

*Energía de la  
Biomasa*

**Calefacción en grandes  
edificios con biomasa**

**Aspectos técnicos  
básicos**



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA

**IDAEE**

Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía

# Calefacción en grandes edificios con biomasa

## Aspectos técnicos básicos



## TÍTULO DE LA PUBLICACIÓN

"Calefacción en grandes edificios con biomasa. Aspectos técnicos básicos"

## CONTENIDO

La presente publicación incluye un paquete de información básica para la planificación y desarrollo de proyectos de calefacción con biomasa en bloques residenciales, edificios públicos y otros grandes edificios.

## AUTOR

Esta publicación se ha desarrollado dentro del proyecto BIOHEAT (4.1030/Z/00-163/2000) del Programa ALTENER de la Comisión Europea, y ha sido elaborada por:

- The Austrian Energy Agency (E.V.A.)
- The Swedish Biomass Association (SVEBIO)
- dK-TEKNIK ENERGI & MILJØ
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración técnica, producción de material e imágenes aportadas a las siguientes instituciones, organismos públicos y empresas: Ilmo. Ayuntamiento de Quesada (Jaén); "Fundació Territori i Paisatge" de Caixa Catalunya; Asociación Nacional para la Vivienda del Futuro; Trama Tecnoambiental; L.Solé, S.A.; BioEbro, S.L.; MB Carbones; Combustibles Cabello; BUYO, S.A.; Industrias de la Rosa; Joaquín Palacín, S.L.; Vulcano-Sadeca, S.A.; Talleres Laguna, S.L.; Estudios Luis de Garrido y La Colorá de Begara, S.L.

---

*Esta publicación ha sido diseñada y producida por el IDAE dentro del marco de actividades del proyecto BIOHEAT del programa ALTENER de la Comisión Europea, y se ha incluido en el fondo editorial de este Instituto, en la Serie "Publicaciones Técnicas IDAE".*

*Cualquier reproducción, parcial o total, de la presente publicación debe contar con la aprobación por escrito del IDAE.*

*Depósito Legal: M-49972-2002*

---

**IDAE**  
**Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**  
**Pº de la Castellana, 95 - Planta 21**  
**E - 28046 - MADRID -**

**comunicacion@idae.es**  
**www.idae.es**  
**Esta publicación está disponible en : [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info)**

**Madrid, septiembre de 2002**



# prólogo

*Este material presenta información técnica básica, que debe servir de ayuda en la planificación de los proyectos de calefacción con biocombustibles tales como pellets, astillas de madera o residuos agroindustriales. Estos proyectos pueden realizarse en bloques residenciales o en edificios públicos como escuelas, residencias de ancianos, ayuntamientos y otros grandes edificios con una carga calefacción entre 50 kW y 800 kW. Para potencias dentro de este rango los sistemas de calefacción con biomasa tienen considerables ventajas económicas y son, generalmente, fáciles de realizar ya que la instalación se puede llevar a cabo en el mismo edificio en muchos casos.*

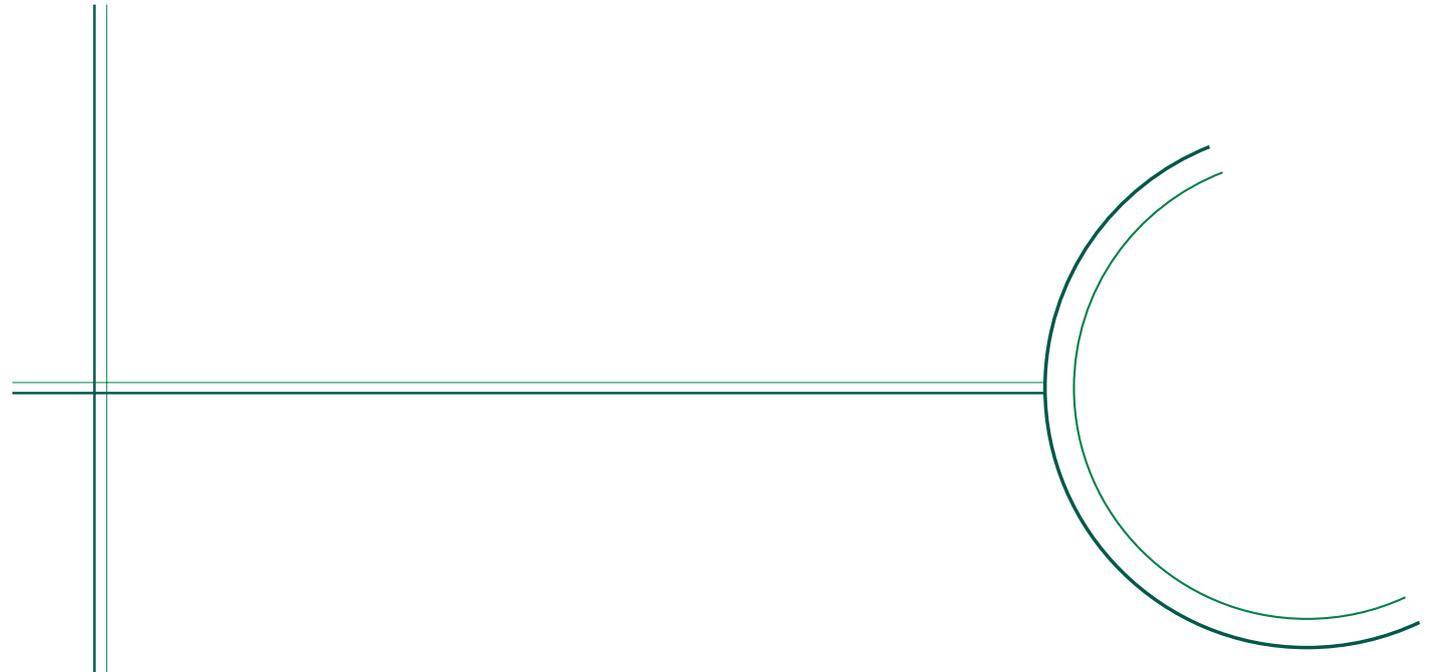
*Los destinatarios de esta información son consultores, ingenieros, arquitectos y empresas del sector energético, sin experiencia o con experiencia limitada en este campo, interesados en realizar un proyecto de este tipo.*

*La producción de esta publicación se ha realizado con el apoyo del programa ALTENER de la Comisión Europea (Contrato número 4.1030/Z/00-163/2000), siendo los autores de la misma: Christian Rakos (The Austrian Energy Agency, E.V.A.), Fredrik Lagergren (The Swedish Biomass Association, SVEBIO), Anders Evald, Jeppe Bjerg (dK-TEKNIK ENERGI & MILJØ), Luis García Benedicto y Miguel González de la Torre (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE).*

*Puede descargarse una versión electrónica de éste documento en la página web, [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info)*

# índice

<b>1 ¿Por qué una calefacción con biomasa?</b>	<b>9</b>
Apoyo político	9
Excelente disponibilidad de tecnología	10
Competitividad económica	10
Beneficios medioambientales	11
Crecimiento del mercado	12
<b>2 ¿Es la calefacción con biomasa un sistema viable?</b>	<b>15</b>
Cuestiones generales	15
Disponibilidad de espacio, planificación adaptada	15
Disponibilidad del suministro de combustible	16
Mantenimiento de la caldera	16
Estimación de la potencia y necesidades de combustible	16
Estimaciones económicas	16
<b>3 Selección del biocombustible</b>	<b>19</b>
Propiedades de los pellets, las astillas de madera y los residuos agroindustriales	19
Selección del combustible apropiado	21
<b>4 Almacenamiento de la biomasa</b>	<b>25</b>
Tamaño del depósito	26
Trazado del depósito y del cuarto de calderas	27
Características de la seguridad de los silos de biomasa	27
Suministro del combustible	28
<b>5 Calderas automáticas de biomasa</b>	<b>31</b>
Selección de la caldera	31
Estrategias para regular la carga y mejorar la seguridad de suministro	33
Sistemas de seguridad	34



<b>6 Ruido</b>	<b>37</b>
<b>7 Producción de agua caliente sanitaria e integración con sistemas de energía solar térmica</b>	<b>41</b>
Calefacción sin producción de agua caliente sanitaria	42
Calefacción y producción de agua caliente sanitaria descentralizada	42
Calefacción y producción de agua caliente sanitaria centralizada	43
Aspectos básicos para el diseño de un sistema combinado de energía solar térmica y biomasa	43
<b>8 Operación y mantenimiento</b>	<b>47</b>
<b>9 Disposición de la ceniza</b>	<b>51</b>
<b>10 Ayudas, permisos y normativa</b>	<b>55</b>
Ayudas	55
Permisos	56
Normativa	56
<b>11 Compra del equipo</b>	<b>59</b>



**Calefacción  
con biomasa**

# 1

## ¿Por qué una calefacción con biomasa?

Hay muchas razones para considerar la instalación de calefacciones alimentadas con biomasa en grandes edificios. Además de usar energías limpias y de estar tecnológicamente probadas, también pueden ser una solución económicamente atractiva. Por otro lado, los biocombustibles son un recurso autóctono, que ofrece también una mayor seguridad de suministro y estabilidad de los precios.

### **Apoyo político**

Los acuerdos de Kyoto hacen un llamamiento a la reducción de las emisiones de efecto invernadero. El uso de biocombustibles para calefacción es una de las medidas más efectivas a la contribución de este objetivo. El incremento del uso de biocombustibles es apoyado explícitamente por la Comisión Europea. En su "Campaña de Despegue" ha establecido un objetivo de 2.000 MW para los sistemas de calefacción con biocombustibles en grandes

edificios, en Europa, hasta el año 2003. Algunos países europeos se han unido mediante programas nacionales para la promoción del uso de biomasa a fin de estimular las economías regionales y abrir nuevas oportunidades a los selvicultores y agricultores. Finalmente, la Comisión Europea ha manifestado su preocupación con respecto al decrecimiento en los niveles de seguridad de suministro energético (Libro Verde sobre Seguridad Energética). La biomasa puede contribuir a mejorar la seguridad de suministro energético de forma significativa.

En España, los recursos potenciales de biomasa, calculados por "El Plan de Fomento de las Energías Renovables" se elevan a 16,10 Mtep de los cuales 10,40 Mtep corresponden a biomasa residual y 5,70 Mtep a cultivos energéticos. Las previsiones energéticas del citado Plan para el intervalo 1999 – 2010, divididas por origen y por aplicación se distribuyen de la siguiente forma:

Producción		tep
Residuos forestales (150.000 ha/a x 3 tep/ha.a)		450.000
Residuos agrícolas leñosos (875.000 ha x 1,5 t/ha x 0,26 tep/t)		350.000
Residuos agrícolas herbáceos (1.350.000 ha x 3,6 t/ha x 0,28 tep/t)		1.350.000
Residuos de industrias forestales y agrícolas		500.000
Cultivos energéticos		3.350.000
<b>Total</b>		<b>6.000.000</b>

Aplicación		tep
Aplicaciones térmicas		900.000
Aplicaciones eléctricas		5.100.000
<b>Total</b>		<b>6.000.000</b>

Tabla 1: Previsiones del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España para el área de Biomasa.

Dentro del sector doméstico se establece como objetivo intermedio 23.997 tep para el año 2006.

El apoyo político también puede ser significativo en el ámbito local. La estimulación de la economía local es un punto importante para la mayoría de las comunidades. Muchas comunidades se han unido en el proceso de la Agenda Local 21, o tienen otros programas ambientales. En estos casos, los proyectos innovadores que impulsen estos objetivos pueden ser bien acogidos y apoyados activamente.

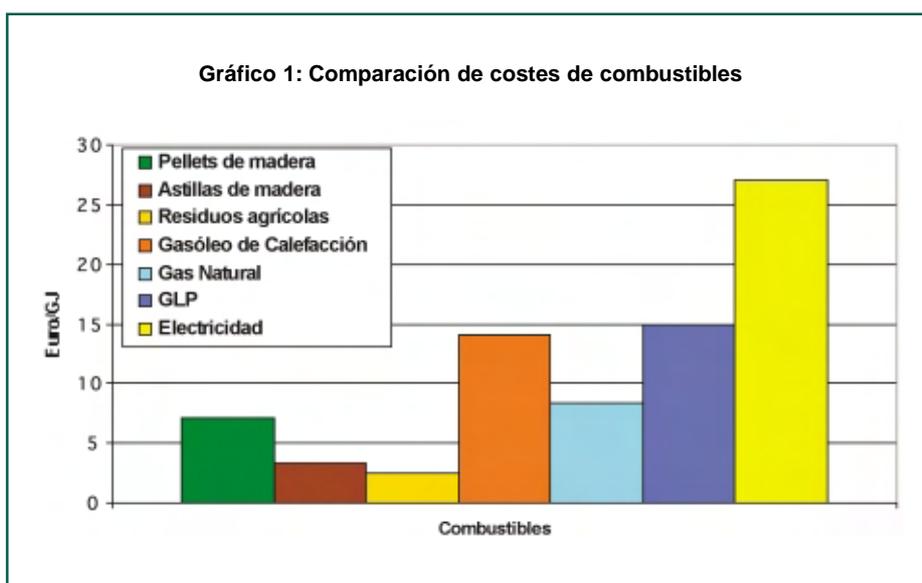
### Excelente disponibilidad de tecnología.

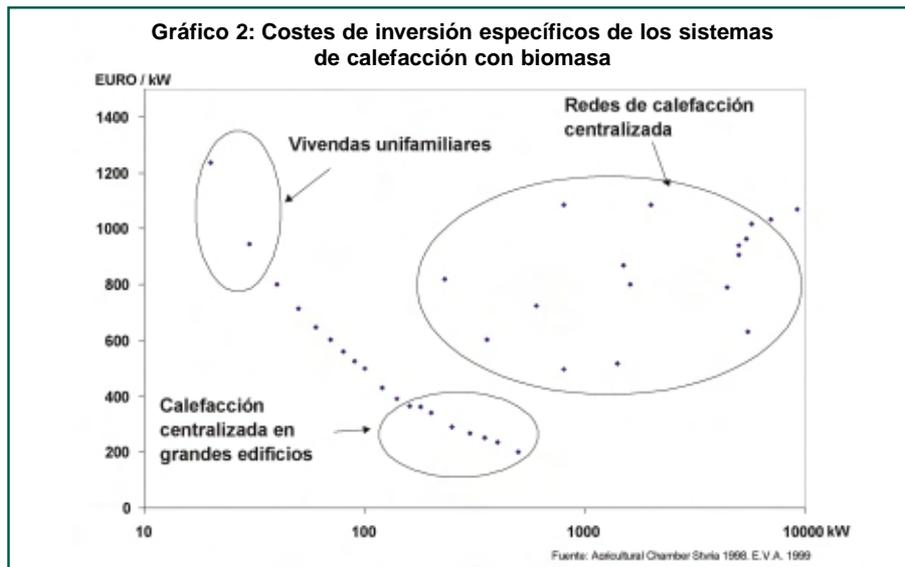
Mientras el uso de la leña es común en todo el mundo, el uso de pellets, astillas u otros biocombustibles en calderas automáticas, que alcanzan los mejores niveles establecidos actualmente de rendimiento, disminución de emisiones y confort, es una nueva opción todavía en gran parte desconocida. La tecnología de las

calderas de biomasa ha hecho enormes progresos en la última década. Las emisiones han caído en dos órdenes de magnitud y los rendimientos han alcanzado el mismo nivel que las calderas de gasoil o de gas. Este progreso ha incluido la fiabilidad de operación de una caldera automática. Sin embargo, hay que destacar, que hay una amplia gama de calidades disponibles en el mercado. Los consumidores que utilizan las calderas de biomasa para aprovechar sus residuos pueden tener menos requisitos de calidad que las aplicaciones domésticas. La selección cuidadosa de una caldera de alta calidad es esencial para realizar con éxito un proyecto en un edificio residencial o público.

### Competitividad económica.

La calefacción con biomasa puede ser económicamente viable, pues los biocombustibles son significativamente más baratos que los combustibles fósiles.





Sin embargo los costes de inversión en los sistemas de calefacción con biomasa, son significativamente más altos, que para la calefacción con sistemas convencionales.

El gráfico 2 muestra que los costes específicos de inversión son particularmente menores para grandes edificios con alta demanda de energía térmica. Los costes para las redes de calefacción centralizada son más altos, porque necesitan generalmente una sala de calderas separada y una red de distribución cara.

### Beneficios medioambientales

Cuando se tratan los impactos medioambientales existe la creencia común de que las chimeneas de leña generan mucho humo. Esto no es verdad para la combustión de biomasa en calderas de alta tecnología. La tabla 2 compara las emisiones de calderas modernas, medidas en operación real, en una muestra de escuelas públicas en Austria. En estas mediciones las calderas de biomasa tenían emisiones más bajas o similares de SO<sub>2</sub>, emisiones levemente más altas de NO<sub>x</sub> y CO y emisiones más altas, pero aceptables, de partículas.

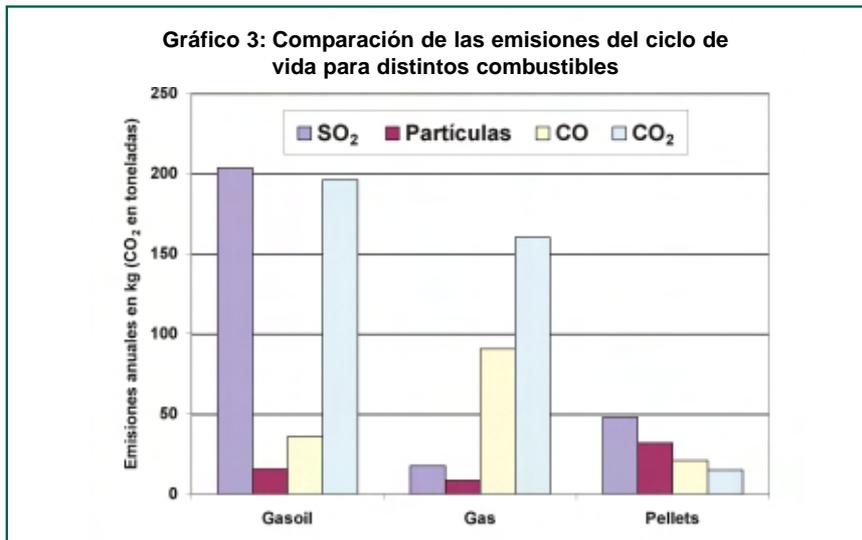
Sin embargo, las emisiones de calderas no son las

únicas consecuencias para el medio ambiente que deben ser consideradas. La producción y el transporte del combustible suponen unas cantidades considerables de contaminación que necesitan considerarse para el equilibrio ambiental. Las emisiones del ciclo de vida presentadas en el gráfico 3 han sido calculadas con la base de datos GEMIS, desarrollada para el análisis del ciclo de vida. Los resultados se basan



en el estado actual de la tecnología de calderas, con condiciones estándar para los combustibles convencionales y suponiendo que los pellets de madera son transportados en camión una distancia de 300 km. Incluso se consideran las emisiones debidas a la producción y al reciclado de las calderas.

Tabla 2: Emisiones en mg/kWh de energía suministrada	Gasóleo de calefacción	Gas Natural	Astillas de madera/Pellets
CO	10	150	250
SO <sub>2</sub>	350	20	20
NO <sub>x</sub>	350	150	350
Partículas	20	0	150
NMVOG	5	2	10



La comparación muestra, que los pellets cumplen mejor los límites de emisiones de CO<sub>2</sub> y CO. Las emisiones de SO<sub>2</sub> son significativamente más bajas que para las calderas de gasóleo pero levemente más altas que en las calderas de gas. Las emisiones de partículas son levemente más altas pero su cantidad no supera los 30 kg al año, tres ceniceros llenos.

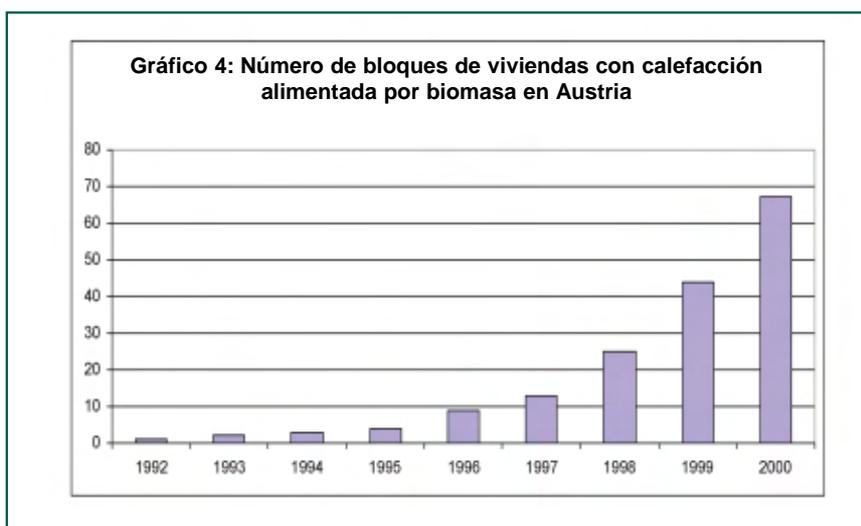
### Crecimiento del mercado

La calefacción de edificios es un gran mercado de energía. En algunos países como Austria, Dinamarca,

Alemania y Suecia, el uso de biomasa en este mercado ha crecido rápidamente en los últimos años.

El gráfico 4 muestra el número de bloques de viviendas con calefacción alimentada por biomasa en Austria. En la provincia de Salzburgo en el año 2001 más del 50 % de la nueva vivienda residencial construida fue calentada con biomasa.

Este crecimiento también se está dando en España encontrando bloques de viviendas o edificios públicos alimentados por biomasa a lo largo de todo el territorio nacional.





2

**Calefacción  
con biomasa.  
Un sistema viable**

# 2

## ¿Es la calefacción con biomasa un sistema viable?

El proceso completo, desde la primera idea hasta realizar la instalación de biomasa, cubre diferentes aspectos. Los mismos aspectos, con formas distintas, pueden aparecer en diversas etapas del proceso. Por ello, la evaluación económica del proyecto debe realizarse tanto al comienzo como al final del proceso. A menudo es aconsejable volver atrás y reconsiderar los aspectos de fases anteriores. Uno de los pasos más importantes del proceso es hacer un estudio de viabilidad, en las primeras fases del proyecto, que clarifique los puntos más importantes. Este capítulo guía al lector a través de las principales consideraciones del estudio de viabilidad. Los siguientes capítulos darán más información sobre los detalles relevantes que deben ser considerados en la realización de un sistema de calefacción con biomasa.

### Cuestiones Generales

Los sistemas modernos de calefacción con biomasa trabajan del mismo modo que los sistemas de calefacción convencionales con gasóleo o gas. Estos sistemas sólo son poco

corrientes, por tanto, todos los agentes involucrados deben recibir periódicamente información detallada, ya que el escepticismo sobre esta nueva tecnología es la mayor barrera para el éxito del proyecto. El grupo de agentes sectoriales relevantes incluye los inversores, los potenciales usuarios del edificio, los vecinos y las autoridades públicas. La puesta en marcha de un proyecto de calefacción con biomasa no es una tarea fácil en un medio donde nunca antes se ha visto este tipo de instalaciones, y requerirá un importante esfuerzo de comunicación. Sin embargo, también es un ejercicio gratificante, porque es la vía para que, en el futuro, muchos edificios dispongan de este sistema. Ser pioneros en este campo será una recompensa en el futuro.

### Disponibilidad de espacio, planificación adaptada

Un sistema de calefacción con biomasa necesita algo más de espacio para la caldera, el silo de combustible y el acceso para el suministro de combustible. Si el espacio disponible es pequeño, probablemente, no sea un buen

proyecto para la demostración de esta nueva tecnología. Si el proyecto y la construcción del edificio están en una fase inicial, es una ventaja considerable pues permite la adaptación del diseño. Una buena comunicación entre el arquitecto y el técnico facilitará esta tarea.

### **Disponibilidad de suministro del combustible**

Aunque la disponibilidad de biomasa es abundante en Europa, el suministro aún no está organizado en muchos casos. Un biocombustible adecuado puede proceder de la industria agroforestal local, que produzca biomasa residual, de los residuos forestales o de residuos de cultivos agrícolas. La aparición de los pellets, con alta densidad energética que permite transportarlos grandes distancias, ha mejorado considerablemente la situación; además, el número de los productores de pellets está creciendo rápidamente. En cualquier caso, debe asegurarse el suministro a largo plazo de los biocombustibles, con una calidad alta y constante, antes del establecimiento de un sistema de calefacción con biomasa. En la página web [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info) puede obtenerse un listado de suministradores de biomasa.

### **Mantenimiento de la caldera**

La diferencia principal entre la operación de una caldera de biomasa y una caldera de gasóleo es, que en la caldera de biomasa las cenizas se han de retirar periódicamente. Es importante establecer por anticipado la identidad de la persona que va tener la responsabilidad de esta tarea y que va vigilar el almacenamiento del combustible. Si se utiliza una caldera sin limpieza automática del intercambiador, será necesario realizar un trabajo considerable para limpiar el polvo de cenizas en el mismo.

### **Estimación de la potencia y necesidades de combustible**

Es importante establecer los cálculos correctos con relación a la demanda térmica del edificio al inicio del diseño del proyecto, ya que este cálculo tiene una influencia considerable tanto económicamente como en el adecuado funcionamiento de la planta.

Si el sistema de calefacción con biomasa sustituye a un sistema de calefacción de un edificio existente, la demanda anterior de combustible es la mejor base para el cálculo de la demanda y también de la potencia requerida (que frecuentemente no se corresponde con la potencia de las calderas existentes). El requisito de potencia real se puede calcular a partir de la energía térmica demandada (la demanda de gasóleo debe incluir el rendimiento de la caldera) dividiéndola por el número de horas equivalentes a potencia máxima que corresponden al clima local y al uso del edificio.

Si el sistema va a instalarse en un edificio de nueva construcción la potencia térmica y la demanda de calefacción se deben calcular considerando los datos de aislamiento del edificio y de la superficie de la epidermis del mismo, así como la demanda del agua caliente. El uso de estos parámetros es mejor que considerar los estándares de demanda ya que, a menudo, están anticuados.

### **Estimaciones económicas**

La forma más fácil de comparar las diferencias económicas entre los diferentes sistemas de calefacción es el cálculo con el modelo estándar VDI 2067. Puede descargarse una hoja de cálculo con este modelo en [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info) para estimar los costes totales de la energía y compararlos con los costes de sistemas de calefacción convencionales.

De acuerdo con las experiencias suecas entre el 20 y el 25 % de la inversión total para un sistema de calefacción de biomasa (en un edificio ya existente) está relacionado con el almacenamiento del combustible y el sistema de suministro del combustible. La caldera automática de biomasa, incluyendo un sistema de limpieza de humos simple y otros equipos que se encuentran normalmente en una sala de calderas, suman cerca de 50 % de los costes. El resto, generalmente menos del 30%, puede dividirse equitativamente entre la chimenea y el coste de ejecución, así como el diseño, gastos administrativos, dirección de obra, permisos, etc.



3

**Selección  
del biocombustible**

# 3

## Selección del biocombustible

### Propiedades de los pellets, las astillas de madera y los residuos agroindustriales

Los tipos de combustible más convenientes para los sistemas de calefacción de biomasa en grandes edificios son los pellets, las astillas de madera y los residuos agroindustriales como los orujillos, las pepitas de uva o las cáscaras de almendra. Los pellets son un biocombustible estandarizado, cilíndrico, hecho por la compresión de virutas y astillas molturadas y secas, procedentes de residuos de madera limpios, de serrerías o de otras industrias forestales o agroforestales. En el proceso de producción no son utilizados pegamentos o productos químicos, solo alta presión y vapor. En algunos países se usan añadidos biológicos como patata, harina de maíz o el licor negro de la industria de la pulpa hasta un máximo entre el 1 % y el 3%.

El poder calorífico inferior de los pellets es aproximadamente 4,7 kWh/kg (4.000 kcal/kg). Dos kilogramos de pellets equivalen aproximadamente a un litro de gasóleo.

Es importante señalar que los pellets no contengan otras sustancias o contaminantes que puedan aumentar la cantidad de ceniza considerablemente, lo que puede generar problemas en la caldera. También es necesario que los pellets posean cierta resistencia mecánica y no se desintegren fácilmente en polvo, ya que éste tiene unas propiedades diferentes.





Se han establecido estándares para la calidad de los pellets en Suecia, Austria, Alemania y Estados Unidos. En Europa se está preparando un estándar CEN para biocombustibles y en España dentro de AENOR existe un grupo de trabajo con los mismos objetivos.

Las astillas de madera son trozos pequeños de longitudes entre 5 y 50 milímetros en la dirección de la fibra. A menudo también contienen ramitas largas y una fracción fina (denominada "finos"). La calidad de las astillas de madera depende de la materia prima y de la tecnología de producción. En Europa son comunes tres tipos distintos de astillas de madera:

1. Las astillas de madera de residuos de monte como ramas y copas de árboles procedentes de podas. Son más abundantes en los países nórdicos. Estas astillas tienen un contenido de agua de alrededor del 50%, su tamaño varía desde polvo a astillas, y contienen hojas y cortezas. Estas astillas sólo son adecuadas para grandes calderas en redes centralizadas de calefacción.
2. Las astillas producidas en la industria del aserrado, con un contenido de agua entre 40 - 50%,

que se usan en industrias de la pulpa y del papel. Tienen unas propiedades mejores de combustión, pero son demasiado húmedas para pequeñas calderas, a menos que los residuos de la industria se dejen secar antes de astillarlos, o las astillas se sequen (por ejemplo, almacenadas en un contenedor con ventilación de aire caliente).

3. Las astillas de las podas sin ramillas ni hojas, dejando que se sequen durante unos seis meses antes de astillarlas (esto varía según la especie y la climatología del lugar). Estas astillas contienen alrededor de un 30 % de agua y deben ser uniformes en calidad y tamaño (mediante el uso de una buena astilladora, con un buen mantenimiento). Estas astillas son apropiadas para calderas como las usadas en grandes edificios. Trozos largos de madera, no astillados, pueden causar fallos de operación y deberían eliminarse durante la producción de astillas.

Los residuos agroindustriales pueden tener muchos y muy distintos orígenes. Suelen ser de tamaño reducido (menores de 10 mm) lo que supone una ventaja para su uso en calderas de edificios. El grado de humedad varía de forma significativa según el tipo de residuo existiendo un intervalo de variación muy amplio, entre el 10 y el 40 %. Generalmente los proveedores de este tipo de combustibles disminuyen estos valores mediante secado. Su composición varía mucho según el tipo de residuo siendo necesario poner especial atención a las emisiones en algunos casos. Su poder calorífico inferior se sitúa en el rango de los 4,0 – 4,7 kWh/kg (3.500 kcal/kg – 4.000 kcal/kg) siendo unos combustibles baratos y de gran calidad.

La tabla 3 proporciona los datos básicos de un biocombustible apropiado para su uso en la calefacción de grandes edificios. Las astillas de

**Tabla 3 : Datos básicos de los biocombustibles para calefacción**

	<b>Pellets de madera</b>	<b>Astillas de madera seca</b>	<b>Residuos agroindustriales</b>
Poder calorífico inferior	17,0 GJ/t	13,4 GJ/t	14,6 - 16,7 GJ/t
- por kg	4,7 kWh/kg	3,7 kWh/kg	4,0 - 4,7 kWh/kg
- por m <sup>3</sup>	3.077 kWh/ m <sup>3</sup>	744 kWh/ m <sup>3</sup>	744 - 2.500 kWh/ m <sup>3</sup>
Humedad (b.s.)	8 %	25 %	10 - 40 %
Densidad	650 kg/m <sup>3</sup>	200 kg/m <sup>3</sup>	200 - 500 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de cenizas	0,5 %	1 %	1 - 2 %

madera húmedas no deberán ser usadas en estos sistemas de calefacción. Los datos de densidad están referidos a volumen de apilado de la biomasa, denominado estéreo o m<sup>3</sup> de volumen suelto, m<sup>3</sup> lv ("loose volumen").

En cualquier caso, es esencial para el adecuado funcionamiento del sistema de calefacción con biomasa que la calidad del combustible se corresponda con los requerimientos de la caldera.

### Selección del combustible apropiado

Tanto los pellets como las astillas o los residuos agroindustriales tienen ventajas y desventajas. Es importante considerarlas cuando hay que tomar una decisión sobre la elección del combustible.

#### Astillas de madera

- + pueden estar disponibles localmente
- + la producción fomenta el empleo local
- + más baratas que los pellets
- requieren un mayor espacio para el almacenamiento
- alta calidad y uniformidad son importantes, pero difíciles de asegurar
- mayor demanda de personal para la operación y mantenimiento de la planta

#### Pellets

- + combustible estandarizado con alta fiabilidad de operación

- + requieren menor espacio para el almacenamiento
- + menor esfuerzo para la operación y mantenimiento de la planta

- alto coste del combustible
- menores beneficios para la economía local

#### Residuos Agroindustriales

- + pueden estar disponibles localmente
- + más baratos que los pellets y las astillas
- + menor esfuerzo para la operación y mantenimiento de la planta que las astillas
- requieren un mayor espacio para el almacenamiento
- pueden dar problemas de emisiones o corrosión de la caldera
- mayor demanda de personal para la operación y mantenimiento de la planta que los pellets

Un m<sup>3</sup> de pellets tiene cuatro veces la energía del contenido de un m<sup>3</sup> de astillas secas, por ello, el almacenamiento necesario es menor. Algunas calderas en el mercado tienen dos sistemas incorporados, uno para pellets y otro para astillas, con un sistema electrónico de control que adapta los parámetros de combustión según la selección del combustible. Esta flexibilidad en el combustible puede ser útil y económica. En este caso, el almacenamiento y el sistema de recuperación del combustible debe diseñarse para la operación con ambos combustibles.



4

**Almacenamiento  
de la biomasa**

# 4

## Almacenamiento de la biomasa

Los biocombustibles pueden almacenarse en un depósito dentro del edificio, en una habitación cerrada cerca de la caldera o en un almacén separado fuera del edificio. Este puede ser un silo, en superficie o subterráneo, en una habitación desde donde el combustible es transportado hasta la caldera por un tornillo sin fin. Otra solución es un contenedor situado al lado del edificio, con rampas de descarga, que transporte la biomasa de uno a otro mediante de un vehículo de intercambio de carga.

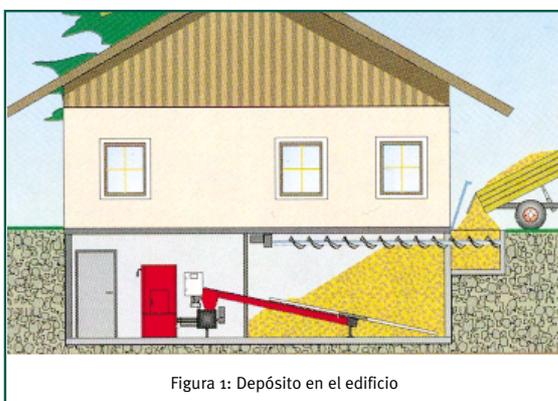


Figura 1: Depósito en el edificio

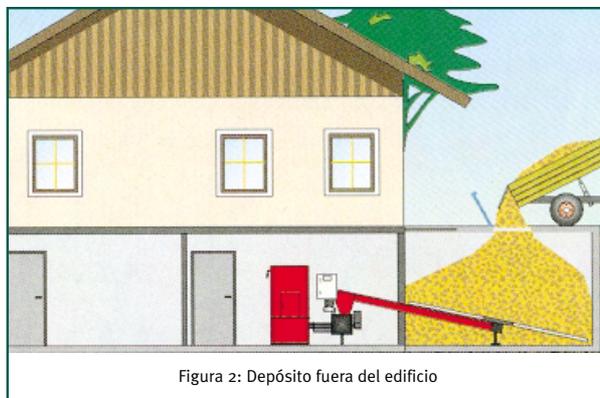


Figura 2: Depósito fuera del edificio

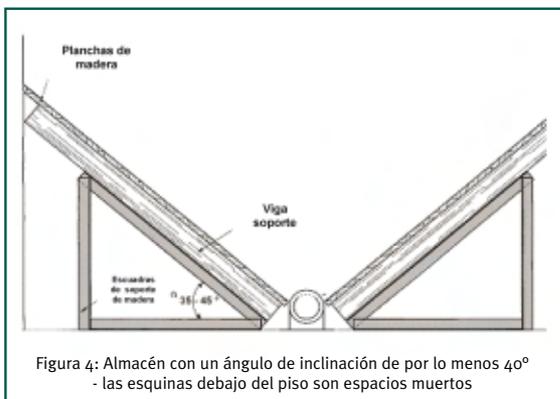


Figura 3: Depósito cercano al edificio

## Ejemplos de almacenamiento de combustible

El combustible puede ser transportado desde el almacén hasta la caldera de distintas formas:

- Suelo llano con rascadores horizontales hidráulicos - caro pero optimiza el volumen de biomasa disponible (se utiliza principalmente con astillas, no con pellets).
- Rascadores giratorios (como en las dos primeras figuras) - más baratos, pueden usarse tanto con astillas como con pellets, el almacén deberá ser redondo o cuadrado para evitar espacios muertos.
- Suelo inclinado con un tornillo sin fin.
- Suelo inclinado con un sistema de alimentación del combustible neumático - el sistema más barato, sólo admite pellets, la alimentación neumática permite el almacenaje de pellets en una habitación hasta 15 m de distancia del cuarto de calderas. El sitio de almacenaje debe ser largo y estrecho para evitar demasiados espacios muertos.



La selección del sistema de almacenamiento tiene implicaciones para el transporte y los sistemas de suministro que deben ser consideradas. Los silos sobre el terreno necesitan vehículos de suministro que puedan descargar lanzando el combustible sobre la pila. Los silos subterráneos se pueden llenar con cualquier vehículo con volquete. Esta es la solución más común. Si la compuerta de descarga no se puede situar en el centro del

almacén, dispositivos como tornillos sin fin pueden mover el combustible dentro del silo para evitar grandes espacios vacíos. En cualquier caso, esto es más caro. Es muy importante asegurar la impermeabilización del almacén para evitar la entrada de agua del subsuelo. El almacenamiento de astillas debe estar bien ventilado para permitir el secado de las astillas y evitar la aparición de moho.

## Tamaño del depósito

El volumen de almacenamiento depende de varios factores: Expectativa de la demanda de combustible, tipo de combustible, fiabilidad de suministro del combustible, espacio disponible, tamaño del vehículo de suministro, etc. Para edificios existentes la solución más eficiente económicamente es, a menudo, adaptar el suministro de combustible al silo de almacenamiento existente, en lugar de construir uno nuevo.



Llenar más del 70 por ciento del espacio del depósito es una tarea difícil y es importante poder descargar un camión completo sin tener que esperar a que se vacíe por completo el almacén. Por ello, cuando se proyecta un edificio nuevo el tamaño mínimo del depósito debe ser aproximadamente un 50 % mayor que un camión lleno de combustible o que la demanda de combustible para dos semanas. Si el suministro continuo de biomasa parece inseguro, puede tener más sentido el uso de una caldera convencional, para los picos de demanda y como sistema auxiliar, que un volumen de almacenamiento mayor.

Dado que los pellets son generalmente más baratos en verano que en invierno, puede ser más viable económicamente en proyectos más pequeños, almacenar la demanda anual de pellets, pero esto debe verificarse en cada caso.

Esto mismo sucede con los residuos agroindustriales. Dependiendo del tipo de residuo, la actividad de las industrias que lo generan puede desarrollarse a lo largo de todo el año, o puede ser una actividad centrada en una época determinada (este es el caso de los orujillos de aceite), siendo necesario el almacenamiento del combustible para el resto del año. En este caso puede ser útil un parque exterior de almacenamiento centralizado que alimente varios silos de distintos edificios.

Debe considerarse cómo se puede vaciar el almacén en caso de ocurrir un fallo técnico del equipo o para realizar construcciones en el almacén.

Hay que buscar contactos con las empresas constructoras en las primeras etapas para considerar las normativas de edificación locales y otras especificaciones locales en el proceso de diseño del proyecto.

Puede descargarse un programa de cálculo de la demanda de biomasa en [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info)

### Trazado del depósito y del cuarto de calderas

El cuarto de calderas y el almacén deben estar siempre separados por razones de protección contra incendios. Hay que asegurarse de tener suficiente espacio alrededor del equipo para permitir su mantenimiento y reparación. El diseño del cuarto de calderas debe incluir un lugar para las labores diarias de operación,

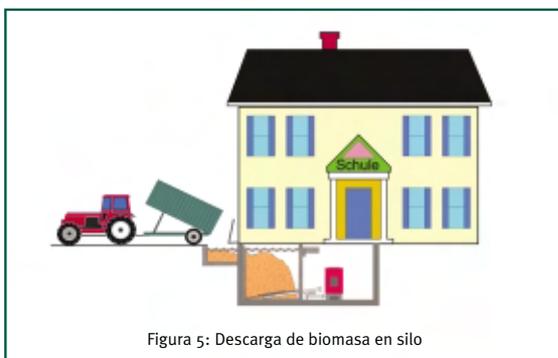


Figura 5: Descarga de biomasa en silo

mantenimiento y reparación en la instalación. Una de las actividades que necesita más espacio es el cambio de los sistemas de alimentación y tornillos sin fin para pellets y residuos agroindustriales. También debe garantizarse suficiente espacio para la limpieza de los tubos del intercambiador de calor (a menos que sea un sistema automático).

Un cuarto de calderas típico para una caldera por debajo de 350 kW, necesita 20 m<sup>2</sup> de espacio. Para otras disposiciones ver por ejemplo, <http://www.pelletsheizung.at/einbau/beispiel.htm>

### Características de la seguridad de los silos de biomasa

El almacenamiento de biomasa tiene unas características específicas de seguridad para prevenir problemas como, el daño del silo, autocombustiones, explosiones o la degradación del combustible. Un cuarto de almacenamiento de biomasa debe cumplir:

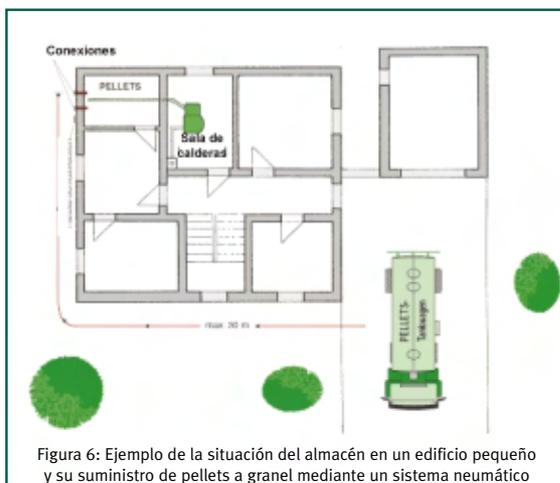
- Estar completamente seco.
- Tener una capa de goma que proteja la pared de los golpes de los pellets durante su manipulación.
- Las puertas del almacén deben ser compactas y resistentes al fuego, y unos tablones de madera deben proteger las puertas contra la presión de la biomasa.
- Las instalaciones eléctricas dentro del almacén no están permitidas.
- El sistema neumático de las tuberías debe tener una toma de tierra para prevenir chispas electrostáticas durante la carga.
- Las paredes deben ser suficientemente fuertes para soportar la presión de la biomasa.
- Las paredes deben ser resistentes al fuego durante 90 minutos.

Una vez al año debe limpiarse el polvo acumulado y deben ser engrasados los cojinetes del tornillo sin fin.

## Suministro del combustible



Los biocombustibles forestales o agrícolas son suministrados usualmente en camiones o tractores con volquetes que ese inclinan sobre las compuertas del almacén, o mediante camiones con sistemas neumáticos de descarga del combustible. Para las astillas es más común el uso de un volquete y para los pellets los sistemas neumáticos. En el caso de los agroindustriales pueden darse las dos formas.



Puesto que un  $m^3$  de pellets tiene cuatro veces el contenido energético de un  $m^3$  de astillas forestales secas, su suministro es menos frecuente que para las astillas. Por esta razón, entre otras, las instalaciones de pellets son más fácilmente aceptadas que las de astillas en centros de ciudades muy poblados. Lo mismo ocurre en el caso de residuos agroindustriales, ya que además de necesitar menos espacio tienen un precio menor.

Otras implicaciones relacionan la seguridad vial y el espacio. Debe haber sitio suficiente para que los vehículos den la vuelta. Un punto delicado es la discusión sobre si la zona de aparcamiento o los espacios verdes abiertos pueden utilizarse para las maniobras de carga y descarga de la instalación.

Cuando se utiliza un sistema de descarga neumático, deben tomarse las siguientes medidas de seguridad:

- El conductor debe comprobar si el cuarto de almacenaje cumple con los estándares de seguridad antes de la descarga.
- Debe también controlar que la caldera no esté en operación (ya que la depresión en el silo puede provocar un reflujo de la llama de la caldera hacia el almacén).
- Se debe aspirar el aire fuera del almacén durante la carga para evitar que el polvo sea impulsado al interior de la casa
- La presión de suministro se debe limitar para prevenir el daño del almacén y la desintegración de los pellets durante la carga.

Cuando los biocombustibles se suministran mediante volquete en el almacén tienen que considerarse otros temas como:

- La entrega debe realizarse cuando menos se moleste a los residentes (ejemplo: última hora de la mañana).
- Deben tomarse medidas de seguridad para que nadie caiga en la apertura del almacén. Una rejilla de acero es la mejor protección pero debe ser suficientemente amplia para prevenir problemas de obstrucción con el combustible (por lo menos aperturas de 20 x 20 centímetros).
- Deben considerarse las emisiones de polvo durante el suministro cuando la puerta del almacén está abierta.
- Todos los restos del combustible deben ser limpiados después del suministro para evitar problemas con los vecinos.



5

**Calderas automáticas  
de biomasa**

# 5

## Calderas automáticas de biomasa

Se han hecho grandes avances respecto al aumento del rendimiento y en la reducción de las emisiones de partículas y monóxido de carbono CO. Los avances se han alcanzado particularmente en el diseño de la cámara de combustión, en el suministro del aire de combustión y en los sistemas de control automático del proceso de la combustión. El estado actual de la tecnología de las calderas automáticas parece haber aumentado su rendimiento de un 60 % a un 85 – 92 % durante la década pasada y se ha logrado una disminución de las emisiones del CO desde valores del rango de 5.000 mg/m<sup>3</sup> hasta valores de 50 mg/m<sup>3</sup> y menores. El rendimiento anual, la relación entre el contenido en energía del combustible utilizado y la energía suministrada realmente a la casa, fue medido en un estudio danés, resultando como valor medio el 78 % para las instalaciones de calefacción de biomasa en grandes edificios.

Sin embargo, existen diferencias significativas en la calidad de los productos entre los distintos países que componen el mercado europeo. Es

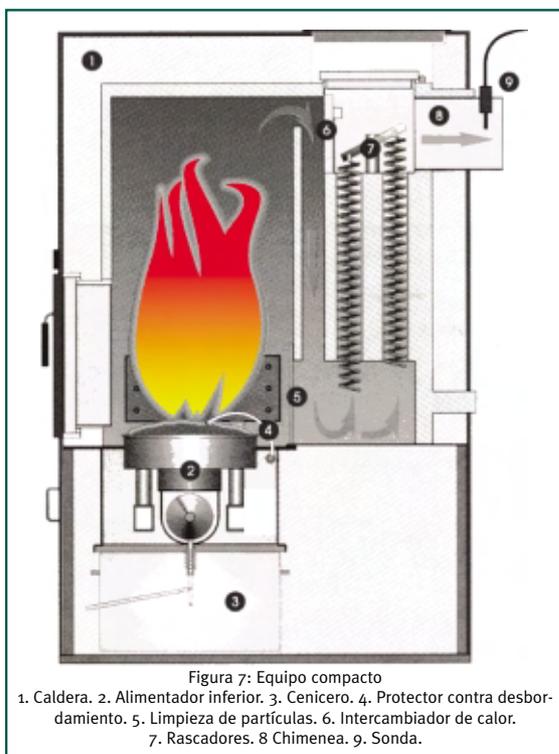
muy importante seleccionar, para la calefacción en el sector doméstico, las calderas cuya tecnología sea más avanzada y que se adapten a los requisitos del alto rendimiento. Las calderas de biomasa convencionales, diseñadas para el uso en la industria de madera o en usos agroindustriales, pueden generar emisiones significativas, tener un rendimiento más bajo, necesitar un mayor mantenimiento y su funcionamiento tiene menos fiabilidad de la necesaria en el sector doméstico. La manera más segura es pedir referencias de proyectos en calefacción residencial y visitar estas instalaciones para evaluar las experiencias que se han tenido con la caldera.

### Selección de la caldera

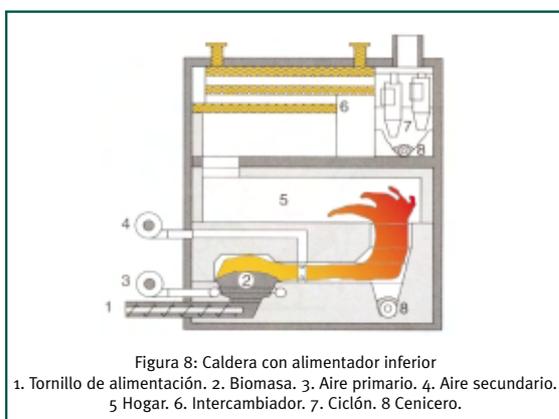
Se pueden distinguir varios tipos de quemadores automáticos en el rango de potencias entre 50 y 500 kW. Los tipos más comunes son:

– Equipos compactos. Estas calderas son versiones agrandadas de las calderas domésticas de pellets. Son comparativamente baratos

y bien aceptados pues se han diseñado para calefacción doméstica y no para uso industrial. Eso significa que incluyen sistemas para la comodidad del usuario como la limpieza automática, el encendido eléctrico y una alta fiabilidad.



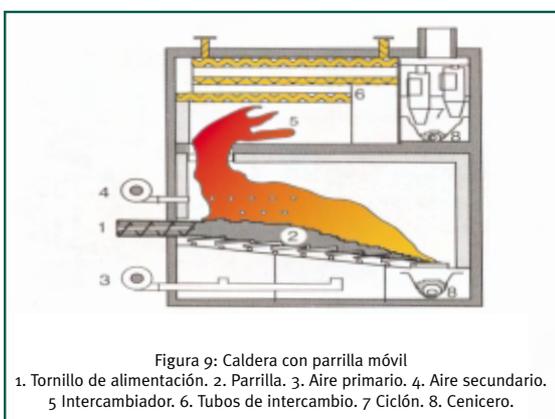
– Calderas con alimentador inferior. Estas calderas están bien adaptadas para biomasa con bajo contenido de cenizas como las astillas, los pellets y algunos residuos agroindustriales. Hay que asegurarse que el modelo elegido puede ser utilizado para calefacción doméstica.



– Calderas con parrilla móvil. Estas calderas son más caras pero pueden utilizar biomasa con contenidos altos en humedad y cenizas. Este diseño se utiliza generalmente en calderas con una potencia superior a 1.000 kW.

– Calderas de gasoil con un quemador de pellets. Esta solución es común en Escandinavia. Una vieja caldera de gasoil existente se adapta con un quemador de pellets. Esto es una solución perceptiblemente más barata con algunas desventajas: la potencia obtenida se reduce alrededor del 30 % por la conversión y la limpieza de la caldera no puede ser automatizada siendo más laboriosa su operación.

– Calderas adaptadas con quemador en cascada. El quemador en cascada se está utilizando en España para la conversión de calderas de combustibles convencionales o su uso en calderas de biomasa. Básicamente, la parrilla se estructura igual que una parrilla móvil, pero el quemador se sitúa fuera de la caldera.



La impulsión de aire se hace con un doble objetivo; introducir aire en el quemador para que se produzca la combustión en la primera parrilla y empujar el aire resultante de la combustión hacia las parrillas siguientes y hacia el interior de la caldera para conseguir su completa combustión y la obtención del máximo rendimiento posible. El resultado del proceso es la aparición de una llama semejante a la de combustibles tradicionales como el carbón o el gas natural dentro de la caldera.

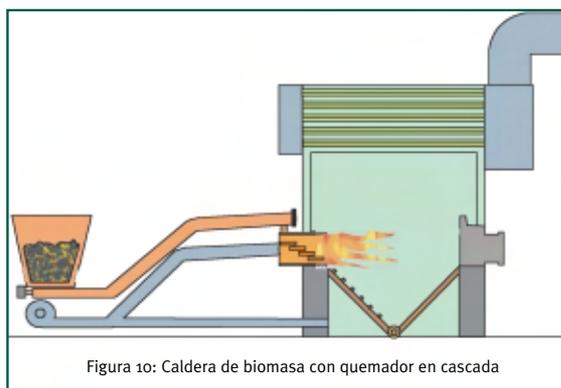


Figura 10: Caldera de biomasa con quemador en cascada



Hay también otros diseños. La clave para la selección de la caldera es el tipo de combustible que se utilizará. La caldera se debe seleccionar para compaginar con las calidades disponibles

del combustible. Otros puntos importantes a considerar cuando se selecciona una caldera son:

- Alto rendimiento (más del 85%) probado por mediciones certificadas.
- Bajas emisiones de CO (por debajo de 200 mg/m<sup>3</sup>), bajas emisiones de polvo (por debajo de 150 mg/m<sup>3</sup> a plena carga).
- Variación continua de la potencia de salida (no solo regulación por conexión/desconexión, ya que esto causa emisiones y pérdidas altas).
- Alto grado de automatización para reducir el trabajo del mantenimiento.
- Posibilidad de telecontrol de los parámetros de la caldera por el suministrador de la misma.
- Referencias que prueben que la caldera se ha utilizado en aplicaciones domésticas de calefacción con éxito.

### Estrategias para regular la carga y mejorar la seguridad de suministro

Durante la estación de invierno cualquier sistema de calefacción está sujeto a muchas variaciones de carga de calefacción, según la meteorología, el comportamiento del usuario, etc. La curva de carga muestra la demanda que se puede esperar para un periodo de tiempo determinado. Esto puede calcularse de acuerdo a la fórmula de Sochinsky.

Es difícil controlar una caldera de biomasa, con condiciones de operación muy distintas, sin exceder los límites de emisión y otros problemas. Hay diversas opciones para regular la flexibilidad del sistema de calefacción en correspondencia con las distintas cargas:

- 1) Se puede complementar la caldera de biomasa con una caldera convencional (de gasoil o de gas) que cubra los picos de demanda y sirva como sistema auxiliar. La potencia de la caldera de biomasa se reduce hasta el 60 ó 70% de la potencia térmica máxima. En este caso podrá abastecer entre el 90 y el 95% de las necesidades energéticas de calefacción ya que la demanda

máxima de carga sólo aparece durante períodos cortos (esto depende del clima local, sin embargo, es necesario calcular la curva local de duración de carga para su dimensionamiento apropiado). La potencia de la caldera convencional debe abastecer la demanda máxima para tener el 100 % de seguridad de abastecimiento. Esta solución es particularmente ventajosa cuando existe un viejo sistema de calefacción de gasoil o gas y puede ser utilizado en periodos de tiempo cortos.

2) La caldera de biomasa puede cubrir la demanda máxima, ayudada por un depósito de inercia (depósito de agua caliente) para gestionar los periodos cortos de variación de carga y asegurar que la caldera pueda operar con cargas bajas de forma razonable. El depósito de inercia se utiliza, en algunos países, como acumulador de agua caliente de un sistema energía solar térmica, durante el verano. Esta solución tiene como ventaja que sólo se necesita una chimenea. Se puede instalar una caldera auxiliar de gasoil con salida a la misma chimenea, pero sólo podrá operar cuando la caldera de la biomasa no esté en funcionamiento.

3) Combinación de dos calderas de biomasa. La segunda caldera aumenta la seguridad de suministro (por esta razón debe tener su propio sistema de alimentación de combustible) y se asegura que las calderas operen de forma óptima para cualquier carga. Puede ser más barato instalar una segunda caldera de biomasa que una caldera convencional más un depósito de gasoil o una conexión de gas.

Debe observarse en este punto, que un sistema de gestión de la demanda correctamente dimensionado depende de una correcta estimación de la carga real de calor. En edificios existentes la carga de calor puede ser calculada dividiendo la demanda energética anual por el número de las horas de operación a potencia máxima que corresponden al clima local y al uso concreto del edificio.

## Sistemas de la seguridad

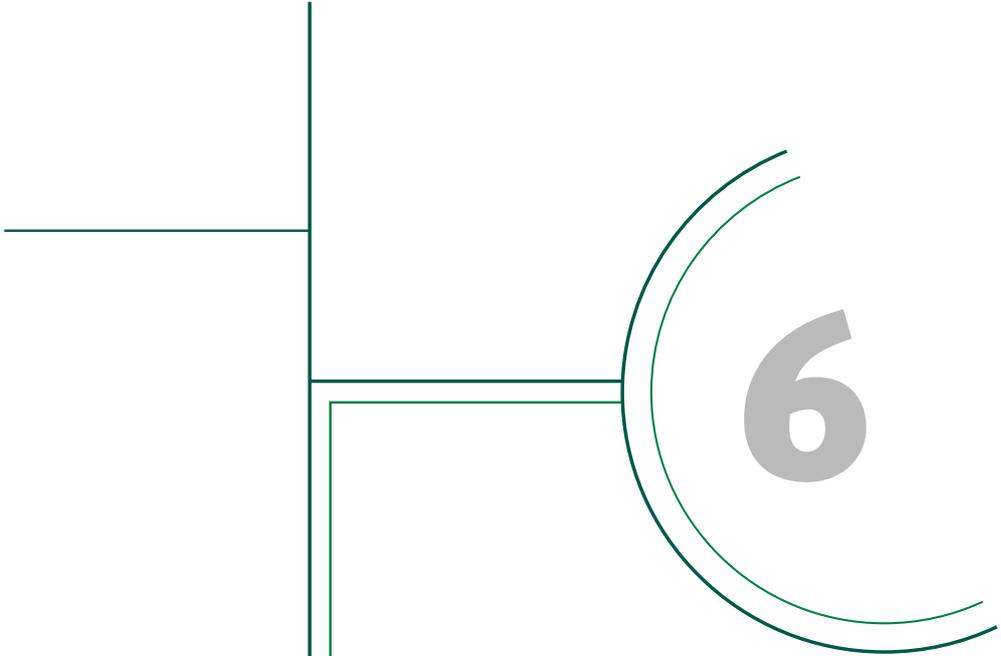
Una caldera de biomasa tiene mayor inercia para producir calor que una caldera de gasoil o de gas. Si hay un corte eléctrico, el combustible en la caldera continuará quemándose y produciendo calor adicional que debe ser eliminado. Una opción para solucionar esto es un recipiente de expansión abierto que pueda liberar el vapor si la temperatura del agua en la caldera alcanza 100 °C. Otra opción es un intercambiador de calor de seguridad en la caldera, que esté refrigerado por una corriente de agua tan pronto como la temperatura de la caldera se eleve demasiado. Un depósito de acumulación también proporciona seguridad, si la circulación natural puede enfriar la caldera.

Dado que los controles electrónicos de la caldera se pueden desprogramar por apagones, es importante, que las bombas que mueven el agua de la calefacción a través de la casa no estén controladas por estos componentes, de forma que continúen trabajando después de un corte eléctrico.

Otro sistema importante de seguridad debe evitar el reflujos de la llama de la caldera hacia el almacén de combustible. Se requieren, por lo menos, dos sistemas para asegurar esto: uno de interrupción del sistema de transporte del combustible (ejm. por un elemento de realimentación o una tubería, a través de los cuales el combustible cae dentro de la caldera) y un sistema de riego que pueda inundar el tubo del transporte del combustible si se da el reflujos.

Otro sistema de seguridad diseñado para proteger la caldera contra la corrosión es el denominado "shunt", que mezcla el agua fría de retorno del sistema de calefacción con el agua caliente que sale de la caldera, antes de entrar en la misma. Esto asegura que los humos nunca se condensan en la caldera.

Las normativas de seguridad están documentadas en la norma EN 303-5.



**Ruido**

# 6

## Ruido

El ruido de los sistemas de producción energética con biomasa puede causar problemas con los vecinos y debe considerarse durante la fase de proyecto, porque unas medidas simples y baratas pueden prevenir problemas posteriores. Las principales fuentes de ruido son los ventiladores del aire y de los gases de salida y los tornillos de alimentación sin fin o los sistemas neumáticos de transporte. Para eliminar los problemas de ruido deben considerarse los siguientes puntos.

1. Adaptar el diseño arquitectónico. Los dormitorios no deben situarse directamente encima del cuarto de calderas. Las chimeneas no deben pasar a través de los dormitorios si es posible.
2. Si el edificio es de nueva construcción, una medida barata y muy efectiva es independizar el suelo, del cuarto de calderas y del silo de biomasa, de las paredes mediante la inserción de rellenos elásticos entre el suelo y las paredes, de forma que no haya conexiones de hormigón o acero entre ambos.
3. Cualquier punto de contacto entre las partes mecánicas y las paredes o el suelo debe tener aislamiento acústico (ejm. donde un tornillo sin fin atraviesa una pared desde el silo al cuarto de cal-

deras, el alimentador de la caldera, etc.).

4. Preguntar al fabricante de la caldera que han hecho para limitar los ruidos (ejm. selección cuidadosa de los motores, proyectos de I+D para reducir ruidos, las partes de aislamiento acústico, como los tacos de goma, deben formar parte de la entrega de la caldera).
5. Visitar plantas de referencia para escuchar y comparar los ruidos emitidos durante el funcionamiento. A día de hoy, no se ha definido una normativa sobre niveles de emisiones de ruido por ser el ruido dependiente de las condiciones ambientales.
6. Las chimeneas de acero son más ruidosas que las de hormigón.
7. En algunos casos, por razones de ruido y por otras razones técnicas y de organización, puede ser preferible construir un edificio (subterráneo) separado para la caldera y el almacenamiento.

El ruido puede darse también durante el suministro y descarga del combustible. Esto puede tratarse en la elección del lugar, pero también en el contrato de suministro de combustible, por ejemplo mediante un contrato de suministro de combustible en un momento del día y de la semana en que los vecinos no estén en sus casas.



7

**Producción de agua  
caliente sanitaria  
e integración  
con sistemas  
de energía solar térmica**

# 7

## Producción de agua caliente sanitaria e integración con sistemas de energía solar térmica

La combinación de una caldera de biomasa con un sistema de energía solar térmica para calefacción y agua caliente sanitaria es una opción particularmente atractiva. El sistema solar permite parar la instalación de biomasa en verano, reduciendo su mantenimiento, emisiones y pérdidas de energía por uso intermitente debido al bajo consumo de energía térmica. El acumulador del sistema de energía solar puede utilizarse para equilibrar las variaciones de carga de la caldera de biomasa en invierno, lo que supone una ventaja considerable



tanto para los picos de carga como para los valles (atenúa las variaciones de carga de la caldera). Si se utiliza el diseño apropiado, el sistema de energía solar puede aportar energía tanto a la generación de agua caliente como a la calefacción. Además el sistema de energía solar puede utilizarse para otros usos como son el calentamiento de piscinas o la climatización mediante la generación de frío por medio de una máquina de absorción. Por último un sistema de energía solar supone un valor añadido al edificio debido a la "imagen verde" que se deriva de la visión de los captadores solares.

Los posibles diseños de instalaciones combinadas de energía solar y biomasa varían en los distintos países de Europa según sus normativas y concepciones del uso de la energía solar térmica.

En España estas aplicaciones deben cumplir unas reglas básicas como son:

- Consumir prioritariamente la energía solar evitando las pérdidas por acumulación.



- Asegurar la correcta complementariedad entre la energía solar y la energía auxiliar (biomasa).
- No juntar la energía solar con la energía auxiliar (biomasa) menos en casos justificados.
- Nunca debe mezclarse el agua caliente sanitaria con el agua para calefacción.

De acuerdo con estos postulados, los esquemas para la conexión de los sistemas de energía solar térmica y biomasa deben incluir un acumulador de agua caliente producida por los captadores solares que no deben estar conectados a la caldera de biomasa. El aporte de energía del sistema de biomasa se realizará en un segundo depósito que dependerá del uso final de la instalación.

### Calefacción sin producción de agua caliente sanitaria

El sistema de energía solar precalienta el agua procedente del retorno de la calefacción y la almacena en el acumulador del sistema solar. Si el agua de retorno tiene una temperatura demasiado elevada se evita su paso por este acumulador mediante una válvula de tres vías.

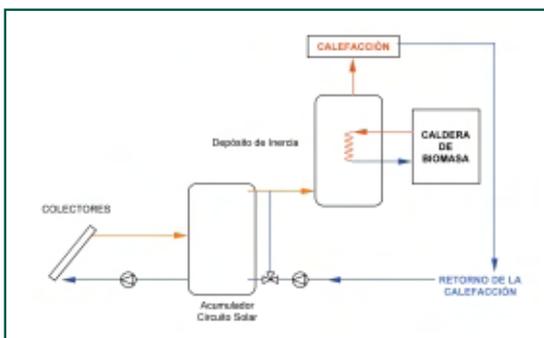


Figura 11: Sistema de energía solar térmica directa para calefacción

De esta forma no se calentará el sistema solar con la energía procedente de la calefacción.

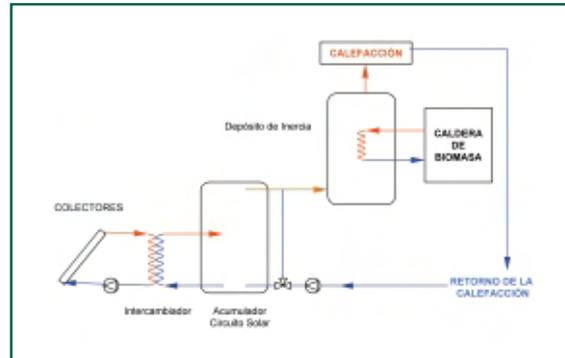


Figura 12: Sistema de energía solar térmica indirecto para calefacción

Una vez precalentada el agua pasa a un depósito de inercia donde volverá a ser calentada por la caldera de biomasa. Este depósito ayuda a equilibrar la demanda energética y evita la unión directa de la caldera de biomasa y el sistema solar. Las figuras 11 y 12 esquematizan este proceso.

### Calefacción y producción de agua caliente sanitaria descentralizada

El sistema sigue el mismo esquema que el anterior. Se diferencian en la distribución de la energía térmica por el edificio.

Para la distribución de calefacción y generación de agua caliente sanitaria se disponen intercambiadores que cederán calor a los sistemas individuales de ACS. Estos intercambiadores pueden instalarse en paralelo (ver figura 13) o en serie con los radiadores. La disposición en paralelo asegura una distribución correcta de la energía y de la temperatura del ACS, siendo más adecuada cuando la temperatura de la red de calefacción no debe ser alta (suelo radiante). La conexión en serie radiador – intercambiador supone optimizar el consumo de energía, disminuyendo al máximo la temperatura de retorno de la calefacción, lo que significa una disminución de las pérdidas en la red de distribución y un mayor rendimiento del sistema solar (ya que el agua llega a menor temperatura). Este sistema es más adecuado para calefacciones con radiadores que necesitan temperaturas superiores en el agua de distribución.

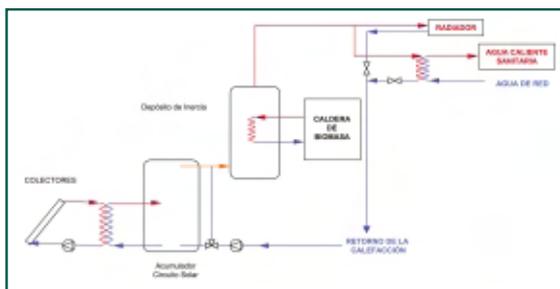


Figura 13: Sistema de energía solar térmica para calefacción y ACS descentralizada

Los sistemas individuales de ACS pueden incluir un acumulador de agua caliente o no (con o sin un sistema de energía auxiliar: resistencia eléctrica, calentador de gas, etc.) de acuerdo con los esquemas de la figura 14. Se recomienda el uso de acumuladores en los sistemas individuales a fin de equilibrar la demanda térmica, mejorando el rendimiento del sistema solar e impedir variaciones de carga importantes en la caldera de biomasa.

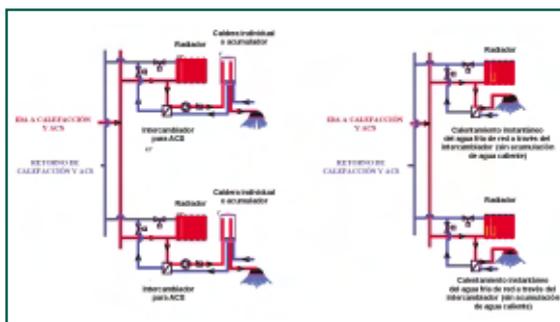


Figura 14: Sistema de distribución de calefacción y ACS descentralizada

### Calefacción y producción de agua caliente sanitaria centralizada

En este caso el agua de retorno de la calefacción no se almacena en el acumulador del sistema solar ya que éste contendrá agua caliente sanitaria. Para evitar la mezcla del agua caliente sanitaria y el agua del circuito de calefacción en el acumulador solar se dispone, dentro de éste, de un intercambiador. Por el intercambiador pasa el agua de retorno de calefacción precalentándose y almacenándose posteriormente en el depósito de inercia.

El agua caliente sanitaria pasa del acumulador

solar al depósito de inercia donde se calentará a través de un intercambiador para evitar su mezcla con el agua de calefacción allí contenida. En la figura 15 puede verse el esquema de esta instalación para un sistema de energía solar térmica indirecto.

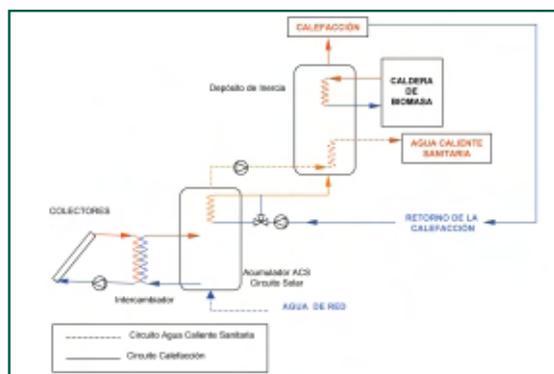


Figura 15: Sistema de energía solar térmica para calefacción y ACS centralizada

La distribución de calefacción y ACS se realiza de forma independiente siendo conveniente la existencia de acumuladores individuales de agua caliente sanitaria o de un acumulador centralizado de ACS que esté conectado a la caldera de biomasa.

### Aspectos básicos para el diseño de un sistema combinado de energía solar térmica y biomasa

1. Diseño: Es importante considerar la integración de un sistema solar térmico en los primeros pasos del diseño del proyecto, para adaptarlo adecuadamente. Es más elegante y barato integrar los captadores solares en el tejado que montar una instalación encima del tejado. Los captadores deberían formar un campo no interrumpido por chimeneas, etc., para disminuir los costes.

2. Temperatura de retorno: Cuanto más fría esté el agua de retorno que pasa al sistema solar mayor será su rendimiento. Así mismo, cuanto más baja sea la temperatura de uso también será mayor el rendimiento y menor será la necesidad de la caldera de biomasa. Por tanto, es preferible instalar sistemas de calefacción a baja temperatura (ejm. suelo radiante).

3. Conexión hidráulica de los captadores: Los captadores deben conectarse de acuerdo con el

caudal principal (consultar el Pliego de Condiciones Técnicas de IDAE para las ayudas de Energía Solar Térmica). Un buen diseño permitirá mayores incrementos de temperatura en el captador, menores pérdidas, menor energía requerida para bombeo, menor recorrido de tuberías y una mejor temperatura de acumulación.

4. Gestión de la acumulación de calor: Debe utilizarse un único acumulador para el sistema de energía solar térmica (que será complementado por otro del sistema auxiliar). El uso de más de un acumulador en el sistema solar implica mayores costes. El acumulador debe estar bien aislado y lo más cerca posible del campo de captadores solares.

5. La inclinación de los captadores solares se sitúa en torno a los 35 – 45 grados para España, dependiendo de la zona y el uso principal. Su orientación debe ser Sur. Estas condiciones pueden tener cierto margen de variación cuando las circunstancias lo justifiquen (ver Pliego de Condiciones Técnicas de IDAE).

6. Dimensionamiento del sistema solar: Es necesario estimar detalladamente la demanda de calor. Para evitar pérdidas importantes de rendimiento de la instalación, así como sobrecalentamientos en verano, no debe sobredimensionarse la instalación aunque esto signifique una menor cobertura con energía solar. Debe procurarse no aportar más del 110 % de la energía necesaria en ningún mes. Para evitar estos sobrecalentamientos en los meses de finales de primavera, verano y principios de otoño puede conectarse la instalación a otros usos como son: calentamiento de piscinas, climatización, etc.

7. Para una mayor información sobre el dimensionamiento e instalación del sistema de energía solar, consultar las Especificaciones Técnicas de IDAE para las ayudas de Energía Solar Térmica ([www.idae.es](http://www.idae.es)). Con el apoyo de la Comisión Europea se ha desarrollado un nuevo programa informático para el diseño y evaluación económica de los sistemas combinados de biomasa y energía solar. Contactar con Andreas Helbl: [a.helbl@ic-vienna.at](mailto:a.helbl@ic-vienna.at), teléfono: +43 15 216 92 26.



8

**Operación  
y mantenimiento**

# 8

## Operación y mantenimiento

Una condición previa para optimizar la operación y el mantenimiento de la instalación es la elección correcta de la potencia de la caldera. Un correcto dimensionamiento da las condiciones óptimas de operación y reduce la exigencia de gestión de las cenizas, limpieza de la caldera y el número de averías debidas a demandas de potencia demasiado bajas.

El tiempo de trabajo requerido depende de varios factores, por ejemplo, si la recepción del combustible se puede realizar sin necesidad de personal, si el combustible causa interrupciones en sistema de alimentación, si parte de la supervisión se puede efectuar por telecontrol, si se usan astillas, pellets o residuos agroindustriales. Las actividades incluyen:

– Control visual de la caldera. Dos veces cada semana.

– Ajustes, mantenimiento y cuidado de problemas de operación de menor importancia.

– Compra de combustibles.

– Gestión de las cenizas.

Un estudio danés sobre el tiempo dedicado a la operación y el mantenimiento de la calefacción en grandes edificios con calderas de biomasa, obtuvo los siguientes tiempos medios de dedicación del personal de la instalación:

Plantas de pellets: 3,0 horas por semana.

Plantas de astillas de madera: 4,4 horas por semana.

El tiempo dedicado depende, por supuesto, del tamaño de la planta y del consumo de

combustible, menos horas para plantas más pequeñas. Conociendo estos dos parámetros se calcularon los datos básicos de demanda de tiempo según el tamaño de la planta, reflejados en la tabla 4:

– Dejar al deshollinador de la chimenea el cuidado de la limpieza regular de la planta.

Según un fabricante de calderas compactas automatizadas para grandes edificios, con el

Tabla 4: Tiempo medio dedicado a operación y mantenimiento según tipo de planta		
	Tiempo dedicado según consumo de combustible	Tiempo dedicado según potencia instalada de la caldera
<b>Planta de pellets</b>	4 minutos/GJ	70 minutos/por semana 100 kW
<b>Planta de astillas</b>	5 minutos/GJ	110 minutos/por semana 100 kW

Es importante recordar que un vigilante también dedica tiempo en la operación y mantenimiento de una calefacción de gasóleo. Por tanto, las cantidades mencionadas no son tiempo neto adicional comparado con los sistemas de calefacción convencionales.

Hay varias oportunidades para reducir la demanda de trabajo. Algunas de ellas son:

- Subcontratar la operación y el mantenimiento a una compañía de servicios energéticos.
- Sistemas de retirada automática de la ceniza.
- Limpieza automática de los intercambiadores de calor.
- Dejando al proveedor de biomasa la gestión del suministro de combustible de acuerdo con las cantidades reales de producción de energía, controladas y remitidas electrónicamente (por telegestión).

actual estado tecnológico de las calderas y utilizando biomasa de calidad, el mantenimiento no debería exceder de 30 minutos a la semana.

Se pueden evitar muchos problemas si la persona responsable de la caldera recibe las instrucciones apropiadas del distribuidor de la planta, el instalador o el consultor, en la puesta en marcha de la planta. Estas instrucciones deben cubrir:

- Rutinas diarias.
- Errores típicos.
- Investigación de averías.
- Personas de contacto para asesoramiento.
- Acuerdos sobre el encendido de la planta.
- Reglaje de la combustión.

**Disposición  
de la ceniza**

# 9

## Disposición de la ceniza

Las cenizas de madera no son peligrosas y frecuentemente se utilizan como fertilizantes. En ambientes urbanos pueden tirarse a la basura. En cualquier caso, debe cumplirse la normativa local al respecto.

La tabla 5 muestra los principales componentes de las cenizas de astillas de madera (Oberberger, 1997).

Los contenidos en Zinc pueden variar entre 260 y 500 mg/kg y los contenidos en Cadmio pueden hacerlo entre 3,0 y 6,6 mg/kg.

En el caso de los residuos agroindustriales la variedad de orígenes y tipos de residuos hace

imposible dar unos valores medios para los componentes de sus cenizas. En la mayoría de los casos estas podrán ser utilizadas como fertilizantes o tiradas a la basura junto con el resto de residuos orgánicos. Se recomienda que, antes de tomar una decisión se consulte al proveedor de biomasa y se pidan los datos referentes a la composición de la misma.

Como ejemplo se muestra el análisis de las cenizas de orujillos procedentes de la extracción de aceite: 30 gr/l de fósforo, 78 gr/l de potasio, 82 gr/l de calcio, 22 partes por millón (ppm) de plomo, 80 ppm de cromo, 136 ppm de níquel, 8.540 ppm de sodio y 252 ppm de zinc.

Tabla 5: Composición de las cenizas de astillas de madera

Componente	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O
(% sobre peso)	24,6	46,6	4,8	6,9	0,5	3,8



**10**

**Ayudas, permisos  
y normativa**

# 10

## Ayudas, permisos y normativa

### Ayudas

Actualmente la promoción de la biomasa se considera un punto prioritario en el fomento de las energías renovables en España. Como ya se ha comentado en puntos anteriores, esta fuente de energía renovable es el principal pilar del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España.

Dentro de las ayudas a la inversión hay que mencionar que cada comunidad autónoma publica, anual o bianualmente, una serie de ayudas para instalaciones de energías renovables, entre las que se incluye normalmente la aplicación térmica de la biomasa, y en concreto su aplicación en edificios.

La cuantía de estas ayudas varía según la zona dentro del intervalo del 10 al 40 % de la inversión.

A parte de estas ayudas, el Instituto para la

Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) ha firmado en los últimos años un convenio con el Instituto de Crédito Oficial (ICO) para la financiación preferente de instalaciones de energías renovables entre las que se encuentra la aplicación térmica de la biomasa en edificios. Este convenio tiene carácter anual, renovándose cada año.

En algunas Comunidades Autónomas la importancia de las aplicaciones térmicas de la biomasa ha llevado al desarrollo de programas específicos de actuación para la promoción de estas instalaciones. En este sentido destacan las Comunidades Autónomas de Andalucía y Castilla – La Mancha.

Además de estos programas también existen líneas específicas de ayudas en muchos municipios españoles, destacando aquellas que se dirigen al cambio de antiguas calderas de carbón por energías más limpias y donde las instalaciones de biomasa tienen un importante mercado.

## Permisos

Los permisos necesarios para la instalación y legalización de un sistema de calefacción con biomasa son iguales que los necesarios para cualquier otro tipo de calefacción convencional, siendo otorgados por la autoridad competente de la Comunidad Autónoma (generalmente dentro de la Dirección General de Industria) y cumpliendo siempre toda aquella normativa local o nacional que sea de aplicación.

## Normativa

En general deberán cumplir lo especificado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y en la Normativa Básica de la Edificación.

Cuando el citado Reglamento habla de elementos auxiliares deben entenderse la instalación de un sistema de detección de incendios para el cuarto de calderas, mediante centralita electrónica, con alimentación independiente, cargador de baterías automático y unidades detectoras. Todo ello interconexionado con conductores apantallados bajo tubo de acero. Se instalarán extintores de descarga manual y automática de capacidad y tipo adecuados.

La entrada a la sala de calderas, se realiza a través de puertas metálicas homologadas para resistencia al fuego y estancas al paso de humos, instalándose formando un vestíbulo estanco, en caso de ser necesario. El sentido de apertura de las puertas es hacia el exterior de la sala de calderas.

Para las aplicaciones con agua caliente sanitaria debe instalarse una segunda caldera de acuerdo con la ITE 02.6.2 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Los fabricantes de equipos y elementos, o sus representantes legales, serán responsables de los equipos y elementos de acuerdo a lo expuesto en el capítulo 5º del anexo 1 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Tanto las chimeneas como los conductos de humos cumplirán la ITE 0.2.14 y la ITE 04.5. Los materiales con que se construyen los conductos de humos para la evacuación al exterior de los productos de la combustión de los generadores de calor, cumplirán lo indicado en UNE 123001.

La red distribución de calefacción deberá, en general, cumplir lo especificado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en la ITE 02.8. Las tuberías y accesorios deben seguir lo dispuesto en la ITE 04.2, siendo por tanto necesario, que las tuberías y sus accesorios cumplan los requisitos de las normas UNE correspondientes, en relación con el uso al que vayan a ser destinadas. El cálculo de las redes de tuberías cumplirá lo establecido en la ITE 03.7

Las instalaciones cuya potencia instalada supere los 100 kW térmicos, deberán cumplir lo dispuesto en la ITE 8 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Las instalaciones con una potencia inferior a 100 kW térmicos deberán ser mantenidas de acuerdo con las instrucciones del fabricante de los equipos.

11

**Compra  
del equipo**

# 11

## Compra del equipo

La compra del equipo debe plantearse preferiblemente en las primeras fases del proyecto, pero nunca antes de estar seguro de la viabilidad de la instalación. No se deben hacer contactos con los proveedores hasta que el proyecto haya pasado un primer análisis y exista una reacción inicial positiva por parte cliente. Los primeros contactos no deben ser muy formales, pero hasta cierto punto, es necesario para saber que se va a hacer después. La información más básica que se podría presentar se puede obtener mostrando el posible negocio al proveedor, e invitándole a preparar una oferta preliminar que incluya una primera estimación de costes.

La demanda mínima en la primera petición es una presentación de:

- La demanda energética.
- El combustible, tipo y humedad del mismo.
- Tamaño necesario para el almacén de combustible, dentro o fuera del edificio.
- Espacio disponible para el cuarto de calderas y

el silo de combustible, en el edificio o fuera de él.

- Límites de emisiones de acuerdo con la normativa local (cuando no exista normativa al respecto, las emisiones de partículas no deberán exceder  $150 \text{ mg/Nm}^3$  y las de CO no deberán superar  $200 \text{ mg/Nm}^3$  a plena carga)

Las demandas mínimas de información que deben cubrir las respuestas presentadas son:

- Límites de responsabilidad.
- Trazado de un borrador de los esquemas del proyecto.
- Precio preliminar y condiciones de entrega de la instalación.
- Referencias incluyendo nombres y números de teléfono de clientes con instalaciones similares.

Una idea interesante es entrar en contacto con, al menos, tres proveedores al principio para facilitar la compra frente a posibles futuros competidores.

La información de interés obtenida en las primeras respuestas permitirá reconducir los siguientes contactos para conseguir información adicional. Es importante mantener al corriente, de forma objetiva, a los posibles proveedores sobre el desarrollo del proyecto, informándoles de la existencia de contactos paralelos con otros proveedores.

Generalmente las calderas se describen como sinónimo de las plantas de calefacción de biomasa, pudiendo llevar a equívocos. La caldera es, de hecho, un componente importante. Sin embargo hay gran cantidad componentes adicionales como son: el almacén de combustible, el dispositivo de descarga del combustible, los transportadores del combustible, el sistema de alimentación del combustible, las bombas y las tuberías de circulación, el sistema de presurización, el sistema de limpieza de humos, el sistema de aspiración del humo, los conductos y la chimenea para la extracción de los humos, el equipo de limpieza de partículas, los contenedores de la ceniza y de las partículas, la fuente de energía eléctrica, el equipo de control, la sala de calderas y el contador de calor.

Por lo tanto, es necesario un gran número de componentes para realizar una planta de estas características. Para que esto sea posible se requiere un proyecto. La primera pregunta que se debería hacer es: ¿Cómo deben ser las partidas de compra, y quién es la persona ideal para coordinar y tomar la responsabilidad práctica de las distintas entregas?.

Respecto a la compra se debe considerar el concepto de "llave en mano". En principio, un "llave en mano" significa comprar una planta lista para operar. Esta operación cuesta, a menudo, más que comprar los distintos componentes por separado, pero tiene como ventaja realizar una sola operación en vez de comprar un número componentes técnicos distintos a varios proveedores. De esta manera es más fácil llegar a un acuerdo con un solo proveedor. Si se elige comprar componente por componente se corre el riesgo de llegar a una situación donde varias partes no encajan, siendo responsabilidad del comprador su funcionamiento puesto que los proveedores pueden diluir su responsabilidad.



Paseo de la Castellana, 95. 28046 Madrid  
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 555 13 89  
e-mail: [comunicacion@idae.es](mailto:comunicacion@idae.es)  
<http://www.idae.es>

Visite: [www.bioheat.info](http://www.bioheat.info)