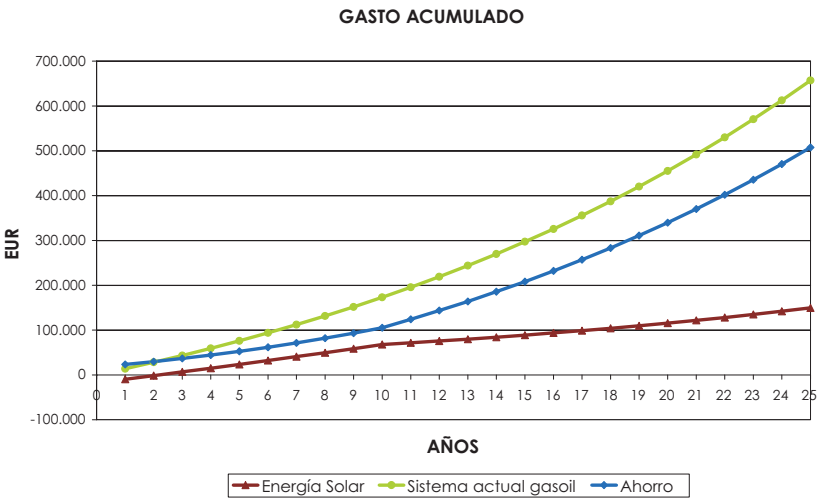


Figura 7.3. Gasto acumulado Supuesto 1.



Manual técnico de energía solar para procesos industriales

RENTABILIDAD ECONÓMICA SUPUESTO 2				
Caldera de gasóleo. Subvención del 260 €/m2. Aporte del 30% inversión por la industria. Resto financiado a un interés del 5%. Gastos financieros del 0,5% de la inversión a la apertura.				
CALDERA DE GASOIL (SITUACIÓN ACTUAL)				
Energía consumida (gasóleo)	199.468,00	kWh/año		
Energía útil producida	123.670,16	kWh/año		
Coste unitario gasóleo	0,064	€/kWh	Se considera el coste medio de 7,3 c€/kWh	
Coste gasóleo anual	12.765,95	€/año		
Coste mantenimiento anual	1.000,00	€/año	Parte proporcional del sistema actual	
INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO (NUEVA SITUACIÓN)				
Energía generada con solar t.	108.050,00	kWh/año		
Rendimiento sistema actual	62	%	Obtenido mediante auditoría energética	
Ahorro energético (media)	174.274,19	kWh/año		
Ahorro económico	11.153,55	€/año	En el primer año	
Inversión	71.227,46	€	Se considera la inversión sin IVA	
Subvención	27.300,00	€	Subvención	260 €/m²
Inversión - subvención	43.927,46	€		
Coste de mantenimiento	712,27	€/año	Se considera el 1% de la inversión	
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD				
Periodo de retorno simple	3,94	años	(inversión/ahorro, considerando subvención)	
Ahorro en 10 años	125.795,55	€		
económico en 25 años	527.947,25	€		
T.I.R. a 10 años	11,37	%		
a 25 años	19,30	%		
PLAN FINANCIERO				
PLAN FINANCIERO				
Coste instalación	71.227,46	€		
Subvención	27.300,00	€		
Inversión inicial	21.368,24	€		
Importe financiado	22.559,22	€		
Interés (%)	5,00%			
Plazo (años)	10	Años		
Cuota mensual	197,39	€		
Cuota anual	2.368,72	€		

Figura 7.4. Rentabilidad económica Supuesto 2.

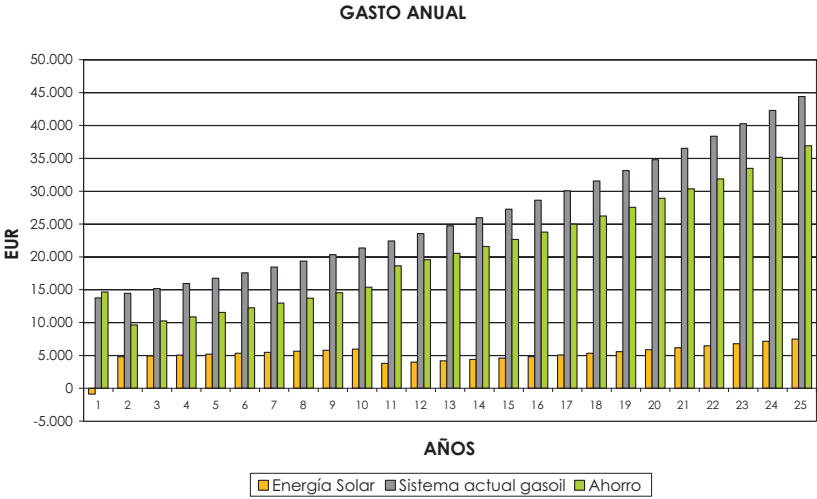


Figura 7.5. Gasto anual Supuesto 2.

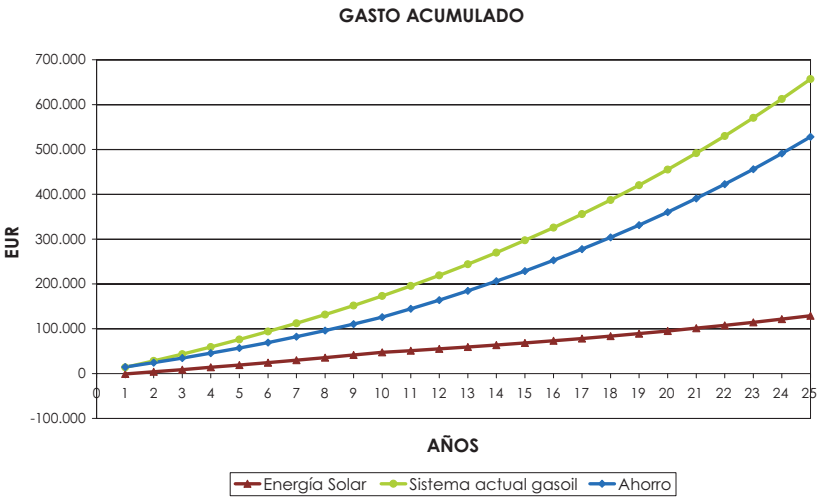


Figura 7.6. Gasto acumulado Supuesto 2.



Manual técnico de energía solar para procesos industriales

RENTABILIDAD ECONÓMICA SUPUESTO 3			
Caldera de gasóleo. Subvención del 260 €/m ² . Aporte del 30% inversión por la industria. Resto financiado a 5 años a un interés del 6,5%. Gastos financieros del 1% de la inversión a la apertura.			
CALDERA DE GASOIL (SITUACIÓN ACTUAL)			
Energía consumida (gasóleo)	199.468,00	kWh/año	
Energía útil producida	123.670,16	kWh/año	
Coste unitario gasóleo	0,064	€/kWh	Se considera el coste medio de 7,3 c€/kWh
Coste gasóleo anual	12.765,95	€/año	
Coste mantenimiento anual	1.000,00	€/año	Parte proporcional del sistema actual
INCORPORACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO (NUEVA SITUACIÓN)			
Energía generada con solar t.	108.050,00	kWh/año	
Rendimiento sistema actual	62	%	Obtenido mediante auditoría energética
Ahorro energético (media)	174.274,19	kWh/año	
Ahorro económico	11.153,55	€/año	En el primer año
Inversión	71.227,46	€	Se considera la inversión sin IVA
Subvención	27.300,00	€	Subvención 260 €/m ²
Inversión - subvención	43.927,46	€	
Coste de mantenimiento	712,27	€/año	Se considera el 1% de la inversión
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD			
Período de retorno simple	3,94	años	(inversión/ahorro, considerando subvención)
Ahorro económico	en 10 años	125.101,03	€
	en 25 años	527.252,72	€
T.I.R.	a 10 años	10,12	%
	a 25 años	18,28	%
PLAN FINANCIERO			
PLAN FINANCIERO			
Coste instalación	71.227,46	€	
Subvención	27.300,00	€	
Inversión inicial	21.368,24	€	
Importe financiado	22.559,22	€	
Interés (%)	6,50%		
Plazo (años)	5	Años	
Cuota mensual	400,43	€	
Cuota anual	4.805,11	€	

Figura 7.7. Rentabilidad económica Supuesto 3.

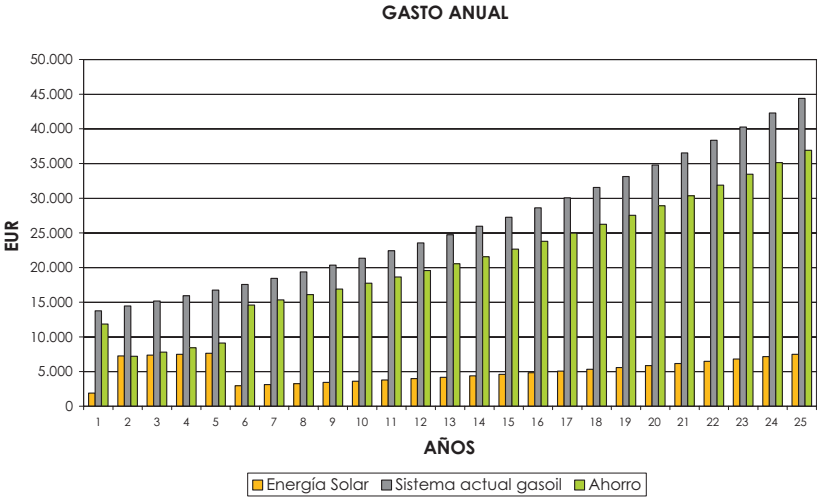


Figura 7.8. Gasto anual Supuesto 3.

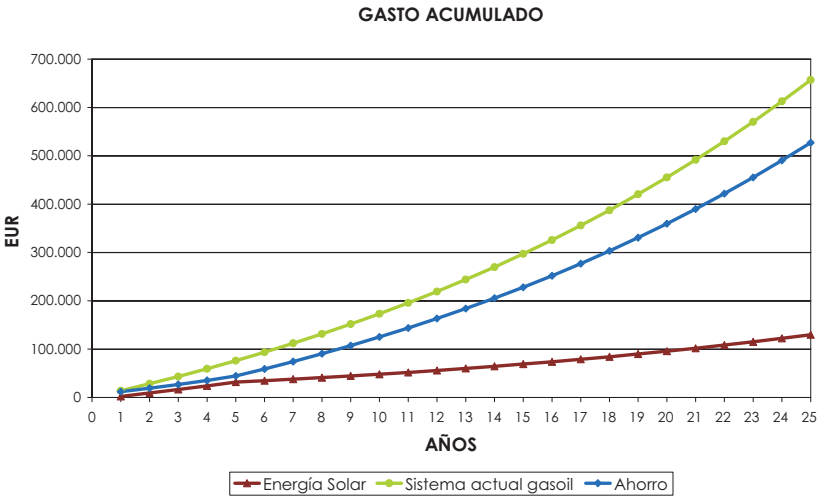


Figura 7.9. Gasto acumulado Supuesto 3.

8

EMPRESAS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS SOLARES



8.1. Condiciones generales

Se entiende por empresa de servicios energéticos⁴ (ESE) aquella persona física o jurídica que pueda proporcionar servicios energéticos en las instalaciones o locales de un usuario y afronte cierto grado de riesgo económico al hacerlo. Todo ello, siempre que el pago de los servicios prestados se base, ya sea en parte o totalmente, en la obtención de ahorros de energía por introducción de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de rendimiento convenidos.

El servicio energético prestado por la empresa de servicios energéticos consistirá en un conjunto de prestaciones, incluyendo la realización de inversiones inmateriales, de obras o de suministros necesarios para optimizar la calidad y la reducción de los costes energéticos. Esta actuación podrá comprender, además de la construcción, instalación o transformación de obras, equipos y sistemas, su mantenimiento, actualización o renovación, su explotación o su gestión derivados de la incorporación de tecnologías eficientes. El servicio energético así definido deberá prestarse basándose en un contrato que deberá llevar asociado un ahorro de energía verificable, medible o estimable.

Las empresas de servicios energéticos solares prestan sus servicios aportando lo indicado en el apartado anterior específicamente para una instalación solar térmica, es decir, la explotación de una instalación solar, aportando normalmente la inversión, a cambio de una contraprestación económica que se factura de forma mensual al usuario (de forma análoga a la factura mensual de la electricidad).

⁴ Real Decreto-Ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y el empleo.



La principal ventaja es que la ESE asume todos los aspectos técnicos y económicos de la instalación, asegurándose de que funcione correctamente de acuerdo al contrato que se firme con el usuario. De este modo, el industrial se dedica a su producción en la planta y cede la gestión integral de la instalación renovable a un especialista solar, consiguiendo la máxima rentabilidad y eficiencia.

Las principales ventajas de un proyecto ESE Solar son:

- El usuario final no debe invertir o hacerlo en muy baja medida. Por lo tanto, se minimizan los riesgos financieros para él.
- Se garantiza que el precio de la energía solar será siempre más ventajoso que el de las energías convencionales.
- La ESE Solar puede ofrecer un paquete de servicios relacionados con el suministro energético. Por ello, el cliente no necesita dedicar recursos técnicos propios a estas tareas.
- La planta de producción de energía solar funcionará siempre al máximo rendimiento. De hecho, la ESE Solar tiene interés en que así sea.
- La operación y mantenimiento de la instalación corren a cargo de la ESE Solar.
- Las condiciones actuales de concienciación medioambiental permiten establecer un marco favorable para hacer negocios.
- Ventaja competitiva del cliente con respecto a los competidores por su interés en tecnologías sostenibles.

8.2. Aspectos financieros, legales y contractuales

8.2.1 Análisis financiero

a) Fuentes de financiación y esquemas retributivos

No existen reglas generales del acuerdo entre el cliente y la ESE relativos a la financiación del proyecto. En todo caso, uno de los posibles aspectos de negociación con los clientes será si éste decide adquirir la planta solar al final del contrato con la ESE. Este será el momento

en el cual se paga la cantidad acordada que puede utilizarse como parte de la financiación del proyecto. En general, las condiciones de financiación del proyecto dependerán de las características económicas del proyecto y la capacidad de negociación con las entidades financieras.

De forma general, pueden considerarse tres esquemas retributivos para la facturación de energía solar:

- Facturación según la energía consumida (kWh térmicos solares consumidos).
- Facturación según la energía consumida más un coste fijo.
- Facturación "tarifa plana" en base a unos consumos mínimos y máximos mensuales, que puede incrementarse o disminuirse si se sale de un cierto rango establecido.

Independientemente del modelo elegido, se deberá establecer una cantidad determinada acordada con el cliente para el caso en el cual éste decidiera romper el contrato de suministro de energía antes del momento acordado con la ESE.

Dado que es importante disponer de un compromiso del cliente por estar la instalación ubicada en sus dominios, es condición necesaria tener un compromiso por parte del mismo. Para ello, puede ser recomendable que el cliente aporte al inicio del proyecto un porcentaje comprendido entre el 10 y el 15% de la inversión inicial. Evidentemente, este porcentaje deberá ser descontado del importe final pactado en el contrato si el cliente decide finalmente tener la planta en propiedad.

b) Deducciones a la inversión total

Actualmente, y como ya se ha comentado en el capítulo anterior, existen ayudas de la Comunidad de Madrid dirigidas a instalaciones de energías renovables y, en concreto, para instalaciones solares térmicas.

También pueden existir deducciones fiscales nacionales, regionales y locales, variables en función del lugar donde se ejecute la instalación, y que conviene consultar con los Ministerios, Consejerías y Ayuntamientos.





c) Estudio de rentabilidad

Las instalaciones solares deberán someterse a un estudio de rentabilidad, siendo importante considerar los siguientes puntos:

- Los precios de los combustibles fósiles tienen una tendencia clara a subir.
- La fuente de energía de las instalaciones solares tiene un coste muy bajo y es autoproducida, reduciendo la dependencia de los suministradores y de las variaciones en los precios.
- Actualmente las instalaciones solares tienen subvenciones a nivel de Comunidad Autónoma, junto con otras posibles deducciones.
- El precio de la energía vendida al cliente se fija en función del coste de la energía generada con una fuente convencional, siendo en aquel caso más barata que en este último.

d) Indicadores de rentabilidad

Las inversiones pueden ser analizadas bajo uno o varios indicadores que, normalmente, señalan cuál es la mejor opción entre varias posibilidades, predominando el Valor Actualizado Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

Valor del VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

donde:

V_t representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n es el número de períodos considerado.

k es el tipo de interés.

Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico. En otros casos, se utilizará el coste de oportunidad. El VAN se calcula a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0, k pasa a llamarse TIR. La TIR es la rentabilidad que proporciona el proyecto.

Por tanto, la tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero.

Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada por la TIR, supera la tasa de corte, se acepta la inversión. En caso contrario, se rechaza.

8.2.2. Condiciones y garantías

a) Garantías técnicas

Es frecuente que el cliente solicite a la ESE Solar garantías del correcto funcionamiento de la planta solar con el objetivo de prevenir cualquier incidencia durante su funcionamiento. Es decir, que la planta active los adecuados sistemas de seguridad correspondientes a cada situación previsible.

En ocasiones, el cliente solicitará una garantía de suministro de energía en cantidad suficiente para abastecer las cantidades pactadas.

Las condiciones técnicas de la instalación del cliente deben ser perfectamente conocidas, dado que la planta solar será conectada a la red o proceso ya existente propiedad del cliente.

A continuación se indican algunos puntos que deben ser seguidos de cerca para optimizar el proyecto de la ESE:





- Adecuado diseño de la instalación (comprobar que la ingeniería tiene experiencia en plantas solares).
- Estimación adecuada de la demanda térmica por parte del cliente (se puede establecer una cláusula en contrato que penalice el bajo consumo).
- Los datos iniciales planteados de operación de la planta deben ser correctos y no mermar la producción de energía. Por ejemplo, la temperatura de entrada a los paneles debe ser la adecuada o la del agua de red.

En ocasiones, el cliente solicitará la evidencia de que efectivamente los datos proporcionados por la ESE (procedentes de una simulación) son acertados. Por ello, no está de más disponer de los datos de funcionamiento de otras plantas y de sus respectivas producciones previstas *a priori*.

b) Garantías financieras

En algunas ocasiones, es posible pactar con los bancos, si existe relación previa positiva, para que la instalación de producción solar actúe como garantía de pago de la financiación. Es un aspecto importante a tener en cuenta en el desarrollo de empresas de venta de energía.

Por otro lado, la garantía de pago del cliente a la ESE por parte de empresas de seguros de pago es una herramienta importante a tener en cuenta durante la planificación financiera del proyecto. Si existe acuerdo para un proyecto determinado, la ESE tendrá la posibilidad de asumir un riesgo mayor. Por ejemplo, proyectos con altas inversiones a financiar o proyectos técnicamente complicados podrán ver la luz bajo estas condiciones.

Debe considerarse el coste de la garantía de pago a la hora de realizar los estudios de viabilidad y tesorería de la planta solar. Este coste depende fuertemente de la situación financiera del cliente.

8.2.3. Seguro de la instalación

En general, cualquier instalación generadora de energía estará asegurada para prevenir cualquier incidente. El titular de la instalación es el propietario de la instalación, es decir, la ESE Solar.

El tipo de seguro elegido dependerá de los criterios establecidos por la ESE y de criterios tales como la superficie de la instalación, su ubicación, la posibilidad de inmediata intervención en caso de incidente o la inversión realizada. Por otro lado, también depende de los posibles riesgos y de su probabilidad de ocurrencia que puedan afectar al funcionamiento de la planta.

Algunas características que pueden constar en el seguro (orientativamente) son:

1. La instalación deberá disponer de las siguientes coberturas:
 - Garantía básica de la instalación.
 - Daños en aparatos eléctricos que forman parte de la instalación.
 - Fenómenos que dañen la planta solar como consecuencia de incidentes en la industria.
 - Responsabilidad civil.
2. El contrato de seguro deberá ser redactado de tal forma que tenga en cuenta la inversión realizada en la instalación solar y las obligaciones técnicas y económicas de la empresa que explota la planta hacia el cliente.
3. El contrato de seguro debe tener constancia de que la instalación asegurada propiedad de la ESE Solar se encuentra sobre un suelo que no es propiedad de la ESE Solar.
4. Seguro a terceros. El seguro debe prever la posibilidad de que la planta solar cause daños en las instalaciones donde se sitúe o a personas que se encuentren en las inmediaciones de la instalación. Por ejemplo, que se produzca una fuga de agua caliente o el desprendimiento de una pieza de la instalación que produzca heridas a una persona con motivo de la caída.

En general, se considerarán excluidos del seguro aquellos riesgos que no hayan sido correctamente definidos en el contrato de seguro.

Pueden incorporarse mejoras en el contrato de seguro, como son el vandalismo, inundaciones, pérdidas de beneficios o robo y expoliación.





8.2.4. Propiedad de la instalación y cesión al cliente

En este apartado se describe de qué forma se puede establecer la opción de compra una vez el contrato se ha cumplido.

La duración del contrato de venta de energía estará en función de la inversión que la ESE Solar haya hecho para la puesta en marcha de la instalación. Es conveniente mantener el contrato tanto tiempo como sea posible. Una vez finalizado el contrato de venta de energía, existen varias formas de acuerdo entre la ESE y el cliente para transferir la planta:

1. El cliente paga una parte proporcional a la inversión realizada que quedará estipulada en el contrato de compraventa a la entrega de la planta, que suele ser de un 10% una vez transcurrido un periodo de 15-20 años.
2. El cliente paga una parte variable de la instalación que depende del tiempo durante el cual el cliente compra energía a la ESE. Es decir, que cuanto más tiempo permanezca un cliente comprando energía, menor será el coste que tendrá que pagar. Este método debe ser planificado cuidadosamente desde un punto de vista financiero.
3. Combinar alguna de las soluciones anteriores con soluciones de generación de calor que puedan ser fácilmente instaladas y desinstaladas. Esta variante consiste en un grupo de equipamiento técnico móvil y fácilmente transportable que se une directamente al colector solar y hace la función de cuarto de tecnología solar. Las principales ventajas de esta opción son:
 - El paquete técnico puede estar previamente montado.
 - Puede estar instalado en el exterior de una nave (la ESE y la empresa instaladora solar no tienen por qué molestarse en encontrar soluciones para un edificio concreto).
 - Se puede combinar fácilmente con soluciones de energía basadas en combustión (por ejemplo, incluyendo biomasa, etc.).
 - Es fácilmente desmontable del emplazamiento original, dando la posibilidad de llevarla a otro lugar diferente.

Una vez cumplido el primer contrato de suministro de energía al cliente, se pueden dar varios casos en lo que al futuro de la instalación se refiere:

1. La planta solar es desmantelada. Esta es la peor situación para la ESE, ya que tiene que soportar los costes de desmantelamiento de la instalación. Esta posibilidad existe si al final del contrato el cliente no desea renovarlo o si la propiedad de la planta no estaba prevista en el contrato inicial de suministro. Esto último es lo que se llama procedimiento BOT (*Built-Operate-Transfer*). El hecho de tener que desmantelar la planta puede poner en peligro la rentabilidad de la misma, motivo por el cuál debe estar previsto o ser evitado.
2. La planta solar pasa a ser propiedad del cliente. Tras la finalización del contrato, el cliente adquiere la instalación. Es frecuente que el cliente solicite a la ESE su permanencia como encargado de mantenimiento de la instalación.
3. La ESE sigue siendo la propietaria de la instalación y el contrato se renueva. Esta solución es frecuentemente solicitada por el cliente, ya que se asegura el suministro de energía por parte de una empresa fiable y cualificada. Por su parte, la ESE puede ofrecer al cliente un precio mucho más competitivo al estar la instalación ya amortizada.

8.2.5. Condiciones contractuales

El contrato de suministro de energía es uno de los aspectos claves de un proyecto ESE Solar. En él se fijan las condiciones entre la ESE y el cliente. El contenido de este contrato es fundamental para el éxito del proyecto, así como la situación económico-financiera de la ESE que asume los riesgos de la instalación. Los puntos principales a tener en cuenta por el contrato de suministro deben ser:

1. Objetivo del contrato, indicando:
 - Quién es la ESE Solar y quién es el cliente.
 - Información sobre la situación de la planta solar en las instalaciones existentes.
 - Fecha de inicio de suministro de energía al cliente. Posibles cláusulas de penalización en caso de incumplimiento del inicio de suministro.





2. Duración del contrato, donde se establece el inicio y final del suministro de energía. En este punto, además se suelen introducir los siguientes apartados:
 - Cláusulas de salida y condiciones de la misma para las partes implicadas en el contrato. Esta cláusula suele ser difícil de abordar, por lo que es importante negociar correctamente las condiciones para asegurar la estabilidad a largo plazo del contrato de venta de energía.
 - Establecer las relaciones entre el cliente y otras partes importantes. Por ejemplo, puede ser útil en el caso de que el propietario del lugar en el que se instalen los colectores solares no sea el cliente.
3. Delimitación de propiedad y responsabilidades:
 - ¿Quién es el responsable de la instalación solar?
 - Definir el punto de entrega de la energía al cliente y las especificaciones de la energía entregada.
 - Certificaciones requeridas por las partes.
 - ¿Quién paga la electricidad consumida por las bombas de circulación y el resto del equipamiento?
 - ¿Quién es el responsable del mantenimiento y funcionamiento de la planta?
 - Establecer qué partes de la propiedad se verán afectadas por la instalación de la planta solar.
4. Detalles sobre el suministro de energía y funcionamiento de la planta donde se fijarán los detalles del servicio de venta de energía:
 - Para la ESE Solar, ¿es un derecho o una obligación la entrega de energía al cliente?
 - Para el cliente, ¿es un derecho o una obligación la compra de energía a la ESE Solar?



- Si procede, fijar los límites de consumo de energía.
 - ¿Se integrará la instalación solar en la instalación actual del cliente?
 - Establecer las pautas a seguir en función de posibles escenarios relacionados con otras fuentes de energía que en el futuro puedan competir con esta forma de suministro.
 - Riesgos que puedan afectar al correcto funcionamiento de la planta solar o aquellos que puedan provocar daños debidos a su mal funcionamiento.
 - Establecer las fechas más temprana y más tardía en que la planta comenzará a producir energía para el cliente.
5. Precio de la energía solar en referencia a la forma en que será calculada la tarifa para la facturación de energía:
- ¿Será el precio idéntico o distinto en verano e invierno?
 - ¿Estará el precio de la energía suministrada por la planta solar relacionado con el índice de precios al consumo, otros combustibles u otros índices que sirvan como base para el cálculo de la tarifa?
 - ¿Qué ocurrirá si alguno de estos factores cambia drásticamente? ¿Se redefinirá de nuevo el contrato?
 - ¿Se fijará el precio de la energía producida en función del consumo del cliente de tal forma que se penalizará en caso de no cumplir con el mínimo?
 - ¿Se establecerá una cuota fija mensual o anual?
6. Medida y facturación de la energía solar:
- ¿Cómo se medirá la energía suministrada?
 - ¿Qué requisitos debe cumplir el sistema de medida de energía?
 - ¿Cómo se cargará la tarifa al consumidor?



- ¿Quién calibrará los equipos de medida?
- Condiciones de pago de la energía facturada.

7. Resolución del contrato:

- ¿Cómo se tratará la renuncia a continuar con el contrato por alguna de las partes?
- Indicar bajo qué circunstancias y condiciones es posible no continuar con el contrato sin condiciones legales.

Además, se suelen incluir anexos al contrato con la siguiente información:

- Esquemas hidráulicos de la instalación y su integración en el edificio.
- Esquemas hidráulicos de la planta solar.

Los esquemas de facturación propuestos son los siguientes:

- **Según la energía consumida.** El cliente paga solamente en función de los kWh consumidos. La energía se factura cada mes o cada dos meses. Con esta forma de venta de energía, la ESE sólo cobrará cantidades razonables y, por lo tanto, contribuirá a la amortización de la instalación únicamente en verano. En algunas instalaciones y países, es habitual pactar un precio diferente para verano e invierno. Para facturar según la energía consumida, es necesario instalar un contador de energía.
- **Según la energía consumida más un precio básico.** Además del precio fijado por kWh, el cliente paga también una cuota fija independiente de la cantidad de energía consumida durante el periodo. Este tipo de facturación permite a la ESE disponer de mayor liquidez y facturar más en invierno cuando la radiación solar es baja y, por lo tanto, la energía suministrada es baja y las ganancias muy pequeñas.
- **Según la energía consumida más una tasa de conexión.** El cliente paga por la energía consumida más una tasa de conexión al sistema que es abonada una vez la planta solar ha sido entregada

al cliente. Esta fórmula de facturación debe ser cuidadosamente estudiada desde un punto de vista financiero.

- **Según el agua consumida.** El cliente paga según el volumen de agua consumida. Para ello, la instalación debe disponer simplemente de un contador de volumen. Se establece una temperatura mínima de suministro. El precio se fija por litro y será actualizado periódicamente en función de los indicadores establecidos en contrato.
- **Tarifa plana.** El cliente paga una cantidad fija mensual en base a un gasto mínimo por parte de la industria para cada mes del año.

La revisión de precios se puede hacer tomando la inflación del precio del combustible al cual se quiere ligar el precio de la energía y, cada mes o cada año, se actualiza. De este modo, se obtiene un coeficiente que refleja la variación de los precios.



9

INSTALACIONES SOLARES EN INDUSTRIAS ESPAÑOLAS: EJEMPLOS



A continuación se muestran algunos ejemplos de instalaciones solares térmicas industriales en España diseñadas durante los últimos años, con sus consideraciones técnicas y económicas. Son casos que pueden ser replicables en otros procesos similares de industrias manufactureras.

Los casos que se presentan son reales, por lo que se incluye la información literal aportada por las empresas que han ejecutado o diseñado dichas instalaciones.

9.1. Caso 1. Instalación solar térmica para lavado de cisternas

9.1.1. *Presentación*

El primer caso se refiere a una instalación solar ejecutada en Villamuriel de Cerrato (Palencia) para agua caliente industrial (ACI) de 97,78 kW de potencia. El sistema solar forma parte del nuevo sistema de lavado de cisternas con 2 calles de lavado, basando la generación de calor en un sistema con caldera de vapor. En el conjunto de dichas obras se incluyó la ejecución de montaje de 72 captadores solares térmicos de 1,94 m² y 2 acumuladores de 5.000 l. Para ACS, se instaló un intercambiador de calor, 2 bombas dobles circuladoras, trazado hidráulico con componentes necesarios y sistema de regulación y control.



Foto 9.1. Captadores solares térmicos.

9.1.2 Solución adoptada

a) Características técnicas

De acuerdo a las demandas energéticas consideradas y a la tipología de la instalación convencional, se ha optado por una instalación solar térmica compuesta por un sistema de captación destinado a elevar la temperatura de los acumuladores de agua caliente hasta la temperatura de consigna (aproximadamente 60 °C).

La conexión entre la instalación solar y la instalación convencional se realizará mediante un *by-pass* que permitirá la desconexión de la primera en cualquier momento, sin perjuicio en el funcionamiento de la segunda.

A continuación se describen cada uno de los sistemas que componen la instalación solar diseñada:

- El sistema de captación estará formado por 72 captadores de la marca Cidersol, modelo Ecocid, los cuales se agruparán en baterías de seis captadores conectados en paralelo. Las ba-

terías se conectarán entre sí en serie-paralelo, resultando una superficie total de captación de 139,68 m². El caudal unitario seleccionado es de, aproximadamente, 60 l/h·m², obteniéndose un caudal total para los circuitos primario y secundario de 4.190 l/h.

- El sistema de acumulación se compondrá por dos acumuladores marca Lapesa, modelo MVV-5000-RB, conectados entre sí en serie invertida, resultando una acumulación total de 10.000 litros.
- El sistema de intercambio estará formado por un intercambiador de placas desmontables de acero inoxidable situado entre el circuito primario y secundario, marca Alfa Laval, modelo M3FM de 35 placas con juntas EPDM (o similar) para el agua caliente con una potencia de 84 kW, encargado de transferir la energía recibida por los captadores solares a los depósitos acumuladores.
- El sistema hidráulico se compone de un circuito primario trazado en cobre con dos bombas circuladoras en paralelo y un circuito secundario trazado en PPR reforzado con fibra de vidrio y equipado con dos bombas circuladoras en paralelo. Todos los circuitos contarán con los elementos de seguridad, equilibrado, purga y expansión necesarios y estarán convenientemente aislados.
- El sistema de control estará formado por una centralita de dos aplicaciones. La estrategia de control es la siguiente: las bombas de primario y secundario arrancarán siempre que la temperatura en captadores sea superior en un cierto valor a la temperatura de los acumuladores. El sistema de control tendrá además funciones de limitación de temperaturas máximas y función antihielo, y comandará el funcionamiento del aerotermo cuando la temperatura exceda los valores normales y el consumo de agua caliente sea menor.
- El sistema de disipación estará formado por un aerotermo de 80 kW de potencia por el que se hará circular el fluido del circuito primario procedente de los captadores solares y que entrará en funcionamiento siempre que se supere una temperatura límite en los captadores, puntualmente en los períodos de baja demanda y elevada radiación solar (fines de semana y días puntuales de verano).





La demanda energética anual estimada asciende a 175 MWh de los cuales 118 MWh son proporcionados por la instalación solar, resultando un grado de cobertura del 67% de media. El rendimiento medio anual de la instalación es del 52%.

b) Cálculos solares

Datos climáticos de partida

A continuación se muestran los datos climáticos de partida utilizados para el dimensionado de la instalación, pertenecientes a la provincia de Palencia.

- Radiación solar diaria media mensual sobre el plano horizontal en kWh/m² día:

TABLA 9.1. Radiación solar diaria media mensual.

Radiación solar diaria media mensual en el plano horizontal (kWh/m ² día)											
ene	Feb	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic
1,47	2,50	3,67	4,86	5,47	6,06	6,69	6,00	4,75	3,03	1,83	1,28

- Temperatura ambiente durante las horas de Sol en °C:

TABLA 9.2. Temperatura ambiente.

Temperatura ambiente media durante las horas de Sol (°C)											
ene	Feb	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic
4,2	5,8	9,6	12,1	15,2	20	23,2	22,8	19,4	13,7	8,3	4,7

Fuente: BB.DD. Climatológicos de CyL, Ed. EREN

- Temperatura histórica mínima en °C: -14 °C (Fuente: CENSOLAR).

Cálculo de la demanda de energía y aporte solar

En esta instalación se ha estimado la demanda de agua caliente en el proceso industrial en función de los datos facilitados por los propietarios. Es necesario tener en cuenta que la instalación se utilizará todo el año. El resultado es un consumo medio diario de 9.000 litros por día



según los datos facilitados por el responsable de la instalación y los datos tomados sobre el terreno.

En la siguiente tabla se muestra la demanda energética para cada uno de los meses del año en kWh/mes.

TABLA 9.3. Demanda energética por meses.

Análisis deTALLAdo po R meses													
(datos de energía en kWh)	ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic	Total
Demanda mensual de energía (total):	16.521	14.923	15.874	14.735	14.578	13.481	13.282	13.282	13.481	14.578	14.735	15.874	175.341

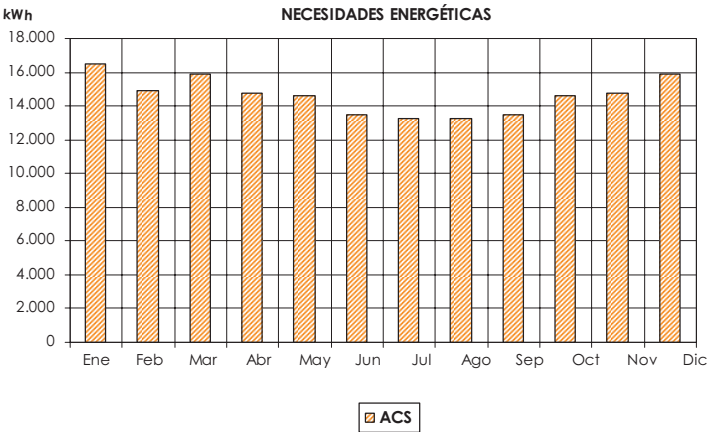


Figura 9.1. Necesidades energéticas.

Los resultados mensuales del total de la instalación solar proyectada son los que aparecen en la Tabla 9.4.

TABLA 9.4. Resultados mensuales.

AnÁLisis deTALLAdo po R meses													
(datos de energía en kWh)	ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic	Total
Demanda mensual de energía (total):	16.521	14.923	15.874	14.735	14.578	13.481	13.282	13.282	13.481	14.578	14.735	15.874	175.341
Aporte solar mensual A.C.S.	4.416	6.462	9.926	11.509	12.418	13.180	13.282	13.282	13.440	9.687	5.908	4.000	117.510
Fracción solar media A.C.S.	26,70%	43,30%	62,50%	78,10%	85,20%	97,80%	100%	100%	99,70%	66,50%	40,10%	25,20%	67%
Rendimiento de la instalación:	52%												

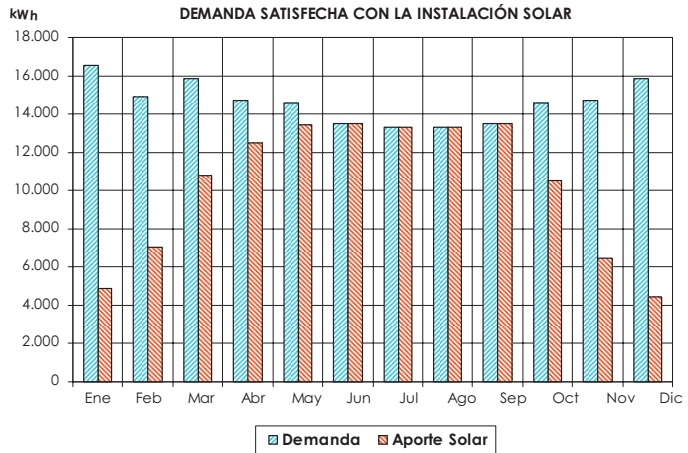


Figura 9.2. Demanda satisfecha con la instalación solar.

c) Características de los componentes principales seleccionados

Captador solar

Las características del captador solar se muestran en la Tabla 9.5.

TABLA 9.5. Características del captador solar.

Marca	Cidersol
Modelo	Ecocid
A_Tmed	0,75
B_Tmed	3,1
C_Tmed	0,02
Superficie	1,94
Caudal Paralelo	55 l/h
Caudal Serie-Paralelo	60 l/h
Ancho	1022 mm
Alto	2020 mm
Volumen Fluido	1,75 l
Tipo Conexión Entrada	Roscar $\frac{3}{4}$ "
Tipo Conexión Salida	Roscar $\frac{3}{4}$ "
Diámetro Conexión Entrada	$\frac{3}{4}$ "
Diámetro Conexión Salida	$\frac{3}{4}$ "
Peso vacío	39,8 kg
n.º de bocas	4
Posición	Vertical



Acumulador



Foto 9.2. Acumulador.

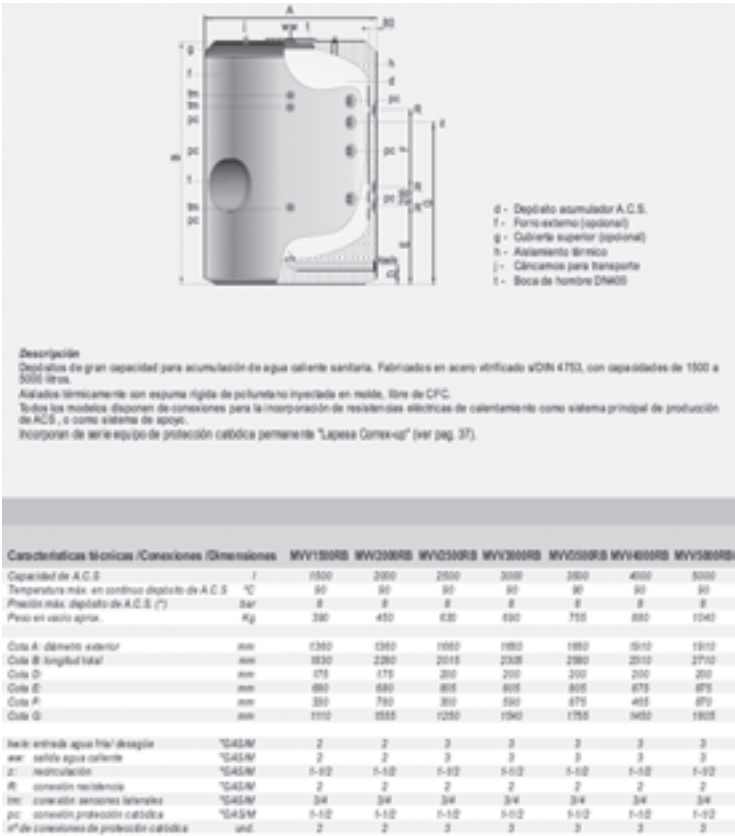


Figura 9.3. Ficha técnica del acumulador.

Bombas



Foto 9.3. Bombas.



UPS 40-100 F



Advertir! la fotografía puede diferir del actual producto

Código:

96413638

La bomba es del tipo de rotor encapsulado, es decir la bomba y el motor forman una unidad íntegra sin cierre y con sólo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados por el líquido bombeado.

Para evitar problemas en conexión con la eliminación, se ha dado mucha importancia a la utilización de la mayor cantidad posible de diferentes materiales.

La bomba se caracteriza por:

- Motor de tres velocidades.
- Cojinetes radiales de cerámica.
- Cojinete axial de carbono.
- Carcasa del rotor, placa de soporte y revestimiento del rotor en acero inoxidable.
- Alojamiento del estator en aleación de aluminio.
- Cuerpo de la bomba de Fundición.
- Estator con interruptor térmico incorporado.

El motor es un motor 3-fásico.

No es necesaria protección externa del motor ya que la bomba se suministra con un módulo de relé incorporado. El módulo permite la conexión a un interruptor de red externo y señal externa de funcionamiento, así como un dispositivo de indicación de fallo. La salida de señal para el dispositivo externo puede ajustarse para indicar funcionamiento o fallo mediante un interruptor de conmutación.

Líquido:

Temperatura mín. del líquido: -10 °C

Temperatura máx. del líquido: 120 °C

Datos técnicos:

Certificados en placa: CE, S, VDE

Materiales:

Materia, cuerpo hidráulico: Fundición
EN-JL1043 DIN W.-Nr.
35 B - 40 B ASTM
Materia, impulsor: Acero inoxidable
1.4301 DIN W.-Nr.
304 AISI

Instalación:

Temperatura ambiente mín.: 0 °C

Temperatura ambiente máx.: 40 °C
Presión máx. de trabajo: 10 bar
Conexión de tubería, estándar: DIN
Dimensión de conexión de tubería: DN 40
Presión, conexión de tubería: PN 6 / PN 10
Longitud entrada/salida: 250 mm

Datos eléctricos:

Potencia de entrada velocidad 1-2-3:
P1 velocidad 1: 490-570-770 W
Frecuencia red: 50 Hz
Corriente en velocidad 1-2-3:
I velocidad 1: 0.82-0.94-1.3 A
Corriente de arranque en velocidad 1-2-3:
Cos phi en vel. 1-2-3: 0.86-0.86-0.85
Grado de protección (IEC 34-5): IP44
Clase de aislamiento (IEC 85): H

Otros:

Peso neto: 22.6 kg
Peso bruto: 23.9 kg
Volumen: 0.029 m³

Figura 9.4. Ficha técnica de la bomba (I).

**UPS 32-60 180**

Advertir! la fotografía puede diferir del actual producto

Código: 59586600

La bomba es del tipo de rotor encapsulado, es decir la bomba y el motor forman una unidad íntegra sin cierre y con sólo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados por el líquido bombeado.

La bomba tiene selector de velocidad de

La bomba se caracteriza por:

- * Eje y cojinetes radiales de cerámica.
- * Cojinete axial de carbono.
- * Camisa del rotor y placa soporte de acero inoxidable.
- * Impulsor resistente a la corrosión, Compuesto, PES.
- * Cuerpo de bomba de Fundición.

El motor es un motor 3-fásico.

No se requiere protección adicional de motor.

Líquido:

Temperatura mín. del líquido: 2 °C

Temperatura máx. del líquido: 110 °C

Datos técnicos:

Clase TF: 110

Certificados en placa: CE

Materiales:

Material, cuerpo hidráulico: Fundición
EN-JL1030 DIN W.-Nr.
30 B ASTM

Material, impulsor: Compuesto, PES

Instalación:

Temp. Amb. máx a 80 °C del líquido: 80 °C

Presión máx. de trabajo: 10 bar

Dimensión de conexión de tubería: G 2

Presión, conexión de tubería: PN 10

Longitud entrada/salida: 180 mm

Datos eléctricos:

Potencia de entrada velocidad 1-2-3:

Frecuencia red: 50 Hz

Corriente en velocidad 1-2-3:

Corriente de arranque en velocidad 1-2-3:

Grado de protección (IEC 34-5): IP42

Clase de aislamiento (IEC 85): F

Otros:

Peso neto: 2.6 kg

Peso bruto: 2.8 kg

Volumen: 0.004 m³



Intercambiadores



Fig. 9.6

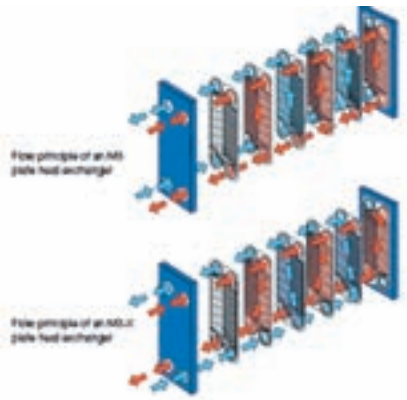
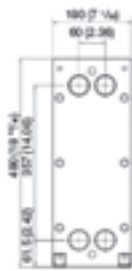
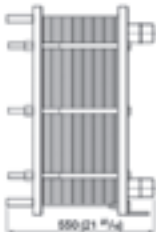


Figura 9.6. Intercambiadores.

Dimensions



Measurements (mm)



TECHNICAL DATA

Pressure vessel codes, PED, ASME, pvcALS™
Mechanical design pressure (g) / temperature
FG PED, pvcALS™ 1.6 MPa / 160°C
FG ASME 150 psig / 350°F

CONNECTIONS

FG PED Size 1 1/2" Pipe, thread ISO-R 1 1/2"
FG pvcALS™ Size 1 1/2" Pipe, thread ISO-G 1 1/2"
or thread ISO-R 1 1/2"
FG pvcALS™ Size 1 1/2" Internal thread ISO-G 1 1/2",
carbon steel
FG ASME Size 1 1/2" Pipe, thread NPT 1 1/2"

Maximum heat transfer surface
3.9 m² (42 sq. ft.)

Figura 9.7. Ficha técnica del intercambiador.

Resumen de Diseño

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INICIACIÓN

A.0.0.

Intervalo de 1 a 2 días de 17 minutos cada uno

ANÁLISIS ECONÓMICO DETALLADO

Costo de la mano de obra: Proporción de salarios de 1.257 \$/hr. (100%)

Costo de los materiales: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los equipos: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los suministros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los servicios: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los impuestos: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los seguros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los otros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo total: 100.000 \$/hr. (100%)

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INICIACIÓN

Intervalo de 1 a 2 días de 17 minutos cada uno

Costo de la mano de obra

Costo de los materiales

Costo de los equipos

Costo de los suministros

Costo de los servicios

Costo de los impuestos

Costo de los seguros

Costo de los otros

Costo total

ANÁLISIS ECONÓMICO DETALLADO

Costo de la mano de obra: Proporción de salarios de 1.257 \$/hr. (100%)

Costo de los materiales: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los equipos: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los suministros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los servicios: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los impuestos: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los seguros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los otros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo total: 100.000 \$/hr. (100%)

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INICIACIÓN

Intervalo de 1 a 2 días de 17 minutos cada uno

Costo de la mano de obra

Costo de los materiales

Costo de los equipos

Costo de los suministros

Costo de los servicios

Costo de los impuestos

Costo de los seguros

Costo de los otros

Costo total

ANÁLISIS ECONÓMICO DETALLADO

Costo de la mano de obra: Proporción de salarios de 1.257 \$/hr. (100%)

Costo de los materiales: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los equipos: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los suministros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los servicios: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los impuestos: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los seguros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo de los otros: 100.000 \$/hr. (100%)

Costo total: 100.000 \$/hr. (100%)

[illegible]

9.2. Caso 2. Instalación solar térmica para proceso de pintura

9.2.1. Presentación

Este segundo caso está referido al uso de agua caliente solar para intercambio de calor en el proceso de pintura de una factoría de montaje, en particular, en las naves de los baños de tratamiento y en las cubas.



Foto 9.4. Instalación solar térmica en Valladolid (I).

Se refiere a una instalación ejecutada en Fasa Renault, situada en Valladolid, compuesta de una instalación solar térmica para cesión de calor mediante intercambiador, aportando parcialmente las necesidades térmicas totales de 254,26 MWh/año. Se han instalado 120 captadores solares que suman un total de 243,6 m², con una acumulación de 15.000 litros.

9.2.2. Solución adoptada

a) Características técnicas

El principal objetivo de la instalación es el aprovechamiento de la energía del Sol para el calentamiento del fluido que se utiliza en la fase de preparación de la superficie de la chapa antes de ser pintada. De acuerdo a las demandas energéticas consideradas y a la tipología de la instalación convencional, se ha optado por una instalación solar térmica compuesta por un sistema de captación destinado a elevar la temperatura de los acumuladores de agua caliente hasta la temperatura de consigna (aproximadamente 53 °C). La conexión entre la instalación solar y la instalación convencional se realizará mediante un by-pass.





Foto 9.5. Instalación solar térmica en Valladolid (II).

A continuación se describen cada uno de los sistemas que componen la instalación solar diseñada:

- El sistema de captación estará formado por 120 captadores de la marca Wagner, modelo EURO-C32 RH, de 2 m² de apertura e instalados en el suelo. Las baterías serán conectadas entre sí en paralelo en grupos de 5 captadores, resultando una superficie total de captación de 243,6 m².
- El sistema de acumulación se compone por 3 acumuladores de inercia de 5.000 litros cada uno marca Lapesa, modelo: MVV-5000-RB, conectados entre sí en serie invertida, resultando una acumulación total de 15.000 litros.
- El sistema de intercambio estará formado por dos intercambiadores de placas desmontables de acero inoxidable situados entre el circuito primario y secundario, marca Alfa Laval, con una potencia de 170 kW, modelo M6, encargados de transferir la energía recibida por los captadores solares a los depósitos de inercia.
- El sistema hidráulico se compone de un circuito primario trazado en cobre con bombas circuladoras en paralelo, y el circuito secundario

está equipado con bombas circuladoras en paralelo. Todos los circuitos contarán con los elementos de seguridad, equilibrado, purga y expansión necesarios, y estarán convenientemente aislados.

- El sistema de control estará formado por una centralita de dos aplicaciones. La estrategia de control es la siguiente: las bombas de primario y secundario arrancarán siempre que la temperatura en captadores sea superior en un cierto valor a la temperatura de los acumuladores. El sistema de control tendrá, además, funciones de limitación de temperaturas máximas y función antihielo, y comandará el funcionamiento del aerotermo cuando la temperatura exceda los valores normales y el consumo de agua caliente sea menor.
- El sistema de disipación estará formado por un aerotermo de 170 kW de potencia por el que se hará circular el fluido del circuito primario procedente de los captadores solares y que entrará en funcionamiento siempre que se supere una temperatura límite en los captadores, puntualmente en los períodos de baja demanda y elevada radiación solar (fines de semana y días puntuales de verano).

La demanda energética anual estimada asciende a 254,26 MWh de los cuales 128,06 MWh son proporcionados por la instalación solar, resultando un grado de cobertura del 50,36% de media. El rendimiento medio anual de la instalación es del 48,95%.

b) Cálculos solares

Datos climáticos de partida

A continuación se muestran los datos climáticos de partida utilizados para el dimensionado de la instalación, pertenecientes a la provincia de Valladolid.

- Radiación solar diaria media mensual sobre el plano horizontal en kWh/m² día:

TABLA 9.6. Radiación solar diaria media mensual.

Radiación solar diaria media mensual en el plano horizontal (kWh/m ² día)											
ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic
1,53	2,45	3,86	4,78	5,53	6,28	6,98	6,39	5,09	3,11	1,92	1,17

Fuente: Ordenanza solar municipal de Valladolid.

- Temperatura ambiente durante las horas de Sol en °C:





TABLA 9.7. Temperatura ambiente.

TempeRATuRA AmbienTe mediA duRAnTe LAS ho RAs de so L (°c)											
ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic
5,3	7,9	11,5	12,1	16	20,2	24,6	24,6	19,8	15	9,5	6

Fuente: BB.DD. climatológicos de CyL, Ed. EREN.

- Temperatura histórica mínima en °C: -16 °C (Fuente: CENSOLAR).

Cálculo de la demanda de energía y aporte solar

La demanda energética se ha calculado a partir de los datos aportados por la propiedad. El fluido a calentar presenta un caudal aproximado de 4.500 l/h desde las 6:00 h hasta las 14:00 h. La temperatura de calentamiento del fluido procedente del proceso es de 53 °C. La temperatura fría de llegada del fluido del proceso para cada mes se muestra en la Tabla siguiente tabla en °C:

TABLA 9.8. Temperatura fría del fluido.

TempeRATuRA FRÍA dEL FLUÍdo pRo cedEnTe dEL pRo cEsO (°c)											
ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic
26,5	26,5	28	28	29,5	29,5	29,5	29,5	28	28	26,5	26,5

Considerando 22 días laborables al mes y que en agosto se detiene el proceso productivo, la demanda energética resultante asciende a 254,26 MWh/año. En la Tabla 9.9 se muestra la demanda energética para cada uno de los meses del año.

TABLA 9.9. Demanda energética.

demAn dA en eRg éTic A (MWh/mes)											
ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic
24,37	24,37	22,99	22,99	21,61	21,61	21,61	0,00	22,99	22,99	24,37	24,37

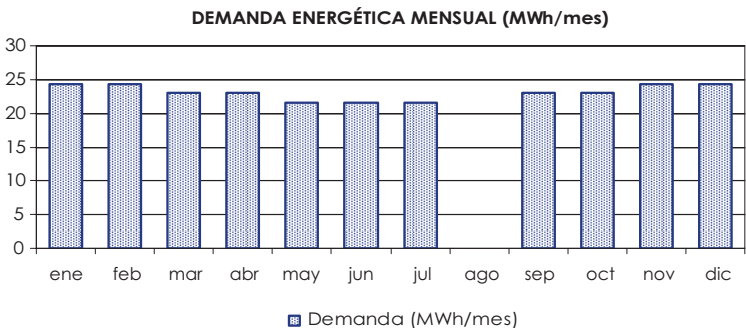


Figura 9.10. Demanda energética mensual.



Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 9.10.

TABLA 9.10. Resultados obtenidos.

Nº captadores	120
Superficie total	243,6 m ²
Vol. Acumulación	15.000 litros
Demanda	254,27 MWh/año
Aporte	128,06 MWh/año
Cobertura	50,36%
Rendimiento medio	48,95%

En la Tabla 9.11 y en la Fig. 9.11 se muestran los valores mensuales de demanda, aporte, cobertura y rendimiento obtenidos con la superficie de captación y volumen de acumulación seleccionados:

Tabla 9.11. Valores mensuales.

	ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic
Dem (MWh/mes)	24,37	24,37	22,99	22,99	21,61	21,61	21,61	0,00	22,99	22,99	24,37	24,37
Aporte (MWh/mes)	4,29	8,06	12,41	13,26	14,20	16,38	18,74	0,00	18,29	12,35	7,39	2,68
Cobertura	18%	33%	54%	58%	66%	76%	87%	0%	80%	54%	30%	11%
Rendimiento	39%	46%	50%	51%	51%	54%	55%	0%	56%	54%	48%	33%

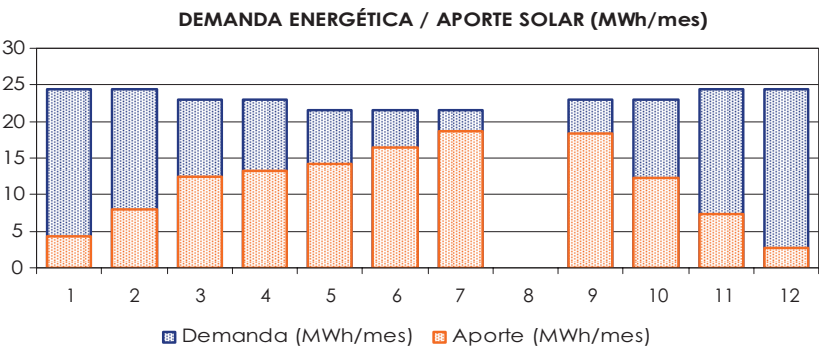


Figura 9.11. Demanda energética/aporte solar.

c) Características de los componentes principales seleccionados

Captador solar

Las características del captador solar se muestran en la Tabla 9.12.



TABLA 9.12. Características del captador solar.

Marca	Wagner
Modelo	EURO-C32 RH
A_Tmed	0,79
B_Tmed	3,78
C_Tmed	0,0155
Superficie	2,02
Ancho	1161 mm
Alto	1931 mm
Volumen Fluido	1,25 l
Peso vacío	39,4 kg
n.º de bocas	4
Posición	Vertical



Foto 9.6. Captadores solares.

EURO-C32/HTF/RH Captador solar

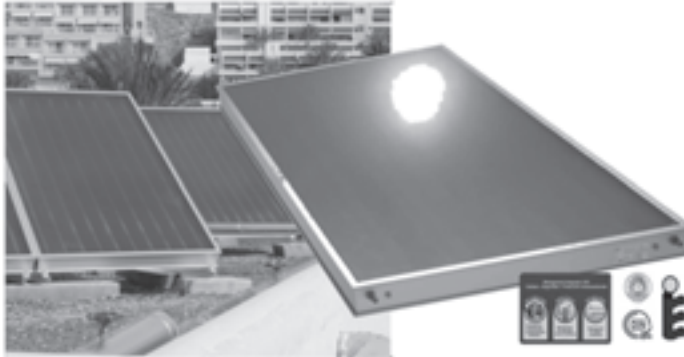


Figura 1 El Euro-C32 HTF/RH - un captador diseñado para sistemas de vaciado y montaje sencillo

Las ventajas más destacadas

Equilibrio entre ganancias y pérdidas

El cuidado diseño de todos los detalles permiten entregar un captador económico con un magnífico rendimiento. Dispone de un vidrio solar de seguridad, con una composición purísima que llega a un factor de transmisión del 93%, el absorbedor de recubrimiento selectivo, minimiza la radiación emitida y el aislamiento térmico y el diseño de la junta continua de EPDM, reducen al mínimo las pérdidas de calor.

Materiales de alta calidad

El marco de perfil anodizado, la pared trasera de chapa de aluminio estable, el recubrimiento de vidrio de seguridad supert transparente, el perfil hermético de EPDM con unión de esquina vulcanizada y el absorbedor de cobre soldado por ultrasonidos permiten un uso fiable y seguro durante décadas.

Captadores de montaje sencillo y rápido

25 años de experiencia en el sector, nos permiten afirmar que disponemos de soluciones estandarizadas para el montaje del captador en cualquier tipo de cubierta. La utilización de kits de montaje estandarizados, instrucciones de montaje sencillas y sistemas de conexión al circuito solar sin soldaduras, permiten realizar un trabajo rápido y sencillo.

Un diseño específico para cada uso

- El captador solar **EURO C32 RH**, está diseñado con 4 tomas para poder realizar un montaje en baterías de hasta 6 captadores en paralelo.
- El captador solar **EURO C32 HTF**, está diseñado especialmente para el montaje en el equipo doméstico SECUSOL, que permite la protección contra sobrecalentamiento y heladas.

Variedad en colocación y agrupación

- **Montaje sobre el tejado:**
Sin quitar las tejas, los captadores se fijan a través de perfiles de montaje y grapas de tejado. Nuestra gama de producto incluye cuatro diferentes tipos de grapas para varios tipos de cubiertas.
- **Montaje sobre estructura de apoyo:**
Los captadores se instalan pudiendo formar ángulos diferentes. El anclaje se realiza en el suelo o a paredes verticales. Para tejados planos están disponibles chapas de aluminio sobre las que se coloca una capa de grava como lastre con el peso suficiente.



Figura 9.12. Características del captador solar.

**Datos técnicos**

Características	EURO-C32 HTF	EURO-C32 RH
Superficie de captador	Superficie de apertura 2,915 m ² según DIN 4757 / superficie bruta 2,34 m ²	
Dimensiones	1920 x 1160 x 91 mm (Largo x Ancho x Alto)	
Rendimiento de captador	$\eta_p = 76,1 \%$ $k_1 = 3,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ $k_2 = 0,0155 \text{ W/m}^2\text{K}^2$ Factores de corrección de ángulo: $k_{\alpha} = 70 \%$, $k_{\beta} = 83 \%$	$\eta_p = 74,8 \%$ $k_1 = 3,542 \text{ W/m}^2\text{K}$ $k_2 = 0,024 \text{ W/m}^2\text{K}^2$ Factores de corrección de ángulo: $k_{\alpha} = 85 \%$
Carcasa de captador	Aluminio con aislamiento de lana mineral de 40 mm de espesor; capacidad calorífica 4,7 kJ/(m ² K)	
Rendimiento de vidrio	Vidrio solar de seguridad de 4 mm de espesor; Transmisión $\tau = 91 \%$	
Absorbedor	Chapa de conducción térmica y tubo de cobre; presión máxima de servicio 10 bar	
Rendimiento del absorbedor	Rendimiento del absorbedor factorizado en vacío altamente selectivo, $\alpha = 95 \%$, $\rho = 5 \%$	
Contenido del absorbedor	1,27 L	1,25 L
Líquido captador	DCA20 (Propilenglicol con inhibidores y biodegradable)	
Temperatura de inactividad	227 °C	
Conexión del captador	Tubo de unión del captador 10 mm con conexión por compresión	
Contraseña de certificación del MINISTERIO DE INDUSTRIA	NPS-1/04	En trámite
Peso en vacío	39,4 kg	38 kg

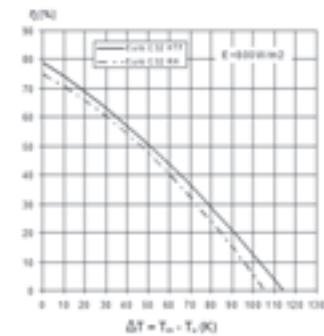


Figura 2: Curva de rendimiento de los captadores modelo EURO-C32 HTF y EURO-C32 RH en función de $T_m - T_a$ ($\alpha = 0,001 \text{ W/m}^2\text{K}$).
 T_m : temperatura media del captador
 T_a : temperatura ambiental

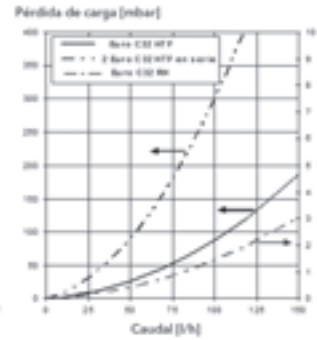


Figura 3: Pérdida de carga de los captadores modelo EURO-C32 HTF y EURO-C32 RH en función del caudal.
Líquido captador: 40% glicol / 60% agua a 30 °C.

Figura 9.13. Ficha técnica del captador solar.

Acumulador

Foto 9.7. Acumulador.



lapesa

Depósitos

DEPÓSITOS PARA

ACUMULACIÓN EN CIRCUITO CERRADO



de 1500 a 5000 litros

MASTER INERCIA

Gama industrial de depósitos de "INERCIA" desde 1500 hasta 5000 litros de capacidad, destinados a funciones de acumulación de agua caliente a 60°C en circuito cerrado, para instalaciones de gran capacidad.

Su incomparable capacidad de acumulación, se la proporciona el aislamiento térmico en poliuretano inyectado en modo, con 80 mm. de espesor y 45 kg/m³ de densidad homogénea, que forma un bloque compacto con el depósito.

La gama en sus modelos "M", incorpora boca de hombre lateral SW 400. Para evitar las pérdidas catastróficas por la boca de hombre, estos modelos se suministran con una cubierta de poliuretano inyectado igual al resto del aislamiento del depósito, adaptada al hueco de la boca de hombre.

También está disponible como opción, un conjunto de fono y cubierta externa que logra un magnífico acabado estético del conjunto.

Características técnicas			
Presión máx.	bar	5	
Temperatura máx.	°C	90	

DEPÓSITOS DE INERCIA, serie MV

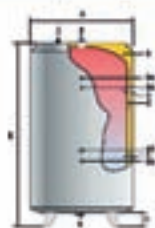
Depósitos de gran capacidad, fabricados en acero al carbono, para instalación vertical, como depósito de reserva en circuitos cerrados de refrigeración por compresión.

Capacidades de 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 y 5000 litros.

Todos los modelos, van aliados limitadamente con espumas rígidas de poliuretano inyectado en molde y libre de CFC de 30 mm. de espesor (hasta 9000 litros de capacidad).

Bajo demanda, fabricantes de puentes de inercia de cualquier capacidad o gerente de trabajo, también para instalaciones horizontales.

También están disponibles conjuntos de fono-enchufado desmontable y cables, para nuestros modelos de serie (hasta 5000 Hz).



Abstract

- d. *Depressio areolaris*
e. *Atterimento laminae*
f. *Carcinoma malignum*

[illegible]

Laposa Group Empresarial S.L.

Polígono Industrial Matagorda, Cabo A, Puerto 1-4
 50057 24840024 España
 Tel. 976 46 50 89 / fax 976 57 43 93 - 976 57 43 27
comercial@poli-a.es www.poli-a.es

1. 本報告係根據「行政院」及「衛生部」之政策及指示，由本會之研究人員，以客觀、公正、公平之態度，進行調查、研究、分析、及建議，以供政府參考。本報告之內容，均係根據事實，並無任何虛構、捏造、或誇大之成分。本報告之內容，均係根據事實，並無任何虛構、捏造、或誇大之成分。本報告之內容，均係根據事實，並無任何虛構、捏造、或誇大之成分。

Figura 9.14. Ficha técnica del acumulador.

Producto	Elemento	Descripción	Precio unitario
	1	UPS 40-100 P Advertir: la fotografía puede diferir del actual producto Código: 96400298 La bomba es del tipo de rotor encapsulado, es decir la bomba y el motor forman una unidad integrada en chapa y con solo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados por el líquido bombeado. Para evitar problemas en conexión con la eliminación, se ha dado mucha importancia a la utilización de la menor cantidad posible de diferentes materiales. La bomba se caracteriza por: - Motor de tres velocidades. - Cojinetes radiales de cerámica. - Cojinetes axial de carbono. - Cámaras del rotor, placa de soporte y revestimiento del rotor en acero inoxidable. - Alojamiento del estator en aleación de aluminio. - Cuerpo de la bomba de Fundición. - Estator con interruptor térmico incorporado. La bomba se suministra con un módulo exterior en la tapa de conexiones. El módulo exterior debe conectarse al suministro de red mediante un conector externo. Paneles de control: Panel: on-off Líquido: Rango de temperatura del líquido: -10 ... +20 °C Tecnico: Certificado en placa: CE B-1-CE-100 Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición 80x5,1040 DIN 16.140 35 B - 40 B 40TM Impulso: Acero inoxidable 1.4301 DIN 17.140 304 A301 Instalación: Rango de temperaturas ambiente: 0 ... 40 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Tipo de brida: DIN Diámetro de conexiones: DN 40 Presión: PN 6 / PN 10 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 260 mm	Precio bajo pedido

168

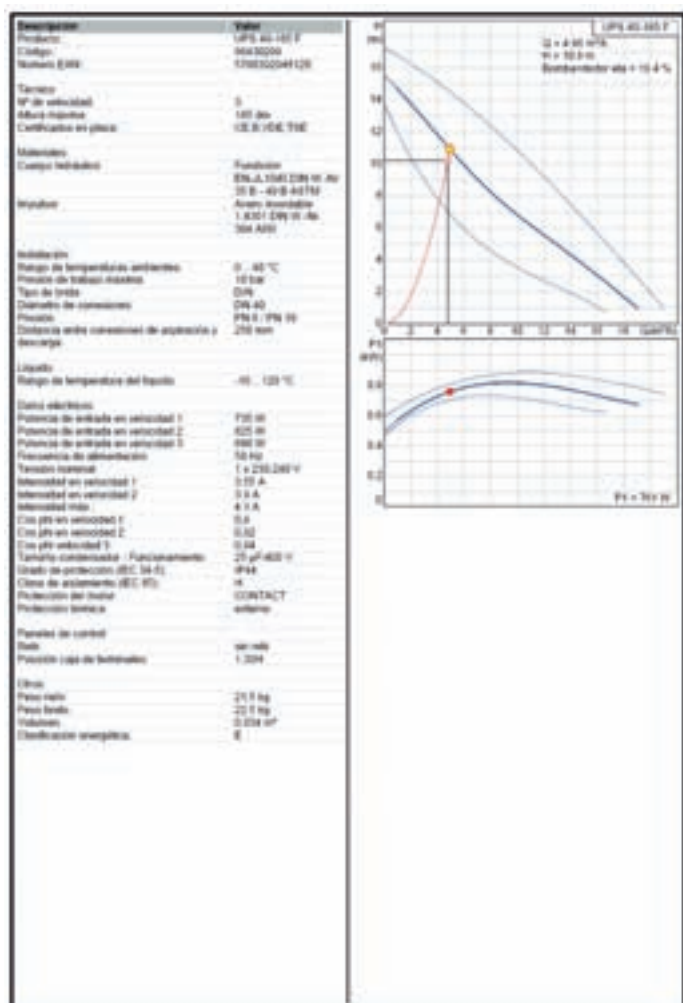


Figura 9.16. Ficha técnica de la bomba (II).



Intercambiadores



Figura 9.17. Ficha técnica del intercambiador (I).

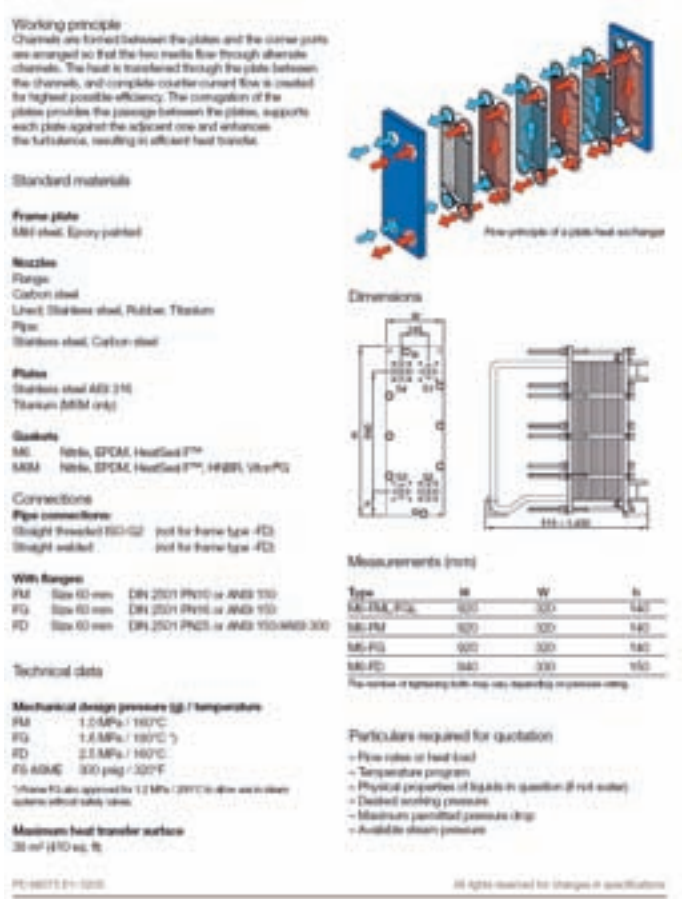


Figura 9.18. Ficha técnica del intercambiador (II).

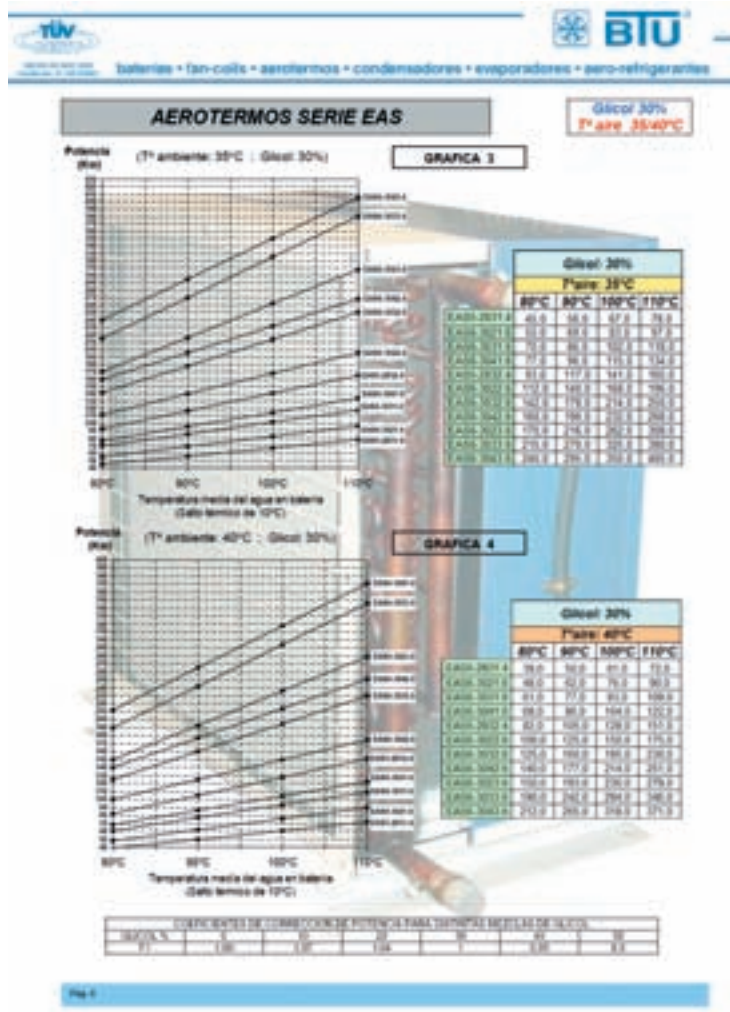
Aerothermos

Figura 9.19. Aerothermos.

d) Aspectos económicos

Los principales parámetros económicos de la instalación son:

- Análisis incluyendo las ayudas públicas regionales Plan Solar de CyL para el año 2007.
- Instalación englobada dentro de la línea I: Energía solar térmica, Apartado e: Calentamiento de un fluido con temperatura de diseño de 60 °C.

- Requisito: rendimiento $\geq 45\%$ para $(t_m - t_a) = 60\text{ °C}$ e $I = 800\text{ W/m}^2$.

TABLA 9.13. Aspectos económicos (I).

Subvención máxima (295 €/m ²)	45.076,00 €
Coste mínimo a justificar (840 €/m ²)	128.352,00 €
Coste de la instalación sin subvención	147.577,00 €
Subvención máxima	45.076,00 €
Coste de la instalación con subvención	102.501,00 €

TABLA 9.14. Aspectos económicos (II).

1	Sistema de captación	34.610,05 €
2	Estructura	7.566,12 €
3	Bombas	4.045,63 €
4	Acumulación	35.102,25 €
5	Intercambiadores	4.875,08 €
6	Circuito hidráulico	15.689,23 €
7	Sistema de control	8.600,00 €
8	Montaje	27.280,00 €
9	Ingeniería	4.133,05 €
10	Visado y legalizaciones	1.377,68 €
11	Mantenimiento	4.298,37 €
		147.577,47 €

Considerando un coste de instalación de 615 €/m², la subvención cubre el 30% de la instalación.

La energía aportada sustituye al gas natural, con un coste de energía (año 2007) de 5 c€/kWh. Considerando un incremento del precio en un 5% anual y la cobertura energética del 50%, el ahorro promedio anual es de 9.200 €. Considerando estos parámetros, junto con una reducción de otros costes de la planta, el retorno se sitúa en 10 años.

9.3. Caso 3. Instalación solar térmica para calentamiento de depósitos y limpieza

9.3.1. Presentación

Este tercer caso se refiere a una instalación de energía solar térmica de 42,42 kW para agua caliente industrial en la fábrica de embutidos





en Cardeñadijo (Burgos). La instalación incluye 30 captadores solares térmicos de $2,02 \text{ m}^2$, un interacumulador de 2.500 l para ACI, un intercambiador de calor para ACI, 4 bombas circuladoras, trazado hidráulico con componentes necesarios y sistema de regulación y control.



Foto 9.8. Captadores solares (I).

9.3.2. Solución adoptada

a) Características técnicas

Se ha optado por una instalación solar térmica compuesta por un sistema de captación destinado a elevar la temperatura de los acumuladores de agua caliente hasta la temperatura de $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$, equivalente a la temperatura de uso.

La conexión entre la instalación solar y la instalación convencional se realizará mediante un by-pass que permitirá la desconexión de la primera en cualquier momento sin perjuicio en el funcionamiento de la segunda.



Foto 9.9. Captadores solares (II).

A continuación, se describen cada uno de los sistemas que componen la instalación solar diseñada:

- El sistema de captación estará formado por 30 captadores de la marca Saunier Duval, modelo HR 2.02 4V, los cuales se agruparán en baterías de captadores unidos en paralelo, resultando una superficie total de captación de $60,6 \text{ m}^2$.
- El sistema de acumulación solar de agua caliente industrial estará constituido por dos acumuladores de 1.000 l de capacidad, marca Lapesa, modelo CV-1000-R e 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.
- Se dispondrá de un intercambiador de placas de acero inoxidable de alta eficiencia, marca Alfa Laval, modelo M3 de 40 placas.
- El sistema hidráulico se compone de un circuito primario trazado en cobre con dos bombas circuladoras en paralelo y un circuito secundario trazado en PPR reforzado con fibra de vidrio y



equipado con dos bombas circuladoras en paralelo. Todos los circuitos contarán con los elementos de seguridad, equilibrado, purga y expansión necesarios y estarán convenientemente aislados.

- El control de la instalación solar se llevará a cabo mediante una centralita comercial, marca Resol, cuya misión será arrancar y parar las bombas de ambos circuitos, primario y secundario, en función de la temperatura existente en captadores y depósitos, y de acuerdo a las consignas programadas. Además, se instalará un contador de caudal con emisor de impulsos que, junto con dos sondas de temperatura, hará posible contabilizar la energía aportada por la instalación solar por medio de un calculador calorífico.
- El sistema de disipación estará formado por un aerotermo por el que se hará circular el fluido del circuito primario procedente de los captadores solares y que entrará en funcionamiento siempre que se supere una temperatura límite en los captadores, puntualmente en los períodos de baja demanda y elevada radiación solar (fines de semana y días puntuales de verano).



Foto 9.10. Circuito de captadores solares.



TABLA 9.15. Especificaciones de componentes.

c o m p o n e n t e	n ú m e r o	m A R c A / m o d e l o	T A m A ñ o
Colector solar	30	Saunier Duval HR 2.02 4V	2,02 m ²
Acumulador	2	Lapesa CV-1000-R	800 l
Intercambiador	1	Alfa Laval M3 – 40 placas, o similar	37 kW
Bomba primario	2	Grundfos UPS Solar 25 - 120 180	
Bomba secundario ACS	2	Grundfos UPS 25 – 60 -B	
Vaso Expansión Solar	1	Ibaiondo	80 l
Sistema de regulación y control mediante centralita	1	Resol Deltasol BS	
Contador de energía	1	Caudalímetro WMZ 7-3,5 DN 20 3,5 m ³ /h con dos sondas de temperatura Calculador sensonic II T1	

La demanda energética anual estimada asciende a 57,27 MWh de los cuales 40,36 MWh son proporcionados por la instalación solar, resultando un grado de cobertura del 70,5% de media. El rendimiento medio anual de la instalación es del 42%.

b) Cálculos solares

Datos climáticos de partida

Los datos climáticos de radiación solar global sobre el plano de captadores, temperatura ambiente y temperatura de agua fría de red se han tomado de la Base de Datos Climatológicos de Castilla y León publicada por el Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN) según la situación geográfica.

En la Tabla 9.16 figuran los valores diarios medios mensuales de radiación solar global, de energía incidente sobre el plano de captadores, temperatura media diaria ambiente y temperatura del agua de red para Burgos.

TABLA 9.16. Valores mensuales.

	ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ago	sep	o c T	nov	dic
Radiación global horizontal (kWh/m ² día):	1,67	2,47	3,87	4,71	5,68	6,55	6,65	5,91	4,65	2,92	2,02	1,34
Radiación en el plano del captador (40º) (kWh/m ² día):	2,30	3,15	4,54	5,01	5,55	6,22	6,52	6,42	5,73	4,05	3,02	1,97
Temperatura ambiente media en horas de Sol (°C):	4,9	7,2	10,4	10,8	15,1	18,5	22,8	23,1	17,9	13,3	9,1	5,9
Temperatura media agua de red (°C):	8	9	10	11	13	15	17	17	15	13	11	10

Cálculo de la demanda de energía

TABLA 9.17. Demanda energética.

	ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic
A.C.I a 80 °C (l/día)	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
A.C.I a 80 °C (l/mes)	62.000	56.000	62.000	60.000	62.000	60.000	62.000	62.000	60.000	62.000	60.000	62.000
Temperatura agua de red (°C):	8	9	10	11	13	15	17	17	15	13	11	10

La demanda de ACI viene de aplicar al consumo de agua caliente la diferencia de temperaturas entre la entrada de agua fría y la salida a consumo.

En la Tabla 9.18 y en la Fig. 9.20 quedan reflejadas las necesidades energéticas mensuales y la demanda total anual.

TABLA 9.18. Necesidades energéticas.

AnÁLisis deTALLAdo po R meses													
	ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic	To TAL
Demanda energética (MWh)	5,18	4,62	5,04	4,81	4,82	4,53	4,54	4,54	4,53	4,82	4,81	5,04	57,27

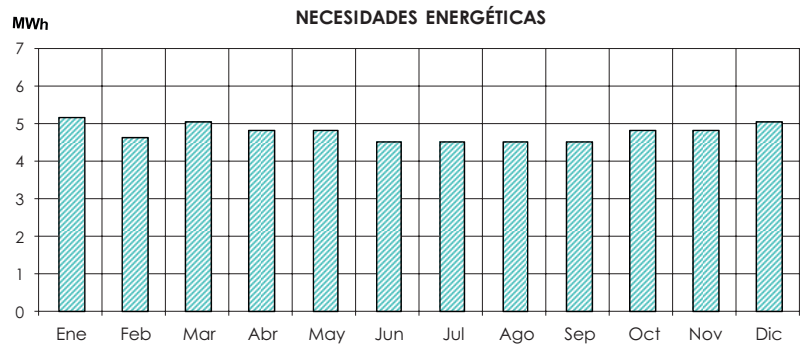


Figura 9.20. Necesidades energéticas.

En la Tabla 9.19 se refleja el aporte solar mensual de la instalación y el aporte total anual.

TABLA 9.19. Aporte solar.

AnÁLisis deTALLAdo po R meses													
	ene	FeB	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic	To TAL
Aporte solar (MWh)	1,72	2,14	3,55	3,70	4,34	4,53	4,54	4,54	4,42	3,16	2,27	1,46	40,36

Los resultados de la instalación solar proyectada son los que aparecen en la Tabla 9.20.

TABLA 9.20. Resultados obtenidos.

	Análisis detallado por meses												
	ene	Feb	mAR	ABR	mAy	Jun	JuL	Ag o	sep	o c T	nov	dic	To TAL
Demanda energética (MWh)	5,18	4,62	5,04	4,81	4,82	4,53	4,54	4,54	4,53	4,82	4,81	5,04	57,27
Aporte solar (MWh)	1,72	2,14	3,55	3,70	4,34	4,53	4,54	4,54	4,42	3,16	2,27	1,46	40,36
Cobertura solar	33,2%	46,4%	70,4%	76,9%	89,9%	100%	100%	100%	97,7%	65,4%	47,3%	29,0%	70,5%
Rendimiento medio instalación	40%	40%	42%	41%	42%	43%	45%	45%	42%	41%	41%	39%	42%



Figura 9.21. Demanda satisfecha con la instalación solar.

Los resultados anuales de la evaluación de la instalación solar proyectada de acuerdo con el método de cálculo utilizado se muestran en la Tabla 9.21.

TABLA 9.21. Datos totales anuales.

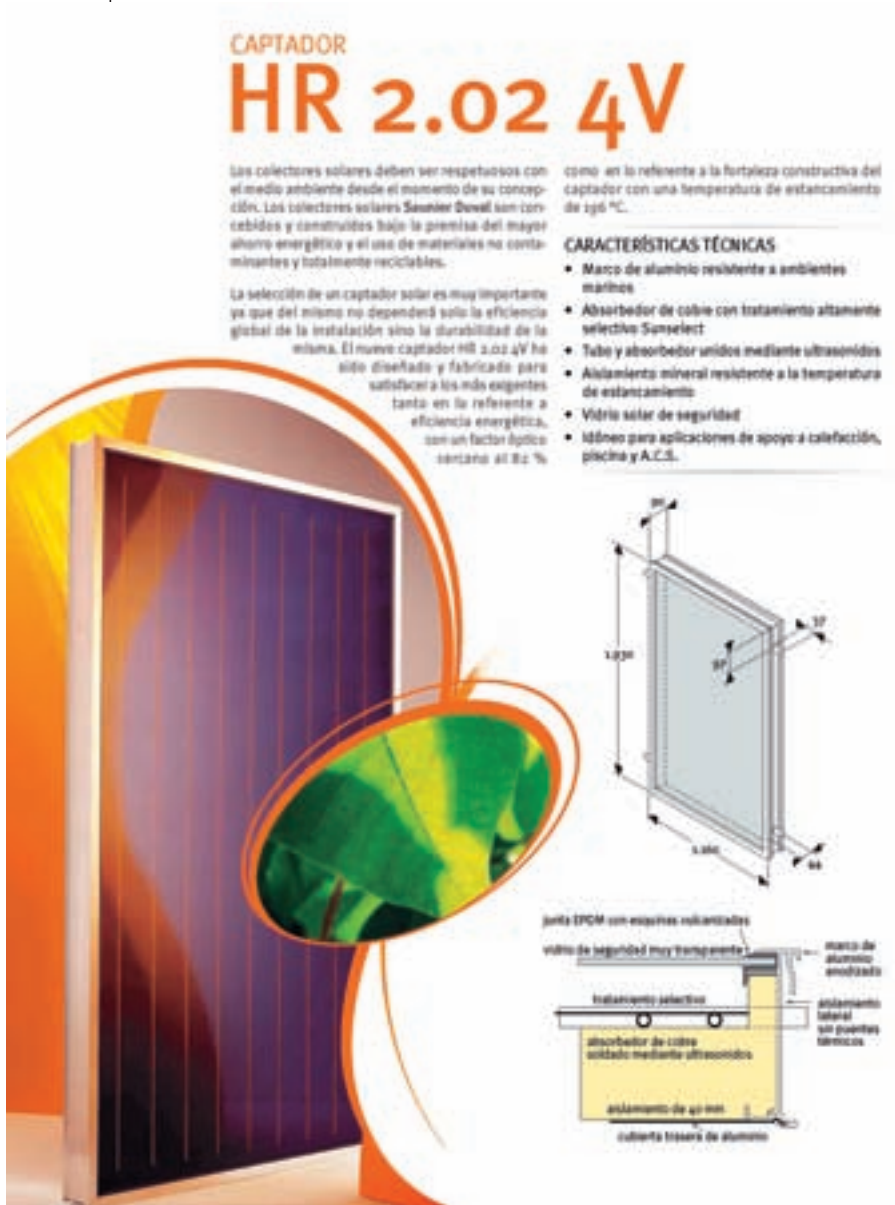
dATo s To TALes An uALes	
Método de cálculo utilizado:	Programa de cálculo de Cenit Solar
Demanda anual de energía:	57,27 MWh (49.249 Termias)
Aporte solar anual:	40,36 MWh (34.711 Termias) (0,66 MWh/m²) (572,8 Termias/m²)
Fracción solar:	70,5%
Superficie útil de captación:	60,6 m²
Volumen de acumulación:	2.000 l
Rendimiento medio de la instalación:	42%



c) Características de los componentes principales seleccionados

Captador solar

Las características del captador solar se muestran en la Fig. 9.22.



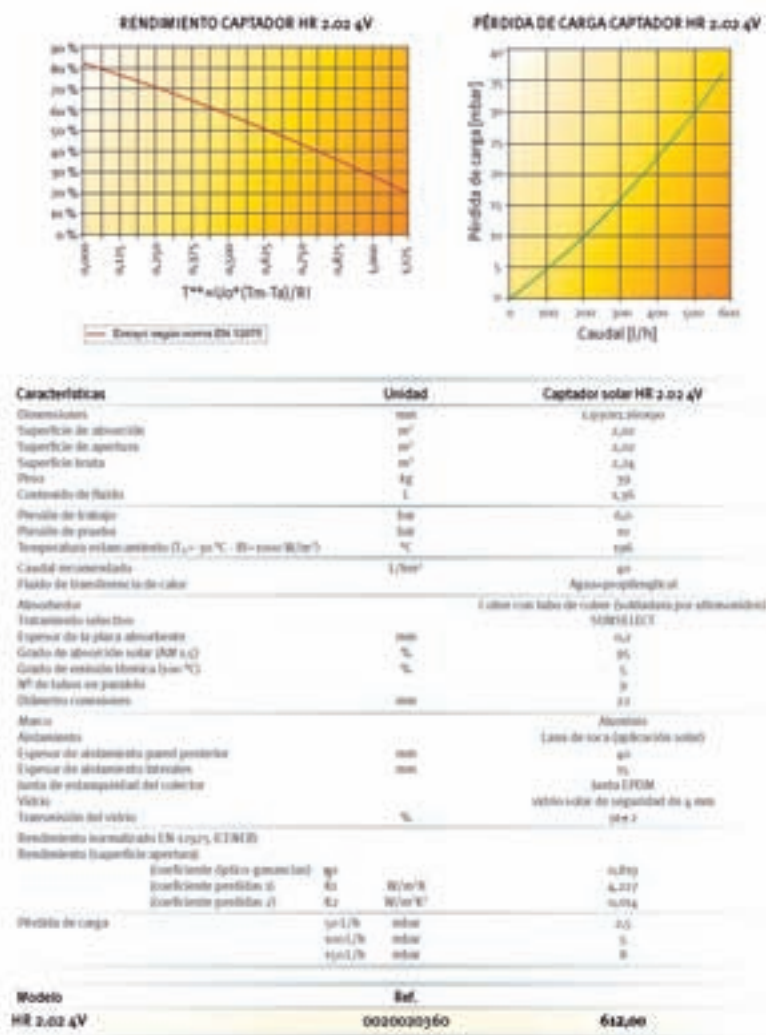


Figura 9.23. Ficha técnica del captador solar.

Acumulador



Foto 9.11. Acumulador.



DEPÓSITOS PARA PRODUCCIÓN Y ACUMULACIÓN DE ACS

CORAL VITRO, acumulación

Depósitos acumuladores fabricados en ACERO VITRIFICADO para funciones de acumulación de agua caliente sanitaria, procedente de una fuente de producción externa al depósito, y/o intercambiadores de placas.

- Preparados para la incorporación de sistemas eléctricos de calentamiento, siendo sistema principal de producción de ACS.
- Para instalación vertical (sobre suelo), como elemento individual, horizontal en grupo o en sótano.
- Con dos líneas de ingreso y salida, una superior y una inferior.
- Alta capacidad de almacenamiento, por su estructura de lámina doble laminada en P.V. (polietileno de alta densidad) y acero inoxidable.
- Características particulares de los acumuladores de 800 y 1000 litros, que por su diseño laminado de parte del aislamiento térmico, permiten a estos modelos operar por presiones de 800 mts. de columna.
- Los modelos de 800 y 1000 litros, así como modelo "80", incorporan grupo de bombeo (sobre 200-400) para operaciones de ingreso y salida, también pueden conectarse directamente con una placa laminada de P.V.

DEPÓSITOS ACUMULADORES EN ACERO VITRIFICADO, serie CV

Depósitos para acumulación de agua caliente sanitaria, fabricados en acero vitrificado.

Capacidades: 200, 300, 500, 800 y 1000 litros.

Disponen de dos líneas de ingreso y salida, una superior y una inferior.

Perforador de serie equipados de protección catódica, compuestos por ánodo de magnesio y ánodo de zinc de fondo y panel frontal con termómetro.

Construcción de lámina laminada doble de protección en el depósito acumulador, como función de calentamiento principal, mediante la línea inferior de ingreso, con resistencia eléctrica de calentamiento, así como sistema de ACS y/o sistema de agua por tubería de protección, los modelos de mayor capacidad (800 y 1000 litros), disponen de un sistema laminado de parte del aislamiento térmico, que permite el paso del acumulador por presiones de 800 mts. de columna por dificultad, facilitando especialmente el transporte de estos modelos en lugares con donde existen grandes dificultades con depósitos P.V. instalados en sótano, tipo de CTE y cualquier sistema por tubería acoplado directamente, modelo 800, 800, 1000.

Modelo 80
Los modelos "80" con capacidades de 200, 300, 500 y 1000 litros, corresponden a la descripción general. Disponen de línea inferior de ingreso de 1/2", donde pueden instalarse resistencias eléctricas de calentamiento.

Modelo 100
Los modelos "100" con capacidades de 800 y 1000 litros, corresponden a la descripción general al igual que los modelos "80", pero incorporan grupo lateral de bombeo (200-400).

Datos técnicos generales		Dimensiones externas (diámetro)	
Temperatura máx. ACS	75	Capacidad depósito	200 300 500 800 1000
Presión máx. depósito ACS	100	Resistencia eléctrica máx.	600 1200 W 1500 W 2000 W 2500 W

Acumuladores para agua caliente sanitaria (ACS) con acero vitrificado laminado.
Cualquier otro modelo de depósito de acero vitrificado de capacidad variable.

Figura 9.24. Ficha técnica del acumulador (I).

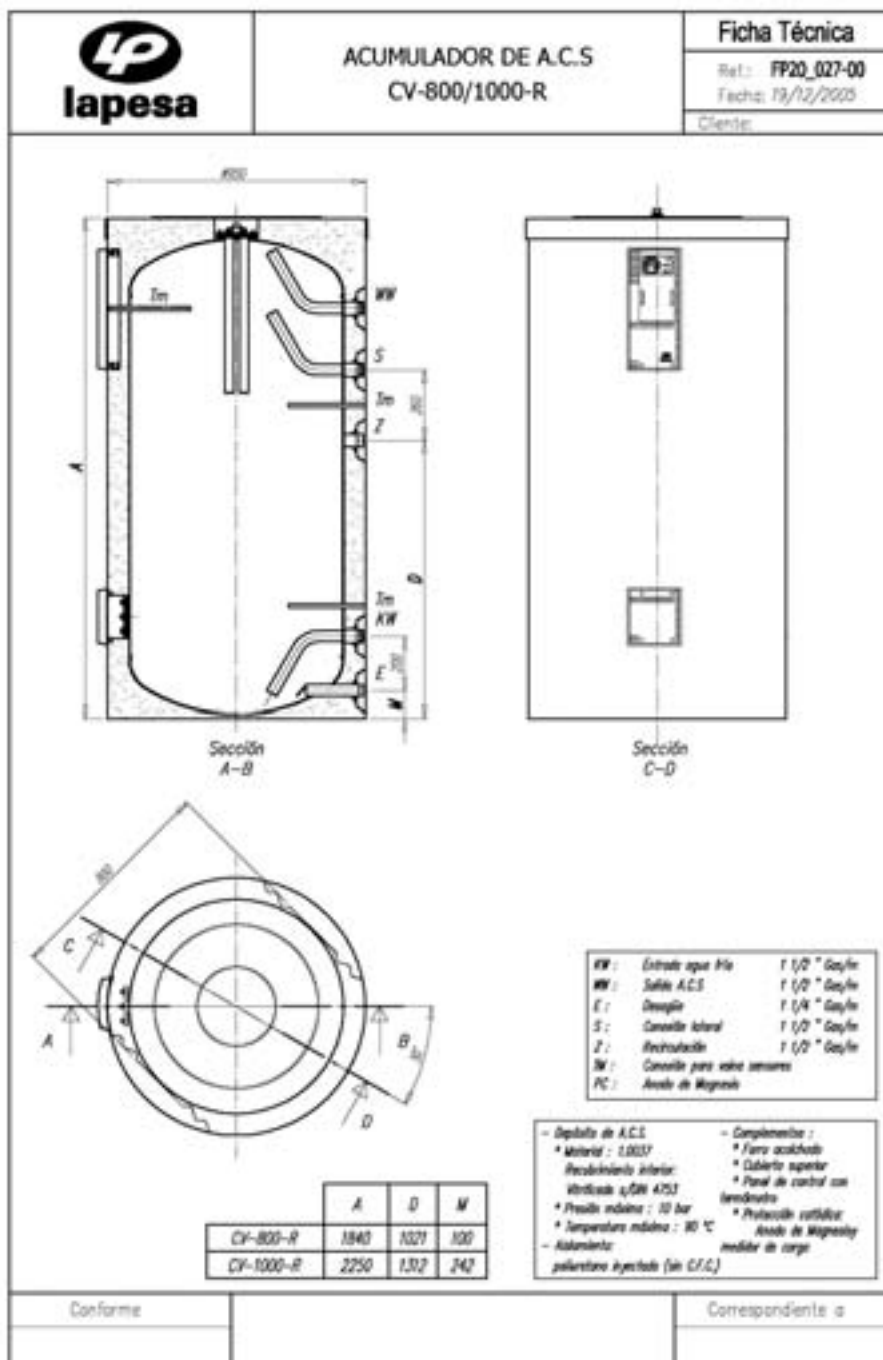


Figura 9.25. Ficha técnica del acumulador (II).

Bombas



Descripción	
UPS Solar 25-120 180	
	
La bomba UPS Solar es del tipo de rotor encapsulado, es decir la bomba y el motor forman una unidad íntegra en cierre y con sólo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados por el líquido bombeado. La bomba se caracteriza por: • Eje y cojinetes realizados de cerámica. • Cojinete de fondo de carbón. • Carcasa del rotor y placa soporte de acero inoxidable. • Impulsor resistente a la corrosión. • Componentes resistentes al glucol. • Cuerpo de bomba de fundición tratado por catódica. Las bombas UPS Solar son adecuadas para la extracción de agua en sistemas solares de calefacción en viviendas. Líquido: Rango de temperatura del líquido: 2 - 95 °C Técnica: Clase TF: 90 Certificados en placa: CE Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición ET+AL1020 DIN V 476 30 B ASTM Impulsor: Compuesto PES/PP Instalación: Rango de temperaturas ambiente: - 40 °C Humedad relativa: 95 % Presión de trabajo máxima: 10 bar Diámetro de conexiones: G 1/2 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 80 mm Datos eléctricos: Entrada de potencia máxima: P_n 180 - 220 W Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 1 x 220 V Corriente nominal: 0,79 A Tamaño condensador - funcionamiento: µF Grado de protección (IEC 34-8): IP42 Clase de aislamiento (IEC 88): F Otros: Peso neto: 2,6 kg Peso bruto: 2,8 kg Volumen: 0,004 m³	

Figura 9.26. Ficha técnica de la bomba (I).

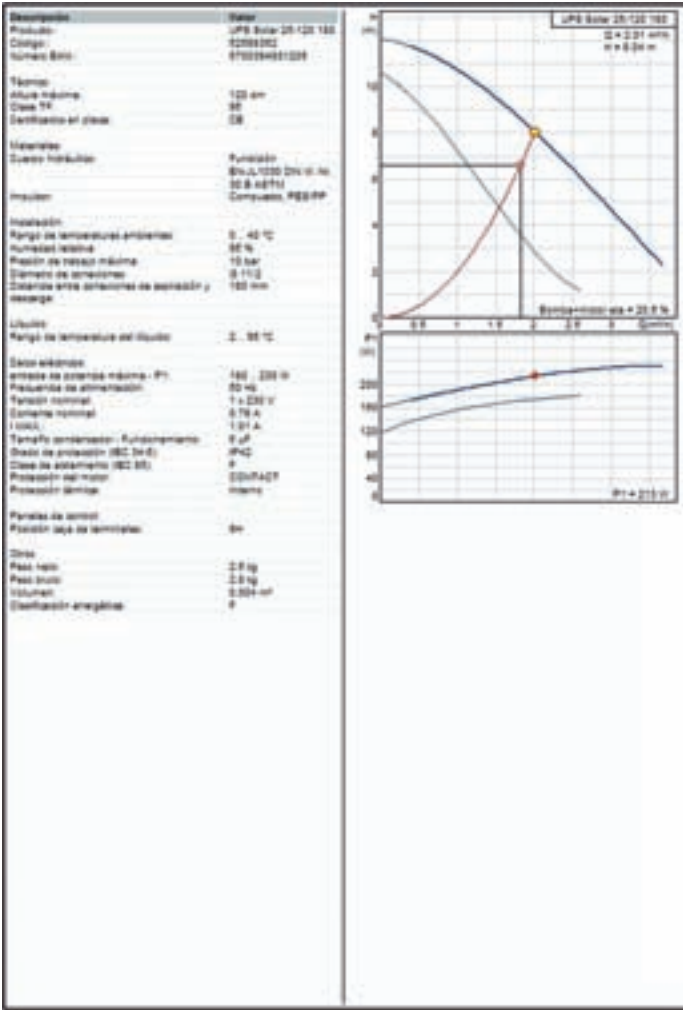


Figura 9.27. Ficha técnica de la bomba (II).



DESCRIPCIÓN	
	
La bomba es del tipo de rotor encapsulado, es decir la bomba y el motor forman una unidad integral sin juntas y con sólo dos juntas para el exterior. Los cojinetes están lubricados por el líquido bombeado. La bomba tiene selector de velocidad de: • Cojinetes radiales de cerámica. • Cojinetes axial de carbón. • Camisa del rotor, placa soporte y revestimiento del rotor en acero inoxidable. • Impulsor resistente a la corrosión en Compuesto PESPP. • Cuerpo de la bomba de Bronce. El motor es un motor trifásico. El motor no requiere protección externa de motor. Líquido: Rango de temperatura del líquido: 2 - 110 °C Técnica: Clase TF: 110 Certificados en placa: ICE/GS/CE Materiales: Cuerpo hidráulico: Bronce Impulsor: Compuesto PESPP Instalación: Amb. máx. con líquido a 80°C: 80 °C Presión de trabajo máxima: 10 bar Diámetro de conexiones: G 1 1/2 Presión: PN 10 Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 50 mm Datos eléctricos: Potencia de entrada en velocidad I: 100 W Potencia de entrada en velocidad 2: 95 W Potencia de entrada en velocidad 3: 90 W Frecuencia de alimentación: 50 Hz Tensión nominal: 1 x 230 V Intensidad en velocidad I: 0,2 A Intensidad en velocidad 2: 0,2 A Intensidad máx.: 0,4 A Tamaño condensador - Funcionamiento: 6 µF Grado de protección (IEC 34-8): IP44 Clase de aislamiento (IEC 38): H	

Figura 9.28. Ficha técnica de la bomba (III).

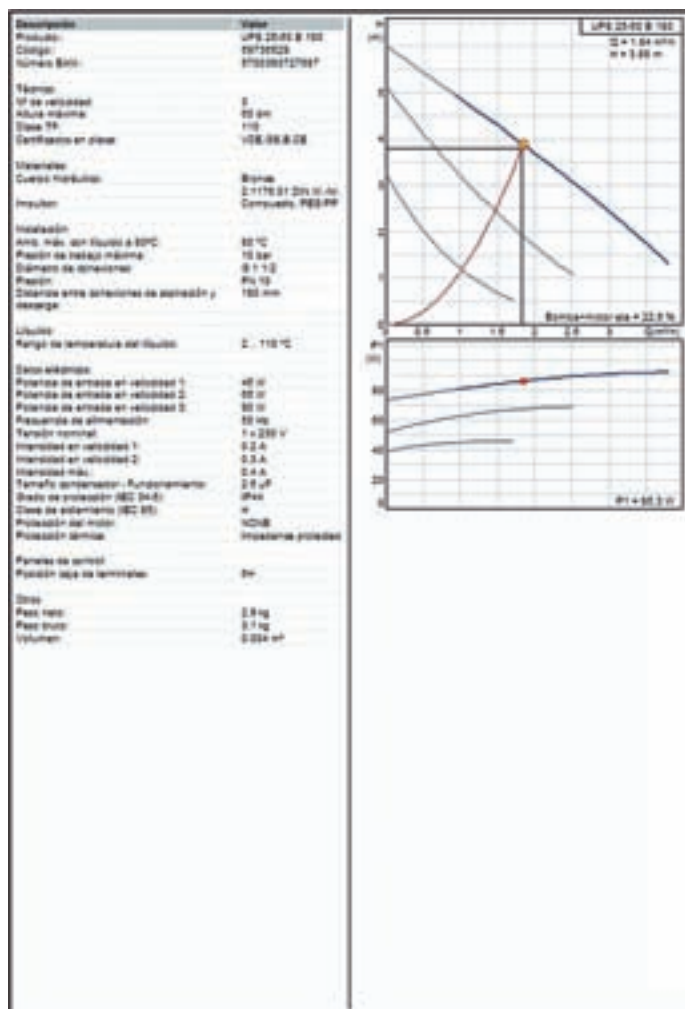


Figura 9.29. Ficha técnica de la bomba (IV).



Intercambiadores



Figura 9.30. Ficha técnica del intercambiador (I).

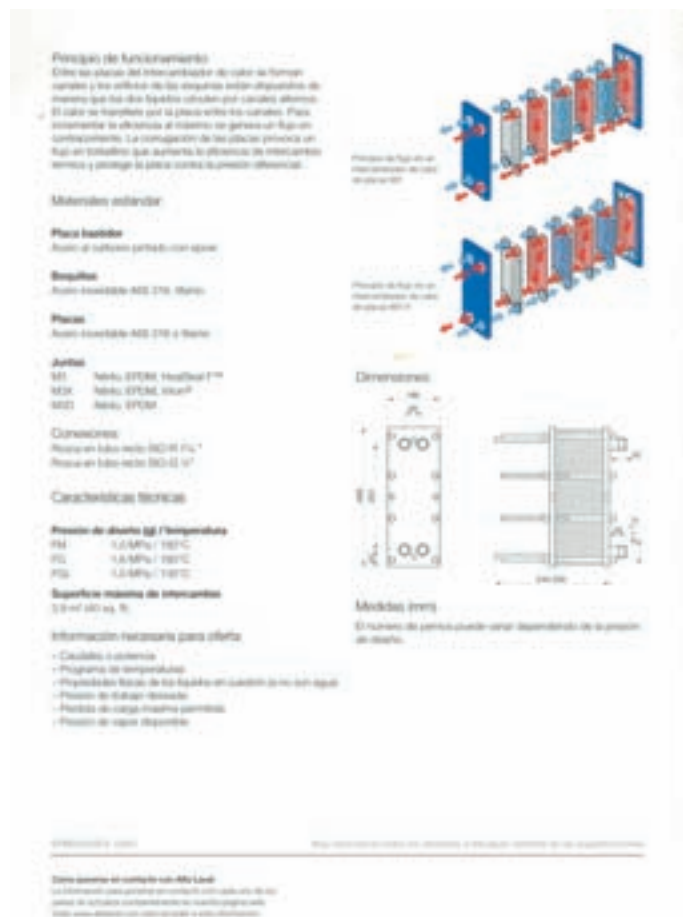


Figura 9.31. Ficha técnica del intercambiador (II).

d) Aspectos económicos

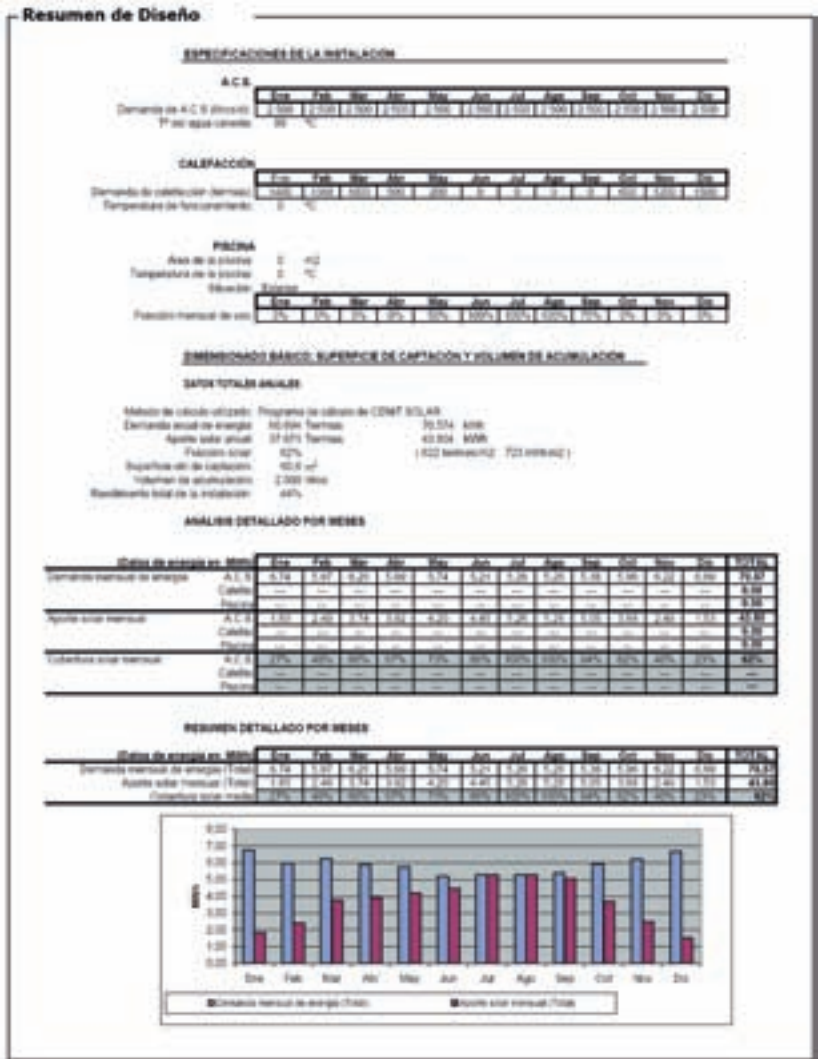


Figura 9.32. Aspectos económicos (I).

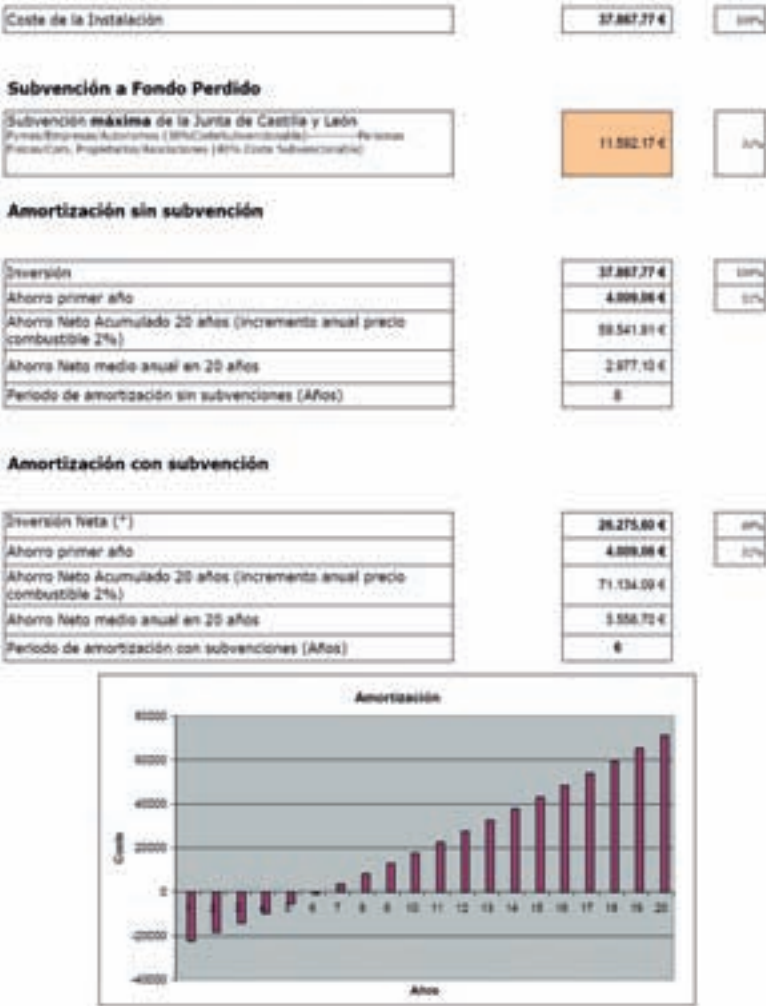


Figura 9.33. Aspectos económicos (II).

9.4. Caso 4. Instalación solar térmica para mantenimiento de temperatura de proceso

9.4.1. Presentación

Este caso se refiere a una instalación solar ejecutada en Alcaudete (Jaén) para agua caliente industrial de 194 kW de potencia. El sistema solar forma parte de los sistemas de calor de aporte al proceso de generación de materia prima y de limpieza. El conjunto de la insta-



lación comprende el montaje de 132 captadores solares térmicos de 2,1 m², 1 acumulador de 20.000 l, un intercambiador de calor para el primario y otro para el depósito de inercia y 3 sistemas de bombas circuladoras dobles.

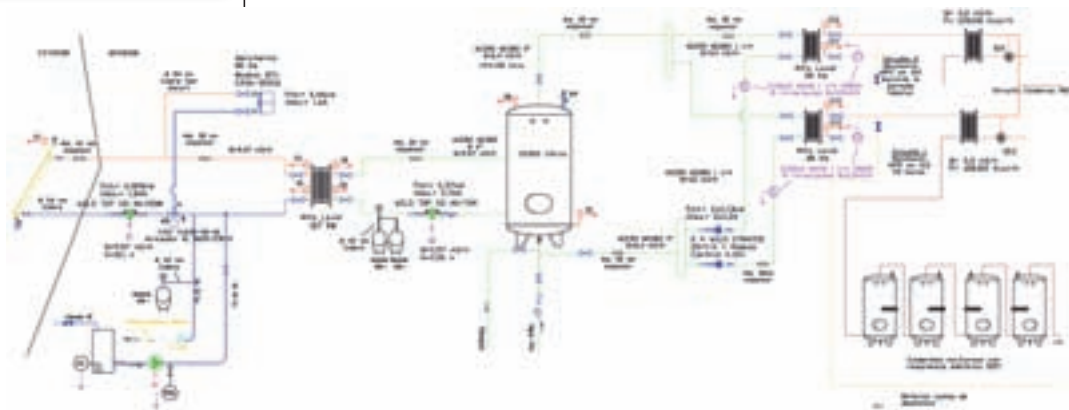


Figura 9.34. Esquema de la instalación.

9.4.2. Solución adoptada

a) Características técnicas

De acuerdo a las demandas energéticas consideradas y a la tipología de la instalación convencional, se ha optado por una instalación solar térmica compuesta por un sistema de captación destinado a elevar la temperatura de los acumuladores de agua caliente hasta la temperatura de consigna (entre 45 y 55 °C).

La conexión entre la instalación solar y la instalación convencional se realizará mediante un by-pass que permitirá la desconexión de la primera en cualquier momento sin perjuicio en el funcionamiento de la segunda.

A continuación se describen cada uno de los sistemas que componen la instalación solar diseñada:

- El sistema de captación estará formado por 132 captadores de la marca Gamelux N, los cuales se agruparán en baterías de seis captadores conectados en paralelo. Las baterías serán conectadas entre sí en serie-paralelo, resultando una superficie total de captación de 277,2 m². El caudal unitario seleccionado es de,

aproximadamente, 69 l/h m², obteniéndose un caudal total para los circuitos primario y secundario de 9.570 l/h.

- El sistema de acumulación centralizado se compondrá por dos acumuladores marca Mecalia, resultando una acumulación total de 20.000 l.
- El sistema de intercambio estará formado por un intercambiador para primario de placas con una potencia de 167 kW, encargado de transferir la energía recibida por los captadores solares a los depósitos acumuladores y un intercambiador para inercia de 38 kW.
- El sistema hidráulico se compone de un circuito primario y secundario dotado con bombas circuladoras Wilo Top SD 40/15DM. Todos los circuitos contarán con los elementos de seguridad, equilibrado, purga y expansión necesarios y convenientemente aislados. Así mismo, se cuenta en el circuito de recirculación con bombas Wilo Stratos 25/1-6 con módulo de control. Las tuberías del primario son de cobre y las del secundario y recirculación de acero negro.
- El sistema de control y regulación estará formado por un autómata programable que incorporará las funciones de termostato diferencial y protecciones por alta y baja temperatura. El autómata además es el encargado del control y alternancia de las bombas, así como de los retardos de activación y desconexión de los diversos circuitos. Al autómata se le encomienda que no entren dos bombas del mismo circuito a la vez y, en caso de avería de una de las bombas, conecta la otra unidad y avisa de esa circunstancia indicando en qué grupo de bombas de circulación se encuentra la anomalía.

La instalación dispondrá de un sistema de telemonitorización para control continuo de funcionamiento y de un equipo de medida de caudal y energía térmica para la evaluación de las prestaciones de la instalación.

La instalación dispondrá de un sistema que realizará dos trabajos paralelos:

- Control continuo del funcionamiento y protección de la instalación.
- Evaluación de las prestaciones de la instalación mediante la medición de caudal y energía térmica.

El control continuo de la instalación se realizará a través de un sistema de control diferencial que actuará de la siguiente manera:





- Las bombas de circulación del primario arrancarán cuando la temperatura de los captadores sea superior a la de acumulación solar en la parte baja del depósito en más de 7 °C y pararán cuando la diferencia sea inferior a 3 °C, siendo estos parámetros configurables.
 - Las bombas de circulación del secundario arrancarán cuando la temperatura en el intercambiador supere en 8 °C a la temperatura de la parte inferior del acumulador y pararán cuando la misma sea inferior a 4 °C.
 - Existe una limitación de temperatura máxima para proteger el acumulador solar. Consiste en la detención de las bombas de circulación cuando la temperatura en el interior del acumulador supera una temperatura preestablecida.
- El sistema de disipación estará formado por un aerotermo por el que se hará circular el fluido del circuito primario procedente de los captadores solares y que entrará en funcionamiento siempre que se supere una temperatura límite en los captadores, puntualmente en los períodos de baja demanda y elevada radiación solar (fines de semana y días puntuales de verano).

La demanda energética anual estimada asciende a 300 MWh de los cuales 200 MWh son proporcionados por la instalación solar, resultando un grado de cobertura del 67% de media.

b) Cálculos solares

Datos climáticos de partida

En la Tabla 9.22 figuran los principales datos climáticos de la zona a estudiar.

TABLA 9.22. Datos de partida.

Localidad del emplazamiento:	Alcaudete
Provincia:	Jaén
Latitud:	37,46 N
Longitud:	6,09 O
Altura geográfica:	586 m
Temperatura media: invierno/verano:	11,5 °C / 22,4 °C
Radiación media:	15.831 KJ/m ² día



Cálculo de la demanda de energía y aporte solar

Los resultados que reflejan los cálculos energéticos para la demanda energética total y aporte solar son los indicados en la Tabla 9.23:

TABLA 9.23. Resultados mensuales.

	demAndA (kWh)	con v enc i o n a l (kWh)	so LAR (kWh)	% Apo RTe so LAR
Enero	18.922	8.770	10.152	53,65%
Febrero	15.929	3.667	12.261	76,98%
Marzo	17.756	2.419	15.336	86,37%
Abril	19.450	3.016	16.434	84,49%
Mayo	24.336	5.142	19.194	78,87%
Junio	24.408	3.586	20.822	85,31%
Julio	28.507	5.474	23.033	80,80%
Agosto	30.399	7.348	23.051	75,83%
Septiembre	30.612	9.268	21.344	69,72%
Octubre	34.320	17.453	16.867	49,15%
Noviembre	30.998	19.113	11.885	38,34%
Diciembre	24.362	14.831	9.531	39,12%
To TAL	299.998	100.087	199.911	66,64%

La representación gráfica de estos resultados (Fig. 9.35) muestra la relación entre la energía demandada total mes a mes y el aporte solar.

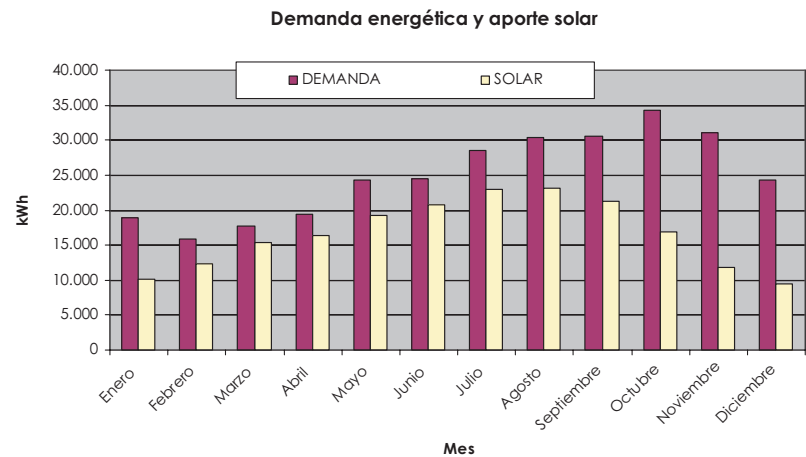


Figura 9.35. Demanda satisfecha con la instalación solar.



c) Características de los componentes principales seleccionados

Captador solar

Las características principales del captador solar se indican en la Tabla 9.24.

TABLA 9.24. Características del captador solar.

c ARAcTeRíSticAs TéCnicAs de Los coLecToRes soLAREs	
Marca y modelo	Gamelux N
Contraseña de homologación	NPS 13208
Dimensiones	2138*1066*96 mm
Superficie útil de captación	2,1 m ²
Peso en vacío	38 kg
Volumen de agua contenido	1,85 l
Presión máxima	6 bar
Caudal específico	69 l/h m ²
Placa absorbedora	Aletas de Al con tubos de Cu de 10 mm embutidos y con tratamiento superficial ($\alpha = 0,95$; $\epsilon = 0,07$) soldadas a 2 tubos colectores de ϕ 22 mm.
Cubierta	Cristal templado de 4 mm de espesor.
Caja	Perfiles extruidos de Al anodizado unidos mediante remaches de acero inoxidable y aislados mediante lana de roca con velo negro.
Curva de rendimiento	$\eta = 0,7091 - 5,562 \cdot \frac{T_m - T_a}{I}$

Acumulador

Las características del sistema de acumulación son las que aparecen en la Tabla 9.25:

TABLA 9.25. Características del acumulador (I).

AcumuLAción cenTRAL	
Tipo	Acumulador de inercia
Fabricante	Mecalia
Modelo	20.000 l (fabricación a medida)
Material	Chapa de acero al carbono
Volumen unitario	20.000 l
Cantidad	1 ud

Intercambiadores

Los intercambiadores presentan las características que se indican en la Tabla 9.26.

TABLA 9.26. Características del acumulador (II).

in TeRc AmBiAdo R pARA pRimARio	
Potencia	167 kW
Tipo	Placas
Caudal primario/secundario	9.570 l/h / 9.570 l/h
Cantidad	1 ud

in TeRc AmBiAdo R pARA in eRc iA	
Potencia	38 kW
Tipo	Placas
Caudal primario / secundario	3.200 l/h / 3.200 l/h
Cantidad	2 ud

Bombas de circulación

Las bombas circuladoras presentan las características que aparecen en la Tabla 9.27.

TABLA 9.27. Características de las bombas de circulación.

Bo mBA deL c iRc u iTo pRimARio	
Caudal	9.570 l/h
Altura manométrica	10.59 m.c.a
Fabricante	Wilo
Modelo	Top SD 40/15DM

Bo mBA deL c iRc u iTo sec un dARio	
Caudal	9.570 l/h
Altura manométrica	2,26 m.c.a
Fabricante	Wilo
Modelo	Top SD 40/7DM





Bo mBA del c iRc uiTo Rec iRc uLAc ió n	
Caudal	3.200 l/h
Altura manométrica	4,2 m.c.a
Fabricante	Wilo
Modelo	Stratos 25/1-6 + Módulo de control
Cantidad	2 ud

d) Aspectos económicos

El coste de la instalación se aproxima a 180.000 €, incluyendo inversiones materiales, costes de instalación y otros gastos.

A

NEXO I: *CHECKLIST* PARA INDUSTRIAS



Para favorecer el interés de los industriales, que normalmente disponen de un conocimiento y tiempo limitado para planificar una instalación solar térmica, puede elaborarse una *checklist*. Esta herramienta permite, en pocos minutos, detectar si una industria es potencialmente interesante para realizar un estudio de viabilidad solar térmica.

La herramienta dispone de una versión en formato informático (pdf) para su fácil cumplimentación, que puede descargarse desde la página web de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (www.fenercom.com).

El Proyecto SOPRO

El uso de la energía solar térmica para el sector de la edificación es conocido en España y Europa, mientras que las aplicaciones para el sector industrial son menos habituales. El potencial en este último sector es muy elevado, ya que cerca del 30% de las necesidades de calor residen en procesos a baja temperatura, que podría proporcionarse de forma comercial mediante colectores solares.

El proyecto SOPRO, en el marco del Programa Europeo de Energía Inteligente, tiene como objetivo potenciar el mercado de la energía solar para procesos industriales mediante estudios de la demanda y necesidades, formación de profesionales, difusión de información a los agentes del mercado, realización de proyectos piloto y desarrollo de las Empresas de Servicios Energéticos con energía solar.

El proyecto se desarrolla a nivel europeo mediante un consorcio que incluye organizaciones de cinco países: Austria, España, República Checa, Alemania y Eslovenia. En España, el proyecto se desarrolla fundamentalmente en la Región Centro, que incluye a las Comunidades



de Castilla y León, Comunidad de Madrid y Castilla la Mancha. Así mismo, cuenta con el apoyo del Ente Regional de la Energía (EREN), el Gobierno de la Comunidad de Madrid y la Agencia de la Energía de Castilla la Mancha (AGECAM).

Checklist

La generación de calor mediante energía solar permite alcanzar los objetivos empresariales relacionados con la mejora del consumo y gasto energético, la reducción de las emisiones de CO₂ o el cumplimiento de las políticas dirigidas a la mejora medioambiental.

La *checklist* que se presenta en este anexo ofrece una primera información a la empresa acerca del interés de una instalación solar térmica. Está dividida en dos partes. En la primera, se sigue un criterio de K.O., es decir, si alguna de las casillas es “no válido”, la instalación sería poco probable.

Si el criterio de K.O. se responde completamente con respuestas positivas, la segunda fase (el criterio de O.K.) puede utilizarse para la consideración de un sistema solar con más detalle. Cuantas más preguntas se respondan positivamente, más probable será el sistema solar desde el punto de vista técnico y económico. Una respuesta negativa en el criterio de O.K. no significa un resultado final negativo. Si la *checklist* dirige hacia un buen resultado, puede resultar de interés para la empresa el sistema solar para calor de procesos.

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

Criterio K.O.	sí	no	comentarios
¿Necesita calor para los procesos a temperaturas inferiores a 60 °C?			
¿Dispone de espacio para la instalación de los colectores solares, al menos 100 m ² ?			
Este espacio, ¿está orientado hacia el sur y está libre de sombras? (en lugar de orientación sur, puede también ser superficie plana)			

cr iter lo k .o .	sí	n o	c o m e n t a r l o s
¿Necesita calor para los procesos de marzo a septiembre?			
¿Necesita calor para los procesos al menos cinco días a la semana?			
¿Dispone de espacio (bajo suelo, almacén, etc.) para instalar los acumuladores de agua del sistema solar? (25 a 50 m ²)			
¿Tiene planificado alguna mejora de proceso o ampliación en su fábrica para los próximos años?			
¿Se ha excluido el uso de calores residuales, como el de compresores, economizadores o el de enfriadoras?			
¿Considera que los precios de los combustibles actuales se incrementarán en los próximos años para su empresa?			
¿Es importante una estabilidad en los precios de la energía para su empresa?			
¿Son especialmente útiles para su empresa las actividades relacionadas con la protección medioambiental o la reducción del CO ² ? (ej. restricciones legales, imagen, etc.)			



A

NEXO II: FORMULARIO PARA TOMA DE DATOS



Para ayudar a las ingenierías, empresas del sector solar, consultores y otros profesionales a la recogida de información para sus estudios de viabilidad, se incluye este formato de "Hoja de toma de datos" donde, mediante una visita técnica a una fábrica, pueden recogerse los datos necesarios para el posterior estudio solar térmico.

Esta herramienta dispone de una versión en formato informático (pdf) para su fácil cumplimentación, que puede descargarse desde la página web de la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (www.fenercom.com).

Organización responsable del estudio	
Análisis energético nº:	Fecha visita:

Información de la compañía	
Nombre de la compañía:	
Dirección de la compañía:	
Dirección de la factoría visitada de la compañía:	
Persona de contacto:	
Cargo de la persona de contacto:	
Número de teléfono:	
e-mail:	
Sector de negocio de la compañía:	
Productos principales:	
Número de empleados (aprox.):	
Principales procesos:	
Conclusiones / comentarios generales:	

Describir todos los procesos de la factoría que requieran el calentamiento de fluidos a temperaturas inferiores a 100 °C. Se cumplimentará una hoja (anverso y reverso) por cada proceso existente.



proceso n°	
Descripción del proceso:	
Frecuencia utilización del proceso: Meses sin uso:	
Tipo de proceso (abierto o de reposición/cerrado):	
Fluido a calentar y sus características:	
Caudal de fluido a calentar (m³/h):	
Rango de temperaturas del calentamiento (desde/hasta, en °C):	
Demanda energética del calentamiento (kWh/año):	
Descripción del sistema convencional empleado:	
Rendimiento del sistema convencional empleado (%):	
Combustible convencional empleado (gas natural, gasóleo, propano, electricidad):	
Consumo combustible convencional (kWh, l, kg, kWh/año):	
Coste adquisición combustible convencional (€/ud):	
¿Existen elementos de medida?:	
Viabilidad técnica de apoyo solar térmico (estimación inicial y comentarios):	
Viabilidad económica de apoyo solar térmico (estimación inicial):	
Compra de energía solar a una ESE: descuento asumible sobre convencional:	
Duración asumible contrato compra de energía solar a través de una ESE (años):	
Ventajas/inconvenientes formalización contrato venta energía con ESE:	
Conclusiones/comentarios:	

esquema de principio del sistema energético empleado en el proceso

c roquis acotado superficie disponible para ubicación de equipos solares	
	c aptadores solares
	Indicar orientación sur.
	Reflejar las sombras existentes.
	Tipo cubierta:
	Material cubierta:
	Inclinación cubierta (°):
	acumulación solar
	Altura sala (m):
	Distancia al sistema convencional (m):
	Distancia al proceso (m):



A

NEXO III: CONTRATO TIPO ESE SOLAR



CONTRATO

ENTRE

EL (USUARIO) _____

Y

(LA EMPRESA ESE SOLAR) _____

PARA

LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO PARA LA VENTA DE ENERGÍA EN "EMPLAZAMIENTO"

En Madrid, a ____ de _____ de 201__



REUNIDOS

DE UNA PARTE: El/La Sr./Sra. (usuario) _____,
Gerente de (empresa usuario) _____,
facultado por razón de su cargo para la firma de este Contrato.

Y DE OTRA PARTE: D. (nombre) _____, (car-
go) _____ de la empresa (ESE SO-
LAR) _____, autorizado para la
firma de este contrato en virtud de _____.

Se reconocen, entre ellos, capacidad legal suficiente para el otorga-
miento del presente Contrato y, al efecto

1º. Que (usuario) _____,
tiene entre sus competencias la de promover el desarrollo sostenible
de sus instalaciones utilizando para ello las fuentes de energía locales
que menos afectan al medio ambiente (energías renovables), y en
particular, la Energía Solar Térmica.

Además, (usuario) _____, apuesta firme-
mente por incorporar paulatinamente a todas sus instalaciones la uti-
lización de la Energía Solar.

2º. Que la empresa _____ (en adelante la ESE SOLAR),
es una empresa de reconocido prestigio a nivel nacional y europeo, que
compartiendo las orientaciones clásicas de las empresas del sector de la
energía solar, como son la tecnología o la eficiencia energética, apuesta
por ambas, contribuyendo así a la conservación del medio ambiente.

La experiencia de (la ESE SOLAR) _____ en la
producción de ACI para industrias, centros hospitalarios, hoteles, ins-
talaciones deportivas, piscinas públicas, etc., es extensa, habiendo
obtenido óptimos resultados con la utilización de la Energía Solar Térmica y consiguiendo así grandes ventajas medioambientales.

3º. Que esta iniciativa de carácter empresarial, pretende que los be-
neficios económicos netos globales durante la vida útil de la instala-
ción, que se establece en _____ años, se repartan entre el (usua-
rio) _____ y la ESE SOLAR.

ESTIPULACIONES:

PRIMERA. ALCANCE

Es objeto de este Contrato el establecimiento de una colaboración entre (usuario) _____, y la ESE SOLAR, para llevar a cabo la instalación de un sistema solar térmico para agua caliente industrial en (emplazamiento) _____.

SEGUNDA. CESIÓN DE USO

(Usuario) _____, cede el uso de la cubierta de (emplazamiento) _____ a la ESE SOLAR para la instalación de un sistema de energía solar térmica. Además, se pondrá a disposición otro espacio necesario para llevar a cabo la instalación de los acumuladores, bombas, intercambiadores, así como todo el circuito hidráulico. Se adjunta a este documento la carta de autorización de dicha cesión de uso.

Asimismo, el (usuario) _____ autoriza el acceso a los citados lugares en las etapas de instalación y operaciones de mantenimiento y limpieza a los técnicos de la ESE SOLAR.

TERCERA. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La ESE SOLAR instalará en propiedad una instalación solar, compuesta aproximadamente de _____ colectores solares térmicos del tipo _____, que suponen unos _____ metros cuadrados, cuya producción se ha estimado, utilizando el Programa de Simulación desarrollado específicamente, en _____ kWh, que significa un factor de aporte solar superior al _____% para el calentamiento de agua.

Los beneficios medioambientales de esta instalación se cifran en una reducción de emisiones de CO₂ de _____ toneladas en el entorno urbano de (tipo de población) _____, evitándose también el consumo de _____ litros de (gas, gasóleo, electricidad, carbón), es decir, _____ tep (toneladas equivalentes de petróleo) durante la vida útil de la instalación, estipulada en 20 a 25 años.





CUARTA. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN

El funcionamiento de la instalación a efectos de facturar energía térmica se considerará una vez realizada la puesta en marcha, de conformidad con la normativa aplicable.

QUINTA. RENTABILIDAD Y PERIODO DE EXPLOTACIÓN

La ESE SOLAR realizará la instalación y montaje, y será quien explote dicha instalación durante un periodo de _____ años. Durante este periodo de tiempo venderá la energía térmica producida al (usuario) _____, al precio que reseña la estipulación siguiente.

El estudio de la rentabilidad y viabilidad económica adjunta al presente Contrato. La ESE SOLAR será responsable del mantenimiento de la instalación durante _____ años. Asimismo, instalará un sistema de monitorización para hacer el seguimiento y control de la instalación, registrando los parámetros fundamentales de la misma.

SEXTA. GARANTÍAS DE RESULTADOS SOLARES DE LA INSTALACIÓN

La ESE SOLAR garantiza al (usuario) _____ la entrega de energía térmica que suministra el sistema solar, por un total anual de _____ kWh_t, que representa un factor de aporte solar del _____%.

La medida de los resultados se realizará a la salida del acumulador solar, en el punto de conexión con la instalación convencional.

En caso de no obtener los resultados solares anuales garantizados sin una justificación previa técnica y documentada, la ESE SOLAR realizará una compensación económica al (usuario) _____ en cómputo anual por un 0,5% de la cantidad garantizada.

SEPTIMA. CONSUMOS MÍNIMOS EXIGIBLES AL (usuario)

(Usuario) _____ está condicionado a la adquisición de unos consumos mínimos mensuales, que se detallan del si-

guiente modo: _____
_____.

OCTAVA. ACTUALIZACIÓN DE PRECIOS

El (usuario) _____ pagará a la ESE SOLAR la cantidad de _____ c³ por cada kWh_t producido por la instalación solar (que sustituye al combustible convencional). Dicha cantidad se considera como precio inicial y se actualizará, con carácter anual, con un incremento del _____%.

Para ello, se dispondrá de un contador de energía validado que estará situado en la conexión con la instalación convencional, sin menoscabo de instalar una válvula de tres vías que suministre el agua a la temperatura de consigna.

NOVENA. FACTURACIÓN Y FORMA DE PAGO

El pago de las cantidades señaladas se realizará con carácter mensual, estableciéndose como fecha del mismo el quinto día del mes siguiente al devengo de las mismas. La ESE SOLAR facturará mensualmente a (usuario) _____.

En la factura deben quedar bien claros los siguientes conceptos:

- Datos factura (ref. contrato, fecha factura, n° factura).
- Datos del contrato (contratante, forma de pago, fecha de cargo).
- Información sobre los consumos:
 - kWh_t (reales o programados, en función de la forma de pago elegida).
 - Histórico de consumo real en kWh_t (últimos 12 meses).
 - Número contador.
 - Lectura anterior.
 - Referencia lectura anterior.
 - Lectura.





- Referencia lectura.
- Total kWh_t reales.
- Desglose de gastos a pagar.
- Total a pagar (sin IVA).
- Total a pagar (con IVA).

El sistema de medida propuesto es la utilización de un contador de energía diferencial en continuo, que proporciona los datos de temperatura de entrada, temperatura de servicio y caudales.

Nota: el modo de facturación se elige por las partes. Se proponen decidir entre dos formas sencillas:

1. Facturación en función del consumo real medido por el equipo. En este caso, se factura en función de la diferencia entre la lectura actual y la lectura anterior.
2. Facturación de los kWh_t programados de enero a noviembre (no obstante, se indicarán en la factura los kWh_t reales medidos en el contador). En el mes de diciembre se procederá a regularizar la situación entre los kWh_t programados y los reales, facturando la ESE SOLAR a principios del año nuevo si la producción es superior a lo previsto, o descontando en la primera factura del año, si fuese inferior.

DÉCIMA. AYUDAS Y SUBVENCIONES

La ESE SOLAR podrá solicitar, a los efectos de este proyecto, las correspondientes subvenciones de la Comunidad de Madrid o fórmulas de financiación favorables, o aquellas que considere oportunas para mejorar la economía o financiación de la instalación solar térmica.

UNDÉCIMA. MANTENIMIENTO

La ESE SOLAR realizará las labores de mantenimiento necesarias que permitan asegurar el funcionamiento de la instalación, aumentar su fiabilidad y prolongar la duración de la misma. Se definen dos escalones de actuación que desarrollará la ESE SOLAR:

- a) Plan de vigilancia.
- b) Plan de mantenimiento preventivo.

DUODECIMA. SEGUROS Y SEGURIDAD

La ESE SOLAR asegurará la instalación (con las siguientes garantías obligatorias y opcionales: coberturas básicas, riesgos extensivos, robo y expoliación, responsabilidad civil, explotación, paralización/lucro cesante y daños eléctricos) durante el periodo de vigencia.

Las condiciones de aseguramiento integral para plantas de energía solar térmica se recogen en el presente Contrato (especificar el anexo).

(Usuario) _____ adoptará todas las medidas de vigilancia necesarias para la protección de la instalación industrial, como si fuese otra instalación más propiedad de la planta.

DECIMOTERCERA. FINALIZACIÓN

A partir de _____, año del inicio de funcionamiento de la instalación, ésta pasará a ser de propiedad del (usuario) _____, haciéndose cargo del mantenimiento de la misma hasta el fin de su vida útil, estimada en 20 a 25 años. En tal caso, (usuario) _____ abonará a la ESE SOLAR una cantidad que equivale al _____% del valor inicial, fijado en _____, en concepto de valor residual de la instalación.

En caso contrario, se procederá, previo acuerdo de las partes, a revisar las condiciones contractuales que fija el presente contrato, considerando amortizada la inversión.

DECIMOCUARTA. VIGENCIA DEL CONTRATO

El presente Contrato comenzará a regir el mismo día de su firma y mantendrá su vigencia durante los _____ años siguientes.

DECIMOQUINTA. RESOLUCIÓN

Serán causas de resolución de este Contrato el incumplimiento de las obligaciones contraídas por cualquiera de las partes y el mutuo acuerdo de las mismas.





Manual técnico de energía solar para procesos industriales

Y, para constancia de las anteriores estipulaciones, se firma el presente Contrato en la ciudad y fecha al principio expresadas.

EL (usuario) _____

Fdo: _____

EL REPRESENTANTE DE LA ESE SOLAR

Fdo: _____

A NEXO IV: DEFINICIONES (De acuerdo a clasificación IDAE)



Parámetros ambientales

Radiación solar: energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

Radiación solar directa: radiación solar incidente sobre un plano dado, procedente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar.

Radiación solar hemisférica: radiación solar incidente en una superficie plana dada, recibida desde un ángulo sólido de 2π sr (del hemisferio situado por encima de la superficie). Hay que especificar la inclinación y azimut de la superficie receptora.

Radiación solar difusa: radiación solar hemisférica menos la radiación solar directa.

Radiación solar global: radiación solar hemisférica recibida en un plano horizontal.

Irradiancia solar: potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado. Se expresa en W/m^2 .

Irradiancia solar directa: cociente entre el flujo radiante recibido en una superficie plana dada procedente de un pequeño ángulo sólido centrado en el disco solar, y el área de dicha superficie. Si el plano es perpendicular al eje del ángulo sólido, la irradiancia solar recibida se llama directa normal. Se expresa en W/m^2 .

Irradiancia solar difusa: irradiancia de la radiación solar difusa sobre una superficie receptora plana. Hay que especificar la inclinación y el azimut de la superficie receptora.



Irradiancia solar reflejada: radiación por unidad de tiempo y unidad de área que, procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre una superficie.

Irradiación: energía incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, obtenida por integración de la irradiancia durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora o un día. Se expresa en MJ/m^2 o kWh/m^2 .

Aire ambiente: aire (tanto interior como exterior) que envuelve a un acumulador de energía térmica, a un captador solar o a cualquier objeto que se esté considerando.

Instalación

Instalaciones abiertas: instalaciones en las que el circuito primario está comunicado de forma permanente con la atmósfera.

Instalaciones cerradas: instalaciones en las que el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.

Instalaciones de sistema directo: instalaciones en las que el fluido de trabajo es la propia agua de consumo que pasa por los captadores.

Instalaciones de sistema indirecto: instalaciones en las que el fluido de trabajo se mantiene en un circuito separado, sin posibilidad de comunicarse con el circuito de consumo.

Instalaciones por termosifón: instalaciones en las que el fluido de trabajo circula por convección libre.

Instalación con circulación forzada: instalación equipada con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.

Circuito primario: circuito del que forman parte los captadores y las tuberías que los unen, en el cual el fluido recoge la energía solar y la transmite.

Circuito secundario: circuito en el que se recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

Circuito de consumo: circuito por el que circula agua de consumo.

Sistema solar prefabricado: sistema de energía solar para los fines de preparación sólo de agua caliente, ya sea como un sistema compacto o como un sistema partido. Consiste bien en un sistema integrado o bien en un conjunto y configuración uniformes de componentes. Se produce bajo condiciones que se presumen uniformes y es ofrecido a la venta bajo un solo nombre comercial.

Un solo sistema puede ser ensayado como un todo en un laboratorio, dando lugar a resultados que representan sistemas con la misma marca comercial, configuración, componentes y dimensiones.

Los sistemas de energía auxiliar conectados en serie con el sistema solar prefabricado no se consideran partes del mismo.

Sistema compacto: equipo solar prefabricado cuyos elementos se encuentran montados en una sola unidad, aunque físicamente pueden estar diferenciados.

Sistema partido: equipo solar prefabricado cuyos elementos principales (captación y acumulación) se pueden encontrar a una distancia física relevante.

Sistema integrado: equipo solar prefabricado cuyos elementos principales (captación y acumulación) constituyen un único componente y no es posible diferenciarlos físicamente.

Captadores

Captador solar térmico: dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido de trabajo que circula por su interior.

Captador solar de líquido: captador solar que utiliza un líquido como fluido de trabajo.

Captador solar de aire: captador solar que utiliza aire como fluido de trabajo.

Captador solar plano: captador solar sin concentración cuya superficie absorbente es sensiblemente plana.





Captador sin cubierta: captador solar sin cubierta sobre el absorbedor.

Captador de concentración: captador solar que utiliza reflectores, lentes u otros elementos ópticos para redireccionar y concentrar sobre el absorbedor la radiación solar que atraviesa la apertura.

Captador de vacío: captador en el que se ha realizado el vacío en el espacio entre absorbedor y cubierta.

Captador de tubos de vacío: captador de vacío que utiliza un tubo transparente (normalmente de cristal) donde se ha realizado el vacío entre la pared del tubo y el absorbedor.

Cubierta: elemento o elementos transparentes (o translúcidos) que cubren el absorbedor para reducir las pérdidas de calor y protegerlo de la intemperie.

Absorbedor: componente de un captador solar cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.

Placa absorbente: absorbedor cuya superficie es sensiblemente plana.

Apertura: superficie a través de la cual la radiación solar no concentrada es admitida en el captador.

Área de apertura: es la máxima proyección plana de la superficie del captador transparente expuesta a la radiación solar incidente no concentrada.

Área total: área máxima proyectada por el captador completo, excluyendo cualquier medio de soporte y acoplamiento de los tubos expuesta.

Fluido de transferencia de calor o fluido de trabajo: es el fluido encargado de recoger y transmitir la energía captada por el absorbedor.

Carcasa: es el componente del captador que conforma su superficie exterior, fija la cubierta, contiene y protege a los restantes componentes del captador y soporta los anclajes del mismo.

Materiales aislantes: son aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica cuyo empleo en el captador solar tiene por objeto reducir las pérdidas de calor por la parte posterior y laterales.

Junta de cubierta: elemento cuya función es asegurar la estanqueidad de la unión cubierta-carcasa.

Temperatura de estancamiento del captador: corresponde a la máxima temperatura del fluido que se obtiene cuando, sometido el captador a altos niveles de radiación y temperatura ambiente y siendo la velocidad del viento despreciable, no existe circulación en el captador y se alcanzan condiciones cuasi-estacionarias.

Componentes

Intercambiador de calor: dispositivo en el que se produce la transferencia de energía del circuito primario al circuito secundario.

Acumulador solar o depósito solar: depósito en el que se acumula el agua calentada por energía solar.

Depósito de expansión: dispositivo que permite absorber las variaciones de volumen y presión en un circuito cerrado producidas por las variaciones de temperatura del fluido circulante. Puede ser abierto o cerrado, según esté o no en comunicación con la atmósfera.

Bomba de circulación: dispositivo electromecánico que produce la circulación forzada del fluido a través de un circuito.

Purgador de aire: dispositivo que permite la salida del aire acumulado en el circuito. Puede ser manual o automático.

Válvula de seguridad: dispositivo que limita la presión máxima del circuito.

Válvula anti-retorno: dispositivo que evita el paso de fluido en un sentido.

Controlador diferencial de temperaturas: dispositivo electrónico que comanda distintos elementos eléctricos de la instalación (bombas, electroválvulas, etc.) en función, principalmente, de las temperaturas en distintos puntos de dicha instalación.





Termostato de seguridad: dispositivo utilizado para detectar la temperatura máxima admisible del fluido de trabajo en algún punto de la instalación.

Controlador anti-hielo: dispositivo que impide la congelación del fluido de trabajo.

Otras definiciones

Almacenamiento estacional: es el que se produce o realiza durante una estación o parte del año.

Archivo de clasificación: es el archivo de documentación técnica para sistemas solares de calentamiento pequeños a medida de una Compañía, el cual incluye:

- Clasificación completa para sistemas pequeños a medida.
- Descripción completa de todas las configuraciones del sistema.
- Descripción completa de todas las combinaciones comercializadas de las configuraciones del sistema y componentes, incluyendo dimensiones de éstos y número de unidades.
- Información técnica de todo.

Referencia: sistemas solares de calentamiento pequeños a medida, UNE 12977-1, párrafo 3.2.

Archivo de documentación: conjunto de instrucciones para el montaje, instalación y operación de un sistema solar.

La documentación del sistema deberá ser completa y entendible:

- Todos los componentes de cada sistema pequeño a medida deberán ir provistos con un conjunto de instrucciones de montaje y funcionamiento entendibles, así como recomendaciones de servicio. Esta documentación deberá incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje, instalación, operación y mantenimiento. Estas instrucciones deberán incluir toda la información que contenga la lista de 4.6 de EN 12976-1.

- Cada sistema grande a medida deberá ir provisto con un conjunto de instrucciones de montaje y funcionamiento, así como recomendaciones de servicio. Esta documentación deberá incluir todas las instrucciones necesarias para el montaje, instalación, operación y mantenimiento y todos los registros de arranque inicial y puesta en servicio de acuerdo con 6.6 de la UNE 12977-1
- Los documentos deberán ser guardados en un lugar visible (preferentemente cerca del acumulador), protegidos del calor, agua y polvo.



BIBLIOGRAFÍA



- 9REN
- Asociación de la Industria Solar Térmica (ASIT)
- CENIT Solar
- Conclusiones de auditorías energéticas. ESCAN. 2000-2009.
- Conclusiones del proyecto Europeo SOPRO. ESCAN, S.A. 2009-2010.
- Conclusiones del Proyecto ST-ESCOS. Comisión Europea. 2006.
- Jornada de energía solar térmica en la Comunidad de Madrid (abril 2009)
- Pliego de Condiciones Técnicas. Solar térmica baja temperatura. IDAE 2009.
- Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid. DGIEM-FENERCOM (elaboración técnica ESCAN, S.A.).
- Manuales técnicos y de instrucción para conservación de energía. Centros Estudios de la Energía. 1983.
- Wagner Solar

