



Energía térmica

Aproximación a la venta de energía térmica producida con energías renovables



Agencia Andaluza de la Energía
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA

Aproximación a la venta de energía térmica producida con energías renovables

Depósito Legal: _____
SE-9206-2011

Dirección Técnica: _____
Agencia Andaluza de la Energía
Consejería de Economía, Innovación y Ciencia

Redacción: _____
Agencia Andaluza de la Energía y MP Biomasa

Edición: _____
Artes Gráficas Servigraf S.L.

Documento disponible en Internet: _____
www.agenciaandaluzadelaenergia.es

Agencia Andaluza de la Energía: _____
Consejería de Economía, Innovación y Ciencia
Junta de Andalucía
C/ Isaac Newton, nº 6 - 41092 Isla de la Cartuja. Sevilla
Tel. 954 78 63 35 - Fax: 954 78 63 50
www.agenciaandaluzadelaenergia.es
atencionalciudadano.aae@juntadeandalucia.es

Índice

8 Introducción

12 Definiciones

16 Empresas de servicios energéticos

- 16 3.1. Origen y situación actual
- 17 3.2. Finalidad de las ESE y modo de trabajo
- 18 3.3. Tipología de proyectos de venta de energía térmica
 - 18 3.3.1. Servicios energéticos con financiación por terceros
 - 22 3.3.2. Externalización de servicios energéticos (OUTSOURCING)
- 24 3.4. Ventajas de los proyectos de venta de energía térmica con financiación por terceros

26 Instalaciones térmicas con biomasa

- 26 4.1. Introducción
- 27 4.2. Descripción de las instalaciones de biomasa
- 29 4.3. Instalaciones de biomasa: ventajas

32 Instalaciones térmicas con energía solar

- 32 5.1. Introducción
- 32 5.2. Descripción general de las instalaciones de energía solar
- 35 5.3. Instalaciones de energía solar: ventajas

38 Aplicaciones

- 38 6.1. Introducción
- 38 6.2. Piscinas climatizadas
- 39 6.3. Hoteles y residencias de ancianos
- 40 6.4. Industrias
- 40 6.5. Comunidades de vecinos
- 41 6.6. Edificios públicos para usos administrativos
- 41 6.7. Calefacción de distrito
- 41 6.8. Sistemas de refrigeración por absorción

1

2

3

4

5

6

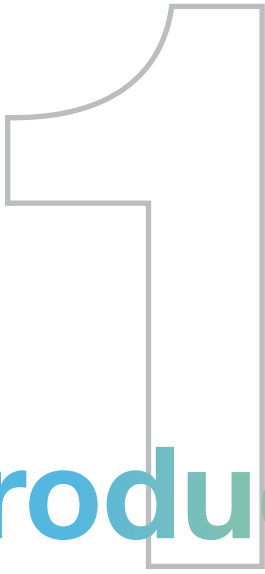
44 Venta de energía térmica con financiación por terceros

44	7.1.	Aspectos técnicos
44	7.1.1.	Estudio de viabilidad técnica de proyectos de venta de energía térmica usando biomasa como combustible
45	7.1.2.	Estudio de viabilidad técnica de proyectos de venta de energía usando la energía solar térmica
48	7.1.3.	Ejecución de la instalación
49	7.1.4.	Explotación de la instalación
54	7.2.	Aspectos legales y contractuales
54	7.2.1.	Seguros y garantías
58	7.2.2.	Obligaciones y derechos
59	7.2.3.	Titularidad
61	7.2.4.	Condiciones contractuales
62	7.3.	Aspectos económicos
62	7.3.1.	Análisis financiero de proyectos con financiación por terceros.
65	7.3.2.	Metodología de facturación energética
67	7.3.3.	Fijación del precio de venta
68	7.3.4.	Revisión de precios. IPC energético
68	7.3.5.	Ejemplo de estudio económico financiero de un proyecto de venta de energía térmica de biomasa

76 Anexos

76	Anexo 1
77	Anexo 2

80 Bibliografía



Introducción

Introducción

La **Consejería de Economía, Innovación y Ciencia** de la Junta de Andalucía, en el ejercicio de sus competencias, relativas a la optimización del régimen de producción, transporte y distribución de energía, la promoción del ahorro y la eficiencia energética, y el fomento de la utilización de las energías renovables, tiene entre sus objetivos el impulso a los proyectos de optimización energética en Andalucía.

Por su parte, la **Agencia Andaluza de la Energía**, como entidad de derecho público adscrita a la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, coordina y fomenta las actuaciones necesarias para la consecución de los objetivos establecidos en la política energética de la Junta de Andalucía.

La Administración Andaluza, consciente de la oportunidad que supone el modelo de contratación de servicios energéticos y del potencial de su desarrollo en Andalucía, está impulsando, a través de la Agencia Andaluza de la Energía, diversas actuaciones con el objetivo de potenciar estos servicios tanto en el ámbito público como en el privado. Su desarrollo puede contribuir de forma decidida al cumplimiento de los objetivos fijados tanto en la **Ley 2/2007 de Fomento de las energías renovables y el ahorro energético** en Andalucía, como en el **Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013**.

La riqueza de fuentes renovables existentes en Andalucía y el importante desarrollo de estas energías limpias e inagotables está suponiendo un importante y positivo impacto socioeconómico: en el empleo y en la actividad económica de Andalucía.

Actualmente Andalucía se encuentra en un momento crucial en su economía en el que la diversificación y el impulso a sectores productivos pueden ser la clave para liderar los principales mercados asociados al desarrollo sostenible de la energía.

De esta manera, la Junta de Andalucía con el objeto de lograr el cambio del modelo energético actual por uno más sostenible desde el punto de vista social, económico y ambiental, basado en el ahorro y la eficiencia energética y el fomento de las energías renovables, ha desarrollado el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007- 2013, PASENER.

Para el éxito de este plan se requerirá de la implicación decidida de ciudadanía, empresas y administraciones. El objetivo de lograr el cambio del modelo energético sólo será posible si se crea una conciencia colectiva que valore la energía como un bien valioso y limitado, aceptando la existencia de límites y de escasez de la cual se deriva la necesidad de adaptarse a otras pautas de consumo y de colaborar en la creación de condiciones de equilibrio en el sistema energético.

En la ruta hacia el modelo de sostenibilidad energética en Andalucía están jugando un papel cada vez más destacado las llamadas **empresas de servicios energéticos (ESE)**, por cuanto estas asumen las inversiones de mejora en la producción o el uso de la energía en lugar de las personas que usan la energía, y son capaces de optimizar el funcionamiento de las instalaciones. Inversiones que en muchos casos no serían asumidas por las personas que usan la energía, por sus dificultades para acceder al mercado financiero o por los riesgos asociados a realizar unas inversiones, generalmente elevadas, sin conocer con certeza el valor que éstas les reportarán.

En la presente Guía se exploran las posibilidades de un modelo de negocio, que resulta de especial interés cuando toma la forma de venta de energía térmica producida a partir de energías renovables, y particularmente a partir de la energía solar térmica o la energía de la biomasa. Este interés se fundamenta, por un lado en la existencia de los recursos renovables y de la tecnología desarrollada para su aprovechamiento, y por otro en el estado de amplio desarrollo del mercado, contándose con un buen número de empresas especializadas en la implantación y explotación de la tecnología.

Así, con el objeto de servir de guía para la puesta en marcha de proyectos de venta de energía térmica, la Agencia Andaluza de la Energía ha elaborado este documento en el que se abordan los aspectos más destacados para llevar a cabo uno de estos proyectos, pudiendo ser una referencia para los distintos actores que pueden estar presentes en un proyecto energético articulado mediante venta de energía: inversor, instalador, empresas de servicios energéticos, entidad financiera y cliente final.

2

Definiciones

Definiciones

La sucesiva implantación de las empresas de servicios energéticos está originando la aparición de una serie de conceptos nuevos, específicos de su actuación, que conviene precisar. Para ello, tomaremos como referencia la Directiva 2006/32/CE del Parlamento europeo y del Consejo de 5 de abril de 2006 sobre “La eficiencia del uso de la energía y los servicios energéticos”, cuya finalidad es la de fomentar la mejora rentable de la eficiencia del uso final de la energía en los Estados miembros.

Servicio Energético: Prestación que reúne el suministro de energía final útil (calor, frío, electricidad, etc.) con otros servicios relacionados con los equipos de energía como la financiación, el mantenimiento, etc.

En los términos de la referida Directiva, el beneficio físico, utilidad o ventaja derivados de la combinación de una energía con una tecnología eficiente en términos de energía y/o con una acción, que podrá incluir las operaciones, mantenimiento y control necesarios para prestar el servicio, que es prestado basándose en un contrato y que en circunstancias normales ha demostrado llevar a una mejora de la eficiencia energética verificable y mensurable o estimable y/o a un ahorro de energía primaria.

Empresa de Servicios Energéticos (ESE): Persona física o jurídica que proporciona servicios energéticos o de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones o locales de un usuario y afronta 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 convenido.

Esta definición coincide con la del Real Decreto-Ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y el empleo, que en su capítulo V, relativo a medidas en el sector energético, incorporó al ordenamiento jurídico español el concepto de “Empresa de Servicios Energéticos”.

Eficiencia Energética: La relación entre la producción de un rendimiento, servicio, bien o energía, y el gasto de energía.

Medidas de mejora de la eficiencia energética: Todas las medidas que normalmente llevan a una mejora de la eficiencia energética verificable y mensurable o estimable.

Contrato de rendimiento energético (EPC): Acuerdo contractual entre el beneficiario y el proveedor (normalmente una ESE) de una medida de mejora de la eficiencia energética cuando las inversiones en dicha medida se abonen respecto a un nivel de mejora de la eficiencia energética convenido por contrato.

Financiación por terceros (FTP): Acuerdo contractual que implica a un tercero –además del suministrador de energía y del beneficiario de la medida de mejora de la eficiencia energética– el cual proporciona el capital para la medida y cobra al beneficiario un canon equivalente a una parte del ahorro de energía obtenido como resultado de una medida de mejora de la eficiencia energética. el tercero puede ser una empresa de servicio energético (ESE) o no.

Auditoría energética: El procedimiento sistemático para obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación industrial y/o de un servicio privado o público, determinar y cuantificar las posibilidades rentables de ahorro de energía y aprovechamiento de energías renovables rentables y elaborar un informe al respecto.

Cliente final: Una persona física o jurídica que adquiere la energía para su propio uso final.

De acuerdo a estas definiciones, en un **proyecto de venta de energía térmica**, la empresa de servicios energéticos podrá ofrecer un beneficio físico, utilidad o ventaja al cliente final al usar la combinación de la energía de la biomasa y/o la energía solar térmica con una tecnología adecuada para su eficiente transformación y venta en forma de energía final útil, pudiendo ofrecer entre sus servicios las operaciones de mantenimiento y control necesarios para realizar dicha venta de la energía térmica, que en forma de agua caliente, aire caliente o vapor, pueda ser medida en kilovatios útiles producidos, garantizada en todo momento.



3

Empresas de Servicios Energéticos

Empresas de Servicios Energéticos

3.1. Origen y situación actual

El desarrollo de las empresas de servicios energéticos ha presentado una distribución muy irregular desde su origen, teniendo mayor importancia en países anglosajones, con Estados Unidos a la cabeza, y menos presencia en Europa. En esos países las ESES juegan un papel muy importante en el mercado actual de los proyectos de producción y distribución de energía térmica, en especial dentro del ámbito de las energías renovables como la biomasa o la energía solar, ya que proponen diversas soluciones para facilitar el desarrollo de proyectos energéticos ante una serie de variables, como pueden ser la financiación de la inversión, el conocimiento sobre las tecnologías existentes, la posible dificultad en el suministro de biomasa, etc.

El Real Decreto-Ley 6/2010, de 9 de abril, de medidas para el impulso de la recuperación económica y el empleo, en su capítulo V, relativo a medidas en el sector energético, incorporó al ordenamiento jurídico español el concepto de “Empresa de Servicios Energéticos”. En este cuerpo legal, en concreto en el artículo 19.3, se prevé la aprobación, por parte del Gobierno, de un plan específico de impulso a las Empresas de Servicios Energéticos (ESE), contemplando, de forma particular, un programa concreto para las Administraciones Públicas.

Como consecuencia de lo anterior, por Acuerdo de Consejo de Ministros de fecha 16 de julio de 2010, se aprobó el denominado Plan de Impulso a la Contratación de Servicios Energéticos. El citado Plan contempla la puesta en marcha de 2.000 proyectos de Servicios Energéticos en centros del Sector Público de los que 1.000 pertenecerán a la Administración Autonómica y Local y los otros 1.000 a la Administración General del Estado.

En coherencia con lo anterior, se viene trabajando desde hace años en el ámbito de la Administración Pública de la Junta de Andalucía, impulsando la centralización de la contratación de los servicios de suministro energético, la realización de estudios energéticos, el seguimiento de la eficiencia energética de determinadas instalaciones, y la formación de los responsables de los centros. Esta labor se ha visto completada con la creación de la Red de Energía de la Junta de Andalucía, REDEJA, a través del Acuerdo del Consejo de Gobierno de 26 de junio de 2007.

La presente Guía se incluye en el conjunto de iniciativas que está desarrollando la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, a través de la Agencia Andaluza de la Energía, dentro de una estrategia para la implantación de un modelo andaluz de Servicios Energéticos que gira en torno a los siguientes objetivos:

- Facilitar la realización por parte de las Administraciones Públicas de inversiones energéticas que conlleven la incorporación en sus instalaciones de energías renovables y/o medidas de ahorro y eficiencia energética.
- Fomentar la creación y consolidación de un nuevo sector empresarial en Andalucía, formado por empresas de servicios energéticos, generador de riqueza y empleo.

3.2. Finalidad de las ESE y modo de trabajo

Las ESEs fundamentan su trabajo en tres pilares, los cuales deben tenerse siempre en cuenta para llevar a cabo un proyecto de venta de energía térmica, ya que la ausencia de uno solo de ellos implicaría un riesgo importante de fracaso en el mismo. Estos pilares son los siguientes:

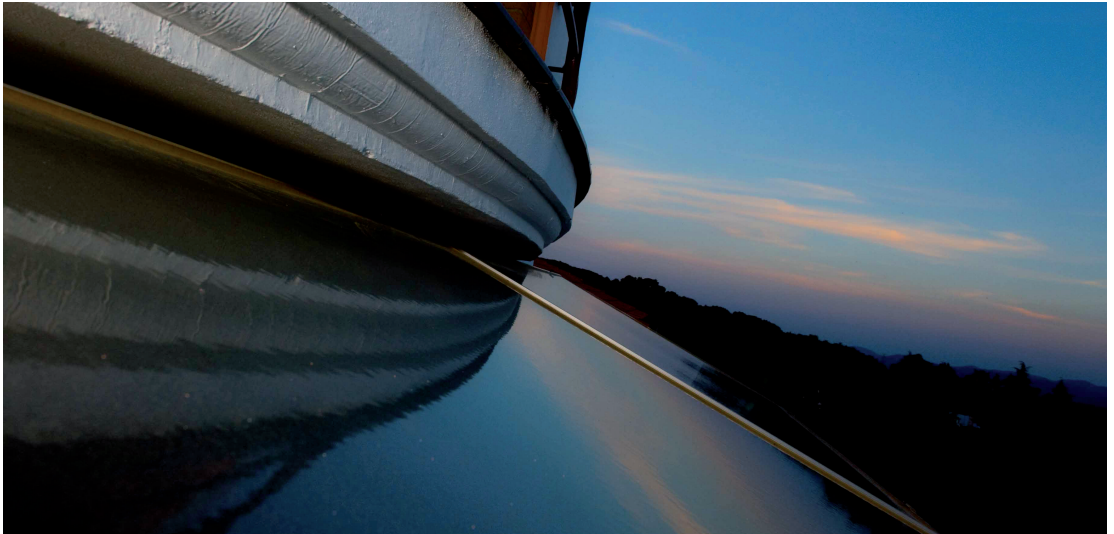
1. **Capacidad técnica**, en primer lugar, necesaria para identificar mediante una adecuada auditoría energética, la situación energética inicial del proceso, instalación o edificio sobre el que se va a actuar, y posteriormente para identificar, proyectar e implantar la tecnología adecuada.
2. **Capacidad financiera**, necesaria para abordar las inversiones asociadas al proyecto, realizar los reintegros a la Entidad Financiera, en su caso, y para afrontar los pagos necesarios para poder ofrecer el servicio de venta de energía sin tensiones de la tesorería de la empresa.
3. **Capacidad de organización**, necesaria para optimizar la explotación de la instalación, su eficiencia energética, su correcto mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, así como el aprovisionamiento de biomasa en términos de precio y calidad del combustible biomásico usado.

Sobre estos pilares, el modelo de contratación de servicios energéticos, mediante la venta de energía térmica, se caracteriza por:

- Mejora de la eficiencia energética en el uso de la instalación, ya que sobre la misma se sustenta el beneficio económico para la ESE.
- Proyectos tipo “llave en mano”, que en muchos casos suponen una diversificación en las actividades realizadas por las empresas de servicios energéticos.
- Innovación financiera, basada en:
- No requiere desembolso inicial del cliente final.
- El capital invertido por la ESE se recupera con los ingresos derivados de la cuota convenida con el cliente final y los ahorros energéticos obtenidos gracias al funcionamiento optimizado de la instalación.
- La garantía de la operación frente a terceros puede ser el propio proyecto.
- Traslado del riesgo desde el cliente final a la ESE, que lo asume en base a su conocimiento técnico y capacidad de organización, especializada en materia energética.

De forma global, una ESE debe ser capaz de dar respuesta a la situación planteada por un cliente final:

“Dispongo en la actualidad de una instalación de generación de agua caliente para calefacción y usos sanitarios que utiliza gasóleo como combustible. La instalación presenta un consumo energético y un coste económico elevado a causa del elevado precio del combustible, muy variable, y la antigüedad de la misma...”



... Estaría interesado en acometer un proyecto con energías renovables siempre que tuviera la garantía de funcionamiento de la instalación y no supusiera un coste inicial, dado que los recursos económicos y financieros de que dispongo los necesito para el desarrollo de mi actividad”.

En base a este planteamiento, una ESE debería ser capaz de ofrecer la siguiente solución: “Tras el cálculo de la demanda energética del edificio, le ofrecemos un contrato de venta de energía térmica, donde nuestra empresa se compromete a instalar la tecnología necesaria para suministrar energía térmica a partir de energías renovables, a un precio fijado con anterioridad más interesante que el que dispone en la actualidad, sin que suponga un desembolso económico inicial, y con garantía de funcionamiento, sin que usted tenga que preocuparse en absoluto de la instalación”.

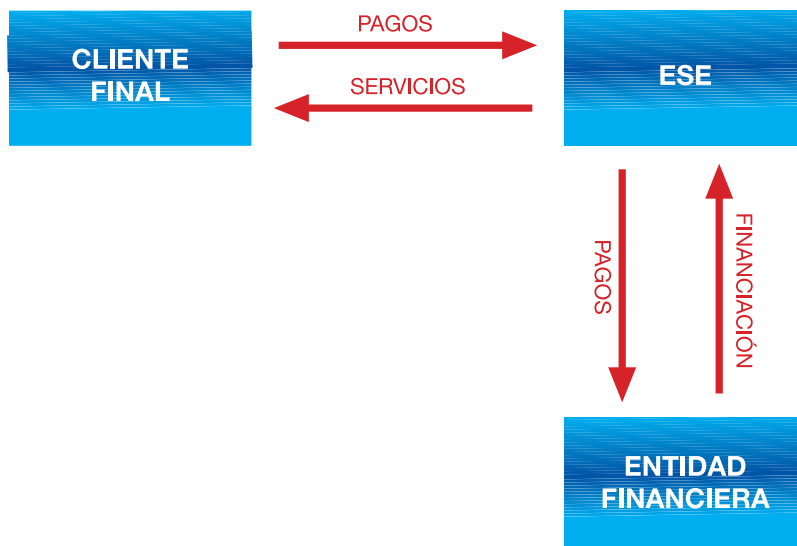
3.3. Tipología de proyectos de venta de energía térmica

Distinguiremos dos tipos de proyectos de venta de energía térmica, diferenciados por la figura con titularidad en la instalación efectuada, y por tanto, la figura que asume el coste inicial del proyecto y el acuerdo de financiación con la entidad bancaria correspondiente.

3.3.1. Servicios energéticos con financiación por terceros

El modelo más habitualmente usado por las empresas de servicios energéticos en la venta de energía térmica, consiste en realizar lo que se denomina una “Financiación por Terceros” articulado mediante un Contrato de rendimiento energético” (Energy Performance Contracting, EPC), de forma que las sinergias entre los diferentes actores del proyecto responden al siguiente diagrama (figura 1):

Figura 1: servicios energéticos con financiación por terceros.



Del diagrama anterior, basado en una operación de financiación por terceros, se extrae que los agentes que intervienen son:

ESE (Empresa de Servicios Energéticos), que asume el coste de la instalación, mediante inversión propia o mediante acuerdo de financiación con una entidad financiera externa, y ofrece un servicio energético.

Cliente final, que adquiere la energía para su propio uso final, permitiendo que el proyecto pueda realizarse en sus instalaciones, con compromiso de permanencia y cumplimiento de pagos por los servicios energéticos recibidos durante un periodo de tiempo determinado fijado en el contrato tipo EPC.

Entidad financiera, que aporta los recursos económicos necesarios para acometer las inversiones necesarias, y que en muchas ocasiones puede ser la propia empresa de servicios energéticos.

Mecanismo de facturación por parte de la ESE al usuario final:

La forma de realizar este servicio energético, consiste en que la ESE suministra un producto energético final en forma de energía térmica útil para consumo. Esta energía térmica se contabiliza en forma de kilovatios - hora, mediante un contador de energía térmica, a medida que el usuario final la va consumiendo. El **Contrato de Rendimiento Energético**, firmado entre el cliente final y la ESE, establecerá un precio base para la facturación de dicha energía

consumida por el usuario final. Dicho precio, cuantificado en euros por kilovatio - hora, incluirá los siguientes términos económicos:

1. *Término fijo o de amortización de equipos*: cuota correspondiente a la amortización de los equipos por parte de la empresa de servicios energéticos, incluyendo los correspondientes intereses.
2. *Término variable o energético*: cuota proporcional kilovatio - hora consumido, que engloba los servicios de suministro de la energía térmica, mantenimiento, operación, optimización, reparaciones, seguros de explotación y de garantía de la instalación durante la duración del contrato.

Etapas del proyecto

Las principales etapas que tienen lugar en un proyecto de servicios energéticos con financiación por terceros son:

1. *Etapas de análisis, oferta y negociación, en la que partiendo de la correspondiente auditoría energética, la ESE es capaz de identificar las inversiones necesarias y fijar los términos de la cuota y demás condiciones que serán objeto de oferta y negociación con el cliente final.*
2. *Duración del contrato (típico 5 a 15 años)*: una vez realizado el proyecto, y durante un periodo de tiempo, siempre inferior a la vida útil de la instalación, se garantiza el suministro al cliente final en las condiciones establecidas contractualmente. Los equipos generadores de la energía térmica son propiedad de la ESE, por lo que la garantía, operación y mantenimiento corren por su cuenta.
3. *Vida útil después del periodo de contrato*: los equipos ya son propiedad del cliente final y todos los ahorros generados en comparación con la situación inicial suponen en este periodo un beneficio para este, quién se hace cargo de la operación y mantenimiento. En esta etapa ya no existiría una relación contractual.

Como alternativa, se puede convenir entre las partes la eliminación de la etapa 3, de forma que la instalación nunca pasaría a ser propiedad del cliente final, sino que tanto la propiedad como la explotación de la misma correría a cargo de la ESE durante toda la vida útil de la instalación.

En esta etapa 3, se ofrecería energía térmica al usuario final a un precio periódicamente revisado, directamente relacionado con la cantidad de reparaciones y/o sustituciones de equipos o materiales necesarias para ampliar la vida útil de la instalación original. Cuando la instalación deja de presentar un funcionamiento adecuado, transcurridos 25-30 años, y una vez amortizadas totalmente las inversiones en sustitución de equipos por parte de la ESE, se procede al desmantelamiento de la instalación según las cláusulas establecidas por contrato entre la ESE y el cliente final. Esta situación alternativa, que aunque más compleja es posible, puede presentar beneficios económicos tanto para la ESE como para el cliente final, siempre que se mantenga la eficiencia energética de la instalación de generación de energía térmica.

Figura 2: Costes energéticos durante el contrato de venta de energía térmica

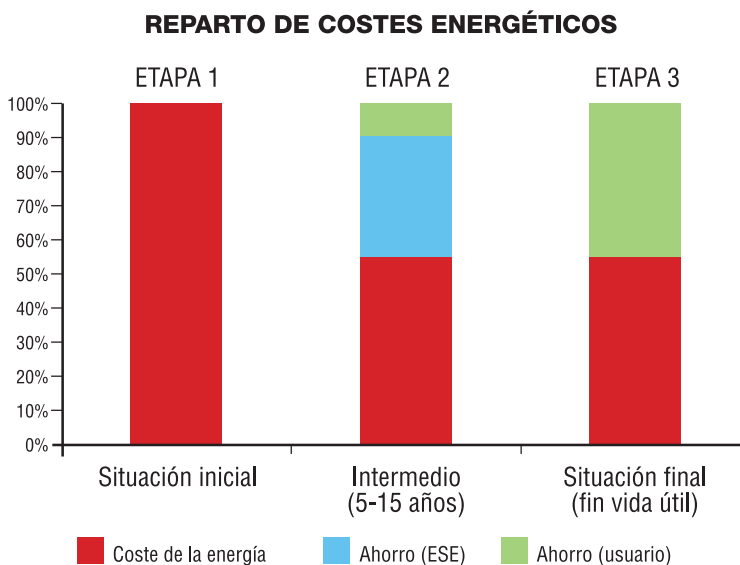
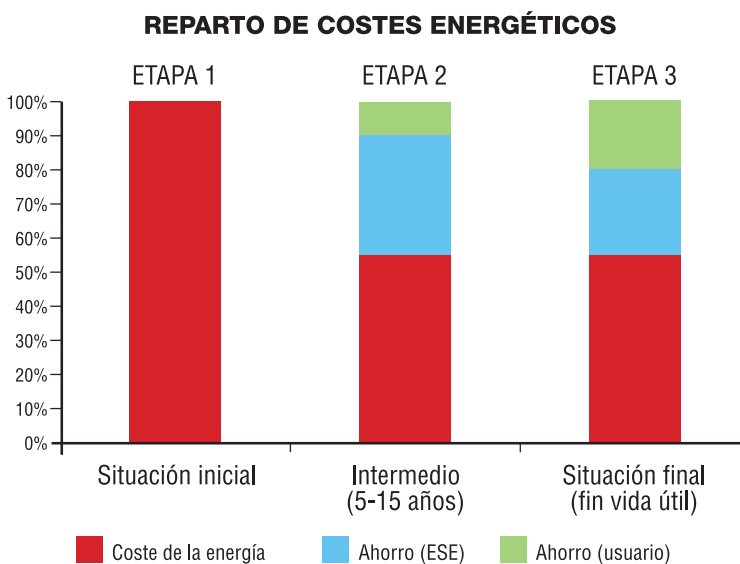


Figura 3: Costes energéticos durante el contrato de venta de energía térmica ampliado



3.3.2. Externalización de servicios energéticos (OUTSOURCING)

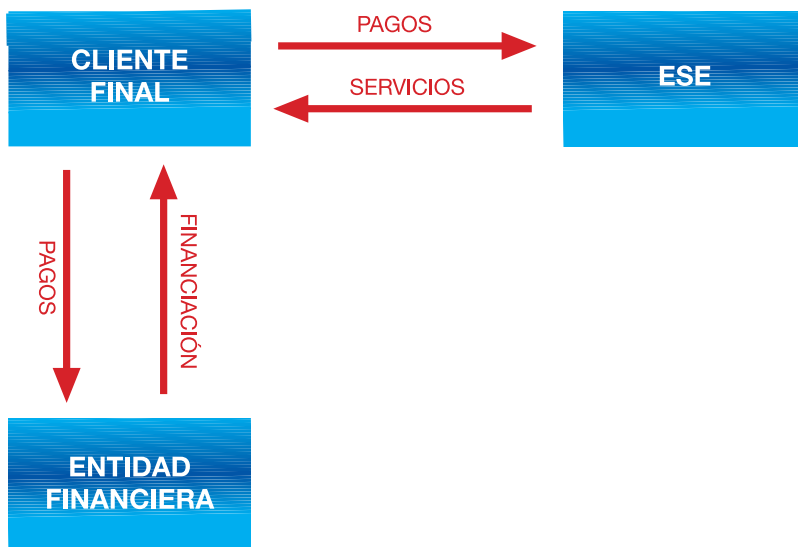
En este tipo proyectos de venta de energía térmica, la empresa de servicios energéticos no se involucra en la financiación de las inversiones necesarias, siendo el cliente final el propietario de la instalación. Estos servicios se engloban dentro de las clásicas actividades de externalización (outsourcing) de servicios:

- Tramitación y gestión de licencias, permisos, subvenciones, etc.
- Operación de la unidad.
- Conservación y mantenimiento.
- Reparaciones y mejoras.

El hecho de que exista una empresa capaz de agrupar estas cuatro actividades en una única línea de negocio, basada en la optimización de la generación de energía y la eficiencia energética como fuente fundamental de ingresos, permite al cliente tener la garantía de funcionamiento y seguridad en el control de costes económicos, quedando ajeno a la gestión de la instalación y al abastecimiento de la biomasa, en su caso.

En el siguiente diagrama (figura 4) se establecen los flujos económicos y de servicios entre los diferentes actores implicados en una fórmula de “outsourcing” energética:

Figura 4: externalización de servicios energéticos



Mecanismo de facturación por parte de la ESE al usuario energético:

En el caso de utilizar una fórmula de externalización de servicios energéticos, el modelo de flujo económico y de servicios entre cliente final y la ESE será idéntico que en el caso de la fórmula de financiación a terceros. Se basará en la venta de energía térmica final en kilovatios - hora consumidos, medibles, con la única diferencia de que en el precio establecido en el EPC no existirá un término fijo de amortización de los equipos de la instalación, ya que estos son propiedad del cliente final y no de la ESE.

Como alternativa a la propuesta anterior, se puede considerar un modelo económico con desglose en término fijo y variable, de manera que el usuario final recibe un coste fijo por los servicios generales de mantenimiento, reparación y optimización, y un coste económico variable, proporcional a la unidad energética útil consumida, obtenida en la instalación de su propiedad.

Etapas del proyecto

Las principales etapas que tienen lugar en un proyecto que implique servicios energéticos con financiación por cuenta del cliente final son:

1. *Etapas de análisis, oferta y negociación, en la que de forma similar al esquema de financiación por terceros, la ESE ha de partir de la correspondiente auditoría energética, y fijar los términos de la cuota y demás condiciones que serán objeto de oferta y negociación con el cliente final. Generalmente ocurre que la instalación es ejecutada por la ESE, lo cual tiene evidentes ventajas, tanto para la propia ESE que va a explotar una instalación proyectada y ejecutada por esta, como para el cliente final, de cara a la garantía del servicio que espera de la ESE.*
2. *Duración del contrato (típico 5 a 15 años):* una vez realizado el proyecto, y durante un periodo de tiempo, siempre inferior a la vida útil de la instalación, los ahorros económicos asociados al menor coste de la energía se destinan en su mayoría a que el cliente final amortice la inversión. La explotación de la instalación correrá por cuenta de la ESE (garantía de generación térmica, operación y mantenimiento). La ESE, por cada uno de los estos servicios obtendrá un el beneficio que justifica su presencia en el proyecto.
3. *Vida útil después del periodo de contrato de “outsourcing”:* los equipos siguen siendo propiedad del cliente final, mientras que la ESE ya no tiene obligación legal de gestionar la instalación. El cliente final podría renovar el contrato con la ESE actual, cambiar de ESE o bien afrontar con sus propios medios la gestión de la instalación. En todo caso, cualquier inversión necesaria a realizar en la instalación tras el periodo de “outsourcing” inicial debe ser asumida por el cliente final, el cual es el propietario de la instalación.

3.4. Ventajas de los proyectos de venta de energía térmica con financiación por terceros

Para la ESE:

1. **Ejecución de las inversiones:** realizada, en muchos casos, con medios propios y recuperación del coste total de las instalaciones, incluido un margen de beneficio, mediante la amortización de la instalación durante la duración del contrato y mediante los ahorros energéticos generados por una gestión optimizada.
2. **Financiación:** rentabilidad de la inversión realizada, a modo de “interés anual”, en el caso de que la propia ESE sea el agente financiero del proyecto.
3. **Gestión de energía:** compromiso de pago de los servicios energéticos (mantenimiento, garantía, operación, logística, etc) por parte del cliente final a la ESE durante la vigencia del Contrato de Rendimiento Energético (EPC) que permita recuperar la inversión realizada.

Para el cliente final:

1. **Nula o muy baja inversión**, referida a gastos de acondicionamiento de locales u obra civil, que suele ser asumida por el cliente final.
2. **Garantía de resultados**, fundamentados en las condiciones establecidas en el Contrato de Rendimiento Energético (EPC)
3. **Ahorros económicos**, ya que el uso de una energía más barata que la convencional unido a la eficiencia energética obtenida en su gestión y a unos costes de inversión ajustados, permitirá a la ESE amortizar las inversiones, gestionar económicamente su explotación y cobrar una cuota al cliente final inferior al coste que para el mismo supone la instalación de generación de energía térmica asumida por sus propios medios.
4. **Transferencia de los riesgos técnicos y financieros a la ESE**, que son asumidos por esta en base a su experiencia en la instalación, mantenimiento y gestión de las instalaciones de generación de energía térmica a partir de fuentes renovables, solar térmica y/o biomasa.
5. **Modernización de equipos y sistemas**, con la utilización de una tecnología de alta fiabilidad y eficiencia, elegida por la ESE, como especialista en su montaje y explotación.
6. **Optimización económica y energética del proyecto**, fundamentada en el interés de la propia ESE en conseguirlo, dado que su beneficio económico depende de ello.

4

Instalaciones térmicas de biomasa

Instalaciones térmicas de biomasa

4.1. Introducción

La producción de calor con biomasa supone una alternativa a los combustibles fósiles muy interesante, tanto desde el punto de vista ambiental como desde el punto de vista económico.

La integración de las instalaciones de biomasa en los edificios es una actividad que depende varios factores:

- Por un lado, hay que tener en cuenta que la disponibilidad de espacio para la sala de calderas y el almacenamiento, unido a la accesibilidad necesaria para el suministro del biocombustible, suelen ser los aspectos más críticos.
- Por otro lado, la potencia requerida para la central térmica y la demanda anual de energía del edificio, junto a la biomasa o biomases que se vayan a usar como combustibles para satisfacer dicha demanda, tienen una influencia directa en el dimensionado de la sala de calderas y el almacenamiento necesario.



Estos dos aspectos serán la base sobre la que se tendrá que realizar el estudio de viabilidad económica de la instalación de biomasa, del cual depende en buena parte la decisión final del cliente de llevar a cabo el proyecto.

Resulta de especial importancia que la ESE tenga claro cuál es la inversión necesaria para que la instalación de biomasa presente garantías de funcionamiento, además de las posibles actividades de mantenimiento, garantía o suministro de combustible, necesarias.

El objetivo del presente capítulo es dar a conocer algunos de los aspectos técnicos que deberán ser considerados en la planificación, ejecución y explotación de las instalaciones de biomasa en los edificios, así como las consideraciones económicas asociadas a dichas actividades, ya que el conocimiento de todos estos costes, permitirá a la ESE dar un precio de venta de energía ajustado y competitivo en el mercado, mejorando la rentabilidad del proyecto y por lo tanto las opciones de éxito.

4.2. Descripción de las instalaciones de biomasa

En esencia, una instalación de generación térmica con biomasa se diferencia de una instalación de generación térmica con combustible fósil tradicional por los siguientes cinco elementos:

1. Caldera de biomasa con sistemas de alimentación mecánica con sinfines.
2. Depósito de inercia de gran volumen.
3. Sistema de depuración de partículas finas en humos.
4. Silo de almacenamiento de combustible de elevado volumen.
5. Combustible sólido con menor densidad energética.

Al margen de estos aspectos, puede considerarse que una instalación de biomasa es en esencia idéntica a una instalación con combustible fósil, ya que tanto la chimenea de evacuación de humos (salvo por la sección de salida y el material seleccionado), como red hidráulica de la sala de calderas (excepto alguna diferencia en cuanto al propio diseño de la instalación, como la presencia de un depósito de inercia de gran volumen), y la red de distribución térmica y elementos emisores son idénticos a cualquier otro tipo de instalación.

La caldera de biomasa supone el elemento más importante de la instalación a nivel técnico, energético y económico, y sobre la que recae la principal responsabilidad de que un proyecto de venta de energía térmica con biomasa tenga éxito.

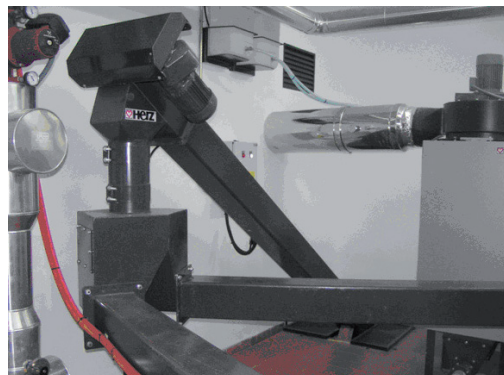
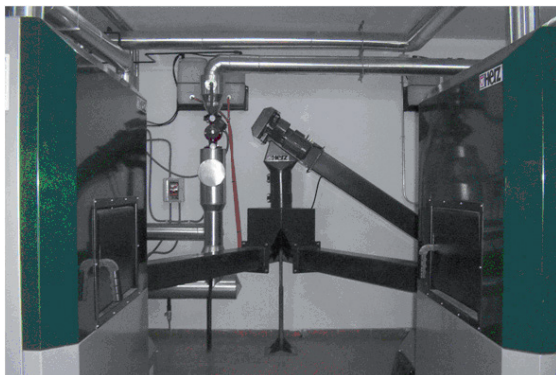
Existen multitud de sistemas de combustión de biomasa en el mercado adaptados a diferentes tipos de combustibles y en una amplia gama de potencias. Las diferencias fundamentales entre ellas se basan en los siguientes criterios:

- a) Automatización del proceso.
- b) Mecanismo interno de regulación y control.
- c) Modulación de la potencia.
- d) Diseño del quemador y de la recogida de cenizas.
- e) Diseño del intercambiador de calor.

Cada uno de estos aspectos presenta una singular importancia, ya sea desde el punto de vista energético, económico o técnico, participando de forma importante en el éxito de funcionamiento de una instalación térmica con biomasa.



Figura 5: Figura Detalles de los sistemas de alimentación en calderas de carga automática de combustible.



4.3. Instalaciones de biomasa: ventajas

En la actualidad, las instalaciones que utilizan biomasa como combustible son las que mayor nivel de desarrollo están obteniendo en el ámbito de las empresas de servicios energéticos y los proyectos con contratos de suministros energéticos de cualquiera de las dos modalidades descritas anteriormente.

Los motivos fundamentales de esta mayor implantación respecto de otros tipos de sistemas de generación de energía térmica a partir de energías renovables son:

- 1 La biomasa es un combustible más económico que los combustibles fósiles.
- 2 Existe una tecnología madura para el aprovechamiento energético de la biomasa en usos térmicos mediante combustión, con equipos fiables y de elevada eficiencia energética. Una instalación que utilice biomasa como combustible permite cubrir mediante el uso de una energía renovable la totalidad de la demanda de energía térmica.
- 3 Existen empresas de logística de biomasa, que asumiendo compromisos mediante contratos de suministro, garantizan en todo momento el suministro de combustible a la instalación.

A pesar de las ventajas inherentes que presentan las instalaciones de biomasa respecto a las instalaciones con combustibles fósiles y respecto a otro tipo de energías renovables también presentan una serie de condicionantes, que en determinadas situaciones pueden dificultar su implantación:

- 1 Inversión inicial elevada, en función de la tecnología y la potencia a instalar.
- 2 Necesidad de espacio para la descarga del combustible, almacenamiento y sistemas de trasiego y alimentación del mismo hasta la caldera, mecanismo de alimentación.
- 3 Mantenimiento más elevado que una instalación con combustible fósil, debido a la mayor generación de cenizas y a la existencia de los elementos mecánicos de la instalación.

5

**Instalaciones
térmicas
con energía solar**

Instalaciones térmicas con energía solar

5.1. Introducción

La integración de las instalaciones solares térmicas en los edificios de nueva construcción es de obligado cumplimiento, según lo prescrito en el Código Técnico de la Edificación. Esta obligatoriedad en nuevos edificios puede presentar muchas ventajas para el definitivo desarrollo de la energía solar, siendo en este contexto donde, especialmente, los proyectos de venta de energía solar térmica pueden cobrar un mayor interés como fórmulas tanto de ahorro económico en la inversión para la promotora/constructora, como de ahorro energético y garantía de funcionamiento para el cliente final.

Sea por obligación en su uso o no, se destaca el que los proyectos de venta de energía solar térmica tienen un potencial muy alto en edificios con elevada demanda de energía térmica a baja temperatura, como hoteles, residencias, hospitales o balnearios, en los que existe una importante demanda de agua caliente sanitaria, que ya se encuentren en funcionamiento con sistemas de generación térmica convencionales.

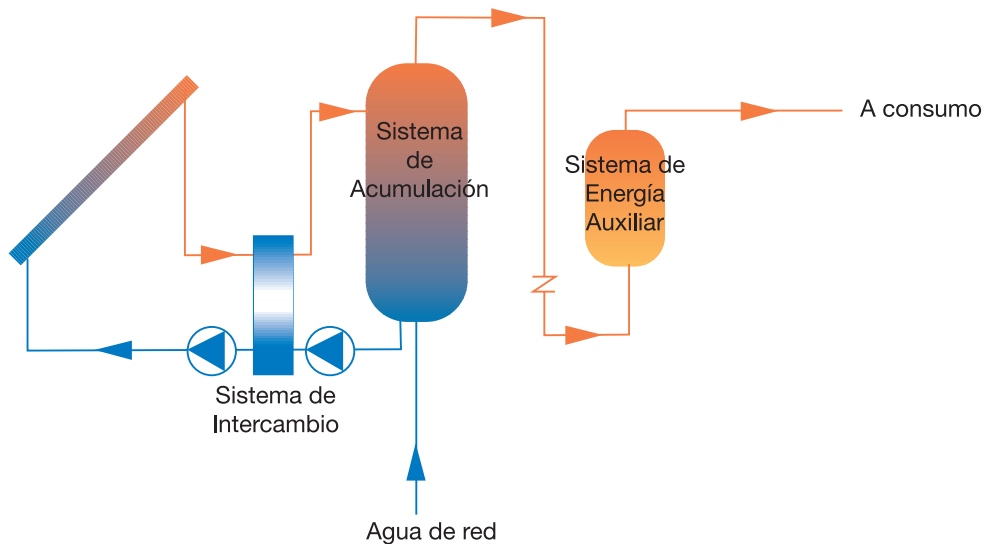
5.2. Descripción general de las instalaciones de energía solar

En esencia, una instalación de energía solar térmica está compuesta por los mismos elementos que cualquier instalación de generación térmica (tuberías, aislamiento, válvulas, bombas, purgadores, centralitas de regulación, etc.). La diferencia fundamental radica en los siguientes elementos:

1. Sistema de captación solar.
2. Depósito de acumulación térmica.
3. Sistema de intercambio térmico.
4. Sistema de energía auxiliar.
5. Instalaciones térmicas con energía solar

El fluido caloportador eleva su temperatura en los captadores y circula a través de un circuito cerrado, *circuito primario*, gracias a una *bomba de circulación*. Dicho circuito cerrado debe estar correctamente aislado, utilizando espesores y materiales adecuados, especialmente en las zonas exteriores para evitar las pérdidas energéticas. Considerando los importantes cambios de temperatura del fluido, es imprescindible disponer de un *sistema de expansión* correctamente dimensionado capaz de absorber las dilataciones del agua al calentarse. Además, la instalación del circuito primario debe de contener *purgadores y desaireadores* en puntos singulares que permitan evacuar el aire en la instalación que dificulte una correcta circulación del fluido.

Figura 7: esquema de principio de una instalación de energía solar térmica



La **transmisión de calor** desde el circuito solar primario hasta el circuito secundario, se realiza mediante un *intercambiador de calor*, el cual puede ser externo (intercambiador de placas), o interno (serpentín de intercambio).

El **agua caliente** generada tras el intercambio térmico se almacenará en un acumulador preparado para resistir elevadas temperaturas llamado acumulador solar, el cual presenta un volumen elevado relacionado con la demanda de agua caliente y la superficie de captación solar.

El **control de la instalación solar** se realizará mediante la correspondiente centralita, la cual transforma una lectura de temperaturas en una señal eléctrica que pondrá en funcionamiento o parará determinados mecanismos.

El comportamiento de una instalación solar depende en gran parte de las condiciones de funcionamiento específicas que presente.

Las variables más importantes a considerar en una instalación de energía solar térmica son las siguientes:

Figura 8: Ejemplo de Instalación solar con captadores solares planos



- a) Demandas térmicas del edificio que abastece. Distribución mensual de dicha demanda.
- b) Prestaciones energéticas que se desea alcanzar con la instalación.
- c) Condiciones climáticas locales anuales.
- d) Inclinación y orientación del campo de captadores.
- e) Calidad de los componentes (captadores, acumulador, etc.).

La demanda térmica y la distribución mensual de la misma es fundamental para el dimensionado de la instalación y para la viabilidad económica del proyecto de venta de energía. El caso ideal sería el de un edificio que tuviera una demanda térmica a una temperatura inferior a 60 °C y que dicha demanda, fuera elevada todo el año pero máxima durante los meses de verano e inferior durante los meses de invierno. De esta forma el “encaje” con la energía solar sería óptimo y las rentabilidades esperables para la venta de energía máximas. El caso anterior se da, entre otros ejemplos, en los hoteles de elevada ocupación durante los meses estivales, en los cuales la ocupación se ajusta al perfil óptimo para abastecerse con energía solar.

El dominio por parte de las ESE de la combinación de aspectos aquí referidos les permitirá ofertar un precio de venta de energía térmica producida a partir de la energía solar, ajustada y competitiva en comparación con el uso de fuentes convencionales, optimizando la rentabilidad del proyecto y permitiendo al cliente final disponer de la energía demandada.

5.3. Instalaciones de energía solar: ventajas e inconvenientes

Las instalaciones de energía solar térmica presentan un interés muy elevado como alternativa energética renovable en un proyecto de venta de energía, por los siguientes motivos:

- 1 El funcionamiento de la misma no depende de un suministro de combustible convencional, ni de sus oscilaciones de precio. Sin embargo, sí es necesario considerar el precio de la energía a sustituir, como elemento básico para la realización de la oferta al cliente final.
- 2 Suministran energía sin emisión alguna de gases que provocan efecto invernadero, por lo que gozan de un valor añadido para clientes finales en los que la imagen medioambiental es relevante.
- 3 Con una vida útil media de 20 años, constituyen una tecnología madura de gran fiabilidad. La no existencia de elementos mecánicos eleva el nivel de fiabilidad de la instalación.
- 4 Las exigencias de mantenimiento son reducidas y consumen una pequeña cantidad de energía eléctrica necesaria para el accionamiento de bombas circuladoras y sistemas de control.
- 5 En combinación con la generación de energía térmica con biomasa, permite realizar tareas de mantenimiento de las calderas durante determinados momentos del año en los que la cobertura solar es del cien por cien.

Sin embargo, a pesar de las ventajas inherentes que presentan las instalaciones de energía solar respecto a las instalaciones con combustibles fósiles y respecto a otro tipo de energías renovables, presentan también una serie de condicionantes que, en determinadas situaciones, pueden dificultar su uso:

- 1 Requieren una inversión inicial elevada, lo cual puede afectar a la viabilidad económica del proyecto, en caso de no existir una elevada demanda de energía térmica en el edificio.
- 2 Requiere de un considerable espacio para su instalación, debiéndose considerar la orientación de la cubierta y las sombras que sobre ella arrojan o pueden arrojar otros elementos.
- 3 Las instalaciones de energía solar térmica no tienen una cobertura solar del cien por cien, por lo que se sigue dependiendo de una energía de apoyo (convencional o biomasa).

6

Aplicaciones

Aplicaciones

6.1. Introducción

Como norma general, la rentabilidad de un proyecto de venta de energía térmica aumentará en función de:

- 1 La demanda de energía del cliente final, tanto en cuantía como en perfil diario y estacionalidad.
- 2 Elevada relación consumo energético/potencia instalada.
- 3 Aumento de la severidad climática, en caso de instalaciones de climatización.
- 4 Antigüedad de la instalación existente (menor rendimiento).
- 5 Eficiencia energética de las instalaciones proyectadas.
- 6 Aprovechamiento de espacios disponibles sin necesidad de obra civil.
- 7 Uso de recursos biomásicos locales, como mejor elección, por precio y adecuación del combustible a la instalación.
- 8 Combustible convencional al que se sustituye.
- 9 Obligación legal de usar la energía solar térmica.

La combinación adecuada de estos factores permitirá identificar proyectos en los que la venta de energía térmica resulta de especial interés, tanto para la ESE como para el cliente final. La siguiente relación muestra algunos de estos casos que consideramos de especial interés.

- a) Piscinas climatizadas.
- b) Hoteles y residencias de ancianos.
- c) Industrias.
- d) Edificios públicos.
- e) Comunidades de vecinos.
- f) Para el uso de biomasa, podemos añadir calefacción de distrito.
- g) Sistemas de refrigeración por absorción.

A continuación se apuntan ciertos elementos de interés en los casos referidos.

6.2. Piscinas climatizadas

Presentan una relación de consumo/potencia muy elevada, y una tasa media de consumo constante de forma que, para una misma potencia instalada, presentan mayor consumo energético que cualquier otro tipo de instalación (hotel, residencia, comunidad, etc.). Esto permite una rápida amortización económica de la instalación.

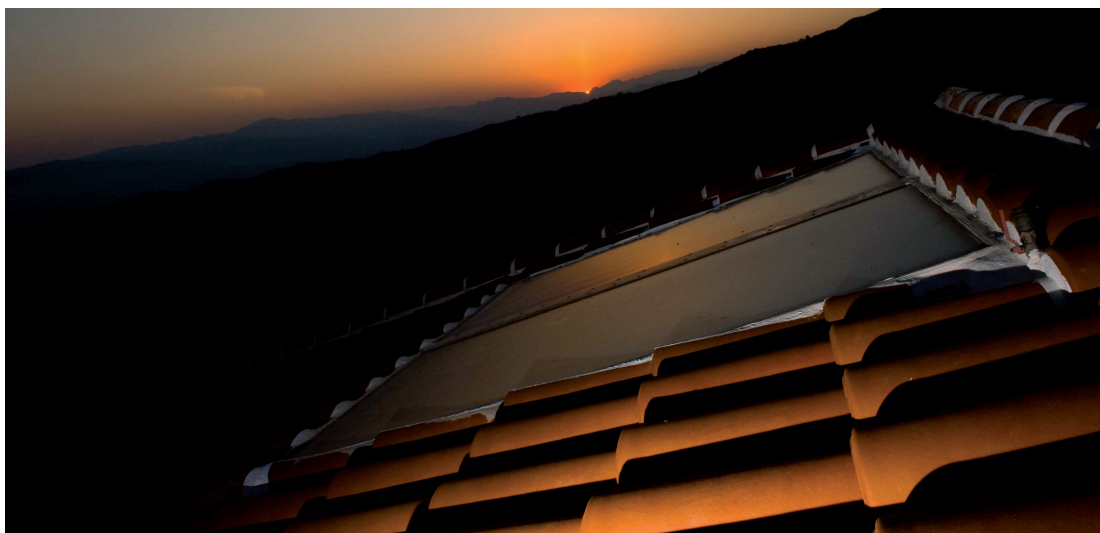
La elevada demanda térmica a baja temperatura (inferior a 30 °C) que representa el calentamiento de los vasos de las piscinas cubiertas climatizadas hace que sea una aplicación muy favorable para la energía solar térmica, ya que se pueden obtener elevados rendimientos solares.

Dada la ubicación común de las piscinas climatizadas, normalmente existe viabilidad para el acceso de vehículos de descarga de biomasa hasta el posible silo. Las salas técnicas existentes suelen disponer de espacio suficiente para alojar las calderas y el silo de almacenamiento, y suele ser común la existencia de cubiertas planas para el caso de instalación de captadores solares.

6.3. Hoteles y residencias de ancianos

Son edificios que presentan elevados consumos en agua caliente sanitaria, y un alto ratio consumo/potencia térmica. Además, cuentan con una importante demanda de calefacción, especialmente en las zonas con mayor severidad climática al tratarse de edificación con gran responsabilidad en este ámbito.

Resultan de interés, en el caso del uso de la biomasa, los hoteles y residencias con ubicación rural o alejada de las zonas céntricas de las ciudades, donde existe generalmente espacio suficiente para llevar a cabo la instalación de una central térmica de generación y accesos adecuados para la descarga del combustible. Los hoteles de costa no suelen presentar estas facilidades de acceso y espacio de almacenamiento para la biomasa pero, por el contrario, sus perfiles de ocupación los hacen especialmente interesantes para la energía solar térmica.



6.4. Industrias

Especialmente interesantes para llevar a cabo proyectos de venta de energía térmica resultan industrias como mataderos, criaderos de pollos o invernaderos, donde se utiliza, por regla general, agua sobrecalentada, agua caliente y aire caliente, respectivamente, como fluido de trabajo.

En este tipo de instalaciones, sobre todo en criaderos y mataderos, se presenta un consumo energético muy elevado y constante, con un ratio de consumo/potencia adecuado, que favorece la viabilidad económica de los proyectos.

Además de lo anterior, por norma general, en las industrias se dispone de espacio suficiente tanto para instalaciones de generación y de almacenamiento de biomasa, como para la instalación de un campo de captadores solares, por lo que la viabilidad técnica generalmente no supone un problema, siendo generalmente el factor económico el más determinante.

6.5. Comunidades de vecinos

La instalación de calderas de biomasa presenta, como inconveniente principal, la dificultad técnica para llevar a cabo el proyecto debido a la ausencia de espacio en numerosos edificios para la instalación de las calderas y la ubicación adecuada del silo de almacenamiento con acceso para la descarga exterior de la biomasa. Sin embargo, para la instalación solar no supone un problema ya que, normalmente, estos edificios disponen de cubiertas planas transitables.

Especialmente interesantes son las comunidades de vecinos que presentan instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria centralizadas, con una antigüedad elevada (más de 15 años), ya que presentan un ratio consumo/potencia superior a las instalaciones que únicamente disponen de calefacción centralizada, además de unos rendimientos térmicos generalmente bajos debido a la antigüedad de la instalación.

En una instalación de generación centralizada comunitaria también es posible disponer de independencia energética y económica (equiparable a los sistemas con calderas individuales) mediante la instalación de contadores de energía en la entrada de cada vivienda, siendo una alternativa energética y económica más interesante para este tipo de edificios.

6.6. Edificios públicos para usos administrativos

Como norma general, los edificios públicos presentan su mayor consumo energético en climatización (calefacción, refrigeración y ventilación), siendo el consumo de agua caliente sanitaria inferior a otros tipos de edificios dado su uso general para oficinas.

Como norma general, cuanto mayor sea el consumo energético del edificio, mayor rentabilidad económica tendrá un proyecto de venta de energía.

6.7. Calefacción de distrito

Las redes de distribución térmica, comúnmente conocidas como “calefacciones de distrito”, suponen la aplicación de mayor interés de los proyectos de venta de energía con biomasa.

El concepto de calefacción de distrito implica un sistema único de generación térmica a partir del cual, mediante tuberías de distribución, se distribuye la energía térmica a todos los usuarios finales conectados al sistema que disponen de tomas de entrada de agua caliente para sus servicios de calefacción y/o agua caliente sanitaria, e incluso refrigeración.

Este sistema de producción centralizada supone una reducción muy importante de los costes económicos asociados a la energía, ya que se consigue reducir de forma considerable este coste por kilovatio instalado en relación a si se hubieran realizado múltiples instalaciones de menor potencia para el mismo servicio, tanto en el coste de la instalación como en los costes de explotación (mantenimiento, reparaciones, garantías, etc.).

En un proyecto de venta de energía térmica en distrito, el modelo económico está claramente definido de forma que cada cliente abonará, por un lado, un *término fijo* que engloba el coste general de distribución de la energía térmica y el coste de la amortización de la instalación, costes de mantenimiento y seguros, y por otro lado, un *término variable* que incluye el término de consumo energético propiamente dicho.

6.8. Sistemas de refrigeración por absorción

La generación de frío es una de las aplicaciones térmicas que mayor consumo energético puede presentar en un edificio, especialmente en zonas con elevada carga térmica en los meses de verano, y en instalaciones donde existe una gran afluencia de personas (centros comerciales, hoteles, edificios públicos, etc.).

En la actualidad, la gran mayoría de equipos de refrigeración existentes utilizan tecnologías de refrigeración por compresión mecánica, en la cual, el proceso termodinámico que origina la refrigeración de un ambiente determinado se completa consumiendo energía eléctrica en el compresor eléctrico de la máquina de refrigeración.

Dado el elevado coste energético y económico que ello supone, resulta especialmente interesante el análisis de las diversas posibilidades de generar frío mediante métodos alternativos, que no impliquen un elevado consumo de energía eléctrica, constituyendo el uso de fuentes de energía renovables, una de estas posibilidades.

Nuevamente, será el estudio de viabilidad económica el que determine si un proyecto de refrigeración por absorción a partir de energías renovables, solar o biomasa, tiene un interés real para la ESE, ya que la tecnología de absorción implica un coste de inversión más elevado que la tecnología de compresión mecánica habitual.

7

**Venta de energía
térmica con
financiación por
terceros**

Venta de energía térmica con financiación por terceros

7.1. Aspectos técnicos

7.1.1. Estudio de viabilidad técnica de proyectos de venta de energía térmica de biomasa

Para llevar a cabo un proyecto de venta de energía con biomasa de forma satisfactoria es necesario, en primer lugar, determinar su viabilidad tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista económico. En el caso de que esta valoración inicial sea positiva, comenzaría el estudio en profundidad del proyecto de venta de energía térmica con biomasa. El procedimiento para llevar a cabo dicho estudio sería el siguiente:

- a) Análisis energético en profundidad de la instalación: rendimientos, consumos, costes, etc, mediante auditoría energética.
- b) Decisión de la tecnología de combustión más adecuada, así como de la tipología del silo de almacenamiento en base a criterios técnicos y económicos.
- c) Realización de planos detallados de implantación de la solución adoptada.
- d) Realización de un presupuesto detallado de la solución adoptada.
- e) estudio económico financiero del proyecto en base a una explotación a largo plazo, analizando: costes de combustible, costes de mantenimiento, costes de seguros, costes financieros, etc.
- f) Realización de una memoria técnica que reúna las características de la solución adoptada.
- g) Presentación al cliente de la solución tecnológica, definición del titular de la instalación y tipo de contrato.

Del procedimiento desglosado anteriormente, resultan especialmente importantes los dos primeros puntos: análisis energético de la instalación y tecnología de generación térmica utilizada.

A la hora de llevar a cabo un estudio de un proyecto con venta de energía es de suma importancia disponer de un conocimiento preciso del funcionamiento energético de la instalación.

Esto implica tener conocimiento de:

- Demanda de energía anual y mensual para calefacción.
- Demanda de energía anual y mensual para generación de agua caliente sanitaria.
- Demanda de energía anual y mensual para generación de frío por absorción (si existe).



- Rendimiento instantáneo de la caldera/equipo actual.
- Rendimiento medio estacional de la instalación de generación térmica existente.
- Principales pérdidas energéticas de la instalación.
- Perfil diario de consumo energético de la instalación.
- Potencia térmica pico necesaria para la instalación.
- Potencia térmica real instalada.

El conocimiento de los datos anteriores, permite disponer de información suficiente para analizar energética y económicamente la instalación existente, de forma que se pueda plantear un proyecto de venta de energía térmica con biomasa con suficientes garantías.

7.1.2. Estudio de viabilidad técnica de proyectos de venta de energía cuando la energía solar térmica

Igualmente para llevar a cabo un proyecto de venta de energía con solar térmica de forma satisfactoria, hay que determinar el interés, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista económico.

En el caso de que esta valoración inicial del proyecto sea positiva, comenzaría el estudio en profundidad del proyecto de venta de energía térmica solar. El procedimiento para llevar a cabo dicho estudio sería el siguiente:

- a) Análisis energético en profundidad de la instalación: rendimientos, consumos, costes, etc.
- b) Localización del sistema y establecimiento de las condiciones climáticas locales a lo largo del año (temperaturas medias, mínimas y máximas, radiación solar, etc.).
- c) establecimiento de la inclinación y orientación del campo de captadores.
- d) Decisión de la tecnología solar más adecuada, así como de la configuración hidráulica más adecuada, en base a criterios técnicos y económicos.
- e) Dimensionado de los componentes de la instalación en función del perfil de consumo anual y su homogeneidad diaria y semanal.
- f) Establecimiento de las prestaciones reales de la instalación a lo largo del año, análisis de perfiles energéticos diarios, mensuales y anuales.
- g) Realización de planos de implantación detallados de la solución adoptada.
- h) Realización de un presupuesto detallado de la solución adoptada.
- i) estudio económico financiero del proyecto en base a una explotación a largo plazo, analizando: costes de mantenimiento, costes de fluido caloportador, costes de seguros, costes financieros, etc.
- j) Realización de una memoria técnica que reúna las características de la solución adoptada.
- k) Presentación al cliente de la solución tecnológica, definición del titular de la instalación y tipo de contrato.

Del mismo modo que para los proyectos de venta de energía con biomasa, la implantación de una instalación solar para venta de energía implica necesariamente el conocimiento energético de la instalación existente, de forma que la instalación solar se adapte a dicho perfil energético para optimizar sus prestaciones.

La aplicación más extendida de las instalaciones solares es la producción de agua caliente sanitaria. Para la determinación de la demanda energética hay que distinguir entre un edificio existente y un edificio de nueva construcción. Para un edificio de nueva construcción, es conveniente utilizar los valores reales de demanda y consumo energético (a partir de contadores existentes y o mediciones efectuadas por la ESE). En dicho caso, el cálculo de la demanda y del consumo energético en agua caliente sanitaria. puede calcularse tal y como se ha puesto de manifiesto en el ejemplo de venta de energía con biomasa.

En caso de que no se tenga conocimiento alguno de los datos energéticos de la instalación, o bien cuando se trate de un edificio de nueva construcción, el Código Técnico de la Edificación establece unos valores de referencia de consumo para diversos tipos de instalaciones. Los valores de referencia se recogen en la tabla siguiente.

Demanda de referencia a 60° C ⁽¹⁾

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60° C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2) con los valores de $T_i = 12^\circ\text{C}$ (constante) y $T = 45^\circ\text{C}$.

En caso de que se elija una temperatura en el acumulador final diferente de 60 °C, se deberá alcanzar la contribución solar mínima correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60 °C. No obstante, la demanda a considerar a efectos de cálculo, según la temperatura elegida, será la que se obtenga a partir de la siguiente expresión:

$$D(T) = \sum D_i(T) \quad D_i(T) = D_i(60^\circ\text{C}) * (60 - T_i) / (T - T_i)$$

Donde:

$D(T)$: Demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida;

$D_i(T)$: Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura T elegida;

$D_i(60^\circ\text{C})$: Demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura de 60 °C;

T : Temperatura del acumulador final;

T_i : Temperatura media del agua fría del mes i .

Adicionalmente se tendrán en cuenta las pérdidas caloríficas en distribución/recirculación del agua a los puntos de consumo (estimadas a partir de cálculo de pérdidas energéticas en tuberías, depósitos y accesorios).

Las demandas mensuales se determinarán tomando en consideración el número de unidades (personas, camas, servicios, etc.) correspondientes a la ocupación plena, salvo instalaciones de uso turístico en las que se justifique un perfil de demanda propio originado por ocupaciones parciales.

Se tomarán como perteneciente a un único edificio la suma de demandas de agua caliente sanitaria de diversos edificios ejecutados dentro de un mismo recinto, incluidos todos los servicios.

Igualmente, en el caso de edificios de varias viviendas o usuarios de agua caliente sanitaria, a efectos de esta exigencia, se considera la suma de las demandas de todos ellos.

En el caso que se justifique un nivel de demanda de agua caliente sanitaria que presente diferencias de más del 50 % entre los diversos días de la semana, se considerará la correspondiente al día medio de la semana y la capacidad de acumulación será igual a la del día de la semana de mayor demanda.

Para piscinas cubiertas, los valores ambientales de temperatura y humedad deberán ser fijados en el proyecto. La temperatura seca del aire del local será entre 2 °C y 3 °C mayor que la del agua, con un mínimo de 26 °C y un máximo de 28 °C. La humedad relativa del ambiente se mantendrá entre el 55% y el 70%, siendo recomendable escoger el valor de 60%.

A partir de las estimaciones de las demandas energéticas mensuales (considerando las pérdidas energéticas en la instalación), y las prestaciones energéticas de los captadores solares, calculada mediante métodos de simulación tanto más detallados cuanto mayor sea el tamaño de la instalación y la importancia de la inversión.

7.1.3. Ejecución de la instalación

Una vez desarrollado el proyecto de ejecución de la instalación térmica, tanto con energía solar como con biomasa, y concedidos todos los permisos necesarios, se acomete la instalación.

Es importante tener en cuenta que, independientemente del tipo de contrato establecido con el cliente, la empresa de servicios energéticos será, además de la encargada de llevar a cabo la ejecución de la obra, la encargada de la explotación energética de la misma. En base a ello, todas las garantías de funcionamiento de la instalación, independientemente de la titularidad y/o financiación de la misma, serán responsabilidad de la ESE. En base a ello, la ESE tratará,

en la medida de lo posible de optimizar tanto técnica como energéticamente la instalación, utilizando para ello materiales de primera calidad, para disponer de una instalación con garantía inherente de funcionamiento.

7.1.4. Explotación de la instalación

Una vez llevado a cabo el completo montaje de la instalación, así como las pruebas previas de funcionamiento, comienza el periodo de venta de energía o explotación térmica de la instalación.

En este periodo, es recomendable llevar a cabo una medición en continuo de la energía térmica útil consumida por la instalación, mediante un contador de energía

En este periodo, la ESE debe tener en cuenta una serie de aspectos fundamentales:

a) Mantenimiento preventivo y correctivo de la instalación.

Generalmente una instalación de generación térmica, tanto con solar térmica como con biomasa, presentará unos costes de mantenimiento superiores a los de una instalación con gasóleo o con gas natural, debido, por ejemplo:

- *Instalación de biomasa:* Limpieza de la caldera y necesidad de mantenimiento de los dispositivos mecánicos de transporte de biomasa.
- *Instalación solar:* supervisión de las prestaciones de los captadores solares, control del refrigerante, control de la seguridad contra las heladas, supervisión del estado de purgadores, revisión de aislamientos y supervisión del sistema de control.

En el apartado de mantenimiento de la instalación, son de suma importancia los aspectos de **automatización** referidos con anterioridad, siendo recomendable la existencia de un sistema de **telegestión** de la instalación, que permita actuar y vigilar el correcto funcionamiento de la instalación, de forma remota. Una instalación con una automatización casi completa, presentará unos costes de mantenimiento bastante reducidos, equiparables a una instalación de combustible fósil. Sin embargo, conforme el nivel de automatización descende, el coste de mantenimiento aumenta significativamente.

Resulta básico para la gestión optimizada de una ESE, definir de una manera precisa el nivel de automatización de la instalación, y elaborar un **planning de mantenimiento preventivo** de la misma, que cubra todos los aspectos importantes a vigilar en la instalación: limpieza del quemador de la caldera, limpieza del intercambiador de calor, retirada de cenizas, visualización del nivel de combustible del silo, engrasado de rodamientos, visualización y registro de temperaturas de funcionamiento, comprobación de los dispositivos de

medida y control, implantación de temperaturas de funcionamiento en función de las distintas épocas del año, etc.

La elaboración y seguimiento del referido planning de mantenimiento es básico para sostener económicamente un proyecto de venta de energía para una ESE, ya que reduce sistemáticamente los costes de reparaciones y/o garantía de materiales a causa de un funcionamiento no adecuado a las indicaciones de los fabricantes de los principales elementos que componen la instalación.

Sin embargo, a pesar de la elaboración de un planning de mantenimiento preventivo, es inevitable la aparición puntual de fallos de funcionamiento en una instalación de generación térmica, tanto en las instalaciones solares, de biomasa o de cualquier combustible. Por ello, es importante tener claro, para cada tipo de instalación (biomasa: tipología de la caldera, tipología del combustible y tipología del silo de almacenamiento y transporte; solar: tipo de captador solar, sistema hidráulico instalado y tipo de sistema de control), el tipo de fallos o averías más frecuentes que pueden surgir. En base a esto, es importante seguir un manual que recoja las pautas de actuación de averías, a seguir por el personal de mantenimiento según el tipo de error ocurrido, para reducir de esta forma el tiempo de reparación necesario, así como los costes económicos asociados.

Además de ello, es importante llevar a cabo una formación básica del funcionamiento de la instalación al personal existente en el centro, de forma que pueda responder ante una situación puntual de avería.

El cumplimiento o no de estos aspectos de mantenimiento, puede tener una incidencia significativa en los costes de explotación del proyecto, implicando diferencias significativas de los costes totales de mantenimiento: entre 0,5 y 2 c€/kWh del precio de venta de la energía térmica de la instalación, lo cual podría suponer varios cientos e incluso miles de euros al año.



b) Garantía de todos los equipos de la instalación

La garantía de los equipos que constituyen la nueva instalación de generación térmica con energía solar y/o biomasa supone uno de los aspectos más delicados a tener en cuenta por parte de la ESE a la hora de llevar a cabo un proyecto de venta de energía. Independientemente del tipo de contrato establecido con el cliente (financiación por terceros o outsourcing), un contrato de suministro energético con venta de energía implica una garantía del suministro energético por parte de la ESE al cliente final.

Para que una ESE pueda garantizar la venta de energía, durante un periodo de tiempo determinado, hay que considerar una serie de condicionantes de relevancia:

- La instalación se debería ejecutar por la propia ESE, con los criterios tecnológicos impuestos por esta (calidad de materiales, nivel de automatización, nivel tecnológico de los equipos, etc.).
- La ESE debe de tener una garantía del proveedor de los equipos más importantes de la instalación (los de mayor coste económico), durante un periodo de tiempo igual o lo más cercano posible a la duración del contrato de explotación.
- En caso de que el contrato de explotación se extienda durante un periodo de tiempo muy superior a la propia garantía del fabricante de los equipos principales, la ESE debe establecer un incremento en el precio de venta de la energía térmica, para cubrir posibles eventualidades económicas que pudieran surgir, en concepto de garantía de equipos y/o reparaciones.

Sin embargo, a pesar de estos condicionantes siempre existe un riesgo económico para la ESE en lo relativo a las garantías de los equipos, debido a la propia incertidumbre de funcionamiento de los equipos a largo plazo, así como a las posibles averías que pudieran ocurrir.

Desde un punto de vista económico, un incremento excesivo del precio de venta de energía térmica por el concepto de garantía de los equipos puede reducir de forma significativa el interés económico para el cliente final. De ahí la necesidad de conocer bien la tecnología utilizada, y de disponer de experiencia previa en instalaciones térmicas similares.

Debido a ello, es importante siempre acudir a tecnología suficientemente probada, con una mayor garantía de funcionamiento, a pesar de que su coste económico sea superior, ya que la experiencia demuestra la economía de esta solución a largo plazo.

c) Suministro de combustible (instalaciones térmicas con biomasa).

Las instalaciones de biomasa son muy sensibles al tipo de combustible utilizado. Así, por ejemplo, una misma instalación funcionará de forma diferente en función de que utilice hueso de aceituna o pellet de madera como combustible.

El conocimiento del tipo de combustible y sus implicaciones asociadas, debe considerarse a la hora de establecer unos costes de explotación (garantía de equipos y mantenimiento) objetivos.

Además del tipo de combustible utilizado, es importante destacar que para un mismo combustible, una instalación funcionará de forma diferente en función de la humedad del mismo.

El control de calidad del combustible es un aspecto muy importante a tener en cuenta por parte de la ESE, ya que de él depende una parte importante de los costes de funcionamiento y mantenimiento de la instalación, a consecuencia de la velocidad de generación de cenizas y de la corrosión de materiales de transporte del combustible (con su correspondiente reparación).

Las calderas de biomasa presentan una “*hidrofobia en el combustible*” muy destacada, de forma que la presencia de humedad en el combustible es muy perjudicial para su comportamiento. La humedad, además de reducir de forma muy considerable el rendimiento energético de la instalación (disminuye el Poder Calorífico Inferior del combustible), aumenta la velocidad de generación de cenizas inquemadas, a consecuencia de un peor proceso de transmisión de calor y de difusión de materia en el interior de los gránulos de combustible (disminución de rendimiento de la caldera). Esto origina un incremento en los costes de mantenimiento de la instalación, asociados a la retirada de dichas cenizas.

Sin embargo, este no es el aspecto más perjudicial para la instalación que origina la presencia de humedad en el combustible. La humedad existente en el combustible origina la posibilidad de reacción con compuestos existentes en los gases de combustión (SOx, SH₂), formando compuestos ácidos que originan corrosión, y a largo plazo, el deterioro de la caldera o de elementos de la misma, si no se establece ningún mecanismo de control de la temperatura de retorno del circuito primario.

d) Garantía de servicio energético al cliente final.

Independientemente de la tipología de contrato ofrecida al cliente final, un proyecto con venta de energía tiene como condición básica el hecho de que la ESE debe de **garantizar** el suministro de energía térmica demandada por el cliente, lo cual, se traduce en que la ESE debe **garantizar el correcto funcionamiento** de la instalación, asumiendo las posibles deficiencias y reparaciones que sean necesarias para conseguirlo.

Para llevar a cabo este tipo de servicio energético, la ESE debe de tener en cuenta una serie de aspectos importantes que le permitan llevar a cabo el proyecto con relativa seguridad: garantías de fabricantes de los equipos, garantía de suministro de combustible, seguro de la instalación y seguro de explotación. Las garantías y seguros de la instalación y de explotación se desarrollarán en el apartado legal y contractual del presente capítulo.

e) Control de prestaciones energéticas de la instalación.

La operación de la central de generación térmica es una actividad que repercute de forma directa en los costes energéticos para la ESE. Hay una serie de parámetros de funcionamiento de cuyo control depende en gran medida el rendimiento energético de la instalación, y que la ESE debe revisar sistemáticamente, aprovechando la experiencia y los conocimientos técnicos disponibles.

En este sentido, se destacan los siguientes, para las instalaciones de biomasa:

- ***Control de los parámetros de combustión:*** resulta imprescindible llevar a cabo con frecuencia una medición de las prestaciones energéticas de la caldera (temperatura de la cámara de combustión, temperatura de los humos de salida, concentración de CO₂ en los gases de combustión, ppm de CO existentes, cantidad de cenizas generadas, etc.).
- ***Control de los arranques-paradas de la caldera:*** las instalaciones de biomasa son muy susceptibles a los arranques y paradas de la caldera. Este hecho se debe a la gran inercia térmica del combustible a quemar y de la propia caldera de biomasa. Para controlar estos arranques, se suelen utilizar los depósitos de inercia, aunque adicionalmente hay que realizar un ajuste muy fino de los parámetros de alimentación de combustible y de aire de combustión en los periodos de arranque y parada, y una selección adecuada de la temperatura nominal de funcionamiento, que permita reducir el número de arranques/paradas, y alargar en la medida de lo posible las etapas de funcionamiento de la caldera.
- ***Control de funcionamiento verano-invierno:*** mientras que en invierno interesará mantener una temperatura de funcionamiento elevada, para dar servicio de calefacción de forma adecuada durante un gran número de horas, en verano, únicamente se generará agua caliente sanitaria, con periodos de funcionamiento de la caldera muy reducidos. Debido a ello, decisiones como la reducción de la temperatura nominal de la caldera o la reducción de la potencia nominal de la misma, pueden ser decisiones energéticamente acertadas para conseguir un cierto ahorro energético y económico.

Igualmente, para el caso de instalaciones solares térmicas, destaca:

- ***Control del estado de los captadores solares:*** resulta conveniente una revisión periódica del estado de los mismos, así como una limpieza de la lámina de captación o de los tubos de vacío, dependiendo del tipo de captador instalado.
- ***Control de la temperatura media de los captadores solares:*** la eficiencia de los captadores aumenta al disminuir la temperatura de trabajo de los mismos.

7.2. Aspectos legales y contractuales

7.2.1. Seguros y garantías

Desde el punto de vista de los seguros y las garantías, hay que diferenciar los aspectos concernientes a la ESE y los correspondientes al cliente final, que deben quedar siempre perfectamente delimitados mediante el contrato que une a ambos.

Respecto a la ESE, hay que destacar los siguientes seguros y garantías:

1. Garantía, por parte de los proveedores, de los equipos instalados.
2. Garantía de suministro de combustible en su caso.
3. Garantías financieras.
4. Seguro de la instalación.
5. Seguro de explotación.

Respecto al cliente, destacarán los siguientes aspectos, los cuales deben de ser ofrecidos por la ESE dentro del contrato de servicios energéticos:

1. Garantía de servicio energético durante el periodo de vigencia del contrato.
2. Garantía de la instalación durante el periodo de vigencia del contrato.

A continuación se desarrolla cada uno:

a) Garantía de los equipos:

La garantía de los fabricantes se deberá tener en cuenta en todos los equipos y elementos existentes en la instalación, prestando especial atención a los principales elementos de la misma: caldera, ciclón, sistema de alimentación de combustible, captadores solares y acumuladores solares. Esta garantía de funcionamiento debe cubrir un periodo de tiempo lo más elevado posible, dentro de la duración del contrato energético con el cliente, de forma que los riesgos para la ESE puedan minimizarse en la medida de lo posible, al reducir el riesgo económico por averías.

En el caso de instalaciones de biomasa, para conseguir una garantía del fabricante de la caldera y los accesorios, resulta necesario utilizar uno de los combustibles indicados por éste, desechando desde el principio la utilización de otros combustibles que aunque sean aptos para otro tipo de calderas, puedan originar conflictos con el proveedor ante una posible reclamación de la garantía.

En el caso de instalaciones solares, generalmente el fabricante de los captadores solares ofrece una garantía de funcionamiento durante periodos de vida muy elevados (10 años).

b) Garantía de suministro de combustible:

Disponer de un contrato de suministro de biomasa por parte de la ESE, que garantice el abastecimiento de la misma en unas condiciones acotadas de precio y calidad, durante, al menos, parte de la duración del contrato, resulta de gran relevancia para garantizar el éxito del proyecto.

Este contrato, debe de establecer, al menos, los siguientes parámetros y condiciones:

- a) Tipo de combustible a suministrar a la instalación.
- b) Propiedades físicas mínimas a cumplir por el combustible (humedad, granulometría, densidad, etc.
- c) Cantidad estimada a suministrar anualmente a la instalación.
- d) Duración del periodo de vigencia del contrato de suministro.
- e) Precio inicial establecido y condiciones para la revisión de precios.
- f) Penalizaciones por incumplimiento de contrato por parte de ambas empresas implicadas (ESE y empresa suministradora).

Dado que por lo general, en un contrato de venta de energía, el precio de la energía térmica suministrada al cliente por la ESE es fijo, con revisiones anuales en base al IPC u otro tipo de fórmula acordada, resulta de especial importancia para la ESE poder fijar un precio de combustible, con revisiones anuales de precios prefijadas, de forma que el coste económico de la materia prima no pueda poner en peligro la rentabilidad del proyecto para la ESE. Para ello, además, la ESE deberá realizar una previsión de la evolución del coste económico del combustible a lo largo de la duración del contrato de suministro energético, ofertando la energía térmica a un precio medio ponderado durante esos años.

El incumplimiento por parte de la empresa distribuidora en este suministro de combustible, tanto a nivel de coste como en calidad y plazos de suministro, deberá regularse mediante penalizaciones económicas, ya que podría originar, problemas de penalizaciones por interrupción de servicio entre la ESE y el cliente final.

En cualquier caso, es recomendable disponer de un volumen de almacenamiento de biomasa en la instalación que permita tener un elevado grado de autonomía. Lógicamente, esta posibilidad estará limitada por la disponibilidad de espacio para almacenamiento de la biomasa, la demanda energética, el tipo de biomasa usada como combustible, su humedad y densidad aparente y el rendimiento medio estacional de la instalación de generación térmica. En algunas instalaciones se opta por usar biomásas densificadas (pellets) y calderas de elevado rendimiento para contar con una autonomía cercana al año.

d) Seguro de la instalación:

El seguro de la instalación, en principio, deberá asumirlo el titular de la instalación, que será diferente según que el contrato sea de financiación por terceros (titular la ESE), o sea un

contrato de outsourcing (titular el cliente final). En el caso de proyectos con venta de energía con financiación por terceros, el titular será la ESE o una entidad bancaria, quedando el cliente excluido de la necesidad de contratar dicho seguro.

Este seguro deberá cubrir aspectos no relacionados directamente con el propio funcionamiento de las máquinas o la explotación energética de la instalación, como incendios, robos, terremotos, etc, de forma que exista una cobertura ante cualquiera de estos tipos de situaciones excepcionales. Es recomendable que dicho seguro sea renovado anualmente mientras se preste el servicio energético.

El tipo de seguro contratado dependerá de los criterios técnicos de la instalación, tal como el riesgo de incidentes, el coste del software de monitorización, ubicación, posibles riesgos y probabilidad de ocurrencia, etc.

Por norma general, el seguro de cualquier instalación térmica deberá disponer de las siguientes coberturas:

- a) Garantía básica de la instalación.
- b) Daños en aparatos eléctricos que forman parte de la instalación.
- c) Fenómenos que dañen a la instalación, como consecuencia de incidentes en el edificio.
- d) Responsabilidad civil.

El contrato de seguro se redactará de forma que tenga en cuenta tanto la inversión realizada en la instalación, como las obligaciones técnicas y económicas hacia el cliente que asume la ESE al explotar la planta.

En su caso, en el contrato de seguro debe constar que la instalación asegurada es propiedad de la ESE, y que está situada en un terreno que es propiedad del cliente, no de la ESE.

Asimismo, el seguro debe prever la posibilidad de que la instalación térmica pueda originar daños en el edificio en el que está situada o a personas que se encuentren en las inmediaciones de la instalación (fuga de agua, desprendimiento de piezas, incendios, etc.).

Dependiendo del emplazamiento concreto de la instalación, la ESE debería valorar si ampliar el seguro para incluir la cobertura frente a situaciones como vandalismo, robo o frente a inundaciones.

Considérese que quedarán, generalmente, excluidos del seguro aquellos riesgos que no se hallan definido correctamente en el contrato de seguro.

e) Seguro de explotación:

El seguro de explotación, a diferencia del seguro de la instalación, si estará relacionado intrínsecamente con el propio funcionamiento de la misma. En principio, un seguro de explotación presentará como finalidad dar cobertura en todo momento a las prestaciones energéticas de una instalación, en situaciones de averías, reparaciones u otras situaciones de deficiencia de funcionamiento (excluyendo las planteadas en el seguro de la instalación). La importancia en la previsión de disponer de un seguro a la explotación, radica en el hecho de que en un proyecto con venta de energía, el contrato establecido entre la ESE y el cliente final, generalmente suele incluir **penalizaciones por interrupción de servicio**, las cuales debe asumir la ESE en caso de que la instalación no funcione, presentándose una interrupción o deficiencia en la prestación de servicio energético. Este coste económico, junto con los correspondientes beneficios teóricamente generados en condiciones normales de funcionamiento, serán los aspectos económicos que debe cubrir el seguro de explotación.

Por norma general, la retribución económica por parte de la compañía aseguradora suele tener un periodo máximo que suele estar en torno a los 60 días, de forma que el resultado anual de la explotación pueda quedar garantizado dentro de unos límites.

Obviamente, la contratación de este tipo de seguro presenta una cierta complejidad en su redacción y contenidos, y supone un coste de explotación elevado, a consecuencia del riesgo y del desconocimiento técnico de la aseguradora, que hay que tener en cuenta al ofertar un precio de venta de energía.

f) Garantía de servicio energético (para el cliente):

La ESE puede incluir dentro del contrato de servicios energéticos, a petición del cliente, unas cláusulas de indemnización económica sujetas a fallos continuados en el servicio energético, de forma que el cliente obtenga en todo momento la rentabilidad indicada cuando contrató estos servicios.

Estas penalizaciones económicas se establecerán cuando se produzcan anomalías en la instalación que impidan un suministro energético en las condiciones establecidas contractualmente. Como referencia se puede tomar un periodo superior a 48 horas, aunque esto será variable, en función de las condiciones y exigencias del servicio.

g) Garantía de la instalación (para el cliente final):

Durante la duración del contrato de servicios energéticos entre la ESE y el cliente final, se establece una garantía de los equipos que componen la instalación, de forma que la ESE asumirá el coste tanto del material como de la mano de obra necesarias para llevar a cabo una reforma en la instalación, de algún equipo que origine un funcionamiento deficiente de la misma.

La decisión de sustitución de estos equipos y de las calidades a instalar, será responsabilidad de la ESE, titular en última instancia de la instalación, pero será necesario el acuerdo del cliente final, y siempre garantizando una calidad en el servicio energético igual o superior al establecido en el contrato.

7.2.2. Obligaciones y Derechos

En un proyecto de venta de energía con financiación por terceros, se establecen derechos y obligaciones para las dos partes implicadas: ESE y cliente final.

A continuación se destacan algunos de estos aspectos contractuales comunes:

• **Empresa de servicios energéticos:**

Algunos de los derechos *de la ESE* se refieren a:

- Acceder en todo momento a la instalación de la cual es propietaria, la cual estará situada en un terreno propiedad del cliente.
- Exigir una indemnización económica al cliente en caso de incumplimiento de contrato.
- Gestionar la instalación energética bajo su propio criterio, siempre y cuando se cumplan las condiciones mínimas de servicio energético establecidas por contrato.

Algunas de las obligaciones *de la ESE* se refieren a:

- Garantizar el suministro energético al cliente final en todo momento, en base a unas condiciones establecidas por contrato, y durante el periodo de actividad establecido en el mismo.
- Garantizar tanto los materiales como la mano de obra necesaria para llevar a cabo reparaciones o reformas de la instalación para dar un servicio energético adecuado.
- Asumir las penalizaciones económicas que reclame el cliente en caso de incumplimiento en el servicio energético, según se establezca en el contrato.
- Contratar un seguro de la instalación, al ser titular de la misma.

• **Cliente final:**

Algunos de los derechos *del cliente final* se refieren a:

- Acceder a la instalación propiedad de la ESE, aunque no podrá realizar ningún tipo de actividad en la misma, salvo notificación expresa a la ESE.
- Exigir una indemnización económica a la ESE, en caso de incumplimiento de contrato.



Algunas de las obligaciones *del cliente final* se refieren a:

- Facilitar a la ESE el acceso a los terrenos de su propiedad, en los cuales está instalada la instalación térmica.
- Permitir la realización de modificaciones y/o reformas necesarias para la correcta implantación y/u operación de la instalación.
- Abonar las facturas expedidas por la ESE en relación a la prestación del servicio, en los plazos y condiciones pactadas por contrato.

7.2.3. Titularidad

En el caso de un contrato de venta de energía con financiación por terceros, la titularidad de la instalación será de la ESE, quedando el cliente excluido de la titularidad de la misma.

Por su parte, el cliente será el titular de los terrenos en los cuales se lleva a cabo la instalación de la central térmica, facilitando el acceso y las actividades necesarias para la correcta instalación y operación de la misma por parte de la ESE.

A la finalización del periodo de vigencia del contrato de venta de energía, existen diferentes formas de acuerdo entre la ESE y el cliente para el traspaso de la planta, según la duración establecida para el contrato y la vida útil acordada para la instalación:

- ***Duración del contrato inferior a la vida útil de la instalación:***

- A. Finalización del contrato de venta de energía:***

En caso de que la duración del contrato sea inferior a la vida útil de la planta, el cliente abonará a la finalización del mismo el valor residual de la instalación, que generalmente se estima en un 10 % del total, para un periodo de 15 años.

- B. Ampliación del contrato de venta de energía:***

En caso de que la duración del contrato (entre 10 y 15 años), sea inferior a la vida útil de la planta a su finalización se puede realizar una ampliación de la duración, considerando una nueva tarifa energética de importe económico inferior, al no existir una fuerte cuota de amortización de la instalación, sino únicamente término de consumo energético, mantenimiento y seguros.

- ***Duración del contrato igual a la vida útil de la instalación:***

En caso de que la duración del contrato sea igual que el periodo de vida útil de la instalación (generalmente más de 20 años) y esté totalmente amortizada por parte de la ESE, se considera que el valor residual de la misma es nulo, pudiendo transferirse directamente al cliente sin coste alguno.

- ***Duración del contrato superior a la vida útil de la instalación:***

Se pueden combinar las soluciones de los apartados anteriores, de forma que, a la terminación del periodo de vigencia del contrato, se realice una ampliación de la duración del mismo, incluso superando la vida útil de la instalación, llevando a cabo la ESE un estudio técnico de las prestaciones futuras de la instalación, considerando las inversiones futuras a realizar en equipamiento a renovar, mermas de rendimiento, etc, ofreciendo un precio de venta de energía actualizado. De esta forma, la titularidad de la instalación nunca se cedería al cliente, estando siempre explotada por parte de la ESE.

- ***Desmontaje de la instalación a la terminación del contrato:***

Finalmente, es necesario considerar la posibilidad de que a la finalización del contrato de venta de energía, el cliente exija el desmontaje de la instalación. Esta posibilidad puede surgir en el caso de que el cliente no desee renovar el contrato 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 dismantelar la planta, puede poner en peligro la rentabilidad del proyecto, motivo por el cual debe estar prevista o ser evitada.

7.2.4. Condiciones contractuales

El contrato de venta de energía térmica entre el cliente final y la ESE, recoge todos los aspectos legales que hay que considerar para la explotación del proyecto. En este contrato se fijarán las condiciones entre el cliente y la ESE, siendo su contenido fundamental para el éxito del proyecto y para la garantía de la ESE que asume los riesgos del proyecto.

En un contrato tipo de venta de energía con financiación por terceros, deberán contemplarse los siguientes puntos:

1. Objeto del contrato.
2. Duración del contrato.
3. Diferenciación de propiedad y responsabilidades.
4. Condiciones de suministro y operación de la planta.
5. Medida y facturación de la energía suministrada.
6. Penalizaciones por interrupción del servicio.

A continuación se describen brevemente cada uno de los puntos anteriores:

- *Objeto del contrato:*

- Quién es la ESE y quién es el cliente.
- Información sobre la situación de la instalación térmica en el edificio del cliente.
- Descripción del servicio energético prestado.
- Fecha de inicio de suministro energético al cliente.
- Posibles cláusulas de penalización por incumplimiento del inicio del suministro.

- *Duración del contrato:*

- Periodo de vigencia del contrato.
- Cláusulas de interrupción del contrato, así como condiciones para su interrupción.
- Descripción de las únicas posibilidades existentes a la finalización de la duración del contrato.
- Inclusión de opción de desmontaje de la instalación a la finalización del contrato, en el caso de que el cliente lo solicite inicialmente.

- *Delimitación de propiedad y responsabilidades:*

- Responsable de la instalación térmica.
- Definir fecha de entrega de la instalación y especificaciones de dicha entrega.
- Certificaciones exigidas por ambas partes.
- Responsable del mantenimiento y funcionamiento de la planta.
- Partes de la propiedad afectadas por la instalación, así como sus posibles reformas.
- Asunción de los costes de electricidad de los equipos de la planta.

- *Condiciones de suministro y operación de la planta:*

- Garantía de suministro energético por parte de la ESE al cliente final.
- Obligación de cesión de energía por parte de la ESE al cliente final.
- Obligación de compra de la energía por parte del cliente a la ESE.
- Fijación de un valor mínimo de consumo energético.
- Condiciones de la energía suministrada (temperatura, caudal, etc.).
- Pautas a seguir en el caso de que se incorporen nuevas fuentes de energía en el futuro, que puedan competir.
- Horario de funcionamiento.

- *Medida y facturación de la energía suministrada:*

- Metodología de medición de la energía térmica.
- Requisitos mínimos a cumplir por el sistema de medida.
- Procedimientos de validación de la medición de energía térmica.
- Métodos de calibrado del medidor de energía.
- Metodología de facturación de energía al cliente.
- Condiciones de pago de la energía facturada. Criterios de actualización.

- *Penalizaciones por interrupción del servicio:*

- Definición de situaciones de interrupción de servicio, tanto en las condiciones de suministro, como en el periodo de interrupción.
- Motivos técnicos excluyentes de situaciones de interrupción de servicio.
- Cláusulas económicas a cumplir en caso de interrupción de servicio.

7.3. Aspectos económicos

7.3.1. Análisis financiero de proyectos con financiación por terceros

Antes de la realización de una oferta al cliente final, y especialmente proyectos de venta de energía con financiación por terceros, es necesario llevar a cabo un análisis financiero de la operación, el cual debe contemplar todos los aspectos necesarios con un nivel de precisión lo más elevado posible, para determinar la rentabilidad económica del proyecto.

En el caso de que la financiación del proyecto corra a cargo de la ESE, dicho análisis financiero, junto con un análisis de riesgos, resulta básico ya que la recuperación de la inversión para la ESE se hará de forma paulatina durante la duración del contrato, y en las condiciones esperadas, siempre y cuando la instalación ofrezca las prestaciones energéticas estimadas en el estudio técnico del proyecto.

7.3.1.1. Variables a considerar en el estudio de rentabilidad

Al abordar la realización de un estudio de rentabilidad económica de un proyecto de venta de energía a partir de energías renovables con financiación por terceros, es importante considerar los siguientes puntos:

Costes:

- Generalmente, los precios de los combustibles fósiles están sometidos a grandes variaciones, en función del tipo de combustible.
- La fuente de energía de las instalaciones solares es gratuita e inagotable, no existiendo coste de vector energético.
- La fuente de energía de las instalaciones de biomasa actualmente presenta un precio estabilizado. Es prudente planear que éste presentará tendencia a la subida, al igual que los combustibles fósiles, aunque con menor pendiente.
- En el caso de que exista financiación externa, hay que considerar los intereses económicos durante la duración del contrato, los cuales intervienen reduciendo la rentabilidad económica del proyecto.
- Los costes de mantenimiento, costes de combustible, costes de energía eléctrica, costes de gestión energética y garantías, se considerarán incluidos en los costes de explotación anuales.

Ingresos:

- En caso de que exista una subvención, se considerará como parte del capital fijo del proyecto, reduciendo la aportación propia y la financiación externa, aumentando la rentabilidad.
- En caso de que el cliente final realice una aportación inicial, dicha aportación se considerará dentro del capital fijo del proyecto, reduciendo igualmente la aportación propia de la ESE y/o la financiación externa. Resulta importante estipular en el contrato la aportación inicial, siendo común fijarla entre un 10 y un 15 %, como señal de compromiso por parte del cliente final, al estar la instalación ubicada en terreno de su propiedad.
- El precio de venta de la energía térmica suministrada al cliente, mediante energía solar o mediante biomasa, debe ser igual o inferior al precio de la energía generada con una fuente convencional de la que disponga. Para ello, habrá que actuar o adecuar el margen de beneficio, la duración del contrato o la inversión inicial a efectuar.

- El producto del total de kilovatios - hora útiles consumidos anualmente por la instalación por el precio en euros por kilovatio - hora fijado por contrato, más la tasa fija anual, en el caso de que exista, marca los ingresos de explotación anuales.

Una vez que se tienen presentes todos estos puntos, se inicia el análisis de rentabilidad.

Inicialmente la ESE necesita realizar una **inversión**, la cual se denominará ' I_{ESE} ', en euros, la cual será el resultado de la inversión total ' I_T ', menos la bonificación fiscal ' BF ', las ayudas o subvenciones ' s ', y la aportación inicial del cliente ' A_C ':

$$I_{ESE} = I_T - BF - S - A_C$$

Los **ingresos en la explotación** vendrán dados tanto por los ingresos fijos (en el caso de que en la tarifa exista término fijo y término variable) más los ingresos variables, obtenidos como resultado de multiplicar el total de kilovatios - hora térmicos consumidos por el cliente final, por el coste en euros por kilovatio - hora establecido en el contrato.

Desde el punto de vista de los **costes de explotación**, hay que tener en cuenta que en la instalación en funcionamiento, será necesario establecer el mantenimiento e incurrir en un gasto de combustible, un gasto en energía eléctrica, un gasto en monitorización, un gasto de electricidad, unos gastos de estructura, etc.

Existirán además unos **costes financieros**, compuestos por los intereses de los créditos que le haya solicitado la ESE a una entidad financiera para acometer el proyecto. Estos créditos pueden ser necesarios tanto para financiar el capital fijo como el capital circulante.

Además, será necesario tener en cuenta el importe económico de los **seguros** que hay que contratar a la instalación (tanto seguros de instalación como seguros de explotación).

El beneficio anual de la explotación vendrá dado por la diferencia entre ingresos y costes:

$$\text{Beneficio} = \text{Ingresos} - \text{Costes de explotación} - \text{Costes financieros} - \text{Seguros}$$

Para los sucesivos años de actividad, se realiza una actualización del beneficio respecto al año inicial de actividad mediante una tasa de actualización anual de precios (t), aplicable a todos los conceptos de explotación anteriores.

El beneficio total del proyecto (B_T) a la finalización del periodo de vigencia del mismo (n años) vendrá dado por la suma de los distintos beneficios anuales (B_i) actualizados:

$$\text{Beneficio total} = B_T = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{B_i}{(1+t)^i}$$

7.3.1.2. Indicadores de rentabilidad de inversión

Toda inversión a realizar, suele ser estudiada mediante los indicadores rentabilidad denominados Valor Actualizado Neto (VAN) y Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

el **VAN** puede determinarse a partir de la siguiente expresión:

$$VAN = -I_{ESE} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{B_i}{(1+t)^i}$$

Según se puede observar, el VAN se calcula como la diferencia entre la suma de todos los beneficios anuales de explotación, menos la inversión inicial realizada por la ESE. En caso de que el VAN sea positivo, el término de la inversión inicial será inferior a la suma de los beneficios anuales, por lo que el proyecto será rentable. En el caso de que el VAN sea negativo, el término de inversión inicial será superior a la suma de beneficios, por lo que el proyecto debe ser descartado.

Por su parte, la **TIR** se determina a partir de la siguiente expresión:

$$0 = -I_{ESE} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{B_i}{(1+TIR)^i}$$

El valor de la TIR se corresponde con el valor de la tasa de actualización que anula al VAN. Esto se correspondería con el porcentaje de actualización anual de precios que debería darse para que la suma de beneficios anuales igualara al valor de la inversión de la instalación en un periodo de n años. Generalmente, se considera apropiado que el valor del TIR sea superior a un 8-9 % para que el proyecto pueda considerarse interesante.

Sin embargo, a pesar de estos parámetros de análisis económico, la decisión de acometer un determinado proyecto tiene un elevado componente subjetivo. Por ejemplo, la valoración de la oportunidad de participar en un proyecto podría basarse en un posicionamiento empresarial de la ESE.

7.3.2. Metodología de facturación energética

Según se ha referido, un proyecto con venta de energía implica, inherentemente, una facturación energética al cliente final en forma de energía final consumida (kWh térmicos), y no en forma de energía primaria (combustible). El control por parte de la ESE de esta energía térmica consumida por el cliente se lleva a cabo mediante un contador de energía térmica, el cual estará precintado para evitar manipulaciones externas, y que podrá ser revisado mensualmente, para tomar la lectura del consumo energético del cliente y emitir la correspondiente factura.

Existen, al menos, dos formas de llevar a cabo la facturación energética, en base a la diferencia de la tipología de tarifa.

1. **Facturación con tasa fija y variable:** implica un desglose en la factura de un término fijo (que incluirá los costes fijos asociados a la amortización de equipos, garantías, mantenimiento, seguros, etc.), y un término variable que incluirá la energía térmica consumida por el cliente, a un precio fijado según contrato.

Este tipo de facturación resulta más lógico en proyectos en los cuales la propiedad de la instalación sea de la ESE, y donde puedan existir importantes oscilaciones en el consumo energético (verano-invierno, por ejemplo), de forma que exista una distribución clara en los costes fijos y variables del proyecto, siendo independiente la cuota fija de amortización de los equipos del propio consumo energético de la instalación.

Igualmente resulta interesante en proyectos donde existan varios clientes finales, como las comunidades de vecinos, donde se pueda emitir una cuota fija, a repartir por la comunidad, en términos de disposición de servicio, y una cuota variable en función del propio consumo individual.

2. **Facturación variable:** presenta mayor implantación en instalaciones donde el consumo energético sea muy elevado y presenta pocas oscilaciones. En esta forma de facturación, se incluye en el precio de venta final de la energía los costes fijos asociados a la amortización de equipos, seguros, mantenimiento, garantía, etc., ofreciendo un precio global por el servicio energético.

Este tipo de facturación resulta interesante cuando se conoce de forma clara el consumo energético anual de la instalación, así como su distribución en las diferentes estaciones del año.

Finalmente, es importante tener en cuenta, por parte de la ESE, los posibles **gastos financieros** asociados al desfase entre el proceso suministro de combustible a la instalación y la facturación energética de los kilovatios - hora consumidos por el cliente. En base a esto, existe un capital circulante y unos intereses que es necesario tener en cuenta, ya que la facturación por parte de la ESE se realizará conforme se va consumiendo la energía, pudiendo representar un periodo superior a la forma de pago establecida con el proveedor de la materia prima.

Dicho desfase en la facturación energética es especialmente importante en contratos donde la instalación es propiedad de la ESE, ya que pueden existir cuotas fijas de financiación a abonar por parte de esta. La entidad financiera correspondiente por parte de la ESE. Este hecho puede originar unos costes financieros adicionales y falta de liquidez en determinados periodos en los cuales el consumo energético de la instalación sea reducido, de forma que la

facturación energética mensual sea insuficiente para cubrir dicha cuota exigida por la entidad bancaria. En este aspecto radica el interés en la implantación de un contrato con término fijo y variable en los casos de propiedad de la ESE, que permita cubrir en todo momento este aspecto financiero.

7.3.3. Fijación del precio de venta

El precio de venta de la energía térmica por parte de la ESE al cliente final, se podrá fijar a partir del precio de la unidad energética más barata a la que pueda tener acceso el cliente, reducida en un coeficiente acordado entre el cliente y la ESE.

El coste del kilovatio – hora (kWh) de los diferentes tipos de combustibles se puede determinar fácilmente a partir de las siguientes expresiones:

Rendimiento:

$$\eta_{estacional} = \frac{Demanda\ anual}{Consumo\ anual}$$

Precio de la energía:

$$P_{combustible} = \frac{PVP_{combustible}}{PCI \cdot \eta_{estacional}} \quad \text{€ / kWh}$$

En la siguiente tabla podemos ver una aproximación a los precios de la energía para distintos combustibles convencionales:

Combustible	PCI	PVP	Rendimiento estacional	Precio energía
Gasóleo	10,22 kWh/L	0,6 €/L	75%	0,070 €/kWh
			85%	0,069 €/kWh
			95%	0,062 €/kWh
Propano	13,01 kWh/kg	0,75 €/kg	75%	0,076 €/kWh
			85%	0,067 €/kWh
			95%	0,060 €/kWh
Gas natural	10,58 kWh/kg	El precio y el rendimiento varía según la tarifa contratada		Desde 0,045 €/kWh hasta 0,08 €/kWh

El precio al que se suministrará la energía térmica con energía solar y/o biomasa, mediante una financiación de la instalación por parte de la ESE, debería poder ser igual o menor al mínimo de los anteriores valores, de forma que suponga un interés para el cliente, al existir ahorro económico en concepto de energía térmica.

7.3.4. Revisión de precios. IPC energético

Debido a la larga duración de los contratos establecidos entre ESE y cliente, es imprescindible establecer una actualización del precio de venta de energía mediante un índice fijado de común acuerdo. Este índice dependerá de dos factores económicos: IPC global e IPC energético (índice de subida de precios de los combustibles). Generalmente, el IPC global presenta un valor inferior al IPC energético, por lo que dependiendo de uno u otro, será más o menos interesante a cada una de las partes implicadas.

La selección de un IPC cercano al IPC de consumo, será beneficioso para el cliente, por tener generalmente un valor inferior al IPC energético. Por su parte, un valor próximo al IPC energético favorece a la ESE, gracias al mayor aumento del precio de venta de la energía.

Por norma general, y teniendo en cuenta que la ESE es la empresa que realmente asume los riesgos en la instalación, resulta lógico que la balanza se decante a favorecer a la ESE, a partir de fórmulas que acerquen el valor de la actualización al valor del IPC energético. En base a esto, se pueden considerar diferentes condiciones para la actualización:

1. $IPC_{acordado} = (IPC_{GLOBAL} + IPC_{eNeRGÉTICO})/2$
2. $IPC_{acordado} = \text{Máximo}(IPC_{GLOBAL}, IPC_{eNeRGÉTICO})$
3. $IPC_{acordado} = (IPC_{GLOBAL} + X \%)$

Además de estas posibilidades, existen otras, como vincular el precio de la energía a otros tipos de índices, como la evolución del precio del barril de petróleo, euribor, etc., aunque son menos frecuentes.

7.3.5. Ejemplo de estudio económico financiero de un proyecto de venta de energía térmica de biomasa

Ejemplo de análisis económico-financiero de un proyecto de venta de energía de biomasa para la producción de agua caliente sanitaria y calefacción en un hotel de sierra, exponiendo tanto los beneficios económicos para la ESE como los beneficios económicos para el cliente final.

7.3.5.1. Datos iniciales

Número de plazas hoteleras: 90

Servicio a satisfacer: A.C.S., calefacción y climatización de SPA.

Instalación existente:

- 2 Calderas de propano para generar agua caliente de 400 kW.
- Consumo anual de propano: 145.500 kg/año
- Rendimiento medio estacional: 80%
- Precio del propano al inicio del servicio de venta de energía: 0,72 €/kg

7.3.5.2. Instalación diseñada

Dos calderas de biomasa, de 400 kW cada una. Características:

- Encendido automático.
- Limpieza automática.
- Recogida de cenizas automática.
- Sonda lambda.
- Rendimiento 90%.
- Policombustible.

Costes de Mantenimiento y parámetro económicos

Los datos técnicos y económicos de mayor relevancia, a tener en cuenta son los siguientes:

- Mantenimiento preventivo y correctivo: 2% del coste de la instalación.
- Índice de variación de precios general considerado: 3% anual.
- Índice de variación de precios del combustible: 5% anual.
- Financiación del 100 % de la inversión a 10 años.
- Tipo de interés del préstamo: 5%.
- La ESE contrata un seguro de la instalación durante los 10 años de amortización del crédito con un coste de 1.500 euros anuales.
- Duración del servicio de venta de energía: 15 años.
- Precio de la energía térmica pactado: 10% inferior al coste de generación térmica convencional.
- La instalación será propiedad del hotel a los 15 años.
- Cotes de la instalación: 250 €/ kW.

Resultados económicos

A continuación se muestran los ingresos, pagos y flujos de caja previstos para los 15 años del servicio de venta de energía:

	Ingresos por la venta de energía	Pago Crédito	Plan de vigilancia	Plan de Mantenimiento	Seguro Instalación	Flujo de Caja
Final año 1	95.368,03	-25.901 €	-36.054 €	0	-1.500 €	31.914 €
Final año 2	100.136 €	-25.901 €	-37.856 €	-4.000 €	-1.500 €	30.879 €
Final año 3	105.143 €	-25.901 €	-39.749 €	-4.120 €	-1.500 €	33.873 €
Final año 4	110.400 €	-25.901 €	-41.737 €	-4.244 €	-1.500 €	37.019 €
Final año 5	115.920 €	-25.901 €	-43.823 €	-4.371 €	-1.500 €	40.325 €
Final año 6	121.716 €	-25.901 €	-46.015 €	-4.502 €	-1.500 €	43.799 €
Final año 7	127.802 €	-25.901 €	-48.315 €	-4.637 €	-1.500 €	47.449 €
Final año 8	134.192 €	-25.901 €	-50.731 €	-4.776 €	-1.500 €	51.284 €
Final año 9	140.902 €	-25.901 €	-53.268 €	-4.919 €	-1.500 €	55.314 €
Final año 10	147.947 €	-25.901 €	-55.931 €	-5.067 €	-1.500 €	59.548 €
Final año 11	155.344 €	0 €	-58.727 €	-5.219 €	0 €	91.398 €
Final año 12	163.112 €	0 €	-61.664 €	-5.376 €	0 €	96.072 €
Final año 13	171.267 €	0 €	-64.747 €	-5.537 €	0 €	100.983 €
Final año 14	179.831 €	0 €	-67.984 €	-5.703 €	0 €	106.143 €
Final año 15	188.822 €	0 €	-71.384 €	-5.874 €	0 €	111.564 €

La rentabilidad de la inversión se evalúa mediante el Valor Actual Neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad del proyecto (TIR):

VAN = 505.172 €

TIR del proyecto = 21 %

7.3.6. Ejemplo de estudio económico financiero de un proyecto de venta de energía solar

Ejemplo de análisis económico-financiero de un proyecto de venta de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria (A.C.S.) en un hotel de costa, exponiendo tanto los beneficios económicos para la ESE como los beneficios económicos para el usuario final.

7.3.6.1. Datos iniciales

Número de plazas hoteleras: 800

Ubicación del edificio: Costa del sol (Zona climática IV del Código Técnico de la Edificación)
Servicio a satisfacer: A.C.S.

Instalación existente:

- Caldera de gasóleo para agua caliente sanitaria de 250 kW. Rendimiento instantáneo 85%.
- Acumulador de agua caliente sanitaria de 15.000 l de capacidad.

Consumo anual de gasóleo: 65.000 l/año

Rendimiento medio estacional producción de agua caliente sanitaria: 65 %

Precio del gasóleo al inicio del servicio de venta de energía: 0,71 €/Litro

Consumo de A.C.S.: 64 litros/persona día (a 45° C).

Temperatura de distribución: 60° C

Los consumos mensuales de agua caliente sanitaria y combustible son los siguientes:

Tabla 1. Datos de demanda energética actual para A.C.S.

	Ocupación %	a.c.s. (l/día)	Consumo Combustible (litros)	Coste (€)
Enero	40,00	20.480	3.920	2.783
Febrero	40,00	20.480	3.440	2.442
Marzo	50,00	25.600	4.620	3.281
Abril	50,00	25.600	4.200	2.982
Mayo	70,00	35.840	6.077	4.314
Junio	80,00	40.960	6.287	4.464
Julio	100,00	51.200	7.841	5.567
Agosto	100,00	51.200	7.001	4.971
Septiembre	80,00	40.960	6.287	4.464
Octubre	70,00	35.840	6.273	4.454
Noviembre	50,00	25.600	4.607	3.271
Diciembre	40,00	20.480	3.920	2.783
TOTAL AÑO	100,00	394.240	64.473	45.776

Los captadores solares utilizados presentarán la siguiente curva de rendimiento:

$$\eta = 0,792 - 3,486 \frac{(T_m - T_a)}{E_g} - 0,011 \frac{(T_m - T_a)^2}{E_g}$$

El captador utilizado dispone de una superficie absorbedora de 2 m².

7.3.6.2. Instalación diseñada para la venta de energía

Para alcanzar una cobertura solar anual del 60% (sería lo exigido por la HE4 del CTE para la zona IV) se dimensiona una instalación solar con las siguientes características:

- Superficie de Captación Solar: 240 m² (120 captadores)
- Volumen de acumulación solar: 30.000 l
- Orientación: Sur
- Inclinación: 35 °

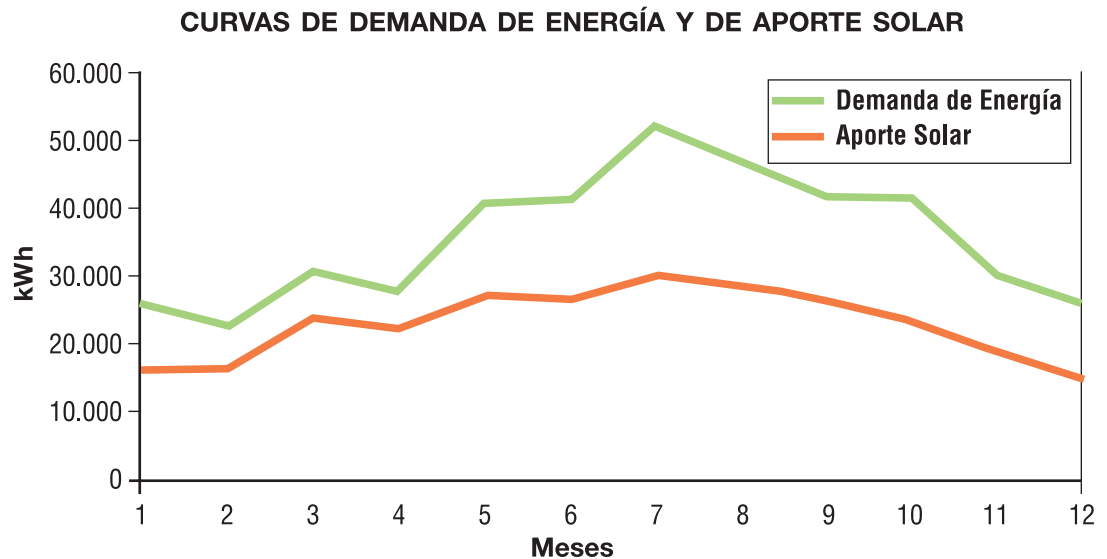
Resultados Energéticos

A partir de los cálculos realizados, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultados de aportes y ahorros de la instalación Solar Térmica.

	Ocupación (%)	Energía Térmica Final para acs (kW-h)	Energía Solar Aportada (kW-h)	Fracción solar respecto de la demanda útil (%)	Ahorro Económico (€)
Enero	40,00	25.801	16.507	64,0	1.845
Febrero	40,00	22.638	16.617	73,4	1.857
Marzo	50,00	30.408	23.794	78,2	2.659
Abril	50,00	27.644	22.319	80,7	2.494
Mayo	70,00	39.991	27.009	67,5	3.018
Junio	80,00	41.376	26.900	65,0	3.006
Julio	100,00	51.602	30.086	58,3	3.362
Agosto	100,00	46.073	28.692	62,3	3.206
Septiembre	80,00	41.376	26.465	64,0	2.957
Octubre	70,00	41.281	23.353	56,6	2.610
Noviembre	50,00	30.319	18.741	61,8	2.094
Diciembre	40,00	25.801	14.967	58,0	1.672
TOTAL AÑO	100,00	424.310	275.450	64,9	30.780

Figura 1: Prestaciones energéticas de la instalación solar



Costes de Mantenimiento y parámetro económicos

Los datos técnicos y económicos mayor relevancia, a tener en cuenta serán los siguientes:

- Vigilancia de la instalación: 2 visitas técnicas al año con un coste de 150 € por visita.
- Mantenimiento preventivo y correctivo: 2% del coste de la instalación.
- La ESE contrata un seguro de la instalación durante los 10 años de amortización del crédito con un coste de 1.500 euros anuales.
- Índice de variación de precios general considerado: 3% anual.
- Índice de variación de precios del combustible: 5% anual.
- Coste considerado para la instalación solar térmica: 645 €/m².
- Financiación del 100 % de la inversión a 10 años.
- Tipo de interés del préstamo: 5%.
- Duración del servicio de venta de energía: 15 años.
- Precio de la energía térmica pactado: 10% inferior al coste de generación térmica convencional.
- La instalación será propiedad del hotel a los 15 años.

Resultados económicos

A continuación, se muestran los resultados económicos previstos para los 15 años del servicio de venta de energía:

Tabla 3. Ingresos, pagos y flujos de caja previstos.

	Ingresos por la venta de energía	Pago Crédito	Plan de vigilancia	Plan de Mantenimiento	Seguro Instalación	Flujo de Caja
Final año 1	27.702 €	-20.047 €	-300 €	0 €	1.500 €	5.855 €
Final año 2	29.087 €	-20.047 €	-309 €	3.096 €	1.500 €	4.135 €
Final año 3	30.542 €	-20.047 €	-318 €	3.189 €	1.500 €	5.487 €
Final año 4	32.069 €	-20.047 €	-328 €	3.285 €	1.500 €	6.909 €
Final año 5	33.672 €	-20.047 €	-338 €	3.383 €	1.500 €	8.404 €
Final año 6	35.356 €	-20.047 €	-348 €	3.485 €	1.500 €	9.976 €
Final año 7	37.124 €	-20.047 €	-358 €	3.589 €	1.500 €	11.629 €
Final año 8	38.980 €	-20.047 €	-369 €	3.697 €	1.500 €	13.367 €
Final año 9	40.929 €	-20.047 €	-380 €	3.808 €	1.500 €	15.194 €
Final año 10	42.975 €	-20.047 €	-391 €	3.922 €	1.500 €	17.114 €
Final año 11	45.124 €	0 €	-403 €	4.040 €	0 €	40.681 €
Final año 12	47.380 €	0 €	-415 €	4.161 €	0 €	42.804 €
Final año 13	49.749 €	0 €	-428 €	4.286 €	0 €	45.036 €
Final año 14	52.236 €	0 €	-441 €	4.414 €	0 €	47.382 €
Final año 15	54.848 €	0 €	-454 €	4.547 €	0 €	49.848 €

La rentabilidad de la inversión se evalúa mediante el Valor Actual Neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad del proyecto (TIR):

VAN = 79.331 €

TIR del proyecto = 7,14 %

Anexos

Anexo 1

Instalaciones de energía térmica de biomasa. Consideraciones económicas

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS ACERCA DE INSTALACIONES DE BIOMASA		
Caldera	<i>Automatización del proceso</i>	Inversamente proporcional a los costes de mantenimiento.
	<i>Mecanismo interno de regulación y control</i>	Optimiza el funcionamiento de la caldera y reduce consumo de combustible.
	<i>Modulación de la potencia</i>	Influye favorablemente en el rendimiento medio estacional.
	<i>Diseño del quemador</i>	Afecta a la inercia térmica de la caldera. Si es elevada, el rendimiento medio disminuye.
	<i>Diseño del intercambiador de calor</i>	Vertical. Mayor coste pero asegura un mayor rendimiento.
Depósito de inercia	<i>Compensa el tiempo de respuesta de la caldera</i>	Su volumen depende del tipo de caldera.
Sistema de depuración de partículas finas en humos	<i>Ciclones o multiciclones</i>	Las calderas de alta gama los incorporan, estando homologado el conjunto.
Silo de almacenamiento de combustible	<i>Silo con disco de agitación y sinfín de extracción</i>	Espacios para almacenamiento con dimensiones cuadradas o rectangulares, no excesiva altura de almacenamiento y de superficie no excesivamente grande (entre 3 y 6 metros de lado). Coste económico medio.
	<i>Silo con suelo móvil</i>	Adecuado para instalaciones con un consumo de biomasa muy elevado, y cuando se disponen de grandes espacios para almacenamiento, con dimensiones cuadradas o rectangulares. Coste económico medio.
	<i>Silo de almacenamiento con tolva metálica inclinada y sinfín</i>	Instalaciones existentes en las cuales no existe excesivo espacio para llevar a cabo una instalación de un silo de elevado volumen. Coste económico bajo.
	<i>Silos prefabricados</i>	Instalaciones con poca potencia térmica instalada y con poco consumo energético, en las cuales no existe demasiado espacio. Coste económico relativamente bajo.

Anexo 2

Instalaciones de energía solar térmica. Consideraciones económicas

CONSIDERACIONES ECONÓMICAS ACERCA DE INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA		
Tamaño de la instalación	<i>Bajo</i>	Mayor coste relativo, por metro cuadrado de captación solar de captador.
	<i>Elevado</i>	Menor coste relativo.
Dimensionado (en relación al consumo)	<i>Similar</i>	Buen rendimiento.
	<i>Sobredimensionado</i>	Menor rendimiento, que implicar un mayor coste del kWh producido con energía solar.
Fracción solar	<i>Media</i>	Buen rendimiento económico.
	<i>Elevada</i>	Menor rendimiento, que podría implicar un mayor coste del kWh producido con energía solar.
Acumuladores	<i>Acero con revestimientos plásticos</i>	Menor coste.
	<i>Acero vitrificado</i>	Coste medio.
	<i>Acero inoxidable</i>	Coste elevado.
Intercambiador de calor	<i>Interior</i>	Más interesante en instalaciones pequeñas.
	<i>Exterior</i>	Más interesante en grandes instalaciones.



Bibliografía

Bibliografía

Documentos técnicos y normativa básica

- Documento Básico HE de Ahorro de Energía, Sección HE4 “Contribución solar mínima de Agua Caliente Sanitaria”. Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación (RITE 2007).
- Curso de Energía Solar Térmica CENSOLAR
- Biomasa: Empresas de Servicios Energéticos. Publicación IDAE 2008
- Guía para el desarrollo de proyectos ST-ESCOs . Publicación Consejería de Industria y Medio Ambiente. Región de Murcia.

Páginas web

- Agencia Andaluza de la Energía
www.agenciaandaluzadelaenergia.es
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE
www.idae.es
- Asociación Solar de la Industria Térmica (ASIT).
www.asit-solar.com
- European Solar Thermal Industry Federation.
www.estif.org
- Asociación de fabricantes de generadores y emisiones de calor por agua caliente (FEGECA).
www.fegeca.com
- Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM).
www.avebiom.org



www.agenciaandaluzadelaenergia.es

C/Isaac Newton, 6.
Isla de la Cartuja, 41092 Sevilla.
Tel: 954 78 63 35 · Fax: 954 78 63 50



Agencia Andaluza de la Energía
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA, INNOVACIÓN Y CIENCIA