

Energía de la  
Biomasa

# Biomasa

## Redes de distribución térmica



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, TURISMO  
Y COMERCIO



Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía



*Energía de la*  
**Biomasa**

# Biomasa

## Redes de distribución térmica

## TÍTULO

“Biomasa: Redes de distribución térmica”

## DIRECCIÓN TÉCNICA

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía)

## ELABORACIÓN TÉCNICA

ESCAN, S.A.

.....  
Esta publicación ha sido producida por el IDAE y está incluida en su fondo editorial.

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

Depósito Legal: M-27144-2008

ISBN: 978-84-96680-29-6  
.....

## **IDAE**

**Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía**


**c/ Madera, 8**

**E - 28004 - Madrid**

**comunicacion@idae.es**

**www.idae.es**

Madrid, mayo 2008



---

<b>Introducción</b> .....	<b>5</b> -
<b>1 Sistemas de distribución</b> .....	<b>7</b> -
<b>2 Descripción de las redes</b> .....	<b>13</b> -
<b>3 Parámetros a considerar en el diseño</b> .....	<b>17</b> -
<b>4 Ejemplos</b> .....	<b>23</b> -
4.1 Red de distribución térmica en Molins de Rei .....	23 -
4.2 Red de distribución térmica en Oviedo .....	29 -
4.3 Red de distribución térmica en Fundoma (Oviedo) .....	31 -
4.4 Red de distribución térmica en Salzburgo (Austria) .....	33 -
4.5 Red de distribución térmica en Motala (Suecia) .....	36 -
4.6 Red de distribución térmica en Linz (Austria) .....	38 -
4.7 Red de distribución térmica en Hastberg (Austria) .....	39 -
<b>5 Bibliografía y referencias</b> .....	<b>41</b> -



## INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria son las más comunes dentro del sector de la biomasa, si bien puede utilizarse también para la producción de frío y de electricidad. Con biomasa se puede generar la energía térmica necesaria para alimentar un sistema de climatización (calor y frío), siendo objeto de este documento describir los sistemas de distribución centralizada mediante redes de tuberías que dan servicio a los usuarios.

Implantar una red de distribución para abastecer no sólo a urbanizaciones y otras viviendas residenciales, sino también a edificios públicos, industrias, etc. se conoce como “calefacción de distrito”, por su origen en inglés *“district heating”*, e implica el transporte de la energía térmica a distancia, por conductos que no se integran estructuralmente en un único edificio. La producción centralizada de energía (agua fría y caliente) para abastecer a diversos edificios terminales (separados físicamente entre sí) en aeropuertos (Barajas, Munich, etc.) es un ejemplo de redes de distribución térmica centralizada. Lo mismo ocurriría para un gran complejo hospitalario o una urbanización de viviendas residenciales.

Se entiende por *“district heating and cooling”* (DH&C) aquella tecnología orientada a la producción y suministro de calefacción y climatización desde una planta central a diversos usuarios y edificios. Esta distribución se realiza mediante agua caliente y fría, a través de un fluido caloportante que fluye por tuberías aisladas térmicamente. De esta forma, cada usuario dispone de manera independiente en sus instalaciones del servicio de acondicionamiento térmico a pesar de que éste haya sido generado de forma centralizada.





# 1 Sistemas de distribución

Los sistemas de distribución térmica varían extraordinariamente, tanto por las fuentes energéticas utilizadas como por el tamaño, pudiendo abarcar desde un limitado número de viviendas hasta zonas metropolitanas completas. Por lo general, se trata de instalaciones para potencias superiores a 500 kW, siendo los valores habituales entre 600 y 2.500 kW térmicos.



Red de tuberías para *district heating*.

Los primeros sistemas con redes de distribución térmica son de finales del siglo XIX para incipientes sistemas de calefacción de distrito. Un ejemplo fue la distribución de vapor desde la central de la Consolidated Edison Co. hasta el sur de la isla de Manhattan siguiendo las avenidas hasta el distrito financiero, donde se comenzaban a construir los rascacielos.

A partir del final de la Segunda Guerra Mundial se ponen en operación numerosas redes de distribución térmica en las zonas reconstruidas que incluyen distritos enteros en ciudades del Reino Unido, Alemania, Países Bajos y Norte de Europa. Tan sólo en Dinamarca se construyeron más de 400 redes de distribución térmica en los años 60.

La estructura de estas instalaciones se ha ido adaptando a nuevos combustibles con un precio menor, como es el caso de la biomasa, donde el calor generado se distribuye a un entorno cercano, disminuyendo las pérdidas. La biomasa utilizada para estos sistemas proviene principalmente de aprovechamientos forestales y cultivos leñosos agrícolas, aunque también existen proyectos demostrativos con residuos agrícolas.

La estructura de un sistema “*district heating*” con biomasa se divide en tres partes diferenciadas:

- Suministro de la biomasa.
- Planta de generación de energía.
- Red de distribución y suministro de calefacción a los usuarios.

El suministro de biomasa normalmente se realiza por uno o varios proveedores independientes de la planta, que son responsables de entregar el combustible en las condiciones adecuadas.



Almacenaje en la planta de biomasa para su consumo.

Para asegurar el suministro del combustible durante la vida útil de la instalación, es aconsejable que el suministrador de biomasa tenga algún vínculo con la planta. También en ocasiones, la biomasa proviene de montes municipales, participando además el ayuntamiento en la planta de generación. De este modo, la administración pública local supervisa el correcto funcionamiento del sistema.

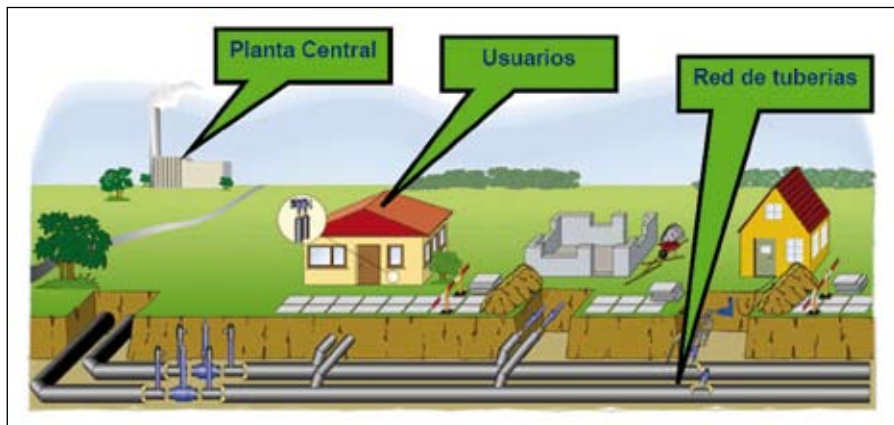
Los medios tecnológicos están ya presentes para favorecer la implantación de los sistemas de calor y frío a través de las redes de distribución. Actualmente se está desarrollando un entorno económico que favorezca la inversión en estos grandes proyectos y una concienciación de los usuarios finales (empresas y particulares) sobre las ventajas que pueden aportarles estos sistemas en su quehacer diario.

La red de distribución térmica y el suministro a los usuarios puede tener diferentes configuraciones en función de las necesidades que cubre la instalación.

Calefacción	x	
Calefacción + ACS	x	
Calefacción + refrigeración	x	x
Calefacción + refrigeración + ACS		x

### *Configuración de las redes de distribución térmica.*

Aunque la configuración a 4 tubos en la distribución de calor y frío en el sector residencial no es usual, se ha incluido como el sistema más completo de los posibles. -



*Esquema básico de red de distribución térmica.*

En la red de tuberías se diferencia el circuito de calor y el circuito de frío. -

Las tuberías preaisladas en fábrica están compuestas por la tubería de acero, el aislamiento de espuma de poliuretano inyectado en continuo, con cableado de cobre integrado y la cubierta exterior de polietileno de alta densidad. -

Todos los componentes del sistema de tuberías deben cumplir los requisitos técnicos de las siguientes normas: -

- EN 253. Sistemas de tuberías preaisladas para redes de agua caliente enterradas.
- EN 448. Accesorios preaislados para redes de agua caliente enterradas.
- EN 488. Válvulas de acero preaisladas para redes de agua caliente enterradas.
- EN 489. Ensamblaje de juntas para tuberías de calefacción urbana preaisladas.

Las tuberías deberán ser de acero calidad St. 37.0BW según DIN 1626 o equivalente y sus dimensiones serán conformes a ISO/DIN 2458.

El aislamiento de espuma deberá cumplir con los requisitos de la EN 253 (última versión) y deberán fabricarse con ciclopentano como agente esponjante.

La cubierta exterior debe cumplir los requisitos técnicos de la EN 253 más reciente y estar fabricada en polietileno de alta densidad.

A la entrada de cada centro de consumo (edificio) existe una arqueta de acometida. Cada una de ellas está dotada de los elementos necesarios para aislamiento de circuitos, control de temperatura y presión y regulación automática del caudal de agua aportado.

Estos conjuntos de regulación dinámica son esenciales para que cada unidad de la instalación trabaje de acuerdo con los parámetros para los que ha sido diseñada, garantizando el confort térmico a la vez que se limita el consumo de energía.

En definitiva, con el equilibrado automático se trata de conseguir un caudal constante de los circuitos hidráulicos, que compense en todo momento las distintas presiones diferenciales y las variaciones de esas presiones durante el funcionamiento de la instalación, evitándose así los circuitos con exceso o deficiencia de caudal que repercutirían negativamente en el confort de los edificios y en la presión de bombeo en el centro de producción.

El equipamiento mínimo requerido por la arqueta será:

- Válvulas de seccionamiento y vaciado de la red de frío y calor.
- Válvula de equilibrado dinámico o KFLOW de frío y calor.
- Medidor de presión y temperatura en impulsión y retorno.
- Desaireadores y purgadores con válvula de servicio.
- Tubería desde desagüe en arqueta hasta la red de alcantarillado más próxima.

A partir de estas arquetas de servicio, el agua entra a los puntos de consumo, bien por la acción de la bomba principal, situada en la planta de generación, o bien impulsada por las bombas auxiliares propias del edificio o nave industrial.



---

# 2 Descripción de las redes

Básicamente, las instalaciones cuentan con dos elementos principales: sala de máquinas y sistema de distribución de calor (red de tuberías). Además, si el combustible usado es biomasa, se deberá disponer de un parque de almacenamiento del mismo.

En los sistemas centralizados la producción de frío/calor se realiza en la unidad central, existiendo un fluido portador de calor (aire/agua/refrigerante) que llega a cada una de las unidades terminales.

Estos sistemas tienen una serie de ventajas con respecto a los sistemas individualizados:

- Los sistemas centralizados tienen mejor eficiencia energética que los sistemas aislados. Al ser de mayor potencia tienen una tecnología más compleja y más eficiente.
- La contaminación atmosférica se controla de forma centralizada, con un impacto mucho más controlado y focalizado.
- Balance neutro de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto sucede si se emplea como fuente de energía una caldera de biomasa para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria, calefacción y climatización.
- Disminución del consumo de combustibles derivados del petróleo y gas natural, con su correspondiente independencia del suministro y variación de precios de otros países.
- Aprovechamiento integral de recursos cuando la fuente de calor es biomasa generada en la región y regiones limítrofes.

- -Mantenimiento centralizado de las instalaciones del que no tienen que ocuparse propietarios y usuarios de edificios.
- -Proporcionar un medio de calefacción fiable y constante, reduciendo el riesgo de accidentes al disminuir el manejo individual de las instalaciones.

El concepto de centralización de equipos en una única “planta central” dentro de un solo edificio, pero ahora extendido a la agrupación de instalaciones de varios edificios es lo que se ha venido a llamar “*district heating and cooling*”, es decir, “planta o central de distrito” presentando similares ventajas e inconvenientes. En principio, los sistemas de climatización centralizados que se utilizan en un edificio pueden ser usados para un sistema centralizado de distrito sólo que a una escala de potencia instalada mucho mayor.



Planta central para red de distribución térmica.

La importancia del sistema de control es crucial, pues permite extraer el máximo rendimiento a la instalación. Actualmente existen controles que permiten gestionar y comandar todos los elementos de la instalación desde un puesto central, bien en cada uno de los edificios o bien en un puesto remoto. Estos sistemas permiten realizar informes periódicos que registran cualquier incidencia, haciendo posible un seguimiento exhaustivo de la instalación y un mantenimiento preventivo, que minimizará los costes y las paradas por avería.





Instalación de las tuberías para red de distribución térmica.

La individualización directa de los costes que se aboga como ventaja del gas natural es un argumento que puede desmontarse fácilmente. Desde finales del siglo XIX, los sistemas de calefacción de distrito contaron con procedimientos de medición y cobro de la energía similar a los que las compañías del gas usan hoy en día.



# 3 Parámetros a considerar en el diseño

En las instalaciones centralizadas se debe adoptar el concepto de simultaneidad como criterio de diseño. En cada edificio pueden existir zonas con usos y necesidades energéticas distintas, por lo que la demanda máxima energética de cada uno de esas zonas no coincidirá en el tiempo y por ello la carga máxima simultánea de todo el edificio será inferior a la suma de las cargas máximas de cada zona.

Por ello, se recomienda diseñar la instalación para la carga máxima simultánea, lo que permite reducir el tamaño de los equipos de la planta centralizada, con una menor inversión inicial y gastos de explotación también menores.



Montaje del aislamiento de la red de distribución térmica.

Para poder hablar de carga máxima simultánea hay que zonificar la instalación, agrupando las estancias que tendrán unas necesidades energéticas y de uso similares. Así, se agrupará en base a orientación, actividad, horarios, etc. Diferenciar entre las distintas zonas permite no sólo reducir el tamaño de los equipos instalados, sino atender a distintas necesidades en cada una de ellas: diferentes usuarios y diferentes actividades con horarios y condiciones exteriores cambiantes.

Aun teniendo en cuenta que un cierto grado de parcialización es deseable, para poder responder eficientemente a las necesidades de mínima carga que puede presentar el sistema, ha de proporcionarse un número limitado de unidades tanto por servidumbres de espacio como por necesidades de control. Sobre el primero hay que hacer notar que el volumen ocupado (incluyendo las obligatorias áreas de servicio) por dos unidades de mitad de capacidad dada, es siempre mayor que el de ésta. Con los costes de material e instalación sucede lo mismo, por lo que se intenta siempre reducir el número de máquinas aumentando su capacidad. El orden de magnitud que se maneja en los sistemas de calefacción y frío de distrito suele ser superior a los 3 MW frigoríficos, accesibles sólo con unidades de gran capacidad.



Soldadura en la red de tuberías de distribución de agua.

La alta inversión necesaria para la centralización reclama un periodo de amortización corto y costes de explotación mínimos. El medio más habitual es la búsqueda de un alto rendimiento energético de los equipos implicados que ayude en la reducción de los costes de explotación. El sistema de control optimiza el rendimiento de las unidades.

En el mismo sentido, las unidades han de ser fiables y de bajo mantenimiento. La responsabilidad del servicio que se proporciona a hospitales, aeropuertos o a negocios (centros comerciales y de ocio u hoteles) hace que se busque por un lado la redundancia o

al menos la presencia de una capacidad mínima de reserva en caso de avería de una o varias máquinas. El mantenimiento de estas instalaciones suele ser llevado a cabo por personal cualificado, apoyado en los sistemas de diagnóstico que incorporan los controles electrónicos de las instalaciones al favorecer la rotación del equipo, igualando su desgaste y detectando y señalizando el fallo de algún componente.

La importancia del sistema de control es crucial, pues permite extraer el máximo rendimiento a la instalación. Actualmente existen controles que permiten gestionar y comandar todos los elementos de la instalación desde un puesto central o bien desde un puesto remoto. Estos sistemas permiten realizar informes periódicos que registran cualquier incidencia, haciendo posible un seguimiento exhaustivo de la instalación y un mantenimiento preventivo, que minimizará los costes y las paradas por avería.

Las principales desventajas radican en la escala económica de las obras, porque al coste de la central de producción hay que añadir las obras de distribución del agua caliente. Por ello, es muy aconsejable incluir en los proyectos originales las redes de galerías de servicios accesibles para realizar las operaciones de conservación y mantenimiento de las tuberías y el resto de equipos que constituyen la estructura bajo tierra. Estas galerías permiten el paso de hombres y equipos para efectuar las labores de mantenimiento y reparación necesarias que, si bien encarecen la inversión inicial, van a proporcionar importantes ahorros económicos en la operación y mantenimiento de estos sistemas centralizados durante toda su vida útil.

Las grandes dimensiones de los sistemas centralizados, con redes de distribución de calor y frío, hacen necesario el uso de más de una máquina de producción. La disposición en paralelo de varias unidades es, por tanto, necesaria.

El requisito fundamental es proveer una temperatura estable y razonablemente baja a las unidades terminales, para proporcionarles la adecuada potencia total y sensible, por lo que el sistema ha de comportarse como una sola máquina (una máquina virtual).



Acometida de la red de distribución térmica.

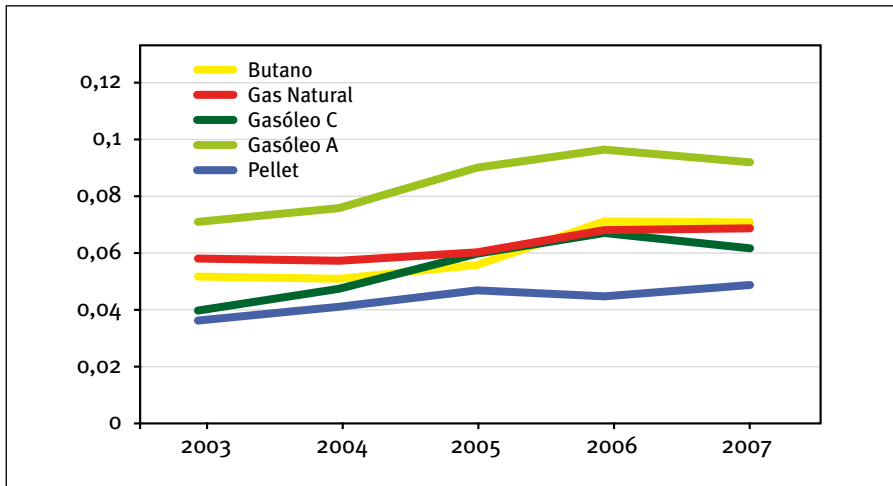
Para evitar la mezcla de agua entre unidades que funcionan y unidades en espera, es necesario proveer de mecanismos que eviten el paso de agua por las unidades no activas. Las estrategias de control pueden ser:

- Decalaje de puntos de consigna: es el más antiguo, simple y barato y consiste en fijar (bien en la impulsión o en el retorno) puntos de consigna diferentes en uno o varios grados centígrados para cada unidad (por ejemplo, enfriadora 1: 7 °C en impulsión, enfriadora 2: 8 °C, etc.). El principal inconveniente es el solapamiento de etapas entre las máquinas y, sobre todo, que el arranque de las unidades puede llegar a ser simultáneo. Las unidades tampoco igualan por sí solas sus horas de funcionamiento, precisando controles externos.
- Controladores programables externos: es la utilizada cuando no se tiene posibilidad de acceder a los parámetros de las unidades, por tener un control no comunicable. Se realiza un control electromecánico sobre los distintos componentes de las mismas, dando órdenes marcha/paro con dos criterios posibles. El primero de ellos se trata de un control de equilibrado, con el que se busca activar en todo momento idéntica capacidad en cada una de las unidades: etapa 1 unidad 1, etapa 1 unidad 2, ..., etapa 2 unidad 1, etapa 2 unidad 2, ... El segundo criterio se trata de un control en cascada en el que las unidades van entrando de forma progresiva, de manera que no entra una hasta que la anterior está funcionando al 100% de su capacidad.
- Control maestro/esclavo: es similar al anterior control en cascada, pero en este caso las unidades están conectadas entre sí a través de un bus de comunicaciones, teniendo acceso cada una de ellas a todos los parámetros de funcionamiento de la otra. El control electrónico de una unidad asume el control del grupo, determinando cuál de las enfriadoras ha de arrancar en función de las horas de operación y número de arranques. Se arranca la bomba o se abre la válvula correspondiente a una primera máquina, no procediendo al arranque de una segunda unidad (y tercera o cuarta... etc.), hasta que no ha completado el arranque de cada una de las etapas de la anterior. Asimismo, se asegura que la descarga de las máquinas se hace en orden inverso al de arranque.
- Control secuenciado de máquinas mediante la optimización del COP. El sistema de gestión toma el mando de todas las etapas de las máquinas, determinando el número de ellas que han de activarse. De acuerdo a la demanda existente, y teniendo en cuenta la mejora del coeficiente de eficiencia energética (COP) a carga parcial de las enfriadoras, el sistema arranca el número de bombas y etapas de máquinas estrictamente necesario, optimizando el consumo de energía. En este caso, en lugar de utilizar un punto de consigna específico para cada unidad, el sistema trabaja con dos límites de demanda, los que indican cuándo ha de

conectarse o desconectarse una unidad en base al número de etapas activas de cada una. A pesar de ser el que cuenta con mayor coste de instalación, la rápida amortización de costes de bombeo (pensemos que en el consumo total del edificio puede llegar a ser el 20%) y la mayor eficiencia a carga parcial (estimada en el 80% del tiempo de operación del sistema), compensan con creces su implantación.

Por otro lado, los sistemas de modelización energética de instalaciones mediante modelos informáticos permiten simular las condiciones de trabajo de las instalaciones y estimar el comportamiento energético (y económico) de las mismas. Los datos de partida para determinar la rentabilidad de un proyecto son ahora más fáciles de obtener y más fiables, permitiendo una mejor evaluación de los plazos de retorno de inversión y de los gastos energéticos de las instalaciones.

Un aspecto importante en la elección de un “*district heating and cooling*” es el combustible. Los combustibles fósiles incrementan su precio a una velocidad muy alta, y parece no tener freno en los últimos años. Bien es cierto que son compuestos con más energía unitaria que la biomasa (por ejemplo, para obtener la energía de un litro de gasóleo son necesarios aproximadamente dos kilogramos de pellets) pero, aun así, económicamente es más rentable la utilización de biomasa que la de combustibles fósiles.



*Evolución del precio de combustibles (€/kWh) en los últimos años. Fuente: Kapelbi.*

Además, otra ventaja en la elección de la biomasa como combustible es que se elimina el riesgo por explosiones al no emplear combustibles tan inflamables como son el gasóleo o el gas natural.





# 4 Ejemplos

A continuación se exponen varios ejemplos de redes de distribución en España y en otros países cuya fuente de energía es la biomasa.

## 4.1 RED DE DISTRIBUCIÓN TÉRMICA EN MOLINS DE REI (BARCELONA)

El proyecto fue promovido por el Ayuntamiento de Molins de Rei, la Entidad Municipal de Servicios Hidráulicos y Tratamiento de Residuos, el Instituto Catalán de la Energía, la empresa Efiensa y la empresa Biomasa Energía (Grupo Cassa). Este grupo creó la empresa Molins Energía, S.L, con objeto de construir y mantener un sistema de generación de calor con biomasa para distribuir agua caliente a 695 nuevas viviendas de un complejo residencial a través de una red de calefacción de barrio (*district heating*). Estos pisos son bloques de entre 4 y 7 alturas con una ocupación en su conjunto de 2.000 usuarios aproximadamente.



Barrio de Molins de Rei con red centralizada de calefacción.

Esta ha sido la primera experiencia que se ha llevado a cabo en Cataluña relacionada con un sistema de calefacción central de barrio alimentado con energías renovables. En este sentido, cabe destacar que tuvo un efecto promocional muy importante a nivel local, y superior debido a la complejidad de los elementos innovadores y sostenibles incluidos en el proyecto.

Este proyecto se articuló en torno a tres elementos básicos:

- -Diseño, trabajos de construcción e instalación de la central de generación de calor equipada con calderas de biomasa y gas propano, equipo de bombeo, depósito de acumulación y un sistema de gestión y seguimiento
- -Una red de distribución térmica (tuberías)
- -Diseño y gestión en los sistemas de calefacción internos para cada una de las viviendas del barrio.

De esta manera, los usuarios se benefician de una instalación colectiva con servicio individualizado, que es el elemento clave de éxito de esta iniciativa. Este concepto positivo y medioambientalmente beneficioso, fue el punto central de todas las actividades promocionales relacionadas con el diseño y creación del proyecto, considerando a usuarios futuros y a todos los implicados identificados.

El sistema consta, principalmente, de tres partes:

- -Central de generación de calor.
- -Red de distribución.
- Módulos de intercambio de calor individuales.

En la central de generación de calor se ubican el almacén de biomasa (con capacidad de 150 m<sup>3</sup>), las calderas de biomasa (donde se realiza la combustión y, por tanto, la generación de calor), los depósitos de acumulación de calor, el equipo de bombeo y las calderas de emergencia de gas natural, así como el sistema automatizado de gestión y seguimiento.

Para transportar hasta el quemador el combustible (piña, conglomerado y astillas) acumulado en el almacén, se utiliza un mecanismo automatizado formado por un sistema de arrastradores y tornillos sinfín.

La biomasa alimenta dos equipos, cada uno de ellos formado por un quemador más una caldera. En el quemador se produce la combustión de la biomasa generándose el calor que va hacia una caldera piro-tubular de 2 MW de potencia de tecnología L. Solé. Se produce la cesión de calor hacia el agua de la red que da servicio a los usuarios. Dentro de este conjunto hay un sistema multiciclón para la separación de partículas y un contenedor para las cenizas resultantes de la combustión, que se extraen del quemador mediante un sistema de parrillas móviles.



Caldera de 2 MW de potencia de tecnología L. Solé.

La central cuenta con un sistema de acumulación formado por 2 depósitos de agua caliente con capacidad para 100 m<sup>3</sup> cada uno. De esta manera, en caso de paro de corta duración de alguna de las calderas (debido a una avería o trabajos de mantenimiento programados), el servicio no se verá afectado.



Acumuladores de agua caliente de 100 m<sup>3</sup> cada uno.

Para asegurar el 100% del servicio de calor a los usuarios en caso de avería prolongada, existe un sistema auxiliar de emergencia formado por 6 calderas modulares de gas de 2 quemadores cada una (1.634 kW).

Mediante una red de tuberías aisladas de 4.734 metros se envía calor al barrio mediante agua caliente entre 80 °C y 90 °C dependiendo de la época del año. La distancia entre la central de generación y el barrio de consumo es de unos 800 metros. Las tuberías son de acero al carbono y sus diámetros oscilan entre 60 y 273 mm. Tienen un aislamiento de poliuretano rígido para disminuir las pérdidas de calor (el diámetro de las tuberías con aislamiento varía entre 125 y 400 mm). La red tiene un sistema de detección de fugas para localizar el punto de posible pérdida de presión en la misma. El volumen total de la red es de 125 m<sup>3</sup> + 100 m<sup>3</sup> de los depósitos de acumulación.

Mediante unos módulos de intercambio de calor individuales se transmite el calor del agua calentada en la central, para su uso en agua caliente sanitaria y/o calefacción. Mediante contadores de calor individuales, se controla y se factura el calor consumido por cada vivienda.



Módulo de intercambio de calor individual.

El proceso está totalmente automatizado y se supervisa desde una sala de control ubicada en planta que tiene un sistema de alarmas y aviso a móvil más un control remoto vía Internet. La planta cuenta con una mínima presencia de personal y se gestiona por un único operario que realiza labores de mantenimiento preventivo y descarga de camiones.

El servicio de suministro de agua caliente de la central generadora de Molins de Rei comenzó en febrero del año 2000, inicialmente con calderas de gas natural. La caldera de biomasa se puso en marcha en enero de 2001, suministrando agua caliente a 250 viviendas. En noviembre del mismo año, la planta había consumido 500 toneladas de biomasa. En 2003 se conectaron un total de 695 viviendas a la red de distribución y producción de calor con lo que el consumo de biomasa se incrementó hasta 2.300 toneladas por año, mientras que el de la producción de calor lo hizo hasta los 6.800 MWh/año.

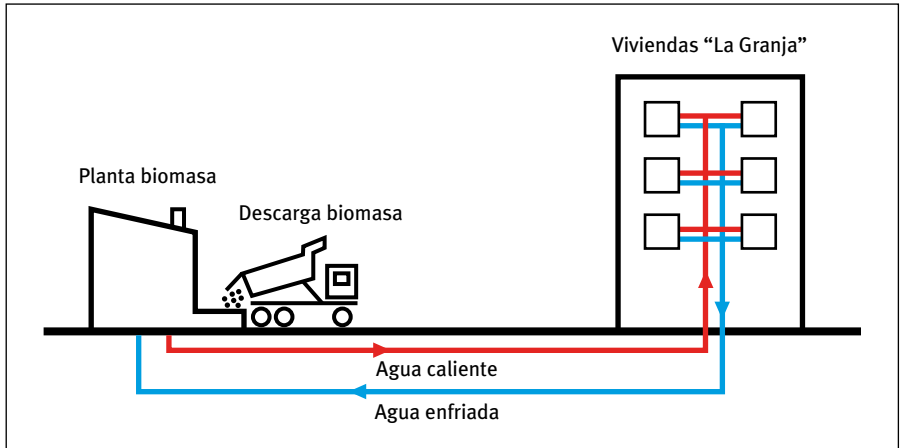
La inversión total realizada en este proyecto ha ascendido a 2.132.000 euros (1/3 la red de distribución y 2/3 la central), de los que 456.700 fueron suministrados por la Comisión Europea a través del programa THERMIE, por el Ministerio de Energía e Industria a través del programa PAEE y por la Dirección General de la Energía de Cataluña (Direcció General d'energia i Mines de la Generalitat de Catalunya). Por lo tanto, casi el 30% de la inversión total ha sido cofinanciada por entidades públicas.

El Ayuntamiento de Molins de Rei, EMSHTR e ICAEN fueron las tres entidades públicas que promovieron el proyecto. Molins Energía, S.L. es el propietario de la planta y, por lo tanto, está a cargo de su gestión. Los beneficiarios directos fueron los nuevos dueños o arrendatarios del barrio residencial (vivienda privada y de protección oficial), que eran conscientes también de las características particulares del sistema de calefacción.

Uno de los elementos más importantes de este proyecto ha sido la atención puesta en la información a los usuarios, los cuales pueden, mediante dispositivos específicos que tienen en su vivienda, controlar su consumo energético. Esta participación en la toma de conciencia y en la gestión de los recursos energéticos, puede ser considerada como un elemento muy innovador y estimulante para la difusión del conocimiento sobre estos temas.

Se pueden extraer importantes consideraciones de los principales elementos que caracterizan este proyecto. En primer lugar, es importante subrayar cómo la colaboración y el compromiso, tanto de las instituciones públicas como de la iniciativa privada, son factores clave para el éxito de una iniciativa similar. Sigue siendo muy difícil que un proyecto de energías renovables o de uso racional de la energía, a nivel suburbano como éste (sistema de calefacción de barrio de biomasa), se

pueda concebir y desarrollar solamente con iniciativa privada, ya que algunos de los costes adicionales iniciales de la planta, junto con el miedo a no poder ofrecer un producto estandarizado (en este caso viviendas con calefacción por biomasa), impiden que los constructores adopten estas soluciones.



### *Esquema de red cerrada de distribución.*

Dentro de este proyecto, las oportunidades que ofrece la co-financiación pública (más fácil en el caso de la promoción de vivienda pública) ha contribuido en gran parte a superar este obstáculo y a favorecer la puesta en práctica de un concepto innovador de vivienda, que podría influir en gran parte en iniciativas similares en el ámbito local o regional, especialmente donde no se encuentren las condiciones para la acumulación de combustible.

Este claro compromiso público (especialmente en ayuntamientos) origina también un efecto multiplicador en términos de impacto en la actitud de los ciudadanos sobre temas ambientales y de ahorro energético.

Un segundo elemento positivo a tener en cuenta es la atención especial prestada para el fomento de la participación de los usuarios en la gestión de la energía en sus casas, a través del diseño e instalación de dispositivos de fácil manejo dentro de cada una de las viviendas abastecidas por la red de calefacción de barrio, y también, por la información general que se facilita sobre el funcionamiento del sistema en su conjunto.

A través de estas dos actividades se aseguró desde un principio la total implicación de la población de la zona, lo que representa un factor crucial para el incremento de la concienciación ambiental.

## 4.2 RED DE DISTRIBUCIÓN TÉRMICA EN OVIEDO

Casi medio millar de viviendas y un gimnasio del centro de Oviedo empezarán a calentarse en el próximo mes de junio desde una única sala de calderas de biomasa.

La empresa Pronergía (Gestión e Ingeniería de Procesos Energía, S.L.) ha llevado a cabo los trabajos de transformación de una central de distrito de gasóleo de apenas 6 años de antigüedad y de una potencia total de 5,5 millones de kcal/h (6,4 MW) por una instalación en la que, en lugar de utilizar combustibles fósiles, se utilizarán residuos agrícolas o pellets. Se suministra calefacción y agua caliente sanitaria con energías renovables nada menos que a quince grandes bloques de apartamentos, situados en las inmediaciones de la céntrica calle Rafael Altamira de la ciudad asturiana. La reforma se centra principalmente en la sala de calderas ubicada en el número 1 de esta misma calle.

Se han instalado en esta central de distrito dos calderas de 2.000 kW de potencia cada una, de tecnología L. Solé.

Con ellas se calentará agua a 80 °C de temperatura de impulsión inicial, que se distribuirá por todos los edificios de la zona a través de una red de 2,5 kilómetros de tuberías.

Cada bloque de apartamentos cuenta a su vez con una pequeña subcentral con intercambiador de placas e interacumuladores desde donde se conecta con el sistema de calefacción y de agua caliente de las viviendas.

Por otro lado, se ha aprovechado el espacio de los dos antiguos tanques de gasóleo de la anterior instalación para ubicar también un silo subterráneo donde almacenar el combustible sólido necesario para las nuevas calderas de biomasa. El silo, construido de hormigón armado, bajo una zona ajardinada, ocupa un espacio de 20 metros de largo, 3 de ancho y 5 de profundidad, y puede contener suficiente material para abastecer las calderas de biomasa durante un periodo de 35 a 40 días en las fases en las que funcionen a pleno rendimiento.



Sala de calderas tecnología Danstoker.

Toda la instalación está automatizada. El silo está dotado de unos arrastradores hidráulicos que conducen la biomasa hasta el sinfín de alimentación de calderas. Así pues, una vez descargado el biocombustible en los silos, éste es desplazado de forma totalmente automática hasta llegar al interior de la caldera. Asimismo, las calderas están equipadas con horno de combustión refrigerado, limpieza de tubos neumática, quemador, válvula rotativa, sonda lambda, cámara en depresión y sistema para la regulación de la combustión. La limpieza de las cenizas también está automatizada y los restos son almacenados en otro pequeño silo contiguo.

Se proyecta utilizar en las nuevas calderas pellets de madera de alta calidad. No obstante, mientras se consiga un suministrador estable en la zona, en la instalación se prevé usar hueso de aceituna limpio y seco con un alto poder energético y bajo en cenizas. Este residuo agrícola ofrece una calidad de combustión muy similar al pellet de madera. En cuanto al consumo de la instalación, se calcula que se necesitarán cerca de dos millones de kilos de biomasa para cubrir las necesidades de calefacción y agua caliente del conjunto de las 425 viviendas, de forma que se consiga el mismo confort que antes.

En la central permanecerá como apoyo una de las anteriores calderas de gasóleo de 2,3 MW.



Instalación del módulo de las calderas.

Toda la instalación de biomasa supone una inversión cercana a los 800.000 euros (unos 133 millones de pesetas). Este proyecto de reforma también incluye la modificación del anterior sistema hidráulico, incorporando unos nuevos intercambiadores de placas de 2.000 kW y un sistema de regulación de primario



hasta los grupos de bombeo de la red. Los equipos de combustión disponen también de unos multiciclones para captura de partículas que se generan en la fase de combustión. Asimismo, se ha contado con instalar chimeneas nuevas de doble pared de acero inoxidable con el fin de garantizar las condiciones de tiro y depresión en los equipos de combustión. Estas chimeneas discurren por el interior de las originales de obra de fábrica.

En el momento en que se desarrolló el diseño de la instalación, se realizó un estudio económico para ver la amortización del sistema. El ahorro anual en combustible era prácticamente la mitad, ya que el litro de gasóleo tenía un precio de 54 céntimos, que proporciona la energía de aproximadamente 2 kilogramos de biomasa con un precio máximo de compra de 27 céntimos el kilo.

El PCI del gasóleo es de unas 8.900 kcal/l, el de los pellets de unas 4.500 kcal/kg. Cuando se inició el proyecto el precio del gasóleo era de 54 céntimos el litro. Actualmente (datos GENERA 2008) el precio de los pellets está entre 12 y 20 c€/kg, mientras que el gasóleo ha pasado de 54 c€/litro a 80 c€/litro, lo que hace la instalación más rentable. La producción de energía equivalente de un litro de gasóleo al producirse por biomasa tiene un coste de 40 c€, considerando el precio de la biomasa como de 20 c€/kg, una diferencia considerable.

Desde el punto de vista económico, la inversión merece la pena sin duda. El plazo de amortización de toda la reforma es de tan sólo tres años, además se cuenta con una subvención del Principado de Asturias de unos 240.000 euros. A partir del tercer año, si los precios del gasóleo y la biomasa se mantuvieran estables, calentarse en Oviedo va a costar la mitad y con calor limpio.

### 4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN TÉRMICA EN FUNDOMA (OVIEDO)

En Fundoma, Oviedo, se está llevando a cabo la ejecución de una red de distribución con tres calderas de biomasa. La instalación hasta hace cuestión de meses utilizaba el gas natural como combustible, lo que va a provocar un ahorro económico para los usuarios y una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Grupo Nova Energía, empresa de distribución de calderas de biomasa, ha suministrado a la empresa instaladora Inbulnes 3 calderas Froling Turbomat de 500 kW con las que se suministrarán 2.700.000 kWh al año en calefacción y agua caliente a todo un complejo residencial en Oviedo, compuesto de 7 edificios. Esto comportará un ahorro en combustible de 59.400 euros durante el 2008 y evitará la emisión de 726 toneladas de CO<sub>2</sub>. Esta instalación ha tenido una subvención de un 50% más un 10% de deducción fiscal.

El gasto anterior para calefactar las viviendas con gas natural era de unos 121.500 € al año, ahora con biomasa es aproximadamente 62.100 € cada año; el ahorro y la ayuda de la subvención permite amortizar la instalación en tan sólo 3 años.

En la instalación se utiliza un suelo móvil en el silo, que transporta la biomasa hasta el sinfín de alimentación. El silo tiene una superficie de 60 m<sup>2</sup>.

Instalación de tuberías.



Horno de parrilla móvil.



Planta central de Fundoma.

#### 4.4 RED DE DISTRIBUCIÓN TÉRMICA EN SALZBURGO (AUSTRIA)

La planta de biomasa de Tamsweg (Salzburgo, Austria) tiene dos calderas de combustión con capacidades de 5 MWt y 3 MWt, una unidad condensadora de los gases de la combustión y un sistema de recogida de cenizas.



Instalación en Salzburgo (Austria).

El combustible de la planta es corteza leñosa (80%) mezclado con virutas y astillas (20%). El 70% de la biomasa consumida en la planta proviene de los alrededores de la planta, la región de Lungau, mientras que el resto es importado de las regiones próximas.

Durante el primer año esta central abastecía a 700 hogares mediante unas conducciones de agua caliente de más de 22 km. Cuando llevaba 2 años en funcionamiento demostró que el diseño y la ejecución se habían realizado con éxito y se añadieron más hogares al “*district heating*”, de manera que el periodo de retorno se disminuyó en un 20%.

Además de ello se demostró que con un diseño y ejecución apropiados de la red de abastecimiento se consigue reducir las pérdidas en la red hasta un 70%, como se logró en Tamsweg, y con ello disminuir los costes y el periodo de amortización. Los aparatos eléctricos como bombas o ventiladores también fueron optimizados para un consumo mínimo, de manera que el consumo eléctrico también es muy bajo.

No sólo se cerraba el ciclo del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) si no que también se cerraba el ciclo de los elementos naturales (tierra/nutriente-raíz/árbol-ceniza/abono-tierra) mediante la reutilización de las cenizas. Este proceso es posible por una nueva tecnología de combustión que facilita la separación de los metales pesados de las cenizas. Con esta tecnología se reutilizan entre el 90% y el 95% del total de las cenizas producidas y se aprovechan como abono en los campos.

Otro de los aspectos importantes de esta instalación es que gracias a una innovadora tecnología se disminuyen las emisiones de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ). Esta reducción es posible gracias al diseño de la plataforma y un riguroso proceso de control de la combustión. Esta tecnología es la primera vez que se aplicaba en una caldera de combustión de biomasa.

También se ha diseñado un sistema de almacenamiento diario del combustible de manera que el combustible es secado con aire precalentado. De esta manera se mejora el proceso ya que se realiza una combustión completa y mejorada.

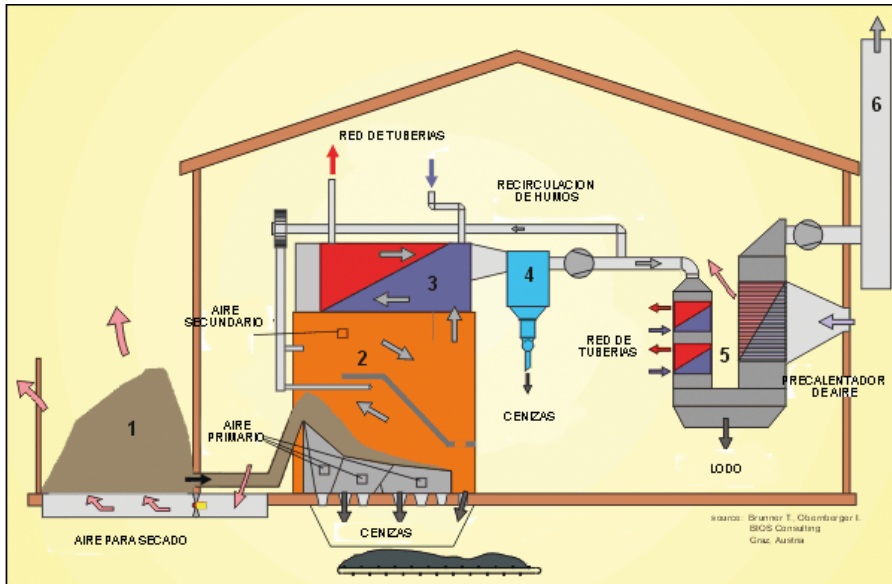
Con todo ello se consigue una eficiencia un 35% superior al resto de plantas de la zona.

El almacén de biomasa (1) de la planta tiene un área de ventilación con capacidad de 11.000 m<sup>3</sup>, combustible para 3 y 4 meses. Al recibir el combustible, éste llega con una humedad aproximada del 50%. Antes de introducirse el combustible en la caldera (2) es precalentado por ventiladores con el aire procedente de la combustión, donde se le disminuye la humedad y se aprovechan los gases de la combustión, de manera que es una energía gratuita (a excepción del consumo de los ventiladores) ya que en otras muchas plantas no se utiliza.

En la combustión se diferencian dos cámaras, la primera en atmósfera reducida donde se alcanzan temperaturas elevadas y se gasifica la biomasa, además de reducirse la concentración de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y de metales pesados, y una segunda de combustión oxigenada.

La precipitación de los metales pesados se consigue a través de un diseño optimizado de las cámaras de combustión. En la segunda cámara de combustión (3) se ha calculado la entrada de gases procedente de la primera cámara para que el tiempo de residencia en la segunda cámara sea superior a 0,5 segundos a 1.100 °C. De este modo, la baja cantidad de metales pesados contenidos en las cenizas precipitan separándose así de las cenizas.

Los usuarios del “*district heating*” de Tamsweg tienen unas instalaciones que trabajan a temperaturas relativamente bajas (45-55 °C). Gran parte del calor obtenido de la condensación de los gases puede ser recuperada. La unidad



Esquema de funcionamiento de la planta central de Tamsveg.

condensadora de gas está formada por un economizador, un condensador y un precalentador de aire. En el economizador el gas es enfriado desde los  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  a los  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A continuación, el condensador hace disminuir la temperatura hasta unos  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de rocío del gas está entre  $52\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $58\text{ }^{\circ}\text{C}$ , condensa y se inicia la recuperación del calor latente. Con la energía obtenida en el economizador y en el condensador, el retorno de la red de tuberías es precalentado antes de entrar en la caldera de biomasa. En el tercer paso de la unidad condensadora se vuelve a enfriar el gas hasta unos  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  mediante calentamiento del aire exterior para aprovecharlo como aire precalentado en la combustión y para la ventilación del combustible almacenado.

La optimización de la red de distribución es un aspecto a considerar, ya que se producen pérdidas importantes que se pueden reducir. El primer paso es calcular la energía térmica demandada por los usuarios del “*district heating*” para el consumo de calefacción y agua caliente sanitaria, con datos de los últimos tres años y las condiciones térmicas que se dieron en cada uno de los años. Basándose en estos datos, se puede calcular el consumo de energía anual y podemos realizar el diseño y el dimensionado de la red. En función de las presiones y de las pérdidas de calor en la red y la minimización de los costes totales (incluyendo los costes de operación de bombas y la propia inversión de la red) se recalcula

el dimensionado de la red con un programa desarrollado por el Institute of the Chemical Engineering, Technical University Graz.

La temperatura de alimentación de la red está controlada por la temperatura exterior, pero está en torno a los 90-100 °C. Como algunos usuarios tienen instalaciones de calor de baja temperatura, se tienen dos retornos en la red. El retorno de alta temperatura (50-70 °C) se emplea para alimentar a los usuarios con instalaciones de baja temperatura, con lo que se aprovecha más el calor. El retorno de baja temperatura llega a una temperatura de 30-50 °C y retorna a la planta.

En el último año la demanda de energía fue de 20.170.000 kWh. Gracias al diseño de la red las pérdidas llegaron a tan solo el 19%, un 5-9% menos que en las redes de distribución convencionales.

En definitiva, si se compara el “*district heating*” de Tamsweg con un “*district heating*” convencional, se obtienen los siguientes resultados:

	Convencional (%)	Resultados esperados (%)	Resultados obtenidos (%)
Eficiencia de la combustión (relativo al PCI)	83	103	99,4
Eficiencia en el consumo eléctrico	< 2	1-1,5	1-1,5
Eficiencia de la red de distribución	72	80-84	En torno 80
Eficiencia total	56	76	72

*Comparación de la instalación de Tamsweg con una instalación convencional.*

*Fuente: Bios-bioenergy.*

La eficiencia total de la instalación de Tamsweg es un 16% mayor que las instalaciones convencionales. Este mejor rendimiento se debe a las mejoras en la combustión y en la eficiencia de la red de distribución térmica.

#### 4.5 RED DE DISTRIBUCIÓN TÉRMICA EN MOTALA (SUECIA)

En julio de 2005 Wärtsilä fue seleccionada para suministrar una planta de producción de calor y electricidad en Motala (Suecia) con combinación de biomasa y combustible fósil. La planta tiene la capacidad de producir 17,5 MW térmicos para la red de distribución de agua caliente y 3,7 MW eléctricos. La planta fue puesta en funcionamiento en septiembre de 2006 y fue entregada en mano a los usuarios en abril de 2007. Motala está en la orilla del lago Vättern, en el sur de Suecia, y tiene una población de 30.000 personas.

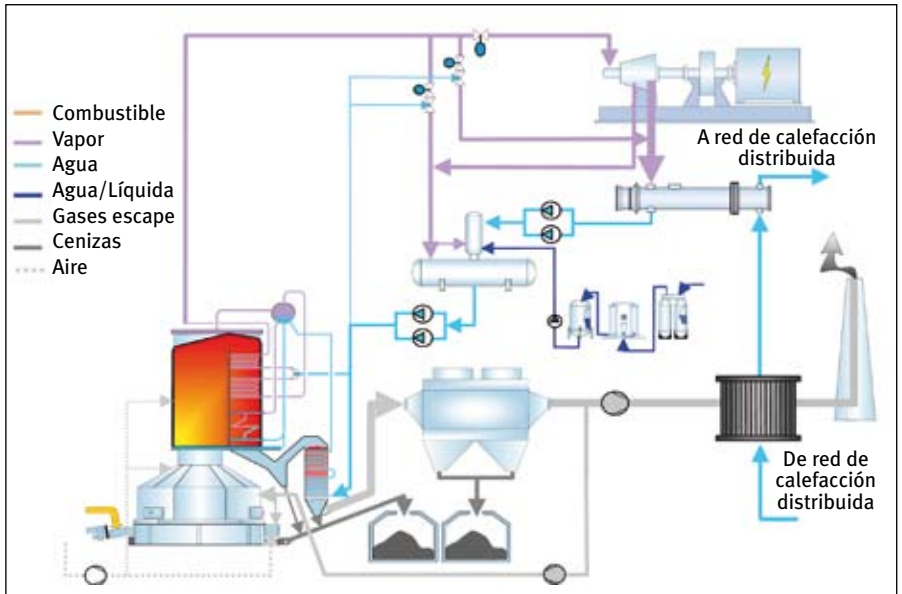
El acuerdo con Wärtsilä comprometía una planta Wärtsilä BioPower BP5 DH que empleara biomasa de menor calidad procedente de las industrias forestales locales.

La planta se encarga de hacer llegar agua caliente a través de una red de “*district heating*” a Motala. La electricidad generada se exporta a la red eléctrica. Las plantas de Wärtsilä de biomasa-fuel son plantas limpias y eficientes. Son una solución práctica para la sustitución de energías por energías renovables con menos impacto ambiental. Ellos tienen la patente de la tecnología de combustión de biocombustibles con alta eficiencia y bajas emisiones de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y monóxido de carbono (CO).



Planta para red de distribución térmica.

Las plantas de BioPower operan con sistema de alimentación de vapor de agua para una calefacción de distrito. El vapor es generado en una caldera de vapor acuotubular muy eficiente. Después de pasar por la turbina, que genera la energía eléctrica, el vapor caliente sobrante proporciona el calor al agua del “*district heating*” llegando a condensarse el vapor y retornando a la caldera.



*Esquema energético de la planta de producción de Motala.*

Las plantas de bioenergía son altamente modulares, están basadas en módulos estándares de manera que su instalación puede ser rápida y no muy compleja. Este hecho no está reñido con la tecnología, ya que los resultados obtenidos han confirmado que este tipo de plantas, además de poseer una alta automatización, son plantas muy fiables y eficientes.

#### 4.6 RED DE DISTRIBUCIÓN TÉRMICA EN LINZ (AUSTRIA)

Situada al norte de Austria, la instalación de Linz comenzó a ejecutarse en invierno de 2005- 2006 y da suministro tanto de calor como de electricidad a una parte de la ciudad de Linz con energía renovable.

Linz AG, compañía que desarrolla proyectos de suministro de energía, realizó unas modificaciones de la planta de generación de vapor existente para transformarla en una planta de ciclo combinado de producción de electricidad y calor. La gran ventaja de integrar la biomasa en una planta CHP (*Combined Heat and Power*) ya existente es la disminución de la inversión a realizar en comparación con una planta nueva, ya que muchos elementos de la instalación son válidos o necesitan sólo de cierta adaptación.



La planta tiene una potencia de 8,9 MW eléctricos y 21 MW térmicos. La producción anual de energía eléctrica de la nueva planta CHP con biomasa está en torno a unos 60.000 MWh, con lo que se cubre la demanda de 20.000 hogares. Además de esta energía eléctrica también se producen, aproximadamente, unos 150.000 MWh de calor que cubre las necesidades de 12.000 hogares.

Otro aspecto importante del cambio de la planta es la nueva diversificación de combustible. Adicionalmente, una amplia variedad de combustibles se pueden emplear en la planta CHP de biomasa: corteza, virutas de los aserraderos de la zona y astillas de madera. Por tanto, la planta es más flexible en cuanto al consumo de combustibles y de esta manera se puede alimentar con el combustible que mejor precio tenga en cada momento. El almacén es suficientemente grande como para cubrir el consumo de la planta durante dos semanas y es de fácil acceso para la descarga de combustible.

La planta de cogeneración de Linz dispone de 34.000 litros de agua caliente de reserva. Este calor reserva es uno de los 5 más grandes del mundo. En momentos de grandes demandas de calor, la planta puede emplear agua caliente del calor reserva sin necesidad de sobredimensionar la caldera.

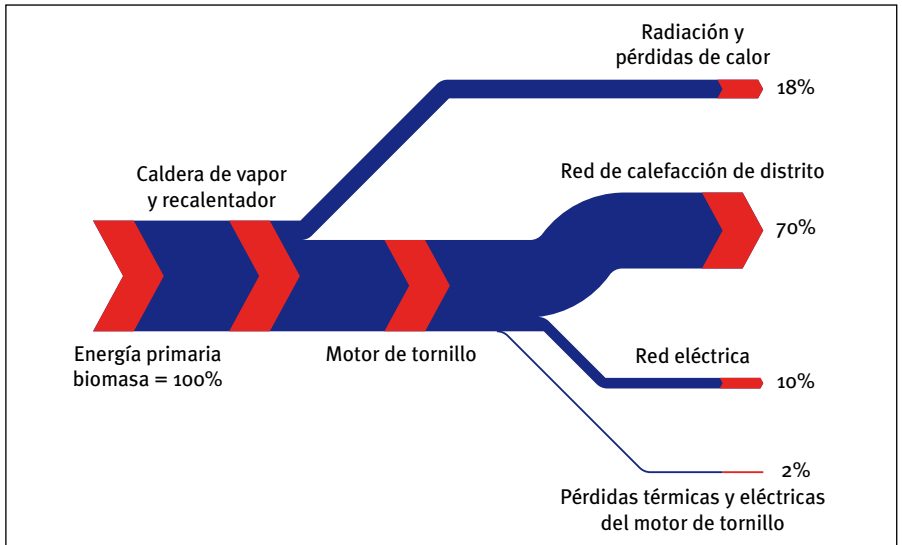
Con la instalación de la planta CHP de biomasa las emisiones de dióxido de carbono se reducen en torno a un 10% (unas 50.000 toneladas). -

Además de todas estas ventajas la planta tiene una localización estratégica ya que se puede llegar a ella mediante carretera, tren o incluso barco, ya que se encuentra cerca del río Danubio. -

## 4.7 RED DE DISTRIBUCIÓN TÉRMICA EN HARTBEG (AUSTRIA)

En la ciudad de Hartberg (Austria) existe una instalación con biomasa para la producción de calor y electricidad que suministra calefacción a un distrito residencial con 4,8 MWt de potencia. El carácter innovador se debe a que el vapor de la planta no se expande en una turbina, sino que se efectúa en un motor con sistema de tornillo conectado a un generador para producir energía eléctrica.

El vapor recalentado a 25 bar y 255 °C penetra en una cámara con dos etapas en la que el rotor tipo tornillo produce su expansión hasta 0,5-1,5 bar. El calor generado en el proceso se utiliza para la red de calefacción de distrito, con temperatura de 80-110 °C, retornando a 50-60 °C e iniciando de nuevo el circuito.



**Diagrama energético de la instalación. Fuente: Bios-bioenergy.**

En el balance de la instalación es significativo que el 70% de la energía se utiliza para la red de calefacción de distrito y el 10% para la generación de energía eléctrica.

Por el carácter innovador de la instalación este proyecto fue cofinanciado por la Comisión Europea en el V Programa Marco de Investigación y Desarrollo y está en operación desde el año 2003 con resultados positivos. Una de las principales ventajas de este sistema es que se evitan las frecuentes averías de las turbinas clásicas, porque la maquinaria es compacta y con menores gastos de mantenimiento.

---

# 5 Bibliografía y referencias

- Biomasa Energía Grupo Cassa: [www.cassa.es](http://www.cassa.es)
- Bios-bioenergy: [www.bios-bioenergy.at](http://www.bios-bioenergy.at)
- Gebio, S.L.: [www.gebio.es](http://www.gebio.es)
- Grupo Nova Energía: [www.gruponovaenergia.com](http://www.gruponovaenergia.com)
- Kapelbi, S.L.: [www.kapelbi.com](http://www.kapelbi.com)
- L. Solé, S.A.: [www.lsole.com](http://www.lsole.com)
- Wärtsilä: [www.wartsila.com](http://www.wartsila.com)









**IDA** Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía

c/ Madera, 8 - 28004 Madrid  
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 523 04 14  
comunicacion@ida.es  
www.ida.es



P.V.P.: 5 € (IVA incluido)