

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Grado*

**UTILIZACIÓN DE BIOMASA EN DISTRICT  
HEATING. EVALUACIÓN DE LA CARGA  
AMBIENTAL MEDIANTE INDICADORES  
USE OF BIOMASS IN DISTRICT HEATING.  
EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL  
BURDEN BY INDICATORS**

Para acceder al Título de

*Graduado/a en Ingeniería Química*

Autor: Rubén Cueto Cipitria

TÍTULO	<b>Utilización de biomasa en district heating. Evaluación de la carga ambiental mediante indicadores</b>		
AUTOR	<b>Rubén Cueto Cipitria</b>		
DIRECTOR/CODIRECTOR	<b>José Antonio Fernández Ferreras</b>		
TITULACIÓN	<i>Grado en Ingeniería Química</i>	FECHA	12/09/2014

## PLABRAS CLAVE/KEYWORDS

Biomasa, gas natural, caldera, district heating, carga ambiental, cambio climático, gases de efecto invernadero

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA/SCOPE

En la actualidad el cambio climático es un gran problema que se sufre globalmente. Este cambio está generado por la tremenda emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y pese a lo que pueda parecer no sólo las industrias emiten estos gases, también el transporte o el sector residencial contribuyen de manera muy significativa.

Para tratar de reducir esas emisiones, en el presente Trabajo Fin de Grado se plantea la utilización de biomasa como combustible alternativo en el sector residencial, diseñando una urbanización y calculando cuales serían las emisiones si se utilizaran como combustibles biomasa o gas natural.

## RESULTADOS /RESULTS

Para poder llegar a unas futuras conclusiones lo primero que se realizó fue una urbanización ficticia formada por 400 viviendas divididas en 10 bloques (siguiendo las normas del Código Técnico de Edificación y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios). Tras definir las características de las mismas se pasó a calcular cuales serían sus necesidades energéticas en forma de calor y agua caliente sanitaria.

Conocidas esas necesidades energéticas se recopiló información sobre calderas de biomasa que pudieran funcionar con la potencia suficiente para poder abastecer a la totalidad de las viviendas.

De todas las calderas encontradas se seleccionó una de la cual se tiene un informe de las emisiones atmosféricas cuando está en funcionamiento (informe que realizó un organismo externo).

A parte de los valores de las emisiones que aparecen en el informe también se cuenta con el inventario de emisiones a la atmósfera realizado por la Agencia Europea de Medioambiente, en el cual hay valores de emisiones para distintos tipos de caldera (en función de su potencia) y combustibles. En el inventario

también se muestra la metodología a seguir para poder obtener las emisiones totales.

Gracias a esta herramienta podremos tener valores tanto de las emisiones de la caldera de biomasa como de la caldera de gas natural (que es la alternativa con la cual se va a comparar).

Con esos valores el último paso a realizar es el de normalizarlos en base a un informe realizado por el IChemE (Institute of Chemical Engineers) en el que a cada contaminante se le atribuye un factor de potencia de forma que se pueda comparar de manera unívoca cuanto se contamina con cada combustible.

## **CONCLUSIONES / CONCLUSIONS**

La utilización de biomasa produce un menor impacto medioambiental a nivel de calentamiento global que la utilización de gas natural (aproximadamente 8 veces inferior), no como en la acidificación o efectos en los humanos, donde el impacto es algo superior utilizando biomasa.

Tanto en calentamiento global como en acidificación, los óxidos de nitrógeno son los que contribuyen de manera mayoritaria cuando la biomasa es el combustible, por lo que con un control adecuado de la combustión se podría reducir aún más el impacto ambiental.

También es conocida la emisión de partículas en combustiones de biomasa (muy superior a las emisiones del gas natural), pero con la utilización de filtros a la salida de caldera se captaría un gran porcentaje de las mismas.

Como, unido a que medioambientalmente es viable, económicamente esta alternativa es beneficiosa, sobre todo a medio y largo plazo, la utilización de biomasa es una alternativa factible y adecuada para llevarse a cabo.

## **BIBLIOGRAFÍA/REFERENCES**

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2009. *Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios*. Madrid: IDAE.

Código Técnico de Edificación (CTE). 2006. *Documento Básico HS Salubridad. Sección HS 3: Calidad de aire interior*. España: CTE.

Marihart, J. 2008. *Report on execution of emission measurements in the acceptance test on the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park using chipped wood as a fuel*. Informe. TUV Austria.

European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP). 2009. *EMEP/EEA emission inventory guidebook: small combustion*. Copenhagen: EEA.

Institution of Chemical Engineers (IChemE). *The Sustainability Metrics*. Rugby: IChemE.

TÍTULO	<b>Use of biomass in district heating. Evaluation of the environment burden by indicators</b>		
AUTOR	<b>Rubén Cueto Cipitria</b>		
DIRECTOR/CODIRECTOR	<b>José Antonio Fernández Ferreras</b>		
TITULACIÓN	<i>Grado en Ingeniería Química</i>	FECHA	12/09/2014

## PLABRAS CLAVE/KEYWORDS

Biomass, natural gas, boiler, district heating, environment burden, climate change, greenhouse gas

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA/SCOPE

Nowadays climate change is a big problem that is suffered globally. This change is generated by the tremendous emission of greenhouse gases to the atmosphere, and despite what may seem not only industries emit these gases, also transport or residential sector contributes very significantly.

To try to reduce these emissions, in this Final Year Project we raise the use of biomass as alternative fuel in the residential sector, designing and calculating emissions if used biomass or natural gas as fuels.

## RESULTADOS /RESULTS

In order to reach further conclusions, first thing that was done was a fictional urbanization formed by 400 houses divided into 10 blocks (following the rules of the Código Técnico de Edificación and the Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios). After defining the characteristics of them we moved on to calculate their needs as heat and sanitary hot water.

Known these energy needs we collected information about biomass boilers that could work with sufficient capacity to supply all the homes.

Of all boilers found was selected one of which has a report of atmospheric emissions when it's in operation (report made by an external agency).

Besides the emission values that appear in the report also has inventory emissions produced by the European Environment Agency, where there are emission values for different types of boiler (according to its power) and fuels. The inventory also shows the methodology to be followed to obtain total emissions.

With this tool we can have values of both emissions from biomass boiler and natural gas boiler (which is the alternative that is to be compared).

With these values the last thing to do is to normalize based on a report by the IChemE (Institute of Chemical Engineers) in which each pollutant is credited with a power factor so that can be compared unequivocally how pollute with each fuel.

## **CONCLUSIONES / CONCLUSIONS**

The use of biomass produces less environmental impact at the level of global warming than the use of natural gas (approximately 8 times lower), not as acidification or effects in humans, where the impact is somewhat higher using biomass.

Both in global warming and acidification, nitrogen oxides are contributing in a majority when the biomass is the fuel, so that with adequate control of combustion could reduce the environmental impact even further.

It is also known particle emissions from the combustion of biomass (much higher than emissions from natural gas), but with the use of filters on the boiler outlet a large percentage of them would be captured.

This alternative is environmentally viable and economically beneficial, especially in the medium and long term, so the use of biomass is a feasible and suitable alternative to take place.

## **BIBLIOGRAFÍA/REFERENCES**

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2009. *Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios*. Madrid: IDAE.

Código Técnico de Edificación (CTE). 2006. *Documento Básico HS Salubridad. Sección HS 3: Calidad de aire interior*. España: CTE.

Marihart, J. 2008. *Report on execution of emission measurements in the acceptance test on the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park using chipped wood as a fuel*. Informe. TUV Austria.

European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP). 2009. *EMEP/EEA emission inventory guidebook: small combustion*. Copenhagen: EEA.

Institution of Chemical Engineers (IChemE). *The Sustainability Metrics*. Rugby: IChemE.

<b>1. PLANTEAMIENTO</b> .....	6
1.1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1.1. Emisiones atmosféricas. Problemática ambiental .....	6
1.1.2. Efectos de los contaminantes en la atmósfera .....	8
1.2. OBJETIVO.....	13
1.3. BIOMASA COMO COMBUSTIBLE.....	14
1.3.1. Evaluación del uso de la biomasa para reducir las emisiones .....	14
1.3.2. Disponibilidad de biomasa en Cantabria .....	15
1.4. OBTENCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA CON BIOMASA .....	17
1.4.1. Equipos .....	17
1.4.2. Combustibles.....	19
1.5. UTILIZACIÓN DE BIOMASA EN LA SOCIEDAD ACTUAL.....	23
1.5.1. Características de los sistemas de district heating .....	23
1.5.2. Biomasa en ambientes urbanos.....	25
<b>2. DESARROLLO</b> .....	28
2.1. CASO DE ESTUDIO .....	28
2.2. CÁLCULOS DE REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS.....	28
2.2.1. Pérdidas por ventilación.....	29
2.2.2. Pérdidas por conducción.....	33
2.2.3. Suma de pérdidas.....	39
2.2.4. Consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) .....	40
2.2.5. Potencia total .....	41
2.3. DISEÑO DEL DISTRICT HEATING.....	41
2.4. CÁLCULO DE EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE BIOMASA .....	42
2.5. CÁLCULO DE EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL.....	49
2.6. CARGAS AMBIENTALES MEDIANTE INDICADORES .....	50
<b>3. CONCLUSIONES</b> .....	56
<b>4. ANEXOS</b> .....	58
<b>5. REFERENCIAS</b> .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Biomasa potencial disponible por comunidades autónomas en toneladas por año [5].....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de calderas de biomasa según su tecnología [6].....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3. Propiedades de los combustibles [6] .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4. Caudales de ventilación mínimos exigidos [9].....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5. Caudal de admisión en la vivienda .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 6. Caudal de extracción en la vivienda .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 7. Datos de temperaturas de la estación meteorológica de Santander [11] .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 8. Valores de parámetros utilizados para los cálculos .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 9. Calor perdido calculado local a local .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 10. Calor perdido calculado globalmente.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 11. Áreas exteriores en las viviendas.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 12. Parámetros para medir la transmitancia del suelo.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 13. Tabla para el cálculo de la transmitancia de suelos [14] .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 14. Coeficiente de reducción de temperatura [14].....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 15. Pérdidas por conducción.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 16. Pérdidas por conducción.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 17. Pérdidas por conducción.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 18. Pérdidas por conducción.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 19. Pérdidas por conducción.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 20. Pérdidas por conducción.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 21. Pérdidas totales de cada vivienda .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 22. Pérdidas totales .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 23. Potencia y energía requerida para ACS .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 24. Datos de la caldera Fröling Lambdamat 1000 facilitados por el informe (Tier 3).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 25. Consumo energético anual en la urbanización.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 26. Conversión de datos a gramos por hora.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 27. Horas de funcionamiento real de las calderas .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 28. Conversión de datos a gramos por año .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 29. Conversión de datos a gramos por megavatio hora .....</i>	<i>46</i>

<i>Tabla 30. Conversión de datos a gramos por Gigajulio</i> .....	47
<i>Tabla 31. Factores de emisión del EMEP CorinAir para biomasa y emisión total (Tier 2)</i> .....	48
<i>Tabla 32. Factores de emisión del EMEP CorinAir para gas natural y emisión total (Tier 2)</i> .....	49
<i>Tabla 33. Factores de emisión de los combustibles fósiles [17]</i> .....	50
<i>Tabla 34. Carga ambiental generada por biomasa en calentamiento global</i> .....	51
<i>Tabla 35. Carga ambiental generada por gas natural en calentamiento global</i> .....	51
<i>Tabla 36. Carga ambiental generada por biomasa en acidificación</i> .....	52
<i>Tabla 37. Carga ambiental generada por gas natural en acidificación</i> .....	53
<i>Tabla 38. Carga ambiental generada por biomasa en humanos (cáncer)</i> .....	54
<i>Tabla 39. Carga ambiental generada por gas natural en humanos (cáncer)</i> .....	54

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<i>Figura 1. Reparto de emisiones de GEI por sectores en España</i> .....	8
<i>Figura 2. Smog gris sobre una ciudad</i> .....	9
<i>Figura 3. Smog fotoquímico sobre una ciudad</i> .....	9
<i>Figura 4. Proceso de calentamiento de la Tierra</i> .....	11
<i>Figura 5. Pélets de biomasa</i> .....	20
<i>Figura 6. Astillas de madera</i> .....	21
<i>Figura 7. Residuos agroindustriales</i> .....	21
<i>Figura 8. Leña</i> .....	22
<i>Figura 9. Briquetas</i> .....	22
<i>Figura 10. Caldera de biomasa de parrilla móvil</i> .....	24
<i>Figura 11. Caldera de biomasa de lecho fluidizado</i> .....	25
<i>Figura 12. Esquema de edificios e instalaciones</i> .....	29
<i>Figura 13. Corte de las paredes con sus elementos</i> .....	34
<i>Figura 14. Corte de la cubierta con sus elementos</i> .....	35
<i>Figura 15. Corte de la ventana con sus elementos</i> .....	35
<i>Figura 16. Relaciones exterior-espacio no habitable-espacio habitable para cálculo de coeficientes</i> .....	37
<i>Figura 17. Fröling Lambdamat 1000</i> .....	42

<i>Figura 18. Árbol de decisión para el cálculo de emisiones .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 19. Comparación de las cargas ambientales en calentamiento global .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 20. Comparación de las cargas ambientales en acidificación.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 21. Comparación de las cargas ambientales en humanos.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 22. Gastos acumulados en 15 años según el tipo de combustible.....</i>	<i>57</i>

# 1. PLANTEAMIENTO

## 1.1. INTRODUCCIÓN

### 1.1.1. Emisiones atmosféricas. Problemática ambiental

El aire que nos rodea está constituido por aire seco y vapor de agua en proporciones variables. Ese aire seco a su vez es una mezcla también, siendo sus constituyentes mayoritarios el nitrógeno, que actúa como gas inerte, y el oxígeno, que forma parte de los procesos de oxidación y por tanto es esencial para la vida en el planeta.

Además de estos dos gases hay pequeñas cantidades de otros, como el dióxido de carbono (formado en las combustiones, fermentaciones, u origen natural), metano, ozono o gases nobles.

La composición del aire seco en porcentaje por volumen es la siguiente:

- Nitrógeno: 78%
- Oxígeno: 21%
- Dióxido de carbono: 0,035%
- Otros gases: 0,965%

Las erupciones volcánicas, los terremotos, los incendios forestales o las emanaciones de polvo son fenómenos naturales que contribuyen a que la composición del aire se altere, pero esta alteración se ha visto rápidamente incrementada en los últimos años debido al gran desarrollo tecnológico que ha habido, siendo este desarrollo sustentado en la utilización masiva de combustibles fósiles dando lugar a grandes industrias, ciudades y un aumento de los medios de transporte. Esta es la parte mala de la industrialización, ya que emitimos sustancias que pueden ser perjudiciales para los seres vivos que habitan en el planeta, pero no hay que olvidar que también ha contribuido enormemente a la mejora del bienestar y la calidad de vida de las personas. El problema es que la naturaleza tiene una capacidad limitada de regeneración y podría mitigar o anular las emisiones naturales, pero al realizar los

humanos tantas emisiones esa capacidad que posee la naturaleza es ampliamente superada [1].

Todas esas sustancias emitidas que pueden dañar a los seres vivos o a los bienes se denominan contaminantes ambientales, y pueden ser clasificados en:

- Contaminantes primarios
- Contaminantes secundarios

#### Contaminantes primarios

Son sustancias directamente vertidas desde los focos emisores, y se dividen en:

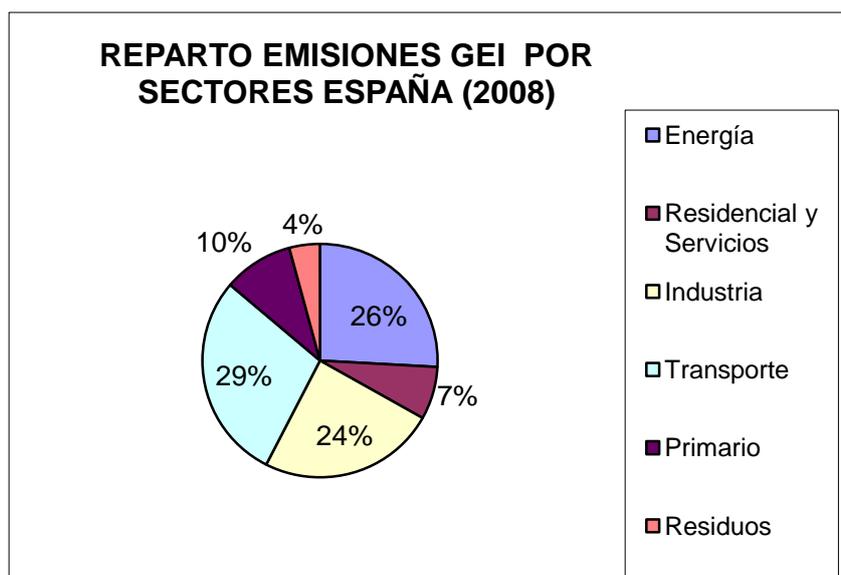
- Gaseosos (dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, metano, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos...)
- No gaseosos (líquidos: hidrocarburos inquemados, sólidos: PM 10, PM 2,5, sedimentables)
- Aerosoles (dispersión de contaminantes sólidos o líquidos en un medio gaseoso)

#### Contaminantes secundarios

No se vierten directamente a la atmósfera, se producen debido a las transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas de los contaminantes primarios en la misma. El smog fotoquímico, el ozono, el ácido sulfúrico o el nítrico son ejemplos de contaminantes secundarios.

La formación de todos estos contaminantes se suele creer que proviene principalmente a la industria o producción energética, pero también contribuye de forma muy significativa el transporte (siendo incluso mayor que cualquiera de las otras dos) y en menor medida pero no menos importante el sector residencial y servicios. Las emisiones de gases de efecto invernadero del sector residencial y servicios son superiores al 7%, por lo que una reducción en esa contribución sería algo a tener en cuenta.

La distribución porcentual de las emisiones de gases de efecto invernadero dividida por sectores es la siguiente (Figura 1).



*Figura 1. Reparto de emisiones de GEI por sectores en España*

### 1.1.2. Efectos de los contaminantes en la atmósfera

La presencia de los contaminantes en la atmósfera ha hecho que tengan lugar varios fenómenos de contaminación: smog, acidificación y calentamiento global.

#### Smog

El smog (abreviatura de las palabras inglesas smoke y fog) se utiliza para designar la contaminación que se da lugar en las ciudades cuando se dan ciertas condiciones climatológicas con unos determinados contaminantes. A su vez el smog se divide en dos tipos: smog industrial y smog fotoquímico.

El smog industrial o smog gris (Figura 2) fue muy típico hace años, cuando en las grandes ciudades se quemaban grandes cantidades de carbón y petróleo pesado que contenían mucho azufre, para obtener energía en las instalaciones industriales o proporcionar calor. Se formaba dióxido de azufre, que después podía dar lugar a ácido sulfúrico y la lluvia ácida, y gran cantidad de partículas sólidas en suspensión. Esta pesada niebla era muy dañina tanto para los seres vivos como para la conservación de

edificios. Actualmente casi no ocurre en los países desarrollados debido al uso de sistemas de depuración.



**Figura 2.** *Smog gris sobre una ciudad*

El smog fotoquímico (Figura 3) es el actual problema en las ciudades, donde se forman ciertos contaminantes secundarios debido a las reacciones que sufren contaminantes primarios cuando les incide la luz solar. La mezcla de esos gases deja la atmósfera de un color rojizo y tiene lugar en casi todas las ciudades, siendo más intenso el fenómeno en zonas cálidas, secas y soleadas, y también si hay muchos vehículos. Además el smog fotoquímico puede verse agravado si se hay inversión térmica, ya que la renovación del aire será nula y los contaminantes no se dispersarán.



**Figura 3.** *Smog fotoquímico sobre una ciudad*

### **Acidificación**

El depósito de los tres contaminantes ácidos más importantes, el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) que generalmente procede de

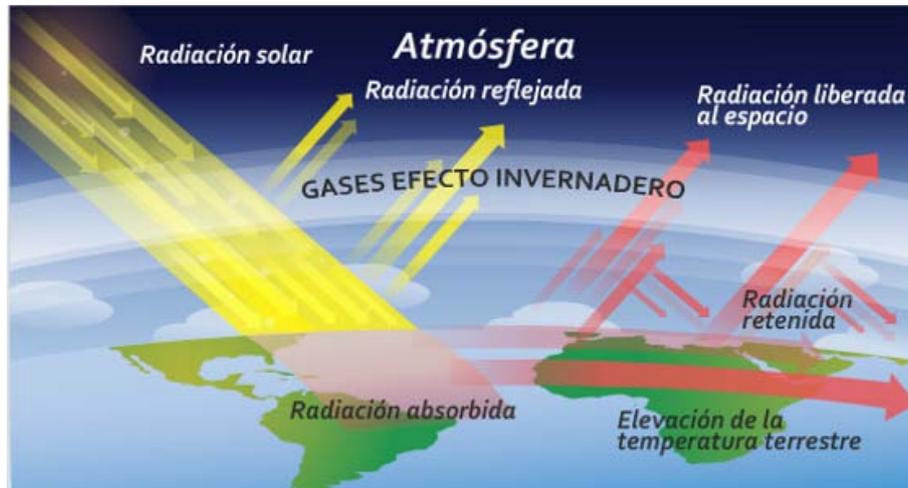
emisiones debidas a la intervención del hombre, está causando grandes daños a las aguas dulces, los bosques, los suelos y los ecosistemas naturales sensibles a la acidificación. Sus efectos se manifiestan de formas muy variadas: provoca la defoliación de los árboles y merma de su vitalidad; y reduce las poblaciones de peces y la diversidad de otros animales acuáticos que habitan en lagos, ríos y cursos de agua vulnerables a la acidificación, además de alterar la química del suelo.

La mayor parte de las emisiones de  $\text{SO}_2$  y de  $\text{NO}_x$  proceden de la quema de carbón y combustibles, que se produce principalmente en las centrales eléctricas, en la calefacción de las viviendas, en el comercio y los servicios, en la industria y en los vehículos de gasoil o de gasolina, incluidos los barcos y aviones. Las emisiones de amoníaco proceden fundamentalmente de la producción y diseminación de abonos animales. Una vez expulsados hacia la atmósfera, los gases acidificantes se dispersan y pueden permanecer en el aire durante varios días y ser transportados a largas distancias por los vientos, provocando efectos en puntos muy alejados de su fuente de emisión. Es por eso que el problema de la acidificación trasciende las fronteras, por lo que es preciso combinar las iniciativas nacionales e internacionales, como las medidas para utilizar combustibles más limpios, y reducir las emisiones procedentes, en particular, de los vehículos y de las centrales de energía en las que se produzca quema de carbón o de combustibles derivados del petróleo [2].

### **Calentamiento global**

Otro problema ambiental importante lo constituye el calentamiento global que se produce como consecuencia de la emisión de gases de invernadero a la atmósfera como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) dado que sus efectos tienden a alterar los ecosistemas actuales. Uno de los factores fundamentales que lo originan es el excesivo consumo energético de combustibles fósiles por parte de los países desarrollados, por lo que es necesario imperativamente aumentar la eficiencia energética para reducir su consumo y proponer al uso de fuentes de energías no contaminantes como lo representan las derivadas de la energía solar.

En la Figura 4 se muestra el proceso de calentamiento global en forma esquemática.



**Figura 4.** Proceso de calentamiento de la Tierra

El efecto invernadero en la atmósfera es un fenómeno natural y necesario, producido fundamentalmente por el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el vapor de agua que constituye la humedad y las nubes y en menor proporción por el metano, óxido nítrico, los clorofluorocarbonos (CFCs) y el ozono.

De esa manera, esos gases que forma parte de la atmósfera actúan como el vidrio o el plástico transparente de un invernadero y por ese motivo se los denominan gases de invernadero, porque actúan bajo el mismo principio, permitiendo el paso de la luz solar e impidiendo escapar el calor en forma de radiación infrarroja hacia el espacio exterior, constituyendo de esa manera un efecto natural que permiten mantener una temperatura promedio adecuada para el desarrollo de la vida.

La concentración de dióxido de carbono y en menor proporción los otros gases invernadero, han crecido rápidamente en los últimos años debido a la alta emisión y de esa forma, la energía calorífica almacenada tiende a producir un aumento de la temperatura promedio de la tierra y como consecuencia, se están originando cambios climáticos que modifican los ecosistemas y produciendo el calentamiento global.

Uno de los motivos principales del incremento de la concentración de dióxido de carbono lo constituye la emisión indiscriminada de los gases de la combustión de los combustibles fósiles como el petróleo, gas o carbón, producida fundamentalmente por el desarrollo de las industrias y el transporte automotor, así como las emisiones del sector residencial especialmente en los países más desarrollados [1].

En cuanto a los efectos que se prevé que el cambio climático pueda causar debido al efecto invernadero se encuentran:

- aumento del nivel del mar y posibles inundaciones de las zonas más bajas
- deshielo de los glaciares y de los hielos oceánicos;
- cambios en la pautas de pluviosidad, que pueden causar inundaciones y sequías
- cambios respecto a la aparición de extremos climáticos, especialmente temperaturas más elevadas.

Estos efectos del cambio climático tendrían un impacto sobre los ecosistemas, la salud, algunos sectores económicos clave, como la agricultura, y los recursos hídricos.

No se sabe con certeza cuál sería la gravedad de estos posibles efectos, aunque en los últimos años la comunidad científica internacional ha avanzado mucho en el estudio de las relaciones existentes entre las emisiones de gases con efecto invernadero, su concentración en la atmósfera, la temperatura y los costes económicos de las alteraciones. El Grupo intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC) ha evaluado las posibles consecuencias de un incremento continuado de la concentración de gases con efecto invernadero como resultado de actividades humanas, mediante una serie de hipótesis, que abarcan un período hasta el año 2100, y que van desde una “situación sin cambios”, hasta aquéllas que suponen un crecimiento bajo y, en particular, una mayor orientación al uso de fuentes de energía no fósiles, e incrementos importantes de la eficiencia energética.

Las conclusiones del IPCC admiten oscilaciones considerables; por ejemplo, la previsión del aumento de la media mundial de la temperatura oscila entre 0,3º C y 4,8º C para el año 2100. Muchos aspectos del cambio climático son inciertos, especialmente en el ámbito regional y local. La investigación europea ha contribuido a reducir esta incertidumbre, pero es necesario que siga adelante para mejorar, por ejemplo, los modelos climáticos a escala regional.

Aunque no se sabe con certeza en qué medida el cambio climático podría considerarse sostenible, las conclusiones en su conjunto apuntan en general a la necesidad de establecer una política de actuación para contener las emisiones de gas con efecto invernadero y controlar el calentamiento del planeta. También se reconoce que es importante calibrar hasta qué punto las consecuencias perjudiciales del cambio climático podrían reducirse mediante medidas de adaptación. El plazo para perfilar una política de actuación es un aspecto clave, porque hay un largo desfase entre la reducción de emisión de gases con efecto invernadero y la estabilización de concentraciones atmosféricas [3].

## **1.2. OBJETIVO**

El objetivo del proyecto es evaluar ambientalmente en cuanto a las emisiones y mediante la utilización de indicadores la generación de calor con biomasa en un district heating (calor distribuido) en el sector residencial.

Para llevarlo a cabo lo que se va a realizar es la comparación de esos indicadores con los obtenidos a partir de otros métodos de obtención de calor (en este caso gas natural) y así conocer cuál de las tecnologías es mejor.

### **1.3. BIOMASA COMO COMBUSTIBLE**

#### **1.3.1. Evaluación del uso de la biomasa para reducir las emisiones**

Las limitaciones sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) impuestas por el Protocolo de Kyoto dieron lugar a plantearse otras formas de obtener energía, siendo el aprovechamiento energético de la biomasa una de esas opciones.

Derivado del Protocolo de Kyoto también ha sido creada en España legislación destinada a la reducción de la emisiones, es por eso que en nuestro país el aprovechamiento energético de la biomasa se ha visto incrementado en los últimos años.

La biomasa posee grandes ventajas ya que su combustión no contribuye al aumento del efecto invernadero porque el carbono que se libera ha sido absorbido previamente por las plantas durante su crecimiento. Los combustibles fósiles, que son extraídos del subsuelo, contienen carbono capturado y almacenado en épocas remotas, hace miles de años, y su liberación en la actualidad sí contribuye al incremento.

Pese a haber habido este aumento en la utilización de la biomasa como combustible en España, este recurso no ha sido tan explotado como en otros países de nuestro entorno, principalmente por las siguientes causas:

- La falta de un mercado de combustibles de biomasa
  
- El requerimiento de importantes inversiones y de una garantía de suministro a medio y largo plazo para la implantación de nuevas experiencias
  
- La falta de consenso entre los diferentes agentes que intervienen en la valorización energética de biomasa (propietarios forestales, productores de biomasa, empresarios y administración)

- La insuficiencia en los incentivos económicos para el desarrollo de nuevas experiencias de producción de energía con biomasa.

La biomasa se presenta de forma enormemente heterogénea, residuos forestales, astillas de madera, paja, huesos y pepitas o cáscaras de frutos, lo que provee a las instalaciones de una amplia gama de biocombustibles para abastecerse para obtener energía térmica o eléctrica [4].

En cuanto al aprovechamiento energético, hay dos principales ramas:

- Utilizar la energía obtenida para producir calor. Los gases de combustión transmitirían su calor, mediante un intercambiador, al agua de forma que se podría usar para climatizar.
- Utilizar la energía obtenida para producir vapor. Ese vapor generado en una caldera se puede usar para mover una turbina con un alternador de forma que se conseguiría energía eléctrica (ciclo Rankine). El vapor generado no tiene porque ser necesariamente de agua, también hay ciertos líquidos orgánicos que se usan para este fin.

### **1.3.2. Disponibilidad de biomasa en Cantabria**

En nuestra comunidad autónoma se cuenta con una amplia masa forestal compuesta por diversas especies de pinos, robles, castaños, hayas o eucaliptos, que pueden ser aprovechados de forma completa o como restos de aprovechamientos madereros. También hay explotaciones en las cuales se generan residuos agrícolas susceptibles de ser aprovechados como combustible.

Toda esta utilización representa beneficios tanto a nivel medioambiental como a nivel económico y social. La limpieza de bosques evitaría en gran medida que se produjeran incendios por la acumulación de residuos forestales (principalmente en verano) y la realización de esta limpieza sería hecha por equipos de trabajo, lo que

supondría la creación de nuevos puestos de trabajo y todo lo que esto conlleva en cuanto a la revitalización económica.

Los valores de la biomasa total disponible dividido por comunidades autónomas permite ver cuanta cantidad se puede aprovechar y cuál es el origen de esa biomasa (Tabla 1) [5].

**Tabla 1.** Biomasa potencial disponible por comunidades autónomas en toneladas por año [5]

Biomasa potencial disponible según procedencia (t/año)										
Comunidad Autónoma	Masas forestales existentes			Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno forestal	Restos agrícolas			Masas herbáceas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Total (t/año)
	Restos de aprovech. madereros	Árbol completo	Total masas existentes		Herbáceos	Leñosos	Total			
Andalucía	209.375	1.649.219	1.858.594	1.231.669	2.518.996	4.957.623	7.476.619	2.961.107	1.127.133	14.655.121
Aragón	56.161	740.121	796.282	85.865	1.257.356	1.419.104	2.676.460	1.881.502	814.641	6.254.749
Asturias	280.944	829.081	1.110.025	1.384.360	0	378.173	378.173	0	0	2.872.558
Cantabria	181.728	505.452	687.180	472.133	41.213	6.518	47.731	4.891	6.194	1.218.129
Castilla-La Mancha	74.165	1.313.048	1.387.213	203.519	2.060.321	1.073.376	3.133.697	3.831.473	1.233.273	9.789.177
Castilla y León	123.428	2.300.723	2.424.151	1.496.793	4.167.623	230.759	4.398.382	5.614.995	1.327.990	15.262.310
Cataluña	171.078	1.220.223	1.391.301	143.838	1.045.020	2.210.580	3.255.599	758.939	532.713	6.082.389
Comunidad Valenciana	38.809	234.648	273.457	104.654	52.487	2.223.407	2.275.894	77.440	71.104	2.802.549
Extremadura	91.283	1.451.860	1.543.143	1.433.327	898.837	982.766	1.881.602	1.075.765	880.174	6.814.012
Galicia	1.307.072	3.427.870	4.734.942	7.931.615	992.906	550.870	1.543.777	8.169	149.132	14.367.634
Islas Baleares	9.126	51.551	60.677	8.025	113.942	405.250	519.191	294.303	47.555	929.751
Islas Canarias	1.182	24.498	25.680	8.863	310	179.767	180.076	485	397	215.500
La Rioja	7.516	112.853	120.369	17.315	229.865	217.358	447.223	146.657	48.874	780.438
Madrid	7.205	167.611	174.816	81.644	137.583	62.472	200.055	233.813	91.735	782.064
Murcia	14.137	63.819	77.955	4.407	56.376	1.028.553	1.084.929	142.168	52.882	1.362.342
Navarra	41.565	804.471	846.036	189.129	641.182	126.822	768.005	570.252	186.539	2.559.961
País Vasco	369.469	834.068	1.203.537	275.165	220.548	64.823	285.372	135.909	28.524	1.928.508
<b>Total</b>	<b>2.984.263</b>	<b>15.731.116</b>	<b>18.715.358</b>	<b>15.072.320</b>	<b>14.434.566</b>	<b>16.118.220</b>	<b>30.552.785</b>	<b>17.737.868</b>	<b>6.598.861</b>	<b>88.677.193</b>

Nota: contenido de humedad 45%

## **1.4. OBTENCIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA CON BIOMASA**

Como antes quedó expuesto mediante la combustión de la biomasa se puede obtener tanto calor como vapor para generar energía eléctrica (más adelante se verá que tan sólo utilizaremos el equipo para producir calor, por lo que hablaremos de los equipos centrados en su producción).

### **1.4.1. Equipos**

Para realizar la combustión de la biomasa se utilizan calderas. Se consideran salas de máquinas los recintos con calderas o equipos auxiliares, cuando la suma de todas sus potencias sea mayor de 70 kW. Se consideran parte de la sala de máquinas los locales a los que se acceda desde la misma sala, que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior.

Las calderas de biomasa pueden clasificarse atendiendo al tipo de combustible que admiten y a la clase de tecnología que utilizan.

Según tipos de combustible, existen tres tipos:

#### **- Calderas específicas de pélets**

Suelen ser pequeñas (hasta 40 kW) y altamente eficientes. Destaca su compacidad debido a la estabilidad del combustible suministrado. La razón de ser de estas calderas tiene sentido por su bajo coste, pequeño tamaño y un elevado rendimiento. En algunos casos pueden utilizar otros biocombustibles con características similares siempre que el fabricante lo garantice.

#### **- Calderas de biomasa**

Su potencia varía desde 25 kW a cientos de kW. No admiten varios combustibles simultáneamente, aunque se puede cambiar el combustible si se programa con suficiente antelación el vaciado del silo, la nueva recarga y la reprogramación de la caldera. Precisan de modificaciones en tornillo de alimentación y parrilla.

#### - Calderas mixtas o multicomcombustible

Admiten varios tipos distintos de combustible, cambiando de unos a otros de manera rápida y eficiente, como por ejemplo pélets y astillas. Suelen fabricarse para potencias medias (alrededor de 200 kW) o grandes.

De acuerdo a su tecnología, las calderas se dividen en cuatro grupos (Tabla 2):

#### - Calderas convencionales adaptadas para biomasa

Suelen ser antiguas calderas de carbón adaptadas para poder ser utilizadas con biomasa o calderas de gasóleo con un quemador de biomasa. Aunque resultan baratas, su eficiencia es reducida, situándose en torno al 75-85%. Suelen ser semi-automáticas ya que, al no estar diseñadas específicamente para biomasa no disponen de sistemas específicos de mantenimiento y limpieza. En España existen varios fabricantes con este tipo de calderas.

#### - Calderas estándar de biomasa

Diseñadas específicamente para un biocombustible determinado (pélets, astillas, leña,...), alcanzan rendimientos de hasta un 92%, aunque suele ser posible su uso con un combustible alternativo a costa de una menor eficiencia. Generalmente se trata de calderas automáticas ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.

#### - Calderas mixtas

Las calderas mixtas permiten el uso alternativo de dos combustibles, haciendo posible el cambio de uno a otro si las condiciones económicas o de suministro de uno de los combustibles así lo aconsejan. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías. Su rendimiento es alto, cercano al 92%, y son calderas totalmente automáticas.

- Calderas de pélets a condensación

Pequeñas, automáticas y para uso exclusivo de pélets, estas calderas recuperan el calor latente de condensación contenido en el combustible bajando progresivamente la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador. Mediante esta tecnología, el ahorro de pélets es del 15% respecto a una combustión estándar, logrando así las mayores eficiencias del mercado, con un rendimiento de hasta el 103% respecto al poder calorífico inferior (PCI) [6].

**Tabla 2.** Clasificación de calderas de biomasa según su tecnología [6]

Tecnología	Propiedades	Tipo de caldera	Comentarios
Calderas convencionales adaptadas para biomasa	Menor rendimiento (hasta 85%). Semi-automáticas	Calderas de gasóleo con quemador de biomasa	La potencia se reduce por la adaptación al uso de biomasa. La limpieza de la caldera no es totalmente automática
		Calderas adaptadas con quemador fijo o en cascada	La potencia se reduce por la adaptación al uso de biomasa. La limpieza de la caldera no es totalmente automática
Calderas estándar de biomasa	Alto rendimiento (hasta 92%). Automáticas	Calderas de biomasa con alimentador inferior	Calderas domésticas que únicamente pueden consumir pélets estándar. Equipos compactos. Aptas para combustibles con bajo contenido en cenizas (pélets, astillas, algunos biocombustibles agroindustriales)
		Calderas de biomasa con parrilla móvil	Aptas para biocombustibles con altos contenidos de humedad y cenizas. Se utiliza para potencias superiores a los 100 kW
Calderas mixtas	Alto rendimiento (hasta 92%). Automáticas	Todos	Permiten el uso alternativo de dos combustibles en función de las necesidades de cada situación. Precisan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible
Calderas a condensación	Máximo rendimiento (hasta 103% respecto al PCI). Automáticas	Calderas de biomasa con alimentador inferior	Aptas sólo para el uso de pélets. Baja potencia (< 70 kW)

**1.4.2. Combustibles**

El desarrollo del mercado de la biomasa ha permitido que en la actualidad exista una gran variedad de biocombustibles sólidos susceptibles de ser utilizados en sistemas de climatización de edificios. De entre todos ellos, los tipos de biomasa comerciales empleados comúnmente para sistemas de calefacción son:

- Pélets de biomasa (Figura 5), biocombustible estandarizado a nivel internacional. Se conforman como pequeños cilindros procedentes de la compactación de serrines y

virutas molturadas y secas, provenientes de serrerías, de otras industrias, o se producen a partir de astillas y otras biomásas de diversos orígenes, como los agropélets. En el proceso de peletización no se utilizan productos químicos sino simplemente presión y vapor, aunque es posible encontrar también un porcentaje reducido de aditivos biológicos.

Las calderas denominadas “de pélets” normalmente admiten pélets de calidades medias y altas, siendo, en principio, el único tipo de combustible admitido por estos equipos aunque, realizando los ensayos y pruebas necesarios por parte de los fabricantes, pueden llegar a utilizar otros como los huesos de aceituna triturados. También existen calderas de biomasa que pueden funcionar con pélets de calidad inferior, más económicos aunque con mayor porcentaje de cenizas y menor poder calorífico.

Una de las características a considerar de los pélets es su posible degradación para ciertos porcentajes de humedad, por lo que siempre deben estar almacenados en recintos impermeabilizados, tanto en los puntos de suministro como en el almacenamiento en edificios y viviendas.



**Figura 5. Pélets de biomasa**

- Astillas (Figura 6), son trozos de madera pequeños de entre 5 y 100 mm de longitud cuya calidad depende fundamentalmente de la materia prima de la que proceden, su recogida y de la tecnología de astillado. Como ventaja tiene que, al ser un combustible que tiene un pretratamiento relativamente sencillo (astillado y, en su caso, secado), tienen un coste inferior a biomásas producidas industrialmente. Se pueden producir localmente y pueden ser un combustible de alta calidad para calderas de cualquier

tamaño, aunque precisan de mayor espacio de almacenamiento que los pélets o el hueso de aceituna. Sin embargo, el control de calidad de las astillas de madera es muy importante ya que sus características son poco homogéneas principalmente en lo que se refiere al poder calorífico y la humedad. Las astillas muy húmedas (> 40%) y los trozos de madera grandes en las astillas son poco recomendables en la mayoría de las calderas para edificios y viviendas.



**Figura 6.** Astillas de madera

- Residuos agroindustriales (Figura 7), son adecuados para su uso como combustible en calderas de biomasa los provenientes de las industrias de la producción de aceite de oliva y aceituna, de las alcohólicas y la uva, y de los frutos secos. En general, los proveedores suelen reducir su grado de humedad mediante procesos de secado con el objetivo de aumentar su poder calorífico inferior. Normalmente, son combustibles económicos y de buena calidad, aunque en algunos casos se debe prestar una especial atención a las distintas calidades de una misma biomasa. Por ejemplo, el hueso de aceituna es recomendable que esté limpio de pieles o pellejo, para reducir las labores de mantenimiento y mejorar la operación.



**Figura 7.** Residuos agroindustriales

- Leña (Figura 8), proviene de trocear troncos que no van a ser utilizados para producir madera, y pueden producirse localmente por los propios usuarios. Al igual que ocurre con el resto de la biomasa, la energía que producen en la caldera va a depender del tipo de madera y de la humedad que contenga. La leña debe introducirse manualmente en la caldera, normalmente varias veces al día. Por lo tanto, los sistemas de calefacción de leña son semiautomáticos, con la ventaja de que esta biomasa es muy económica. Existen calderas que funcionan exclusivamente con leña, y otras que funcionan con leña y astillas o pélets y que tienen un mayor campo de aplicación.



**Figura 8.** Leña

- Briquetas (Figura 9), son cilindros de biomasa densificada de tamaño superior al del pélet, provenientes normalmente de serrines y virutas de aserraderos. Estos cilindros sustituyen normalmente a la leña en las calderas [6].



**Figura 9.** Briquetas

Según presenta la Guía técnica para instalaciones de biomasa en edificios redactada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) los citados combustibles poseen las siguientes propiedades (Tabla 3) [6].

**Tabla 3. Propiedades de los combustibles [6]**

	PCI		Humedad
	(kJ/kg)	(kWh/kg)	b.h. (%)
Pélets	17.000 – 19.000	4,7 – 5,3	< 15
Astillas	10.000 – 16.000	2,8 – 4,4	< 40
Hueso de aceituna	18.000 – 19.000	5,0 – 5,3	7 - 12
Cáscara de frutos secos	16.000 – 19.000	4,4 – 5,3	8 - 15
Leña	14.400 – 16.200	4,0 – 4,5	< 20
Briquetas	17.000 – 19.000	4,7 – 5,3	< 20

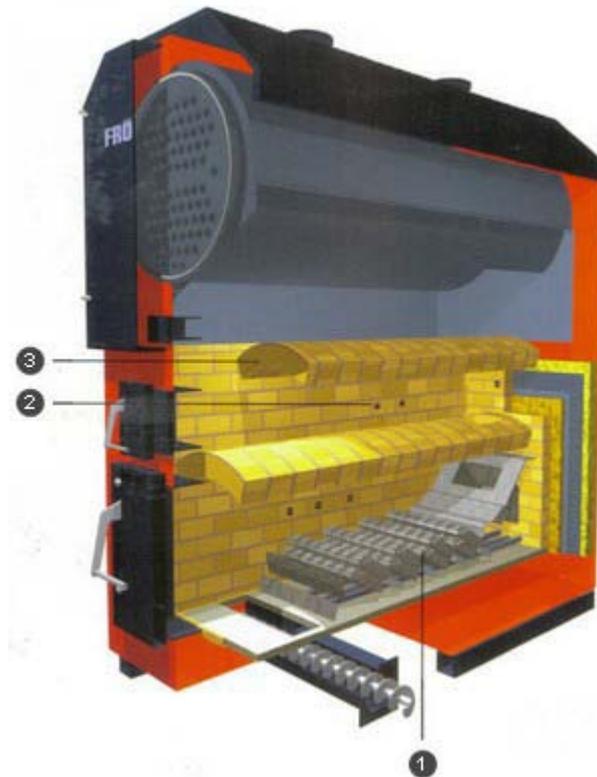
## 1.5. UTILIZACIÓN DE BIOMASA EN LA SOCIEDAD ACTUAL

### 1.5.1. Características de los sistemas de district heating

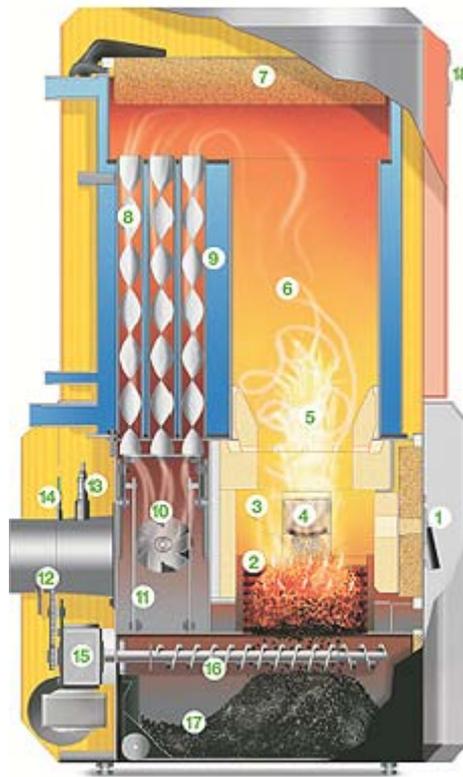
Los sistemas de calor distribuido se basan en una central cercana a los consumidores que produce calor. Mediante un sistema de tubos aislados, por lo general subterráneos, el calor se distribuye a los edificios de un barrio o de una ciudad que forman parte de la red. El medio más común para distribuir el calor es el agua, pero también se puede utilizar vapor o aceite.

Al tratarse de instalaciones grandes la eficiencia es mayor, por lo que se reducen costes. Desde el punto de vista ambiental, una mayor eficiencia energética se traduce en menores emisiones por unidad de energía, y un balance neutro en emisión de carbono al utilizar como combustible la biomasa.

En cuanto a los equipos generadores del calor tienen todas unas características comunes, independientemente del tamaño del mismo y de la potencia generada. Todos cuentan con un intercambiador de calor donde el calor generado por la biomasa se transmite al fluido calefactor, también tienen una zona de quemado de biomasa, la cual se puede quemar en un lecho fijo (de parrilla móvil) (Figura 10) o en un lecho fluidizado (Figura 11). En lo respectivo a la alimentación, ésta se puede hacer de manera manual o automática mediante un tornillo sin fin al cual podremos ajustar la velocidad de entrada de la biomasa. Cuando se quema la biomasa se forman cenizas que normalmente se acumulan en el fondo de la zona de quemado, su retirada se puede hacer de forma manual periódicamente o de forma automática con otro tornillo sin fin.



**Figura 10.** Caldera de biomasa de parrilla móvil



**Figura 11.** Caldera de biomasa de lecho fluidizado

### 1.5.2. Biomasa en ambientes urbanos

La utilización de la biomasa para la obtención de energía se lleva realizando desde hace muchos años, pero en España su desarrollo es menor que en otros países de nuestro entorno, pese a ser una alternativa económicamente viable a la par de ser una fuente de energía renovable.

Como ha quedado demostrado (debido a su implantación en gran cantidad de ciudades europeas) la utilización de la biomasa como combustible es una gran inversión, ya que se presenta como solución para recuperar la energía que se desperdicia. Además no hay problemas de dimensionado, ciudades como París, Berlín u Odense poseen una red de calefacción.

En cuanto a España es cierto que la implantación es inferior, pero en los últimos años ha habido un desarrollo que se espera que siga evolucionando contando en la

actualidad con 109 redes en 14 Comunidades Autónomas, siendo especialmente importante en Cataluña [7].

Como ejemplo de redes en España vamos a profundizar ligeramente en las de Cuéllar, Ólvega, Molins de Rei, Sant Pere de Torelló u Oviedo.

En Cuéllar (Segovia) la implantación del sistema transcurrió a lo largo de más de dos años, desde la realización de estudios de viabilidad hasta la puesta en marcha. La red consume un total de 2300 toneladas al año de combustible con una potencia térmica de 5,9 MW, el agua de suministro tiene un caudal medio de 200 m<sup>3</sup>/h a una temperatura de 90°C y el retorno de 80°C. Con esta red se abastece al polideportivo y piscina municipales, al centro cultural, al colegio, a 25 viviendas unifamiliares y 225 viviendas en bloques. En cuanto a las ventajas observadas por los vecinos, se reduce el gasto en combustible, no es necesario almacenar el combustible, y como la biomasa proviene de la zona los recursos económicos empleados permanecen en la localidad mejorando la economía local.

En Ólvega (Soria) se implantó una red cuya potencia es de 9 MWt (2 equipos de 4,5 MWt) que es alimentada con astillas de madera de pino, y al igual que en Cuéllar el suministro es de unos 90°C. En cuanto a las infraestructuras abastecidas se encuentran el colegio, ayuntamiento, polideportivo, piscinas, centro social y de adultos y la casa de la juventud. A su vez se abastece a edificios privados como fábricas, 8 comunidades de vecinos y un hostel.

En Molins de Rei (Cataluña) se creó una empresa 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. Estos pisos tienen una ocupación en su conjunto de 2.000 usuarios aproximadamente. El consumo de biomasa (piña, conglomerado y astillas) en la instalación es de 2300 toneladas de biomasa al año. Consta de dos calderas de parrilla móvil de una potencia de 2 MW cada una. En el caso de que el sistema se averíe se

dispone a su vez de un sistema auxiliar que es alimentado por gas natural y que cubriría las necesidades.

En Sant Pere de Torelló (Cataluña) está una de las redes pioneras en España, ya que en el año 1985 se puso en marcha la planta piloto, ampliándose y construyendo la nueva planta en 1996. La construcción fue realizada con la ayuda de la Unión Europea, y la instalación cuenta con una caldera de biomasa de 5,4 MW y 2 calderas de gasoil con 2,9 MW. La madera que se utiliza como combustible llega a la planta y allí se tritura y se prepara para su posterior quemado. Actualmente se encuentran conectados al servicio unos 600 usuarios, entre los que hay empresas, edificios públicos y viviendas.

En Oviedo (Asturias) se realizó la instalación de dos calderas de una potencia de 2 MW cada una, como sustitución a 4 antiguas calderas de gasoil. Con esa potencia se abastece a un total de 435 viviendas, distribuidas en 15 bloques, además de un gimnasio. En cuanto a la fuente de alimentación, principalmente la forman pellets y huesos de aceitunas, aunque el sistema está preparado para poder utilizar todo tipo de biomasa siempre que ésta tenga un bajo contenido en humedad [8].

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. CASO DE ESTUDIO**

Para calcular la carga ambiental (emisiones) generada por un sistema de district heating, se define la urbanización de viviendas base del estudio, sobre las que se realizarán los siguientes pasos:

- Cálculos energéticos
- Definición de caldera y dimensionamiento
- Emisiones generadas
- Indicadores
- Comparación de los indicadores

Para poder realizar los cálculos de requerimientos energéticos de las viviendas lo primero que se hizo fue establecer una base de cálculo, diseñando las mismas en función del Código Técnico de Edificación (CTE) [9] y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) [10].

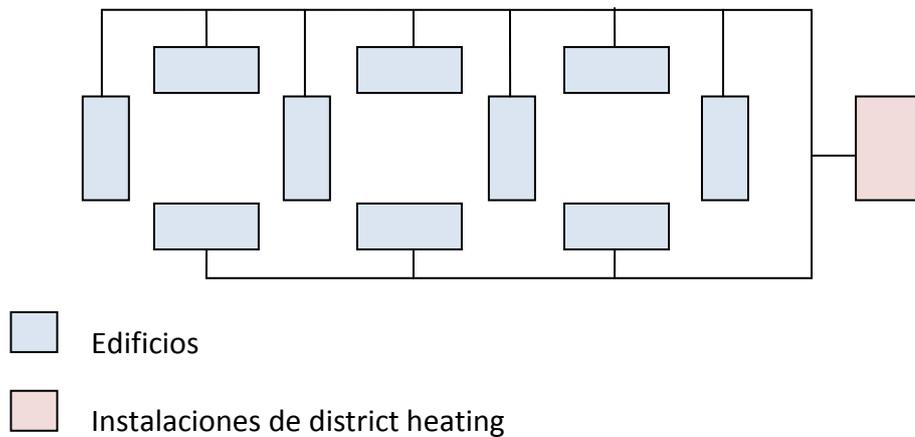
La urbanización diseñada está compuesta por un total de 400 viviendas, que se dividen en 10 bloques de 10 alturas, contando cada bloque con 40 viviendas. Cada vivienda es de 90 m<sup>2</sup> con una altura de 2,5 m, y consta de las siguientes estancias:

- 1 cocina de 12 m<sup>2</sup>
- 1 salón de 18 m<sup>2</sup>
- 2 dormitorios de 10,5 m<sup>2</sup>
- 1 dormitorio de 13,5 m<sup>2</sup>
- 2 baños de 6 m<sup>2</sup>
- 1 pasillo de 13,5 m<sup>2</sup>

### **2.2. CÁLCULOS DE REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS**

Conociendo la distribución de las estancias y la superficie de la vivienda ahora se debe tener en cuenta que al ser bloques, no todas son iguales, ya que hay viviendas que están en contacto con el suelo (planta baja), otras que lo están con la cubierta

(último piso), y que hay viviendas que tienen tres paredes dando al exterior y, por el contrario, otras tan sólo dos (Figura 12).



**Figura 12.** Esquema de edificios e instalaciones

Ahora que ya se tiene una vivienda tipo sobre la cual se pueden hacer cálculos, lo siguiente es conocer cuánto calor pierde cada casa, mediante ventilación, conducción y cuánto consume en forma de agua caliente sanitaria (ACS).

### 2.2.1. Pérdidas por ventilación

Par calcular las pérdidas por ventilación hay que tener en cuenta varios aspectos:

- La vivienda debe disponer de un sistema de ventilación híbrido o mecánico, y la circulación del aire debe ocurrir de los locales secos a los húmedos. Los locales secos (dormitorios, salones y comedores) deben disponer de aberturas de admisión y los húmedos (cocinas, baños y aseos) deben disponer de aberturas de extracción.
- Las cocinas, dormitorios, salas de estar y comedores deben disponer de un sistema complementario de ventilación natural. Para ello debe disponerse de una ventana o puerta al exterior.
- Las cocinas deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello debe disponerse un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de la ventilación general de la vivienda que no puede utilizarse para la extracción de aire de locales de otro uso.

Los caudales de ventilación mínimos exigidos en el Código Técnico de Edificación son los que aparecen en la siguiente tabla (Tabla 4) [9].

**Tabla 4. Caudales de ventilación mínimos exigidos [9]**

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por $m^2$ útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

Con los datos de la Tabla 2.1 y los ocupantes que puede haber en los dormitorios y salas de estar ya se pueden obtener los valores del caudal de admisión (Tabla 5) y de extracción (Tabla 6) en la vivienda.

**Tabla 5. Caudal de admisión en la vivienda**

Local	Ocupantes	Q/Oc (l/s)	Q tot (l/s)	Q tot ( $m^3/h$ )	Q tot* ( $m^3/h$ )
Dorm. 1	2	5	10	36	36
Dorm. 2	2	5	10	36	36
Dorm. 3	2	5	10	36	36
Salón	6**	3	18	64,8	84,6
Total				172,8	194,4

**Tabla 6. Caudal de extracción en la vivienda**

Local	Por local (l/s)	Por m <sup>2</sup> útil (l/s)	Q tot (l/s)	Q tot (m <sup>3</sup> /h)
Baño 1	15		15	54
Baño 2	15		15	54
Cocina (12m <sup>2</sup> )		2	24	86,4
Total			54	194,4

\*La admisión y la extracción deben tener el mismo valor, por lo tanto la diferencia se asume que entra por el salón

\*\*La cantidad de ocupantes que hay en el salón es igual a la suma de ocupantes de los dormitorios

Ya conocemos cuanto es el caudal de aire que se mueve a lo largo de un día en la vivienda, para conocer cuáles son las pérdidas de calor hace falta conocer la temperatura exterior en las condiciones más desfavorables, la temperatura interior de la vivienda y la cantidad de renovaciones de aire por hora que se exigen.

Para conocer la temperatura exterior en las condiciones más desfavorables utilizamos la Guía Técnica de Condiciones climáticas exteriores de proyecto, la cual recoge los valores de temperaturas de estaciones meteorológicas de toda España. En nuestro caso se toma la de Santander (Tabla 7), y más concretamente el valor de Ts<sub>99</sub> (°C), el cual indica que el 99% de los días del año la temperatura exterior es superior a su valor (4,7°C) [11].

**Tabla 7.** Datos de temperaturas de la estación meteorológica de Santander [11]

Provincia		Estación					Indicativo
Cantabria		Santander (CMT)					1111
UBICACIÓN: AEROPUERTO				Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO			
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T ferreo	Rad	
52	43°29'30"	03°47'59"W	87.600 (1998-2007)	(3) 29.200 (1998-2007)	13.140 (1998-2006)	58.400 (1998-2007)	
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoín (%)	OMA (°C)		
-0,3	3,6	4,7	6,0	81	22,0		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
34,5	25,6	20,1	24,2	20,1	23,2	20,0	9,2
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
22,1	24,9	21,4	24,1	20,6	23,3		
VALORES MEDIOS MENSUALES							
Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	10,6	11,3	141	291	0	1,4	9,2
Febrero	10,3	11,0	138	275	0	2,1	10,0
Marzo	11,9	12,7	110	253	1	3,4	11,8
Abril	12,4	13,2	86	227	1	4,4	13,5
Mayo	14,7	15,5	34	166	2	5,2	17,0
Junio	17,6	18,3	4	79	6	5,7	20,1
Julio	19,3	20,0	1	40	18	5,6	22,0
Agosto	20,3	21,1	0	22	30	4,9	22,6
Septiembre	18,8	19,9	2	49	15	4,1	20,2
Octubre	16,9	17,9	15	108	12	2,6	16,6
Noviembre	12,9	13,8	76	213	1	1,6	12,4
Diciembre	11,1	11,9	126	275	0	1,2	10,1

La temperatura interior y las renovaciones de aire por hora son valores que se obtienen directamente del Código Técnico de Edificación, ya que se estipula que la temperatura interior en un edificio debe ser de 21°C y que la cantidad de renovaciones por hora en una vivienda es igual al caudal de aire calculado entre el volumen total de la vivienda.

Por último la cantidad de calor perdido en cada local en vatios es igual al volumen de cada local por las renovaciones horarias por el calor específico del aire por el peso específico del aire y por la diferencia de temperaturas exterior e interior (Tabla 8). Ese calor perdido se puede obtener haciendo el cálculo local a local en los cuales haya admisión (Tabla 9) o directamente con el total de la vivienda (Tabla 10).

**Tabla 8.** Valores de parámetros utilizados para los cálculos

$\rho$ aire (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>e</sub> aire (W·h/kg·°C)	T ext (°C)	T int (°C)
1,204	0,28	4,7	21

**Tabla 9. Calor perdido calculado local a local**

Local	Q (m <sup>3</sup> /h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Renov/h	Pérdidas (W)
Dorm. 1	36	26,25	1,37	197,82
Dorm. 2	36	26,25	1,37	197,82
Dorm. 3	36	33,75	1,07	197,82
Salón	86,4	45	1,92	474,77
Baño 1		15		0,00
Baño 2		15		0,00
Cocina		30		0,00
Pasillo		33,75		0,00
				1068,23

**Tabla 10. Calor perdido calculado globalmente**

Local	Q (m <sup>3</sup> /h)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Renov/h	Pérdidas (W)
Vivienda	194,4	225	0,86	1068,24

Como se puede comprobar ambos métodos dan el mismo valor de pérdida de calor en la ventilación de una sola vivienda.

### 2.2.2. Pérdidas por conducción

Al contrario que con las pérdidas por ventilación, las pérdidas por conducción no son iguales en cada vivienda, de forma que para poder hacer los cálculos hay que diferenciar 6 tipos distintos:

- Viviendas con tres paredes al exterior y en la planta baja
- Viviendas con dos paredes al exterior y en la planta baja
- Viviendas con tres paredes al exterior y en las plantas intermedias
- Viviendas con dos paredes al exterior y en las plantas intermedias
- Viviendas con tres paredes al exterior y en la última planta
- Viviendas con dos paredes al exterior y en la última planta

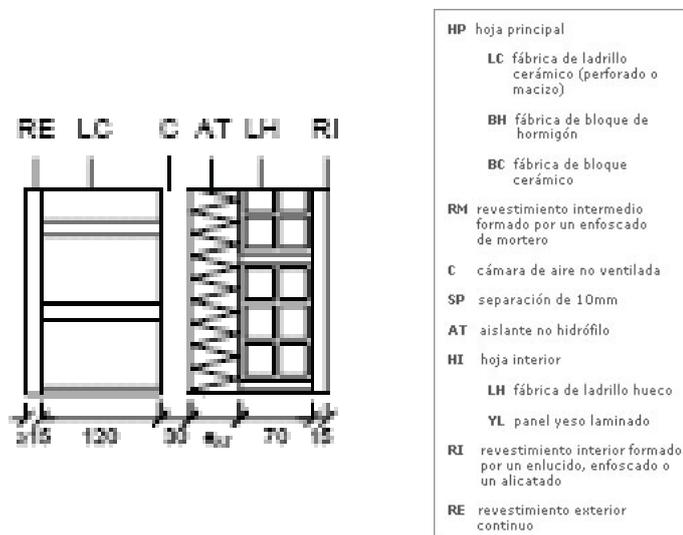
Teniendo diferenciadas las viviendas que hay, lo siguiente es calcular el área de las paredes y ventanas de las viviendas con dos y tres paredes al exterior (Tabla 11).

**Tabla 11. Áreas exteriores en las viviendas**

Tipo	Sup. total (m <sup>2</sup> )	Sup. muros (m <sup>2</sup> )	Sup. ventanas (m <sup>2</sup> )
2 par. ext	60	37,5	22,5
3 par. ext	78,75	49,5	29,25

El siguiente paso que se debe realizar es calcular los coeficientes de transmitancia de las paredes, suelos, ventanas y cubiertas. Para facilitar este trabajo se utilizó una herramienta que utilizando los parámetros del Código Técnico de Edificación permite introducir los valores de grosor y tipo de aislante dando su valor. Hay que escoger el tipo de pared y cubierta que se desea (no realiza cálculos para suelos o ventanas).

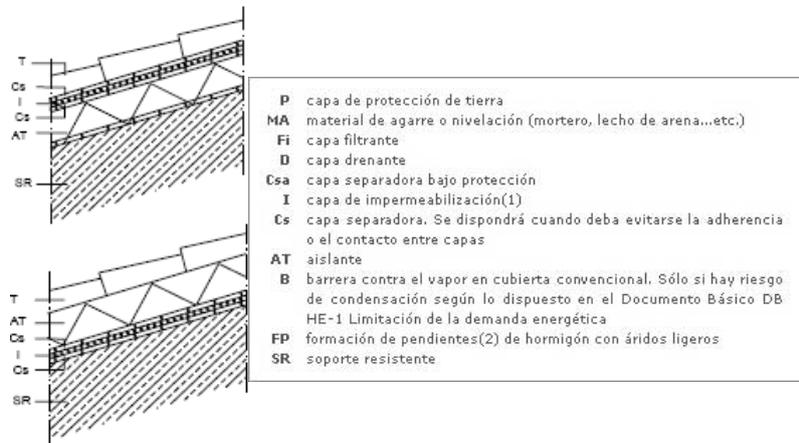
- Transmitancia de las paredes. Se escogió como aislante poliestireno extruido expandido con CO<sub>2</sub>, genérico, cuyo espesor es de 5 mm (Figura 13). Estos parámetros dan unos valores de transmitancia comprendidos entre 1,198 y 1,239 W/m<sup>2</sup>·K [12].



**Figura 13. Corte de las paredes con sus elementos**

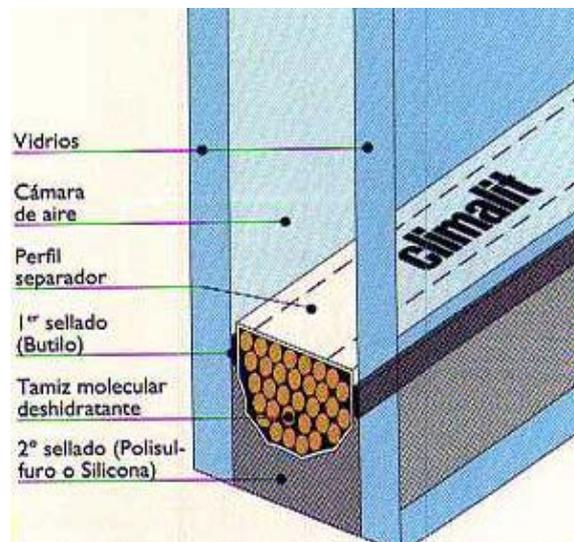
- Transmitancia de las cubiertas. Se escogió una cubierta inclinada, no ventilada, con capa de protección. El soporte resistente es un forjado unidireccional con elementos

de entrevigado de hormigón. El aislante posee las mismas características que el de la pared (Figura 14). Estos parámetros dan unos valores de transmitancia comprendidos entre 1,897 y 2,004 W/m<sup>2</sup>·K [12].



**Figura 14.** Corte de la cubierta con sus elementos

-Transmitancia de las ventanas. Se escogió una ventana de la marca Climalit con doble acristalamiento y aislante de aire (Figura 15). La transmitancia para esta ventana es de 2,7 W/m<sup>2</sup>·K [13].



**Figura 15.** Corte de la ventana con sus elementos

- Transmitancia de suelo. Para poder calcular la transmitancia de los suelos es necesario conocer el área y perímetro de cada vivienda, si la solera está aislada o no y la resistencia térmica (Tabla 12) [14].

**Tabla 12. Parámetros para medir la transmitancia del suelo**

Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)	B (A/0,5*P)	D (m)
90	39	1,61	4,61	1,5

Con estos datos ya podemos operar para obtener el valor de la transmitancia (Tabla 13). El valor que obtenemos es de 0,5 W/m<sup>2</sup>·K.

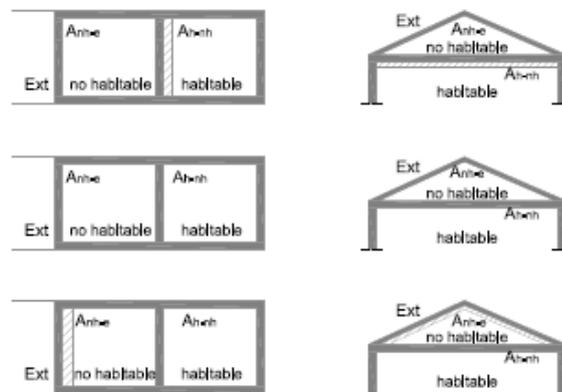
**Tabla 13. Tabla para el cálculo de la transmitancia de suelos [14]**

B'	R <sub>s</sub> 0,00	D = 0.5 m R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> ·K/ W)					D = 1.0 m R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> ·K/ W)					D ≥ 1.5 m R <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> ·K/ W)				
		0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

En el caso de la cubierta no sólo necesitamos conocer cuál es su transmitancia, también es importante el coeficiente de reducción de temperaturas, ya que entre el techo del último piso y la cubierta consideramos que hay un espacio no habitable. Como se vio en el corte de la cubierta, ésta se encuentra aislada, además el área de la cubierta es muy superior al área de una sola vivienda. Con estos datos podemos introducirnos en la tabla (Tabla 14) y obtener el valor del coeficiente (Figura 16).

**Tabla 14. Coeficiente de reducción de temperatura [14]**

$A_{h-nh}/A_{nh-e}$	No aislado <sub>nh-e</sub> -Aislado <sub>h-nh</sub>		No aislado <sub>nh-e</sub> -No aislado <sub>h-nh</sub>		Aislado <sub>nh-e</sub> -No aislado <sub>h-nh</sub>	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤ 0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤ 0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤ 1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤ 1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤ 2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤ 2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤ 3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50



**Figura 16. Relaciones exterior-espacio no habitable-espacio habitable para cálculo de coeficientes**

Ahora disponemos de todos los datos y valores que nos hacen falta para poder calcular las pérdidas de calor totales en cada vivienda. En los casos en los que la transmitancia es un rango hemos optado por tomar el valor más desfavorable, ya que para el consiguiente cálculo de la potencia necesaria por la caldera será mejor conocer lo máximo que nos hará falta.

- Viviendas con tres paredes al exterior y en la planta baja (Tabla 15)

**Tabla 15. Pérdidas por conducción**

Pérdidas por paredes (W)	Pérdidas por suelo (W)	Pérdidas por techo (W)	Pérdidas totales (W)
2286,98	495,00	0,00	2781,98

- Viviendas con dos paredes al exterior y en la planta baja (Tabla 16)

**Tabla 16. Pérdidas por conducción**

Pérdidas por paredes (W)	Pérdidas por suelo (W)	Pérdidas por techo (W)	Pérdidas totales (W)
1747,56	495,00	0,00	2242,56

- Viviendas con tres paredes al exterior y en las plantas intermedias (Tabla 17)

**Tabla 17. Pérdidas por conducción**

Pérdidas por paredes (W)	Pérdidas por suelo (W)	Pérdidas por techo (W)	Pérdidas totales (W)
2286,98	0,00	0,00	2286,98

- Viviendas con dos paredes al exterior y en las plantas intermedias (Tabla 18)

**Tabla 18. Pérdidas por conducción**

Pérdidas por paredes (W)	Pérdidas por suelo (W)	Pérdidas por techo (W)	Pérdidas totales (W)
1747,56	0,00	0,00	1747,56

- Viviendas con tres paredes al exterior y en la última planta (Tabla 19)

**Tabla 19. Pérdidas por conducción**

Pérdidas por paredes (W)	Pérdidas por suelo (W)	Pérdidas por techo (W)	Pérdidas totales (W)
2286,98	0,00	1469,93	3756,91

- Viviendas con dos paredes al exterior y en la última planta (Tabla 20)

**Tabla 20. Pérdidas por conducción**

Pérdidas por paredes (W)	Pérdidas por suelo (W)	Pérdidas por techo (W)	Pérdidas totales (W)
1747,56	0,00	1469,93	3217,49

### 2.2.3. Suma de pérdidas

A estos valores obtenidos hay que sumarles las pérdidas por ventilación y después aplicar unos factores de corrección:

- Los edificios están en una disposición por la cual la orientación es igual para cada dirección, 5% adicional
- Los edificios están habitados y la temperatura sólo se reduce por la noche, 5% adicional
- Todas las viviendas tienen 2 o más paredes exteriores, 10% adicional

Según estos factores de corrección la potencia necesaria en cada vivienda sería de un 20% más de la calculada (Tabla 21).

**Tabla 21. Pérdidas totales de cada vivienda**

Tipo de vivienda	Consumo total (W)
3 paredes exteriores, planta baja	4620,26
2 paredes exteriores, planta baja	3972,96
3 paredes exteriores, intermedio	4026,26
2 paredes exteriores, intermedio	3378,89
3 paredes exteriores, última planta	5790,18
2 paredes exteriores, última planta	5142,88

Conociendo las pérdidas de cada tipo de vivienda ahora debemos multiplicar ese valor por la cantidad de viviendas que hay de cada tipo en la urbanización diseñada, así podremos saber cuántas son las pérdidas totales que se tienen (Tabla 22).

**Tabla 22. Pérdidas totales**

Tipo de vivienda	Cantidad	Consumo total (W)	Suma (W)
3 paredes ext., planta baja	20	4620,26	92405,2
2 paredes ext., planta baja	20	3972,96	79459,2
3 paredes ext., intermedio	160	4026,26	644201,6
2 paredes ext., intermedio	160	3378,89	540622,4
3 paredes ext., última planta	20	5790,18	115803,6
2 paredes ext., última planta	20	5142,88	102857,6
			1575355,6

El total de pérdidas en la urbanización entera es de 1575355,6 W, o lo que es lo mismo, de 1575,36 kW.

#### **2.2.4. Consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS)**

Unido a las pérdidas también tenemos que calcular la cantidad de potencia que se necesita para el agua caliente sanitaria. El Código Técnico de Edificación estipula que en las viviendas multifamiliares el consumo es de 22 litro por persona y día, y que este agua debe ser servida a una temperatura mínima de 60°C. Según lo expuesto anteriormente en una vivienda pueden vivir un máximo de 6 personas y en cada bloque hay 40 viviendas, por lo que la cantidad de agua que se necesita calentar es de 5280 litros por bloque. La entrada de agua es a 12,3°C, por lo que haría falta que su temperatura aumente 47,7°C. Como no tendría sentido estar calentando agua cada vez que un usuario abra un grifo o ducha, cada edificio cuenta con dos acumuladores de agua de 1 m<sup>3</sup> de capacidad, de forma que hasta en los momentos de mayor

demanda del día nos aseguremos de que hay agua caliente. Con los acumuladores de 1 m<sup>3</sup> y el consumo de 5280 litros sabemos cuántas veces hay llenar los acumuladores cada día (2,64 veces), de forma aproximada este valor nos dice que cada 8 horas se ha consumido todo el agua de los acumuladores y se han vuelto a llenar con agua nueva. Con todo esto ya podemos calcular cuanta es la energía necesaria para calentar el agua y cuanta es la potencia requerida para realizarlo (Tabla 23).

**Tabla 23.** Potencia y energía requerida para ACS

Consumo (l/8 h)	C <sub>e</sub> agua (W·h/kg·°C)	ΔT (°C)	Energía requerida en cada bloque cada 8 horas (W·h)	Potencia total (kW)
2000	0,28	47,7	26712	33,39

### 2.2.5. Potencia total

La potencia consumida en la urbanización es la suma de los requerimientos energéticos, la consumida en forma de ACS y la eléctrica, pero esta última no la tendremos en cuenta, pues se tomará de la red pública, así que la potencia total requerida es de 1608,75 kW.

## 2.3. DISEÑO DEL DISTRICT HEATING

Para obtener esa potencia se contará con 3 calderas de 1 MW de potencia, dos de cuales estarán operativas y la otra se tendrá por precaución, ya que si alguna falla en la época de máxima utilidad la urbanización podría quedarse sin suministro de calor.

La caldera de biomasa Fröling Lambdamat 1000 (Figura 17) fue el modelo seleccionado, la cual presenta las siguientes características:

- 1000 kWt de potencia nominal
- Salida del agua a 95°C
- Presión de trabajo de 4 bares

- 2390 litros de agua en el intercambiador de calor
- Astillas de madera como alimentación
- Dimensiones de la caldera (mm): 3740x1630x3910

La elección de esta caldera se hizo por dos motivos, el primero es que la potencia generada es la idónea para nuestro proyecto (como más adelante se verá en los cálculos) y la segunda es que la empresa dispone datos fiables de las emisiones ya que a través de un organismo externo de control se realizaron unas pruebas de medición de la caldera que se utilizaron para calcular las emisiones totales y la carga ambiental [15].

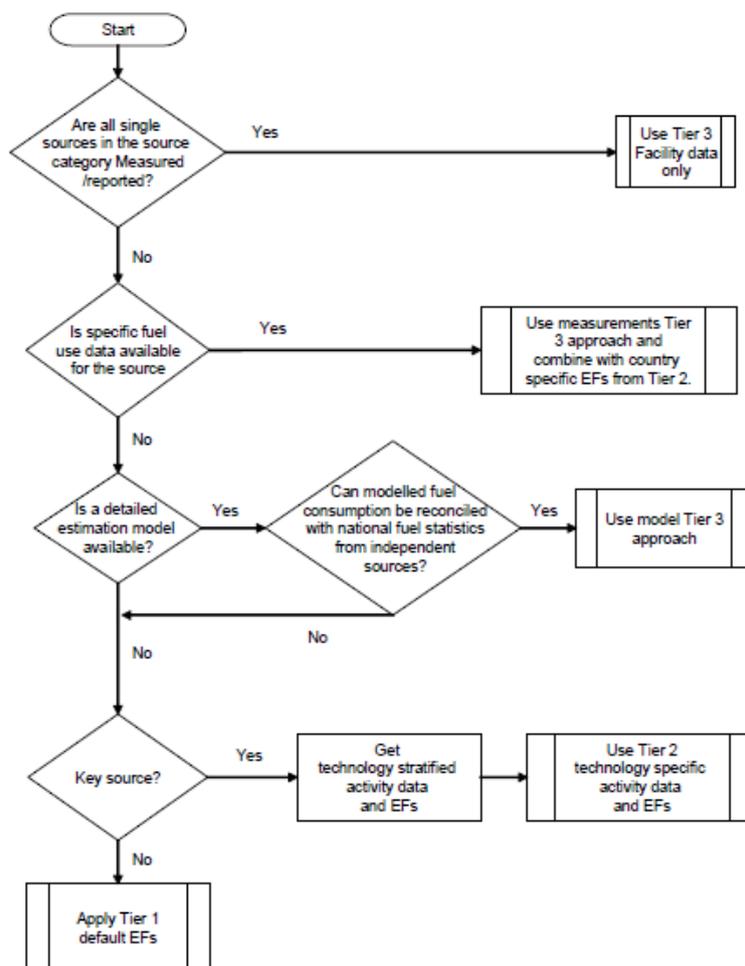


**Figura 17.** Fröling Lambdamat 1000

#### **2.4. CÁLCULO DE EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE BIOMASA**

Para conocer las emisiones por combustión de biomasa debemos utilizar la guía de inventario de emisiones elaborada por EMEP CorinAir, en la cual se explica el método a seguir para poder hacer el cálculo, además de contar con sus factores de emisión elaborados con los datos obtenidos en sus mediciones. Además el inventario cuenta con diversas categorías para que los cálculos que se realicen sean lo más meticulosos posibles, separando las emisiones en función de la potencia, de las tecnologías y

combustibles. Según su metodología lo primero que se debe realizar es buscar los valores de emisiones facilitados por el fabricante de la caldera. En caso de no disponer de los mismos, la siguiente opción es usar una combinación de los datos del fabricante y los factores de emisión del inventario de emisiones. Si esto no fuera posible se trataría de modelar unas emisiones o utilizar solo los datos del inventario. Como último recurso se debería recurrir a unos datos por defecto que aparecen en el inventario. Toda esta metodología se refleja en un árbol de decisiones que aparece en la guía (Figura 2.7). Los datos facilitados por el fabricante se les denomina Tier 3, los que aparecen en el inventario de forma detallada Tier 2 y los que vienen por defecto Tier 1 [16].



**Figura 18.** Árbol de decisión para el cálculo de emisiones

En el caso que nos ocupa la caldera seleccionada (Fröling Lambdamat 1000) disponía de una ficha técnica en la cual aparecían las emisiones de la misma cuando trabajaba a máxima y mínima potencia, pero tan solo de unos pocos contaminantes (Tabla 24), por lo que se han combinado los datos que proporciona el informe (Tier 3) [15] conjuntamente con los que aparecen en la guía para calderas de combustión de biomasa de potencia inferior a 1 MW (Tier 2) [16].

**Tabla 24.** Datos de la caldera Fröling Lambdamat 1000 facilitados por el informe (Tier 3)

Potencia (kW)	1022
Flujo de salida (m <sup>3</sup> /h)	3800
Polvo (mg/ m <sup>3</sup> )	45
Monóxido de carbono CO (mg/ m <sup>3</sup> )	14
Óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub> (mg/ m <sup>3</sup> )	167
Inquemados (mg/ m <sup>3</sup> )	4

Para poder utilizar conjuntamente los datos que nos proporciona el informe con los del inventario debemos hacer una conversión, ya que en el informe vienen en función de la potencia y en el inventario en función de la energía. Para hacerlo hemos tomado unas aproximaciones, la primera es que las calderas trabajan a máxima potencia cuando se requiere y poseen unos acumuladores, la segunda es que el agua caliente se consume durante todo el año y a cualquier hora del día, y la tercera es que la calefacción (calor) solo se utiliza durante los meses fríos (noviembre-abril) y durante 8 horas al día como máximo (Tabla 25).

**Tabla 25.** Consumo energético anual en la urbanización

	Potencia (kW)	Días	Horas/día	Energía (MWh)
Calor	1608,75	180	8	2316,50
ACS	33,39	365	24	292,50

Se va a suponer que la calefacción funciona con dos calderas simultáneamente a máxima potencia (existencia de acumuladores) y para el agua caliente sanitaria funciona la tercera.

Con los datos del fabricante y la energía vamos a ir haciendo conversiones hasta alcanzar unos valores expresados en gramos por Gigajulio, ya que así vienen en el inventario, y así poder comparar. Es importante no equivocarse debido a que para el calor las emisiones serán del doble porque la potencia es más que la generada por una sola caldera-

La primera conversión es pasar de miligramos por metro cúbico de contaminante a miligramos por hora, ya que tenemos el caudal de salida de la caldera (Tabla 26).

**Tabla 26. Conversión de datos a gramos por hora**

	Calor	ACS	Total
Energía (MWh)	2316,50	292,50	2609,00
Polvo (mg/h)	342000	171000	513000
Monóxido de carbono CO (mg/h)	106400	53200	159600
Óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub> (mg/h)	1269200	634600	1903800
Inquemados (mg/h)	30400	15200	45600

En este caso y al contar con acumuladores no se va a tener la caldera funcionando durante todo el día, lo que se hace es calcular la cantidad de horas al año que sería necesario tenerla a máxima potencia, las horas reales de funcionamiento (Tabla 27).

**Tabla 27. Horas de funcionamiento real de las calderas**

	Potencia disponible (kW)	Energía (MWh)	Horas / año
Calor (2 cald.)	1022 x 2	2316,50	1133,32
ACS (1 cald.)	1022	292,50	286,20

En la siguiente conversión vamos a pasar los datos a gramos totales emitidos por año (Tabla 28).

**Tabla 28. Conversión de datos a gramos por año**

	Calor	ACS	Total
Energía (MWh)	2316,50	292,50	2609,00
Polvo (g)	387611,15	48940,20	436551,35
Monóxido de carbono CO (g)	120590,14	15225,84	135815,98
Óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub> (g)	1438468,06	181622,52	1620090,58
Inquemados (g)	34454,32	4350,24	38804,56

La conversión que se hace a continuación es la de pasar los datos a gramos emitidos por cada megavatio hora de energía consumida, y como era de esperar, independientemente del consumo las emisiones son las mismas (Tabla 29).

**Tabla 29. Conversión de datos a gramos por megavatio hora**

	Calor	ACS
Energía (MWh)	2316,50	292,50
Polvo (g/MWh)	167,33	167,33
Monóxido de carbono CO (g/MWh)	52,06	52,06
Óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub> (g/MWh)	620,97	620,97
Inquemados (g/MWh)	14,87	14,87

La última conversión es la de cambiar las unidades, de megavatio hora a Gigajulio, para que estén como en el inventario y compararlas (Tabla 30).

**Tabla 30.** Conversión de datos a gramos por Gigajulio

	Calor	ACS
Energía (GJ)	643,47	292,50
Polvo (g/GJ)	602,37	602,37
Monóxido de carbono CO (g/GJ)	187,41	187,41
Óxidos de nitrógeno NO <sub>x</sub> (g/GJ)	2235,48	2235,48
Inquemados (g/GJ)	53,54	53,54

Los datos proporcionados en el inventario de EMEP CorinAir (Tier 2) [16] son relativos a muchas más sustancias y son los siguientes (Tabla 31).

**Tabla 31. Factores de emisión del EMEP CorinAir para biomasa y emisión total (Tier 2)**

Sustancia	Factor de emisión	Emisión total
NO <sub>x</sub>	150 g/GJ	1408858,06 g
CO	300 g/GJ	2817716,11 g
NM VOC	20 g/GJ	187847,74 g
SO <sub>x</sub>	20 g/GJ	187847,74 g
TSP	70 g/GJ	657467,09 g
PM <sub>10</sub>	66 g/GJ	619897,54 g
PM <sub>2.5</sub>	66 g/GJ	619897,54 g
Pb	20 mg/GJ	187847,74 mg
Cg	0,5 mg/GJ	4696,19 mg
Hg	0,6 mg/GJ	5635,43 mg
As	0,5 mg/GJ	4696,19 mg
Cr	4 mg/GJ	37569,54 mg
Cu	2 mg/GJ	18784,77 mg
Ni	2 mg/GJ	18784,77 mg
Se	0,5 mg/GJ	4696,19 mg
Zn	80 mg/GJ	751390,96 mg
PCB	0,06 mg/GJ	563,54 mg
PCDD/F	30 ng I-TEQ/GJ	281771,61 ng
Benzo(a)pyrene	12 mg/GJ	112708,65 mg
Benzo(b)fluoranthene	14 mg/GJ	131493,42 mg
Benzo(k)fluoranthene	8 mg/GJ	75139,09 mg
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	6 mg/GJ	56354,32 mg
HCB	6 µg/GJ	56354,32 µg

Se puede observar que hay diferencias en los valores en función del lugar de donde los tomemos.

## 2.5. CÁLCULO DE EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE GAS NATURAL

Para las emisiones por combustión de gas natural utilizamos los datos de la guía EMEP CorinAir [16], ya que no encontramos un informe como para biomasa (Tabla 32).

**Tabla 32.** Factores de emisión del EMEP CorinAir para gas natural y emisión total (Tier 2)

Sustancia	Factor de emisión	Emisión total
NO <sub>x</sub>	70 g/GJ	657467,09 g
CO	30 g/GJ	281771,61 g
NMVOC	10 g/GJ	93923,87 g
SO <sub>x</sub>	0,5 g/GJ	4696,19 g
TSP	0,5 g/GJ	4696,19 g
PM <sub>10</sub>	0,5 g/GJ	4696,19 g
PM <sub>2,5</sub>	0,5 g/GJ	4696,19 g
Pb	0,984 mg/GJ	9242,11mg
Cg	0,515 mg/GJ	4837,08 mg
Hg	0,234 mg/GJ	2197,82 mg
As	0,0937 mg/GJ	880,07 mg
Cr	0,656 mg/GJ	6161,41mg
Cu	0,398 mg/GJ	3738,17 mg
Ni	0,984 mg/GJ	9242,11mg
Se	0,0112 mg/GJ	105,19 mg
Zn	13,6 mg/GJ	127736,46 mg
PCB	mg/GJ	
PCDD/F	1,5 ng I-TEQ/GJ	14088,58 ng
Benzo(a)pyrene	0,562 µg/GJ	5278,52 µg
Benzo(b)fluoranthene	0,843 µg/GJ	7918,78 µg
Benzo(k)fluoranthene	0,843 µg/GJ	7918,78 µg
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,843 µg/GJ	7918,78 µg
HCB	µg/GJ	

Resulta llamativo el detalle de que en la guía EMEP CorinAir [16] no aparezca cual es el factor de emisión del dióxido de carbono para la combustión. En el caso de combustión de biomasa se considera balance neutro, es decir, la emisión de dióxido de carbono es 0 kg/GJ, ya que la biomasa tomó ese dióxido de carbono de la atmósfera cuando estaba viva. En cuanto al gas natural su valor se obtuvo del informe de inventarios de GEI 1990-2011 realizado por España (Tabla 33) [17], en el cual se puede observar además que es el combustible fósil que menores emisiones produce, con un valor de 56 kg/GJ, por lo que la emisión de dióxido de carbono total sería de 36035,54 kg.

**Tabla 33. Factores de emisión de los combustibles fósiles**

Combustible	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /TJ) (sin factor de oxidación)	Factor de oxidación	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /TJ) incluye factor de oxidación	Poder Calorífico Inferior (PCI)	
				GJ <sub>PCI</sub> /Unidad	Unidad
Gas natural (1) (2)	56,3	0,995	56	38,54	miles m <sup>3</sup> N
Fuelóleo (3)	76,8	0,99	76	40,18	toneladas
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4	toneladas
GLP genérico	65,7	0,99	65	45,5	toneladas
Propano	64,2	0,99	63,6	46,2	toneladas
Butano	66,9	0,99	66,2	44,78	toneladas

## 2.6. CARGAS AMBIENTALES MEDIANTE INDICADORES

El último paso para poder saber cuál de las tecnologías es la más respetuosa con el medio ambiente es la recopilación de todos los datos recogidos con una herramienta que nos permita ponderar la aportación de cada contaminante para después sumarlo y tener un valor que comparar. Para realizar esto se utilizó la guía Sustainability Metrics desarrollada por la Institution of Chemical Engineers (ICChemE) [18]. Esta guía está dividida en tres grandes grupos: indicadores medioambientales, indicadores económicos e indicadores sociales, pero debido a la naturaleza de este trabajo tan solo hemos utilizado los indicadores medioambientales. Dentro de estos hemos calculado las cargas ambientales correspondientes a calentamiento global, acidificación y efectos en la salud humana (cáncer), ya que no disponemos de datos para calcular la reducción del ozono estratosférico ni la formación de ozono fotoquímico (smog).

La forma de trabajar con la guía es bastante sencilla, ya que para cada sustancia nos da un factor de potencia (en el caso de calentamiento global el dióxido de carbono tiene un factor de potencia de 1, que es usado como referencia para los otros factores) el cual debemos multiplicar por las toneladas emitidas del contaminante para así tener una carga ambiental normalizada.

### Calentamiento global

La carga ambiental derivada generada por la combustión de biomasa aparece reflejada en la Tabla 34.

**Tabla 34.** *Carga ambiental generada por biomasa en calentamiento global*

Sustancia	Factor de potencia	Toneladas	Carga ambiental
Monóxido de carbono	3	0,136	0,407
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	40	1,620	64,804
Compuestos orgánicos volátiles	11	0,503	5,532
			70,743

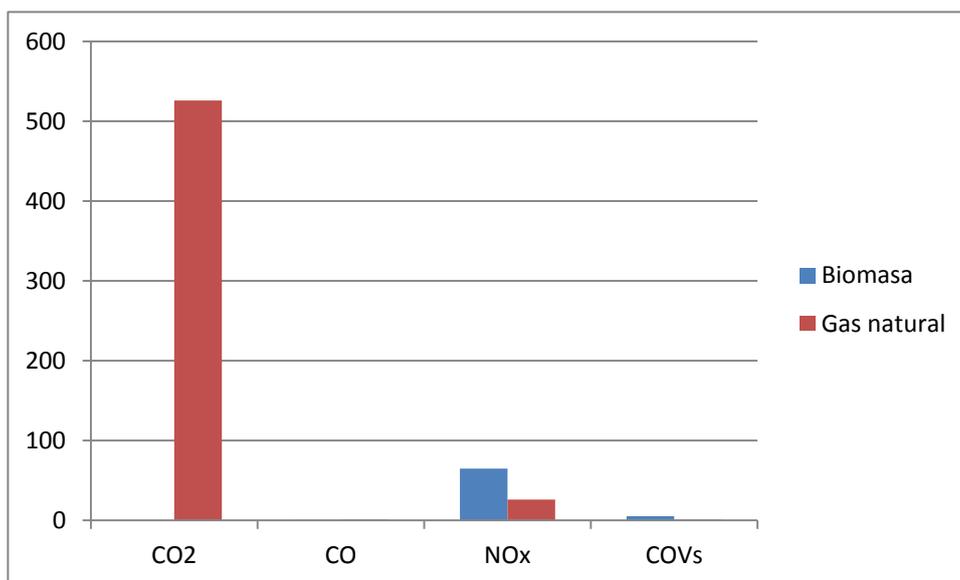
La carga ambiental derivada generada por la combustión de gas natural aparece reflejada en la Tabla 35.

**Tabla 35.** *Carga ambiental generada por gas natural en calentamiento global*

Sustancia	Factor de potencia	Toneladas	Carga ambiental
Dióxido de carbono	1	525,973	525,973
Monóxido de carbono	3	0,281	0,845
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	40	0,657	26,299
Compuestos orgánicos volátiles	11	0,094	1,033
			554,151

No aparece el dióxido de carbono en la carga ambiental generada por la biomasa debido a considerarse neutra su formación.

Como se observa en el siguiente gráfico (Figura 19) la contribución mayoritaria en cada caso corresponde a un contaminante distinto siendo además muy superior en ambos casos a la del siguiente contaminante.



**Figura 19.** Comparación de las cargas ambientales en calentamiento global

### Acidificación

La carga ambiental derivada generada por la combustión de biomasa aparece reflejada en la Tabla 36.

**Tabla 36.** Carga ambiental generada por biomasa en acidificación

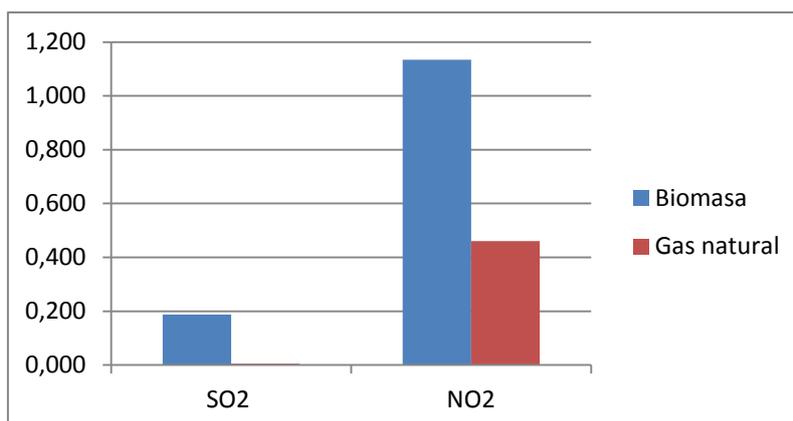
Sustancia	Factor de potencia	Toneladas	Carga ambiental
Dióxido de azufre	1	0,188	0,188
Dióxido de nitrógeno	0,7	1,620	1,134
			1,322

La carga ambiental derivada generada por la combustión de gas natural aparece reflejada en la Tabla 37.

**Tabla 37.** Carga ambiental generada por gas natural en acidificación

Sustancia	Factor de potencia	Toneladas	Carga ambiental
Dióxido de azufre	1	0,0047	0,0047
Dióxido de nitrógeno	0,7	0,65747	0,46023
			0,46492

En el caso de la acidificación no ocurre como con el calentamiento global, para ambos contaminantes la mayor contribución es debida al dióxido de nitrógeno (Figura 20).



**Figura 20.** Comparación de las cargas ambientales en acidificación

### Efectos en humanos (cáncer)

La carga ambiental derivada generada por la combustión de biomasa aparece reflejada en la Tabla 38.

**Tabla 38. Carga ambiental generada por biomasa en humanos (cáncer)**

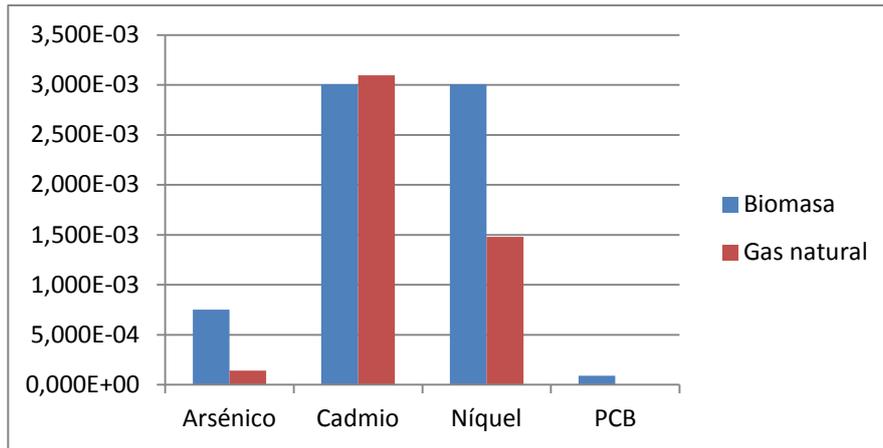
Sustancia	Factor de potencia	Toneladas	Carga ambiental
Arsénico	160	$4,696 \cdot 10^{-6}$	$7,514 \cdot 10^{-4}$
Cadmio	640	$4,696 \cdot 10^{-6}$	$3,006 \cdot 10^{-3}$
Níquel	160	$1,878 \cdot 10^{-5}$	$3,006 \cdot 10^{-3}$
PCB	160	$5,635 \cdot 10^{-7}$	$9,017 \cdot 10^{-5}$
			$6,853 \cdot 10^{-3}$

La carga ambiental derivada generada por la combustión de gas natural aparece reflejada en la Tabla 39.

**Tabla 39. Carga ambiental generada por gas natural en humanos (cáncer)**

Sustancia	Factor de potencia	Toneladas	Carga ambiental
Arsénico	160	$8,801 \cdot 10^{-7}$	$1,408 \cdot 10^{-4}$
Cadmio	640	$4,837 \cdot 10^{-6}$	$3,096 \cdot 10^{-3}$
Níquel	160	$9,242 \cdot 10^{-6}$	$1,479 \cdot 10^{-3}$
PCB	160	0	0
			$4,715 \cdot 10^{-3}$

En cuanto a los efectos en humanos no hay grandes diferencias entre la utilización de biomasa o gas natural (Figura 21).



**Figura 21.** Comparación de las cargas ambientales en humanos

### 3. CONCLUSIONES

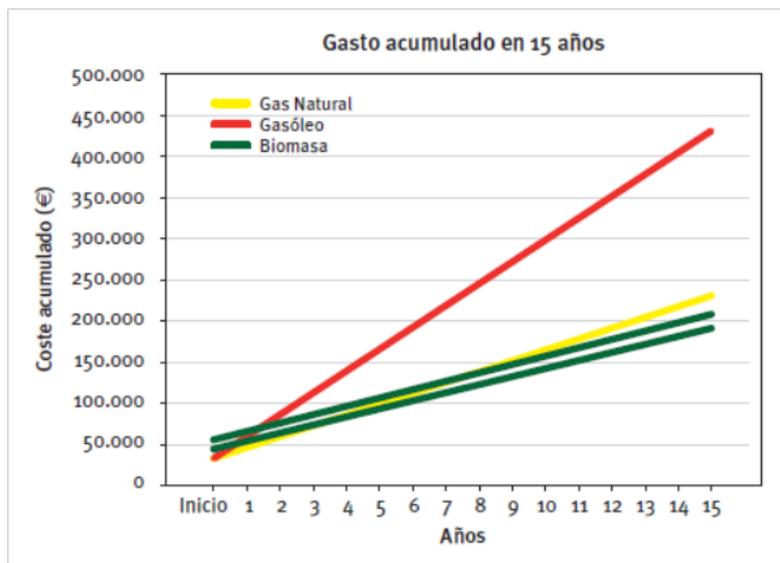
Se observa que la carga ambiental es superior en el apartado de calentamiento global cuando se utiliza gas natural que cuando el combustible es biomasa. Esta diferencia radica principalmente en la contribución del dióxido de carbono (balance neutro con biomasa y 525 t/año con gas natural), ya que la emisión de óxidos de nitrógeno es mayor con biomasa. En cuanto a la acidificación y los efectos en humanos es mayor cuando se utiliza biomasa, pero los valores son muy inferiores a los referidos al calentamiento global.

En la información recopilada no se dice en ningún momento que la caldera de biomasa seleccionada disponga de medidas para la reducción de la emisión de partículas, monóxido de carbono u óxidos de nitrógeno. Viendo que la mayor contribución a nivel de carga ambiental para la caldera de biomasa se debe a esos óxidos de nitrógeno se podría proponer una combustión en varias etapas o una recirculación de los gases, de manera que los óxidos de nitrógeno se redujeran en parte a nitrógeno molecular pudiendo disminuir su emisión en torno a un 40%.

En cuanto a partículas (utilizando biomasa se genera una cantidad bastante grande) no se puede cuantificar cual es su carga ambiental, pero si podemos saber cuántas toneladas se emiten al año, ya que tanto el informe que se realizó para la empresa que diseñó la caldera como el inventario de emisiones de la EEA tienen datos para comparar. Los datos nos muestran que con biomasa se generan 563,8 kilogramos/año y con gas natural 4,7 kilogramos/año, lo cual es una diferencia bastante significativa.

De esta forma otra medida a tener en cuenta es la de utilizar filtros en la salida para reducir la emisión de partículas, que ya con la anterior medida se vería su cantidad disminuida, debido a que es de sobra conocido que la combustión de biomasa da lugar a gran cantidad en comparación con otros combustibles.

También se debe pensar que la biomasa es una fuente de energía renovable no así como el gas natural, y que no solo es importante la emisiones de la combustión, si no que la contaminación derivada de su explotación y transporte en ocasiones es un aspecto muy relevante. Incluso un estudio realizado por la IDAE [19] muestra como a largo plazo es más beneficiosa económicamente la utilización de biomasa al gas natural, porque pese a que la inversión inicial es mayor el coste de la biomasa es menor que el del gas natural (Figura 22).



**Figura 22.** Gastos acumulados en 15 años según el tipo de combustible

El district heating es una tecnología que permite mejorar la eficiencia de los sistemas de calefacción y ACS, lo que se traduce en menores emisiones y menor coste por unidad de energía. Los beneficios del district heating se potencian con la utilización de biomasa como combustible lo que permite unas menores emisiones de GEI. La mayor carga ambiental debida principalmente a NOx y partículas puede ser minorada con sistemas de depuración adecuados. Además la comunidad internacional aboga por la utilización de la biomasa tras numerosos estudios realizados por expertos.

## 4. ANEXOS

### Anexo 1. Redes de distribución de calor mediante biomasa en España

COMUNIDAD	LOCALIDAD	SUMINISTRO
Andalucía	Mengibar	Calor y frío
Andalucía	Burguillos	Calor y frío
Andalucía	Huetor Tájar	Calor
Andalucía	Quesada	Calor
Aragón	Ansó	Calor
Aragón	Alagón	Calor
Aragón	Biescas	Calor
Asturias	Oviedo	Calor
Asturias	Oviedo	Calor
Asturias	Villayón	Calor
Asturias	Cangas de Narcea	Calor
Asturias	Oviedo	Calor
Asturias	Villayón	Calor
Cantabria	Liérganes	Calor
Cantabria	Santillana del Mar	Calor
Cantabria	Santillana del Mar	Calor
Castilla-La Mancha	Manzanaque	Calor
Castilla-La Mancha	Fuentelaencina	Calor
Castilla-La Mancha	Chillarón	Calor
Castilla-La Mancha	Las Pedroñeras	Calor
Castilla-La Mancha	Cuenca	Calor
Castilla-León	Garay	Calor
Castilla-León	Ólvega	Calor
Castilla-León	Mojados	Calor
Castilla-León	Cuéllar	Calor
Castilla-León	Las Navas del Marqués	Calor
Castilla-León	Beldorado	Calor
Castilla-León	Valladolid	Calor y frío
Castilla-León	Valsaín	Calor

Castilla-León	Coca	Calor
Castilla-León	Valladolid	Calor
Castilla-León	Fabero	Calor
Castilla-León	Lubia	Calor
Castilla-León	Soria	Calor
Castilla-León	Quintana de Raneros	Calor
Castilla-León	Igueña	Calor
Castilla-León	Villalón de Campos	Calor
Castilla-León	Vilaveza del Agua	Calor
Castilla-León	Prioro	Calor
Castilla-León	Burgos	Calor
Castilla-León	Cistierna	Calor
Cataluña	Lleida	Calor
Cataluña	Barcelona	Calor y frío
Cataluña	Alins	Calor
Cataluña	Mataró	Calor y frío
Cataluña	Sant Pere de Torelló	Calor
Cataluña	Molins de Rei	Calor
Cataluña	Avinyó	Calor
Cataluña	Lleida	Calor
Cataluña	Lleida	Calor
Cataluña	Vic	Calor
Cataluña	Ripoll	Calor
Cataluña	Alp	Calor
Cataluña	Lluça	Calor
Cataluña	Sant Cebrià de Vallalta	Calor
Cataluña	Castellfolit de Boix	Calor
Cataluña	Planoles	Calor
Cataluña	Vilanova de Sau	Calor
Cataluña	Ametlla del Vallés	Calor
Cataluña	Brull	Calor
Cataluña	Iles de Cerdanya	Calor
Cataluña	Esterri d'Aneu	Calor

Cataluña	Ger	Calor
Cataluña	Calders	Calor
Cataluña	Campdevanol	Calor
Cataluña	Berga	Calor
Cataluña	Arbucies	Calor
Cataluña	Begues	Calor
Cataluña	Maçanet de la Selva	Calor
Cataluña	Ribes de Freser	Calor
Cataluña	Sant Salvador de Guardiola	Calor
Cataluña	Caldes de Montbui	Calor
Cataluña	Bellver de Cerdanya	Calor
Cataluña	San Bartolomeu de Grau	Calor
Cataluña	Casserres	Calor
Cataluña	Vilanova de Sau	Calor
Cataluña	Pujalt	Calor
Cataluña	Marganell	Calor
Cataluña	Esterri d'Aneu	Calor
Cataluña	Tarrassa	Calor
Cataluña	La Molina	Calor
Cataluña	Masquefa	Calor
Comunidad Valenciana	Llíria	Calor
Comunidad Valenciana	Forcall	Calor
Extremadura	Badajoz	Calor
Extremadura	Talarrubias	Calor
Extremadura	Mérida	Calor
Galicia	Riós	Calor
Galicia	Baltar	Calor
Galicia	Baltar	Calor
Madrid	Gargantilla del Lozoya	Calor
Madrid	Madrid	Calor
Madrid	Madrid	Calor
Madrid	Madrid	Calor
Navarra	Tudela	Calor

Navarra	Ezcároz	Calor
Navarra	Ochagavía	Calor
Navarra	Ultzama	Calor
Navarra	Lekunberri	Calor
Navarra	Tudela	Calor
País Vasco	Orozko	Calor
País Vasco	Cestona	Calor
País Vasco	Beizama	Calor
País Vasco	Okina	Calor
País Vasco	Aramaio	Calor
País Vasco	Hernani	Calor y frío
País Vasco	Derio	Calor
País Vasco	Muxica	Calor
País Vasco	Vitoria	Calor

## Anexo 2. Informe de emisiones de caldera Fröling Lamdbamat 1000

TRANSLATION

Fröling  
Heizkessel- und Behälterbau GesmbH

Industriestraße 12  
A-4710 Grieskirchen

Your reference:	Your message from:	Our reference:	Date:
Order no. 27257	12/08/2008	08-UW/Wels-EX-285/1 SD/SD	28/12/2008

**Subject:** Emission measurements in the acceptance test on the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park using chipped wood as a fuel

# REPORT

from the accredited testing laboratory and supervisory board

on the inspections carried out on 07/10/2008, 08/10/2008 and 20/10/2008

I:\auftrag\2008\08-0285 fröling lm1000\_tm500\_tm320\08-285-1\_english.doc

A publication of this report is allowed only to the full extent.  
A duplication in extracts or a reproduction needs the written agreement of the TÜV AUSTRIA SERVICES.  
Page 1 of 27

**TÜV**  
AUSTRIA

TÜV AUSTRIA  
SERVICES GMBH

Branch office:  
Am Thalbach 15  
4600 Thalheim bei Wels  
t: +43(7242)441 77-0  
f: direct dial 8205  
e: wels@tuv.at

Division:  
Environmental Protection

Contact:  
Gerold  
SCHRÖGENDORFER  
Direct dial 8215  
e: sd@tuv.at

TÜV®



Testing laboratory,  
supervisory board,  
certification centre,  
calibration board,  
initial test and boiler test  
centre

Leader of the  
supervisory board:  
KR Johann MARIHART

Management board:  
Dr. Hugo EBERHARDT  
Christoph WENNINGER

Head office:  
Klugerstraße 16  
A-1015 Vienna/Austria

More branch offices:  
Dornbirn, Graz,  
Innsbruck, Klagenfurt,  
Linz, Salzburg, St. Pölten,  
Wels, Vienna 1, Vienna  
20, Vienna 23, Brixen (I)  
and Filderstadt (D)

Register court/  
-number:  
Vienna / FN 288476 f

Bank connections:  
BA CA 52949 001 066  
IBAN  
AT131200052949001066  
BIC BKAUATWW  
RBI 001-04.093.262  
IBAN  
AT15310000104093262  
BIC RZBAATWW

UID ATU63240488  
DVR 3002476

Testing laboratory:	<b>TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH</b> Division Environmental Protection Am Thalbach 15 A-4600 Thalheim/Wels
Test report no.:	08-UW/Wels-EX-285/1
Test report date:	28/12/2008

**Report on execution of emission measurements in the acceptance test  
on the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park  
using chipped wood as a fuel**

**Client:** Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH,  
Industriestraße 12, A-4710 Grieskirchen

**Operator:** Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH,  
Industriestraße 12, A-4710 Grieskirchen

**Location:** Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH, Dr. Ernst Hutterer Straße 1,  
Stritzing industrial park, KG Tolleterau, A-4710 St. Georgen bei Grieskirchen

**Type of measurement:** Emission measurements in the acceptance test at a biomass heating system

**Order no.:** Order no. 27257

**Order date:** 12/08/2008

**Date of measurement:** 07/10/2008, 08/10/2008 and 20/10/2008

**Contents:** 27 pages

---

**Task:** Taking emission measurements in the acceptance test on the Lambdamat 1000  
biomass heating system installed at the Stritzing industrial park using chipped wood  
as a fuel.

## TABLE OF CONTENTS

1. Task definition .....	5
1.1 Client.....	5
1.2 Operator .....	5
1.3 Location.....	5
1.4 Unit.....	5
1.5 Date of measurements .....	5
1.6 Cause of measurements .....	5
1.7 Task .....	5
1.7.1 Emission limit values .....	6
1.8 Components to be measured .....	6
1.9 Coordination .....	7
1.10 List of all persons who locally took part at sampling .....	7
1.11 Participation of further institutes .....	7
1.12 Technically responsible persons.....	7
1.13 bases.....	7
1.13.1 Standards in the accredited area of the testing laboratory .....	7
1.13.2 Other relevant bases .....	8
2. Description of the unit, input materials .....	9
2.1 Kind of unit.....	9
2.2 Technical data of the unit (as on boiler plate or as operator information .....	9
2.2.1 Boiler .....	9
2.2.2 Firing .....	9
2.2.3 Combustion air fan .....	9
2.2.4 Input materials as per authorisation notification.....	10
2.3 Typical mode of operation of system as specified by operator .....	10
2.4 Description of emission source.....	10
2.4.1 Emission source (as specified by operator).....	10
2.4.2 Country-specific allocation.....	10
2.5 Appliances for collection and reduction of emissions .....	10
3. Description of the sampling points.....	11
3.1 Position of the measurement cross sections .....	11
3.2 Number of measurement axes and position of measurement points in the measurement cross section .....	11
4. Measurement and analysis methods, apparatus .....	11
4.1 Determination of the flue gas boundary conditions.....	11
4.1.1 Flue gas velocity.....	11
4.1.2 Static pressure in the flue gas pipe (draught) .....	11
4.1.3 Air pressure at the height of the sampling point.....	11
4.1.4 Flue gas temperature .....	12
4.1.5 Ambient air and combustion air temperature, temperature at dust measurement gas meter .....	12
4.1.6 Proportion of water vapour in the flue gas (flue gas humidity) .....	12
4.1.7 Flue gas density .....	12
4.1.8 Flue gas volume flow .....	12
4.2 Gaseous and vaporous emissions.....	12
4.2.1 Continuously recording measuring instruments .....	12
4.2.1.1 Measurement location design .....	13
4.2.1.2 Recording of the measured values .....	14
4.2.1.3 Adjustment of the measurement instruments.....	14
4.2.1.4 Checking the instrument characteristic .....	14
4.2.1.5 Response time of the entire measuring apparatus.....	15
4.3 Particulate emissions .....	15
4.3.1 Dust.....	15
4.4 Water content of the fuel .....	15

A publication of this report is allowed only in full extent.  
A duplication in extracts or a reproduction needs the written agreement of TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH.

4.5 Exhaust gas loss .....	16
4.6 Boiler efficiency .....	16
4.7 Surface temperatures .....	16
4.7.1 Surface temperature measuring instrument.....	17
5. Operating conditions of the unit during the measurements.....	17
6. Summary and discussion of measurement results .....	18
6.1 Evaluation of the operating conditions during measurements.....	18
6.2 Measurement results .....	18
6.2.1 Flue gas boundary conditions.....	19
6.2.2 Dust.....	19
6.2.3 Carbon monoxide (CO).....	20
6.2.4 Nitrogen oxides (NOx) .....	20
6.2.5 Unburnt gaseous organic carbon compounds (C).....	21
6.2.6 Exhaust gas loss .....	22
6.2.7 Radiation loss.....	22
6.2.8 Boiler efficiency .....	22
6.3 Function check of the temperature controller, the safety temperature limiter and the device for dissipating excess heat .....	23
6.3.1 Function test of the temperature controller and the safety temperature limiter installed at the boiler.....	23
6.3.2 Function check on the device for dissipating excess heat .....	23
6.3.3 Test results.....	24
6.3.3.1 Function check of the biomass heating system temperature controller.....	24
6.3.3.2 Function check of the safety temperature limiter (STL) installed at the heating boiler ..	24
6.3.3.3 Function check on the device for dissipating excess heat .....	25
6.4 Plausibility check .....	25
7. Summary.....	26
7.1 Interpretation of measurement results .....	27

## 1. TASK DEFINITION

### 1.1 CLIENT

Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH, Industriestraße 12, A-4710 Grieskirchen.

Contact: Mr. Hable  
Telephone number: 0043-(0)7248-606-0

### 1.2 OPERATOR

Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH, Industriestraße 12, A-4710 Grieskirchen.

### 1.3 LOCATION

Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH, Dr. Ernst Hutterer Straße 1, Stritzing industrial park, KG Tolleterau, A-4710 St. Georgen bei Grieskirchen.

### 1.4 UNIT

The subject system is a Lambdamat 1000 biomass heating system, manufactured by Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH, with a nominal heat output of 1000 kW.

The useful heat of the biomass heating system is used for room heating and water heating in the production plant of Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH installed at the Stritzing industrial park.

The unit was granted official approval under Grieskirchen District Commission notification, no. Ge20-82-2006 of 22/09/2006.

A subsidy contract for this system was also signed with Kommunalkredit Public Consulting GmbH, application number A6.12272.

### 1.5 DATE OF MEASUREMENTS

Date of measurements: 07/10/2008 and 08/10/2008  
(Acceptance test in nominal and partial load)  
20/10/2008: Safety devices test

Date of the next individual measurements: 2013 (5-year interval according to notification conditions (lit. 1))

In accordance with the FAV (regulation concerning heating systems), repeated tests should be carried out on the system yearly as per § 25 FAV.

### 1.6 CAUSE OF MEASUREMENTS

Taking emission measurements in the acceptance test on the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park using chipped wood as a fuel.

### 1.7 TASK

Taking emission measurements in the acceptance test on the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park using chipped wood as a fuel.

The tests should be carried out using the fuel wood chips, according to the design of the plant, at nominal heat output and at a maximum of 30 % of the heat output range of the biomass heating system (minimum heat output, below-mentioned "partial load").

6 measurement values for the pollutants listed in point 1.8 should be determined at every load point, as consecutive average values for half-hour periods.

The emission measurements are used to determine the exhaust gas loss and the boiler efficiency (calculation by using the indirect method) at the observed operating conditions.

As per order, the safety devices installed on the system - temperature controller, safety temperature limiter (STL) and the devices for dissipating excess heat – should also be checked in accordance with the specifications of ÖNORM EN 303-5.

#### 1.7.1 Emission limit values

The emission limit values used at the time the report was written, for evaluation of emission behaviour and exhaust gas loss of this system are listed below (limit values as per notification conditions (lit.1, Grieskirchen District Commission notification, no. Ge20-82-2006 of 22/09/2006), FAV (BGBl. II No. 331/1997) and in accordance with technical conditions of the subsidy contract with Kommunalkredit Public Consulting GmbH, application number A6.12272 (lit.2)).

Parameter	Limit value in accordance with notification (lit.1) and FAV *	Limit value in accordance with subsidy contract (lit. 2)
Dust	150 mg/m <sup>3</sup>	100 mg/m <sup>3</sup>
Carbon monoxide (CO)	250 mg/m <sup>3</sup>	250 mg/m <sup>3</sup>
Nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> , given as NO <sub>2</sub> )	250 mg/m <sup>3</sup>	250 mg/m <sup>3</sup>
Organic carbon substances (organ. C, given as carbon)	20 mg/m <sup>3</sup>	20 mg/m <sup>3</sup>
Exhaust gas loss at nominal heat output	≤ 19 %	≤ 17 %

\* ... Limit values in accordance with FAV valid for commercial installations

In accordance with the FAV and the subsidy contract, at least three measurement values should be determined for emission measurements for the parameters dust, CO, NO<sub>x</sub> and C. These measurement values should be calculated as half-hour averages within a period of three hours for each parameter, at nominal heat output and in the partial load range.

The given emission limit values for substance concentrations refer to a dry flue gas basis at 13 % O<sub>2</sub> by volume, and at 0°C and 1013 hPa.

The emission limit values have been met in accordance with FAV if none of the half-hour averages (minus the margin of error of the measuring procedure) exceeds the limit value.

The limit value for exhaust gas loss at nominal heat output is the arithmetic mean value over the entire test duration at operating condition nominal heat output.

#### 1.8 COMPONENTS TO BE MEASURED

- Dust
- Carbon monoxide (CO)
- Nitrogen oxides (NO and NO<sub>2</sub> given as NO<sub>2</sub>)
- Unburnt gaseous organic carbon substances (C)
- Radiation loss
- Exhaust gas loss (calculation in accordance with FAV)
- Boiler efficiency (calculation using indirect method)

### 1.9 COORDINATION

Coordination regarding date, measuring scope and procedure took place with Mr. Hable from the client in the run-up of the measurements.

### 1.10 LIST OF ALL PERSONS WHO LOCALLY TOOK PART AT SAMPLING

On the part of TÜV AUSTRIA: Mr. Schrögendorfer  
On the part of the client: Mr. Hable, Mr. Mayr

### 1.11 PARTICIPATION OF FURTHER INSTITUTES

None, all tasks were performed by TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH.

### 1.12 TECHNICALLY RESPONSIBLE PERSONS

Mr. Mair Eng. t: 0043-(0)7242/61383 direct dial 8208  
e: mai@tuv.at  
Mr. Schrögendorfer Eng. t: 0043-(0)7242/61383 direct dial 8215  
e: sd@tuv.at

### 1.13 BASES

#### 1.13.1 Standards in the accredited area of the testing laboratory

- Accreditation decree of the TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH, issued by the Austrian Minister of Economics and Labour, no. 92.714/0365-1/12/2007 from 20/08/2007.
- ÖNORM M 5861-1 - "Manual determination of particle concentrations in fluid gases; Gravimetric Method, General requirements"; 01/04/1993.
- ÖNORM M 9415 "Measuring technique; Measurement of the emission of substances into the atmosphere", 01/01/2004 (historical document).
- ÖNORM EN 303-5 - "Heating boilers – Part 5: Heating boilers for solid fuels, hand and automatically stocked, nominal heat output of up to 300 kW – Terminology, requirements, testing and marking"; 01/07/1999. (Accredited scope of the testing laboratory limited to activities in accordance to point 5, no limitation of the accredited scope of the inspection body).
- ÖNORM EN 14789 - " Stationary source emissions - Determination of volume concentration of oxygen (O<sub>2</sub>) - Reference method: Paramagnetism"; 01/04/2006.
- ÖNORM EN 14792 - " Stationary source emissions - Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) - Reference method: Chemiluminescence"; 01/04/2006.
- ÖNORM EN 15058 - " Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of carbon monoxide (CO) - Reference method: Non-dispersive infrared spectrometry"; 01/08/2006.
- ÖNORM EN 12619 - " Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of total gaseous organic carbon at low concentrations in flue gases - Continuous flame ionisation detector method"; 01/09/1999.
- VDI 2066, Part 1 - " Particulate matter measurement - Dust measurement in flowing gases - Gravimetric determination of dust load"; 01/11/2006.

- VDI/VDE 2640, Part 3, "Measurement of gas flow in circular, annular or rectangular sections of conduits velocity area method"; Nov. 1983.

#### 1.13.2 Other relevant bases

- Quality assurance manual of TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH.
- BGBl. II No. 331/1997 – "331st Federal Law Gazette of the Minister of Economic Matters on construction, mode of operation, equipment and permitted emission level systems of units firing solid, liquid and gaseous fuels in commercial plants (regulation concerning heating systems – FAV), 18/11/1999.
- Grieskirchen District Commission notification, no. Ge20-82-2006 of 22/09/2006; lit. 1.
- Subsidy contract with Kommunalkredit Public Consulting GmbH, application number A6.12272; lit.2.
- OÖ LGBl. 56/1995 – "Agreement according to article 15 a B-VG about "Schutzmaßnahmen betreffend Kleinf Feuerungen"", 18/07/1995.
- BGBl. 388/1995 – "388. BGBl. " Agreement between the Austrian Federation and the Austrian Federal States according to article 15a B-VG about "Einsparung von Energie"; 09/06/1995.
- ÖNORM EN 304 - " Heating boilers - Test code for heating boilers for atomizing oil burners"; 1992/A1:1998.
- ÖNORM CEN/TS 14774-1, prestandard - " Solid biofuels - Methods for determination of moisture content - Oven dry method - Part 1: Total moisture - Reference method", 01/11/2004.
- DIN 43710 - " Measurement and control; electrical temperature sensors, reference tables and materials of thermocouples"; September 1977 (historical document).
- DIN 4702, part 2 - " Central heating boilers; test code"; March 1990.
- DIN 1942 - " Acceptance test code for steam generators"; February 1994 (historical document).

## 2. DESCRIPTION OF THE UNIT, INPUT MATERIALS

### 2.1 KIND OF UNIT

The subject system is a Lambdamat 1000 biomass heating system, manufactured by Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH, with a nominal heat output of 1000 kW.

The useful heat of the biomass heating system is used for room heating and water heating in the production plant of Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH installed at the Stritzing industrial park.

### 2.2 TECHNICAL DATA OF THE UNIT (AS ON BOILER PLATE OR AS OPERATOR INFORMATION)

#### 2.2.1 Boiler

Manufacturer:	Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH
Type:	Lambdamat 1000
Serial no.:	1000.0032.R10
Year of construction:	2007
Nominal heat output:	1000 kW
Maximum allowable operating temperature:	95°C
Maximum allowable temperature:	110°C
Maximum allowable operating pressure:	4 bar
Water content:	2390 l
Boiler class:	3
Additional equipment:	Heat exchanger, integrated in the boiler, periodic cleaning of the heat exchanger using compressed air pulses
Ash removal:	subsurface ash removal

#### 2.2.2 Firing

Manufacturer:	Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH
Type:	FUR 1000 KO Lambdamat
Grate:	reciprocating grate
Serial no.:	1000.0028.R.07
Nominal heat output:	750 – 980 kW
for wood with water content of 20 %:	980 kW
for wood with water content of 40 %:	890 kW

#### 2.2.3 Combustion air fan

Manufacturer:	Gebhardt
Type:	TEM01-0250-4D-11 RD
Device no.:	250-158806-949675/1
Year of construction:	2006
Power:	0.75 kW
Speed (rpm):	1395 min <sup>-1</sup>

The combustion air is brought into an air jacket with the combustion air fan and distributed from there into the following zones via air flaps:

Primary zone:	Air used below the grate
Secondary zone:	Air used above the grate
Tertiary zone:	Air used in the area of the middle vault

#### 2.2.4 Input materials as per authorisation notification

- Biomass in the form of chipped wood

#### 2.3 TYPICAL MODE OF OPERATION OF SYSTEM AS SPECIFIED BY OPERATOR

Chipped wood were used, the fuel that the system was designed for.

The biomass heating system is currently operated according to the heat requirements at the Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH plant at the Stritzing industrial park, over the entire load range it was designed for.

#### 2.4 DESCRIPTION OF EMISSION SOURCE

##### 2.4.1 Emission source (as specified by operator)

Design:	stainless steel
Number of stack drafts:	1
Connected boilers:	Lambdamat 1000
Stack height above ground:	approx. 18 m
Stack height above roof:	approx. 8 m
Outlet diameter:	D = 0.59 m
Outlet sectional area:	A = 0.27 m <sup>2</sup>

##### 2.4.2 Country-specific allocation

Province:	Upper Austria
Responsible authority:	Grieskirchen District Commission

#### 2.5 APPLIANCES FOR COLLECTION AND REDUCTION OF EMISSIONS

##### Exhaust fan (appliance for emission collection)

Manufacturer:	Scheuch
Type:	vmk50 0400 hb14, model gl360
Serial no.:	V0004/07
Volume flow:	10000 m <sup>3</sup> /h
Required output:	4.06/7.23 kW
Speed (rpm):	1476 min <sup>-1</sup>

##### Exhaust gas recirculation (AGR, appliance for emission reduction)

Reduced pollutants:	NO <sub>x</sub>
Manufacturer:	Klima Celje
Type:	105CVX280/4a
Year of construction:	2005
Volume flow:	0.97 m <sup>3</sup> /s
Speed (rpm):	2880 min <sup>-1</sup>
Motor output:	2.2 kW

##### Multi cyclone (appliance for emission reduction)

Reduced pollutants:	Dust
Manufacturer:	Scheuch
Type:	Multi cyclone 230, mk 230-04/03

### 3. DESCRIPTION OF THE SAMPLING POINTS

#### 3.1 POSITION OF THE MEASUREMENT CROSS SECTIONS

The measurements took place at the following measuring points:

##### Gaseous flue gas components and flue gas temperature after the flue gas exit of the boiler

The measuring point was situated in the horizontal flue gas pipe directly after the flue gas exit of the boiler.

##### Dust and flue gas volume flow

The partial flue gas flows were taken from the chimney of the unit.

Length of the straight inlet:	approx. 5 m (IL)
Length of the straight outlet:	> 3 m (OL)
Circular cross section:	D = 0.59 m
Measurement cross section:	A = 0.27 m <sup>2</sup>

#### 3.2 NUMBER OF MEASUREMENT AXES AND POSITION OF MEASUREMENT POINTS IN THE MEASUREMENT CROSS SECTION

The samples are taken at the measurement point after the flue gas exit of the boiler at one measurement point in the measurement cross section (in the centre of the duct).

The flue gas volume flow measurements were taken at the measuring point chimney in 2 measurement axes and the dust measurements were taken at the measuring point chimney in 1 measurement axis.

2 measurement points were observed for each measurement axis, and the position of the measurement points was determined as area centroids of ring segments of equal area.

### 4. MEASUREMENT AND ANALYSIS METHOD, APPARATUS

#### 4.1 DETERMINATION OF THE FLUE GAS BOUNDARY CONDITIONS

##### 4.1.1 Flue gas velocity

Measurement method:	Determining differential pressure between dynamic pressure and static pressure in the flue gas pipe
Directives:	VDI 2066, page 1 and VDI/VDE 2640, page 3
Measurement sensor:	Prandtl Pitot tube
Instrument:	Calibrated micro manometer
Manufacturer:	Special Instruments
Type:	Digima FP auto zero
Measurement range:	0 – 5 hPa
Measurement uncertainty:	± 5 % of the measured value

##### 4.1.2 Static pressure in the flue gas pipe (draught)

Measuring Method:	Determination of differential pressure between static pressure in the flue gas pipe and ambient pressure
Directives:	VDI 2066, part 1
Measurement sensor:	Prandtl Pitot tube
Instrument:	calibrated micro manometer, data see point 4.1.1

##### 4.1.3 Air pressure at the height of the sampling point

Instrument:	Calibrated precision barometer for the measurement of absolute air pressure
Manufacturer:	Lufft
Type:	Model 2039, transportable
Measurement uncertainty:	± 1 hPa

#### 4.1.4 Flue gas temperature

Measurement method:	Thermoelectric
Directives:	DIN 43710
Measurement sensor:	Thermoelements Fe-Cu-Ni
Instrument:	Digital display instrument
Manufacturer:	Mesa Electronic
Type:	A009.411.40.40
Measurement uncertainty:	Range $\leq 150^{\circ}\text{C}$ : $\pm 2^{\circ}\text{C}$ Range $> 150^{\circ}\text{C}$ : $\pm 1.5\%$ of the measured value

#### 4.1.5 Ambient air and combustion air temperature, temperature at dust measurement gas meter

Instrument:	Portable electronic measuring instrument
Measurement sensor:	Pt 100
Manufacturer:	Testo
Type:	Testo 925
Measurement uncertainty:	$\pm 1^{\circ}\text{C}$

#### 4.1.6 Proportion of water vapour in the flue gas (flue gas humidity)

Measurement method:	Two-thermometer-method (Psychrometer)
Instrument:	Psychrometer
Measurement uncertainty:	$\pm 10\%$ of the measured value

#### 4.1.7 Flue gas density

The flue gas density was calculated taking into account the flue gas proportions of O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, flue gas humidity, flue gas temperature and the pressure conditions in the duct.

#### 4.1.8 Flue gas volume flow

Calculated using the values from 4.1.1 to 4.1.4 and 4.1.6 to 4.1.7.

## 4.2 GASEOUS AND VAPOUROUS EMISSIONS

### 4.2.1 Continuously recording measuring instruments

<u>O<sub>2</sub></u>	Manufacturer:	Servomex
	Type:	OA570
	Measurement method:	Paramagnetism
	Measurement range:	0-25 % of vol.
	Measurement uncertainty:	$\pm 0.4\%$ of vol.
<u>CO</u>	Manufacturer:	Siemens
	Type:	Ultramat 22P
	Measurement method:	Non-dispersive infrared spectroscopy
	Measurement range:	0-1000 ppm
	Measurement uncertainty:	Range up to 100 ppm: $\pm 4\%$ ppm Range 100-1000 ppm: $\pm 4\%$ of measurement value

CO<sub>2</sub> Manufacturer: Siemens  
 Type: Ultramat 22P  
 Measurement method: Non-dispersive infrared spectroscopy  
 Measurement range: 0-20 % of vol.  
 Measurement uncertainty: ± 0.4 % of vol.

NO<sub>x</sub> Manufacturer: ECO Physics  
 Type: CLD 822S  
 Measurement method: Chemiluminescence  
 Measurement range used: 0-200 ppm  
 Measurement uncertainty: ± 2 % of range performance

C Manufacturer: Testa  
 Type: FID 123  
 Measurement method: Flame ionisation  
 Measurement range used: 0-100 ppm C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>  
 Measurement uncertainty/  
 measurement: ± 1.5 % of range performance

#### 4.2.1.1 Measurement location design

The measurement location design for the determination of the continuously recorded gaseous flue gas components is described below.

Sampling probe: Material/heating: Stainless steel, heated by flue gas  
 Length: 0.5 m  
 Internal diameter: 6 mm  
 External diameter: 8 mm

Filter: Manufacturer: M & C  
 Type: PSP 4000 H/C  
 Heating: Heated to 180°C  
 Pore size: 2 µm (ceramic)

Sampling line 1 before gas conditioning:  
 Manufacturer: Winkler  
 Material/heating: Teflon, heated on 160°C  
 Length: 5 m  
 Internal diameter: 4 mm  
 External diameter: 6 mm

Downstream the sampling line 1, directly upstream of the gas conditioning, the sample gas was divided into the downstream test gas lines using a metal T-piece:

- Sampling line 2: for determining the concentration of C
- Sampling line 3: for determining the concentrations of O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>

## Sampling line 2 (upstream of flame ionisation analyzer):

Manufacturer: JCT  
 Material/heating: Teflon, heated to 160°C  
 Length: 5 m  
 Internal diameter: 6 mm  
 External diameter: 8 mm

## Sampling line 3 (upstream of gas conditioning):

Material/heating: silicone, unheated  
 Length: 0.05 m  
 Internal diameter: 6 mm  
 External diameter: 8 mm

## Gas conditioning: Combined suction, filter, cooling and controlling unit

Manufacturer: M & C  
 Type: PSS 10-1  
 Cooler material: glass  
 Cooler temperature: approx. 4°C  
 Condensate removal: automatic

## Sampling line 4 downstream of gas conditioning:

Material/heating: Teflon, unheated  
 Length: 25 m  
 Internal diameter: 4 mm  
 External diameter: 6 mm

## 4.2.1.2 Recording of the measured values

Logging software: Dasylab software, Dewetron  
 Module: ISM 100 Intelligent sensor module V.2.0., Gantner  
 Scanning rate: 1 second  
 Resolution of analogue-digital converter: 16 bit  
 Measurement uncertainty:  $\pm 0.3$  % of the measured value

## 4.2.1.3 Adjustment of the measurement instruments

Before the start of measurements and after the end, the reference points of the gas analysis instruments were adjusted by feeding the test gases listed below from Messer Austria.

Parameter	Test gas concentration in accordance with analysis certificate	Manufacturer	Analysis tolerance of the test gas in accordance with analysis certificate
CO	590 ppm CO	Messer Austria	$\pm 2$ % of test gas concentration
CO <sub>2</sub>	15.06 % CO <sub>2</sub> by volume	Messer Austria	$\pm 2$ % of test gas concentration
NO <sub>x</sub>	69.3 ppm NO	Messer Austria	$\pm 2$ % of test gas concentration
C	90.9 ppm propane	Messer Austria	$\pm 2$ % of test gas concentration

The reference point of the O<sub>2</sub>-analyzer was adjusted with oxygen from the ambient air.  
The zero points of the gas analysis instruments were adjusted with nitrogen of quality 5.0.

## 4.2.1.4 Checking the instrument characteristic

The characteristic of the gas analysis instruments employed are checked once a year in accordance with the quality assurance manual from TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH.  
Descriptions are available at the test centre in Thalheim/Wels for reference.

#### 4.2.1.5 Response time of the entire measuring apparatus

The response time ( $t_{90}$  time) for all continuously recorded flue gas component measurements was less than 120 seconds and was determined by measuring the time required from when the probe was inserted into the flue gas duct until 90 % of the final value was reached.

### 4.3 PARTICULATE EMISSIONS

#### 4.3.1 Dust

Sampling probe:	titanium, heated by flue gas
Position of the filter holder:	internal duct
Particle filter:	plane filter made of quartz fibre
Quartz flat filter: Manufacturer:	Munktell Filter AB, Sweden
Type:	MK 360
Extraction capacity:	99.998 % related to 0.3 $\mu\text{m}$ in accordance to DOP-test
Temperature stability:	max. 950°C work temperature
Material:	maximum pure silica-fibre
Characteristics:	not hydrophobic, no organic bonding agents
Differential pressure:	180 Pa at 3 cm/s exhaust velocity
Transfer of the samples:	the time period between sampling and weighing of the used dust filters amounted to less than a week
Measurement uncertainty:	$\pm 5$ % of the measured value, $\pm 0.74$ mg/m <sup>3</sup> at minimum
Sampling and analysis:	in accordance to ÖNORM M 5861-1
Drying temperature of the collection medium	
before exposure:	180 °C
after exposure:	160 °C
Drying time of the collection medium (equilibration)	
before and after exposure:	approx. 12 hours
Gas volume meter:	
Manufacturer:	Elster
Type:	dry design, BK G2,5
Measurement uncertainty volume:	$\pm 2$ % of the measured value
Analytical balance:	
Manufacturer:	Mettler
Type:	AE 163
Weighing range:	0 – 31 g
Resolution:	0.01 mg

The oxygen concentration at the measuring point chimney (dust and flue gas volume measuring point) was determined with an OA 570 oxygen measuring instrument from Servomex, after drying the sample gas on silica gel (see point 4.2.1).

The leakage test of the apparatus for dust measurement took place via applying a vacuum before carrying out the individual measurements

#### 4.4 WATER CONTENT OF THE FUEL

On the day of the measurements the expert from TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH (Mr .Schröngendorfer) extracted a sample of the fuel fired during the measurement period.  
The specifications of the test fuel are shown under point 5 of the test report.

The water content of the fuel was determined by drying in a drying chamber as per ÖNORM CEN/TS 14774-1, prestandard, part 1, in the Wels test centre of TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH.

#### 4.5 EXHAUST GAS LOSS

The exhaust gas loss was calculated in accordance with the 331st regulation of the Austrian Ministry for Economic Affairs on construction, mode of operation, equipment and permitted emission level of systems for combustion of solid, liquid or gaseous fuels in commercial plants (regulation concerning heating systems - FAV) of 18/11/1997 using the following formula:

$$\text{Exhaust gas loss (\%)} \quad q_A = (t_A - t_L) \cdot [A_2/(21 - O_2) + B]$$

t<sub>A</sub>..... flue gas temperature in °C

t<sub>L</sub>..... combustion air temperature in °C

O<sub>2</sub>..... dry oxygen content of the flue gases in % of vol.

A<sub>2</sub>..... 0.6975 for biomass with a fuel water content of 27.8 %

B..... 0.0144 for biomass with a fuel water content of 27.8 %

The input data used for calculating the exhaust gas loss is listed under point 6.2.1 in the report.

#### 4.6 BOILER EFFICIENCY

The boiler efficiency was not determined using the direct method as per ÖNORM EN 303-5, as it would have been disproportionately expensive to determine the quantity of fuel fed to the boiler during the test period given the fuel heat output of this biomass combustion system.

The indirect method was used to determine the boiler efficiency rating for the individual operating statuses from the averages of the flue gas, combustion air and ambient (room) temperatures, as well as the flue gas composition. The following loss values were calculated based on the calculation formalisms listed in ÖNORM EN 304, and these were used to calculate the boiler efficiency given in the test report.

- Loss through sensible heat of the products of combustion (q<sub>A</sub>, exhaust gas loss, determination method see point 4.5)
- Loss through incomplete combustion (q<sub>B</sub>, latent heat in the flue gases)
- Loss through radiation from the boiler surfaces (q<sub>S</sub>, radiation loss)
- Loss through unburnt fuel in the ash (q<sub>R</sub>, the value of 0.3 % was used as the loss proportion for both nominal heat output and partial load operation for the boiler efficiency calculation)

#### 4.7 SURFACE TEMPERATURES

For the determination of the mean surface temperature the boiler surface of the boiler type Lambdamat 1000 was divided in 26 incremental areas, whereby a total of 130 measuring points were regarded.

The radiation loss of the boiler was calculated from the measured surface temperatures, based on DIN 4702-2 and ÖNORM EN 304. The calculated values of radiation loss are given in point 6.2.7.

The estimated uncertainty for the specified radiation loss is ± 10 % of the given values.

The specified value of the radiation loss as a percentage is based on the useful heat output produced during the test period.

#### 4.7.1 Surface temperature measuring instrument

Manufacturer: Testo  
Type: Measuring instrument: KM 330  
Sensor: SK 21M  
Measurement uncertainty:  $\pm 1^\circ\text{C}$

### 5. OPERATING CONDITIONS OF THE UNIT DURING THE MEASUREMENTS

The Lambdamat 1000 biomass heating system was operated during the measurement period at nominal heat output and at a maximum of 30 % of the heat output range of the biomass heating system (minimum heat output, "partial load").

The following test fuel was used, and this is the fuel the system was designed for.

Test fuel: Chipped wood, size G30, water content 27.8 %, with low proportions of fine-fraction and bark

The heat output ranges were set before the start of measurement by the client representatives who were present for measurements.

The heat output produced in the measurement period was determined using the following heat meters, which were installed on the biomass heating system.

Data of the heat meter installed on the system:

Heat meter: Manufacturer: Aquametro Messtechnik GmbH  
Type: Calec MB  
Serial no.: 4707717/07  
Year of construction: 2007  
Installation location: Return  
Temperature measurement: Pt 100

Flow measuring system:

Manufacturer: Siemens  
Type: Sitrans F US Sonoflo, Sono 3000/3300 CT  
Converter: 7ME315/388404N445  
Transducer: FDK-085L2229  
Flow: Qn: 70 m<sup>3</sup>/h Qmax: 84 m<sup>3</sup>/h, Qmin: 1.4 m<sup>3</sup>/h  
Pulse ratio: 1 pulse / l  
Location: Return

The mode of operation of the system during the measurement period of the emission measurements is shown below.

The mode of operation was taken from the operating displays of the boiler controller and the heat meter that were installed on the system.

The data from the operating displays listed here was recorded continuously by the client with a sampling frequency set-point of 15 seconds, and the data collected was given to TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH when the measurements were finished in the form of csv files.

	<u>Nominal heat output</u>	<u>Partial load</u>
Date of measurements:	07/10/2008	08/10/2008
Measuring time (from – to):	10:14-13:44	07:19-10:40
Heat output useful generated (kW):	1022	265
Flow (m <sup>3</sup> /h):	33.6	13.9
Boiler temperature (°C):	84	77
Flow temperature (°C):	73	82
Return temperature (°C):	60	70
Combustion chamber temperature (°C):	905	884
Negative pressure in the combustion chamber (Pa):	30	63
Outdoor temperature (°C):	15	12
Primary air (%):	82	19
Secondary air (%):	15	0
Primary AGR (%) / Secondary AGR (%):	0 / 0	0 / 0
Tertiary air (%):	18	0
Feed (%):	99	23

## 6. SUMMARY AND DISCUSSION OF MEASUREMENT RESULTS

### 6.1 EVALUATION OF THE OPERATING CONDITIONS DURING MEASUREMENTS

The Lambdamat 1000 biomass heating system was operated during the measurement period at nominal heat output and at a maximum of 30 % of the heat output range of the biomass heating system (minimum heat output, "partial load"), using chipped wood, the fuel the system was designed to use.

There were no special occurrences during the measurement period.

This means that the operating statuses mainly seen during the measurements were the operating statuses that currently lead to characteristic emissions for the system in controlled operation.

### 6.2 MEASUREMENT RESULTS

All given pollutant concentrations are based on a dry flue gas basis at 0°C, 1013 hPa with actual oxygen content of the flue gases (actual O<sub>2</sub>) and calculated based on a hypothetical oxygen content of the flue gases of 13 % O<sub>2</sub> of the volume as an average over the measurement periods shown in the dimension mg/m<sup>3</sup>.

Measurement uncertainties are shown in the form measurement value ± estimated measurement uncertainty of the relevant measurement value for the entire procedure.

Values marked with "<" show the relative detection limit of the measurement procedure or the measuring instrument configuration used.

### 6.2.1 Flue gas boundary conditions

#### Gaseous component measuring point

	<u>Nominal heat output</u>	<u>Partial load</u>
Date of measurements:	07.10.2008	08.02.2008
Measurement time (from – to):	10:14-13:44	07:19-10:40
Average oxygen concentration (% of vol.):	7.9 ± 0.4	11.6 ± 0.4
Average carbon dioxide concentration (% of vol.):	12.4 ± 0.4	9.1 ± 0.4
Average combustion air temperature (°C):	22 ± 2	14 ± 2
Average flue gas temperature (°C):	158 ± 2	97 ± 2

#### Dust measuring point (chimney)

	<u>Nominal heat output</u>	<u>Partial load</u>
Date of measurements:	07.10.2008	08.02.2008
Measuring time (from – to):	10:14-13:44	07:19-10:40
Average oxygen concentration (% of vol.):	8.2 ± 0.4	12.0 ± 0.4
Air pressure at the height of the measuring point (hPa):	983 ± 1	980 ± 1
Static pressure in the flue gas duct (hPa):	- 0.12 ± 0.02	- 0.07 ± 0.02
Average flue gas temperature (°C):	140 ± 2	80 ± 2
Absolute flue gas humidity (kg/m³):	0.14 ± 0.01	0.10 ± 0.01
Average flue gas speed (m/s):	3.9 ± 0.2	1.1 ± 0.1
Average flue gas volume flow at actual O <sub>2</sub> *:		
- Operating status (m³/h):	3800 ± 380	1110 ± 110
- humid (m³/h, 0°C, 1013 hPa):	2440 ± 240	830 ± 80
- dry (m³/h, 0°C, 1013 hPa):	2070 ± 210	740 ± 70

\*...rounded to ± 10 m³/h

### 6.2.2 Dust

#### Boiler type Lambdamat 1000 – nominal heat output, fuel chipped wood

Date	Measuring time from - to	Dust concentration based on		actual O <sub>2</sub> concentration % of vol.
		actual O <sub>2</sub> mg/m³	13 % O <sub>2</sub> by vol. mg/m³	
07/10/2008	10:16-10:46	55 ± 3	34 ± 2	8.0 ± 0.4
	10:53-11:23	42 ± 2	26 ± 2	8.3 ± 0.4
	11:28-11:58	45 ± 2	28 ± 2	8.3 ± 0.4
	12:04-12:34	41 ± 2	26 ± 2	8.3 ± 0.4
	12:39-13:09	44 ± 2	28 ± 2	8.2 ± 0.4
	13:14-13:44	45 ± 2	28 ± 2	8.2 ± 0.4
Average value		45 ± 2	28 ± 2	8.2 ± 0.4

#### Boiler type Lambdamat 1000 – partial load, fuel chipped wood

Date	Measuring time from - to	Dust concentration based on		actual O <sub>2</sub> concentration % of vol.
		actual O <sub>2</sub> mg/m³	13 % O <sub>2</sub> by vol. mg/m³	
08/10/2008	07:19-07:49	32 ± 2	27 ± 2	11.4 ± 0.4
	07:53-08:23	37 ± 2	33 ± 2	12.0 ± 0.4
	08:27-08:57	22 ± 2	20 ± 2	12.0 ± 0.4
	09:01-09:31	26 ± 2	23 ± 2	12.0 ± 0.4
	09:35-10:05	38 ± 2	34 ± 2	12.0 ± 0.4
	10:10-10:40	24 ± 2	22 ± 2	12.4 ± 0.4
Average value		30 ± 2	27 ± 2	12.0 ± 0.4

### 6.2.3 Carbon monoxide (CO)

#### Boiler type Lambdamat 1000 – nominal heat output, fuel chipped wood

Date	Measuring time from - to	CO concentration based on		actual O2 concentration % of vol.
		actual O2 mg/m <sup>3</sup>	13 % O2 by vol. mg/m <sup>3</sup>	
07/10/2008	10:14-10:44	24 ± 5	14 ± 4	7.6 ± 0.4
	10:44-11:14	11 ± 5	7 ± 4	7.9 ± 0.4
	11:14-11:44	12 ± 5	7 ± 4	8.0 ± 0.4
	11:44-12:14	11 ± 5	7 ± 4	7.9 ± 0.4
	12:14-12:44	9 ± 5	6 ± 4	8.0 ± 0.4
	12:44-13:14	15 ± 5	9 ± 4	7.8 ± 0.4
Average value		14 ± 5	8 ± 4	7.9 ± 0.4

#### Boiler type Lambdamat 1000 – partial load, fuel chipped wood

Date	Measuring time from - to	CO concentration based on		actual O2 concentration % of vol.
		actual O2 mg/m <sup>3</sup>	13 % O2 by vol. mg/m <sup>3</sup>	
08/10/2008	07:19-07:49	39 ± 6	32 ± 5	11.1 ± 0.4
	07:53-08:23	41 ± 6	35 ± 5	11.6 ± 0.4
	08:27-08:57	34 ± 6	29 ± 5	11.6 ± 0.4
	09:01-09:31	55 ± 6	47 ± 5	11.6 ± 0.4
	09:35-10:05	36 ± 6	31 ± 5	11.6 ± 0.4
	10:10-10:40	47 ± 6	42 ± 5	12.0 ± 0.4
Average value		42 ± 6	36 ± 5	11.6 ± 0.4

### 6.2.4 Nitrogen oxides (NOx)

The total of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), measured as a total of nitrogen monoxide (NO) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), is calculated and stated as nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>).

#### Boiler type Lambdamat 1000 – nominal heat output, fuel chipped wood

Date	Measuring time from - to	NO <sub>x</sub> concentration based on		actual O2 concentration % of vol.
		actual O2 mg/m <sup>3</sup>	13 % O2 by vol. mg/m <sup>3</sup>	
07/10/2008	10:14-10:44	166 ± 10	99 ± 6	7.6 ± 0.4
	10:44-11:14	163 ± 10	100 ± 6	7.9 ± 0.4
	11:14-11:44	165 ± 10	102 ± 6	8.0 ± 0.4
	11:44-12:14	168 ± 10	103 ± 6	7.9 ± 0.4
	12:14-12:44	169 ± 10	104 ± 6	8.0 ± 0.4
	12:44-13:14	170 ± 10	103 ± 6	7.8 ± 0.4
Average value		167 ± 10	102 ± 6	7.9 ± 0.4

**Boiler type Lambdamat 1000 – partial load, fuel chipped wood**

Date	Measuring time from - to	NOx concentration based on		actual O2 concentration % of vol.
		actual O2 mg/m <sup>3</sup>	13 % O2 by vol. mg/m <sup>3</sup>	
08/10/2008	07:19-07:49	114 ± 8	92 ± 7	11.1 ± 0.4
	07:53-08:23	114 ± 8	97 ± 7	11.6 ± 0.4
	08:27-08:57	115 ± 8	98 ± 7	11.6 ± 0.4
	09:01-09:31	112 ± 8	95 ± 7	11.6 ± 0.4
	09:35-10:05	113 ± 8	96 ± 7	11.6 ± 0.4
	10:10-10:40	110 ± 8	98 ± 8	12.0 ± 0.4
Average value		113 ± 8	96 ± 7	11.6 ± 0.4

**6.2.5 Unburnt gaseous organic carbon compounds (C)**

The unburnt gaseous organic carbon compounds (C) were determined using a flame ionisation analyzer (FID) without separating the individual substances.

The reference point of the flame ionisation analyzer was adjusted using propane.

The concentrations of unburnt gaseous organic carbon compounds are given as carbon (C) in the dimension mg/m<sup>3</sup>.

**Boiler type Lambdamat 1000 – nominal heat output, fuel chipped wood**

Date	Measuring time from - to	C concentration based on		actual O2 concentration % of vol.
		actual O2 mg/m <sup>3</sup>	13 % O2 by vol. mg/m <sup>3</sup>	
07/10/2008	10:14-10:44	< 4	< 3	7.6 ± 0.4
	10:44-11:14	< 4	< 3	7.9 ± 0.4
	11:14-11:44	< 4	< 3	8.0 ± 0.4
	11:44-12:14	< 4	< 3	7.9 ± 0.4
	12:14-12:44	< 4	< 3	8.0 ± 0.4
	12:44-13:14	< 4	< 3	7.8 ± 0.4
Average value		< 4	< 3	7.9 ± 0.4

**Boiler type Lambdamat 1000 – partial load, fuel chipped wood**

Date	Measuring time from - to	C concentration based on		actual O2 concentration % of vol.
		actual O2 mg/m <sup>3</sup>	13 % O2 by vol. mg/m <sup>3</sup>	
08/10/2008	07:19-07:49	< 4	< 4	11.1 ± 0.4
	07:53-08:23	< 4	< 4	11.6 ± 0.4
	08:27-08:57	< 4	< 4	11.6 ± 0.4
	09:01-09:31	< 4	< 4	11.6 ± 0.4
	09:35-10:05	< 4	< 4	11.6 ± 0.4
	10:10-10:40	< 4	< 4	12.0 ± 0.4
Average value		< 4	< 4	11.6 ± 0.4

### 6.2.6 Exhaust gas loss

The exhaust gas losses of the combustion system, calculated on the basis of the formalisms listed in BGBl. II No. 331/1997 (FAV, see point 4.5) are given below.

The input data used for calculating, measured at the measurement point after flue gas exit of the boiler, are listed under 6.2.1 in the report.

$$\text{Exhaust gas loss (\%)} \quad q_A = (t_A - t_L) \cdot [A_2/(21 - O_2) + B]$$

t<sub>A</sub>..... flue gas temperature in °C

t<sub>L</sub>..... combustion air temperature in °C

O<sub>2</sub>..... dry oxygen content of the flue gases in % of vol.

A<sub>2</sub>..... 0.6975 for biomass with a fuel water content of 27.8 %

B..... 0.0144 for biomass with a fuel water content of 27.8 %

#### Calculated exhaust gas losses

Lambdamat 1000, fuel chipped wood, nominal heat output:  $q_A = 9.4 \% \pm 0.5 \%$

Lambdamat 1000, fuel chipped wood, partial load:  $q_A = 7.4 \% \pm 0.4 \%$

### 6.2.7 Radiation loss

For the determination of the mean surface temperature the boiler surface of the boiler type Lambdamat 1000 was divided in 26 incremental areas, whereby a total of 130 measuring points were regarded.

The radiation loss of the boiler was calculated from the measured surface temperatures, based on DIN 4702-2 and ÖNORM EN 304.

The specified value of the radiation loss as a percentage is based on the useful heat output produced during the test period.

Calculated radiation losses, measurement date 07/10/2008 – 08/10/2008:

Nominal heat output, Lambdamat 1000, fuel chipped wood:  $q_s = 0.30 \pm 0.06 \%$

Partial load, Lambdamat 1000, fuel chipped wood:  $q_s = 2.02 \pm 0.20 \%$

### 6.2.8 Boiler efficiency

The boiler efficiency was calculated using the indirect method.

The procedure for calculating the boiler efficiency is shown under point 4.6 of the test report.

#### Boiler efficiency rating, boiler type - Lambdamat 1000, fuel - woodchips

Operating status	Nominal heat output	Partial load
Heat output useful generated (kW)	1022	265
Loss through sensible heat of the products of combustion (q <sub>A</sub> , %)	9.4 ± 0.5	7.4 ± 0.4
Loss through incomplete combustion (q <sub>B</sub> , %)	< 0.1	< 0.1
Loss through radiation from the boiler surfaces (q <sub>S</sub> , %)	0.30 ± 0.06	2.02 ± 0.20
Loss through unburnt fuel in the ash (q <sub>R</sub> , %) <sup>1)</sup>	0.3	0.3
Boiler efficiency (calculated indirectly, %)	90.0 ± 0.6	90.3 ± 0.6

<sup>1)</sup> ... Calculations were based on a value of 0.3 % for the loss proportion from unburnt fuel in the ash (q<sub>R</sub>) for both nominal heat output and partial load operation.

### **6.3 FUNCTION CHECK OF THE TEMPERATURE CONTROLLER, THE SAFETY TEMPERATURE LIMITER AND THE DEVICE FOR DISSIPATING EXCESS HEAT**

The function check of the temperature controller, the safety temperature limiter and the device for dissipating excess heat of the biomass heating system was carried out in accordance with ÖNORM EN 303-5 within the framework of tests to determine the emission behaviour and the indirect boiler efficiency of the system on 20/10/2008.

The temperature sensors installed on the system by the boiler manufacturer were used to determine the flow temperatures and the boiler temperatures.

These were compared with a calibrated Pt100 temperature sensor from TÜV AUSTRIA before the test was carried out, and they were found to be working correctly.

#### **6.3.1 Function test of the temperature controller and the safety temperature limiter installed at the boiler**

Before the start of the test the water-side flow rate was fixed to the specified flow rate of nominal heat output test.

Then the firing of the unit was set to match the rated heat output of the boiler.

At the start of the test the flow temperature was a maximum of 75°C and the boiler temperature controller was set to switch the boiler off at the manufacturer's maximum set-point value of 90+3°C.

The dissipated heat output was then limited by reducing the flow to about 40 % of the nominal heat output.

The test was continued until the temperature controller was activated, and then an observation was made of the temperature at which the maximum boiler temperature was reached.

The same test was carried out again after bypassing the temperature controller.

This tested whether the safety temperature limiter switches off the heating at least at the highest value specified by the boiler manufacturer.

#### **6.3.2 Function check on the device for dissipating excess heat**

During this test the heating boiler was operated at minimal heat output and the temperature controller was put out of function.

The function of the safety temperature limiter was maintained.

Further it was guaranteed by shut-off position of the consumers that no heat output were given off to the heating system. The test was continued until the maximum boiler temperature was reached, after the device for dissipating excess heat installed in the system (emergency cooling) had activated.

### 6.3.3 Test results

#### 6.3.3.1 Function check of the biomass heating system temperature controller

##### Settings at test start:

Water-side flow rate:	flow rate equal to the flow rate for the rated output test
Heat input:	according to nominal heat output of the heating boiler
Flow temperature:	75°C
Boiler temperature controller:	set-point value for switch off at maximum value of 90+3°C (as specified by manufacturer)
Dissipated output:	approx. 40 % of the nominal heat output
Safety temperature limiter:	response set-point value to switch off at 100°C

##### Test results

The temperature controller installed on the boiler worked correctly.  
The operating status boiler shutdown was reached at a boiler temperature of 93°C.

The boiler temperature then rose to a maximum temperature of 94.5°C.  
The safety temperature limiter and the device for dissipating excess heat did not trigger.  
A temperature of 100°C at the boiler temperature sensor was also not exceeded.

The requirements of ÖNORM EN 303-5 with regard to the functioning of the temperature controller were thus fulfilled within the framework of the tests on the biomass heating system of type Lambdamat 1000.

#### 6.3.3.2 Function check of the safety temperature limiter (STL) installed at the heating boiler

##### Settings at test start:

Water-side flow rate:	flow rate equal to the flow rate for the rated output test
Heat output:	according to nominal heat output of the heating boiler
Flow temperature:	75°C
Boiler temperature controller:	temperature controller deactivated
Dissipated output:	approx. 40 % of the nominal heat output
Safety temperature limiter:	response set-point value to switch off at 100°C
Device for dissipating excess heat:	deactivated

##### Test results

The safety temperature limiter switched off the heating of the biomass heating system at 98.5°C.  
The shutdown temperature was below the value of 100°C specified by the boiler manufacturer.

The requirements of ÖNORM EN 303-5 with regard to the functioning of the safety temperature limiter were thus fulfilled within the framework of the tests on the biomass heating system of type Lambdamat 1000.

### 6.3.3.3 Function check on the device for dissipating excess heat

#### Settings at test start:

Heat input:	according to nominal heat output of the heating boiler
Flow temperature:	75°C
Boiler temperature controller:	temperature controller deactivated
Dissipated output:	no heat output to the heating system
Safety temperature limiter:	response set-point value to switch off at 100°C
Device for dissipating excess heat:	response set-point value 100°C
	Cold water temperature: 11°C
	Cold water pressure: 2 bar

#### Test results

The safety temperature limiter of the biomass heating system triggered at a boiler temperature of 98.5°C.  
The device for dissipating excess heat (emergency cooling) triggered at a boiler temperature of 100.5°C.

The maximum boiler temperature then rose to 110.0°C.

The requirements of ÖNORM EN 303-5 with regard to the functioning of the device for dissipating excess heat (emergency cooling) were thus satisfied within the framework of the tests on the biomass heating system of type Lambdamat 1000.

### 6.4 PLAUSIBILITY CHECK

The plausibility of the continuously recorded flue gas component measurements was proved by putting test gases through the measuring instruments before and after the measurements, and through a leakage check carried out before the start of measurements.

The discontinuously sampling systems were also put through a leakage check before the start of measurements.

Taking into account the measurement accuracy and measurement uncertainty of the measurement procedures used, the measuring equipment used and the mode of operation of the system during the measurement period, there are no reasons to question the plausibility of the test.

## 7. SUMMARY

Fröling Heizkessel- und Behälterbau GesmbH contracted TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH to carry out emission measurements through an accordance test on the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park using chipped wood as a fuel.

The biomass heating system was operated during the measurement period at nominal heat output and at a maximum of 30 % of the heat output range of the biomass heating system (minimum heat output, "partial load").

Within the framework of the emission measurements, the exhaust gas loss and the boiler efficiency (determined using the indirect method) were determined in the operating statuses to be observed. 6 measurement values of the pollutants listed under point 1.8 were created as consecutive half-hour averages at every load point.

As per order, the safety devices installed on the system - temperature controller, safety temperature limiter (STL) and the device for dissipating excess heat from the biomass heating system were also checked in accordance with the specifications of ÖNORM EN 303-5. The safety devices tested in accordance with ÖNORM EN 303-5 (temperature controller, safety temperature limiter (STL) and the device for dissipating excess heat) met the requirements of ÖNORM EN 303-5 at the time of testing (see point 6.3 in the test report).

### Emission limit values of the subject unit

The emission limit values used at the time the report was written, for evaluation of emission behaviour and exhaust gas loss of this system are listed below (limit values as per notification conditions (lit.1, Grieskirchen District Commission notification, no. Ge20-82-2006 of 22/09/2006), FAV (BGBl. II No. 331/1997) and in accordance with the technical conditions of the subsidy contract with Kommunalkredit Public Consulting GmbH, application number A6.12272 (lit.2)).

The given emission limit values for substance concentrations refer to a dry flue gas basis at 13 % O<sub>2</sub> by volume, and at 0°C and 1013 hPa.

Parameter	Limit value in accordance with notification (lit.1) and FAV *	Limit value in accordance with subsidy contract (lit. 2)
Dust	150 mg/m <sup>3</sup>	100 mg/m <sup>3</sup>
Carbon monoxide (CO)	250 mg/m <sup>3</sup>	250 mg/m <sup>3</sup>
Nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> , given as NO <sub>2</sub> )	250 mg/m <sup>3</sup>	250 mg/m <sup>3</sup>
Organic carbon compounds (organ. C, given as carbon)	20 mg/m <sup>3</sup>	20 mg/m <sup>3</sup>
Exhaust gas loss at nominal heat output	≤ 19 %	≤ 17 %

\* ... Limit values in accordance with FAV valid for commercial installations

### Measurement results – boiler type Lambdamat 1000, fuel chipped wood

A summary of the measurement results is shown below.

For the emission measurements, at least 6 measurement values were taken as half-hour averages for pollutant concentrations of dust, CO, NOx and C, both in the nominal heat output and in the partial load range.

The flue gas substance concentrations determined in the framework of the emission measurements refer to a dry flue gas basis at 13 % O<sub>2</sub> by volume, and at 0°C and 1013 hPa.

The detailed measurement results are listed under point 6.2 in the test report.

Parameter	Measurement result at nominal heat output 07/10/2008	Measurement result at partial load 08/10/2008
Dust (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>1)</sup>	34 ± 2	34 ± 2
Carbon monoxide (CO, mg/m <sup>3</sup> ) <sup>1)</sup>	14 ± 4	47 ± 5
Nitrogen oxides (NOx, stated as NO <sub>2</sub> , mg/m <sup>3</sup> ) <sup>1)</sup>	104 ± 6	98 ± 8
Organic carbon compounds (organ. C, stated as carbon, mg/m <sup>3</sup> ) <sup>1)</sup>	< 3	< 4
Exhaust gas loss (%) <sup>2)</sup>	9.4 ± 0.5	7.4 ± 0.4
Boiler efficiency (determined indirectly, %) <sup>2)</sup>	90.0 ± 0.6	90.3 ± 0.6

<sup>1)</sup>...maximum half-hour average value, referred on dry flue gas basis at 0°C, 1013 hPa and 13 % O<sub>2</sub> by volume

<sup>2)</sup>...arithmetic mean value over the test period

### 7.1 INTERPRETATION OF MEASUREMENT RESULTS

The limit values specified in the regulators' authorisation notification were observed in the emission measurements taken on 07/10/2008 and 08/10/2008 for the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park, using chipped wood as a fuel (lit.1, Grieskirchen District Commission notification, no. Ge20-82-2006 of 22/09/2006), FAV (BGBl. II No. 331/1997) and in accordance with technical conditions of the subsidy contract with Kommunalkredit Public Consulting GmbH, application number A6.12272 (lit.2)).

The safety devices tested in accordance with ÖNORM EN 303-5 (temperature controller, safety temperature limiter and device for dissipating excess heat) met the requirements of ÖNORM EN 303-5 at the time of testing (see point 6.3 in the test report).

TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH  
Test Centre Wels  
Division Environmental Protection

The authorized signatory:



G. Schrögenderfer Eng.

**froling** 

**Astillas | Virutas**  
80 – 1000 kW



**La riqueza de los bosques.  
La energía de mañana.**

**Lambdamat de Froling.**  
Caldera de virutas y astillas con  
combustión a altas temperaturas  
y control  
Lambda.



**Se impone un concepto.**

La serie de calderas medianas Lambdamat de FROLING es el resultado de décadas de experiencia en la fabricación de calderas de biomasa.

Esa experiencia adquirida mediante ensayos prácticos nos ha llevado a unos resultados consecuentes: resultados únicos e innovadores.



La tecnología FROLING, orientada al futuro, extrae la máxima energía de la madera residual, respetando lo más posible el medio ambiente, con un óptimo confort y la máxima seguridad de funcionamiento. Se trata de soluciones técnicas por las que FROLING ha sido premiada en múltiples ocasiones (Premio estatal, Premio de Medio Ambiente).

# Lambdamat



## La alta tecnología protege el medio ambiente

**La madera de desecho lleva en su interior una valiosa energía que Lambdamat transforma, óptimamente, en calor.**

La ventaja frente a los combustibles fósiles no sólo radica en el ahorro de costes: el CO<sub>2</sub> que se crea al quemar la madera forma parte del ciclo natural del carbono. Además, de este modo no le arrebatamos a nuestra Tierra unas fuentes de energía irremplazables. Por otro lado, la limpiísima combustión de Lambdamat impide que se alcancen los límites que marcan las más estrictas normas de emisiones actuales y futuras.

## Caldear mejor, con toda seguridad

**La máxima prioridad de Froling es la mayor seguridad de funcionamiento y un mantenimiento sencillo.**

De ahí el sólido diseño, que garantiza muchos años de funcionamiento sin problemas y sin averías. El sistema de seguridad de FROLING consiste en un dispositivo de cuádruple seguridad contra el retorno de llama por medio de una válvula contra el retorno de ésta o una esclusa de rueda celular, con pozo de caída, control de baja presión, dispositivo rociador y un sistema de supervisión de la temperatura de la cámara de combustión para protegerla contra temperaturas demasiado altas que sobrepasen el límite permitido. Asimismo, y para mayor seguridad, la cámara de combustión está revestida de ladrillos refractarios, resistentes a altas temperaturas.

## Parrilla de avance

**Parrilla de avance para eliminar automáticamente las cenizas.**

Lambdamat está equipada con la parrilla de avance de la más moderna tecnología, que permite una limpieza automática de la parrilla y una eliminación automática de las cenizas, lo que da como resultado un funcionamiento prácticamente libre de mantenimiento.

Con un coste de adquisición de sólo un 5% más, se obtiene un 98% más de confort. La nueva tecnología de FROLING lo hace posible.



5:98

**Único:  
servicio y control  
a través del  
teléfono y del  
ordenador**

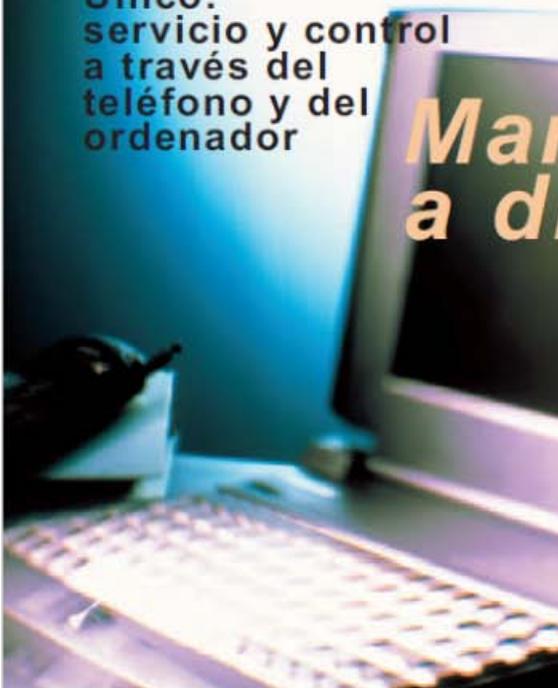
## Mantenimiento a distancia

**Servicio y control a través del teléfono y del ordenador.**

Todos los parámetros de ajuste se pueden modificar y consultar inmediatamente a través del ordenador o, con conexión vía módem, a través del teléfono.

**Esto comporta dos grandes ventajas:**

Es posible controlar o reajustar la instalación desde el despacho o desde casa sin ningún problema. La segunda ventaja es que la optimización de la instalación y el mantenimiento se pueden llevar a cabo directamente desde FROLING por módem-teléfono, con lo cual se ahorra tiempo y dinero.



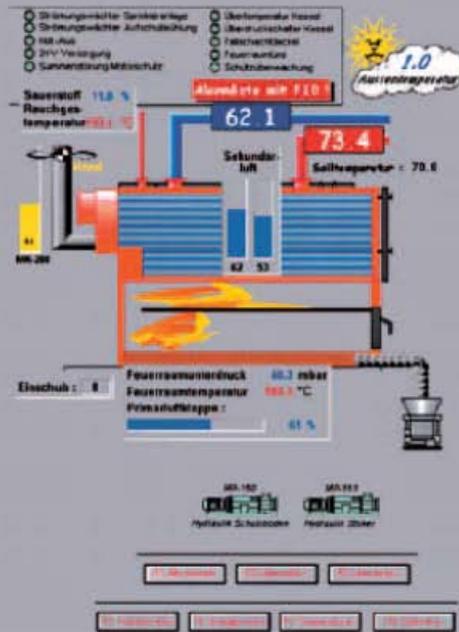
# Lambdamat

## Control automático

El ordenador se encarga de realizar un trabajo controlado. Toda la instalación es optimizada y supervisada continuamente

- optimización permanente de la combustión mediante análisis de los gases de escape
- control de rendimiento y de baja presión
- adaptación automática a los combustibles
- supervisión de la temperatura de la cámara de combustión
- control de la diferencia de temperaturas
- visualización por PC y adquisición de datos (análisis de tendencias)

Los valores de ajuste se pueden modificar fácilmente a través de la interfaz de usuario con menú. Además, se pueden consultar fácilmente los más diversos datos, como la temperatura de los gases de escape, el contenido de oxígeno residual, la temperatura de avance y retroceso, etc.



## 4 cubetas

Un rendimiento de hasta más del 90%.

Esto es único: la cámara de circulación a altas temperaturas de Lambdamat tiene 4 cubetas, obteniéndose así los mayores rendimientos y la combustión más limpia.

## Un concepto que no deja ningún deseo por cumplir.

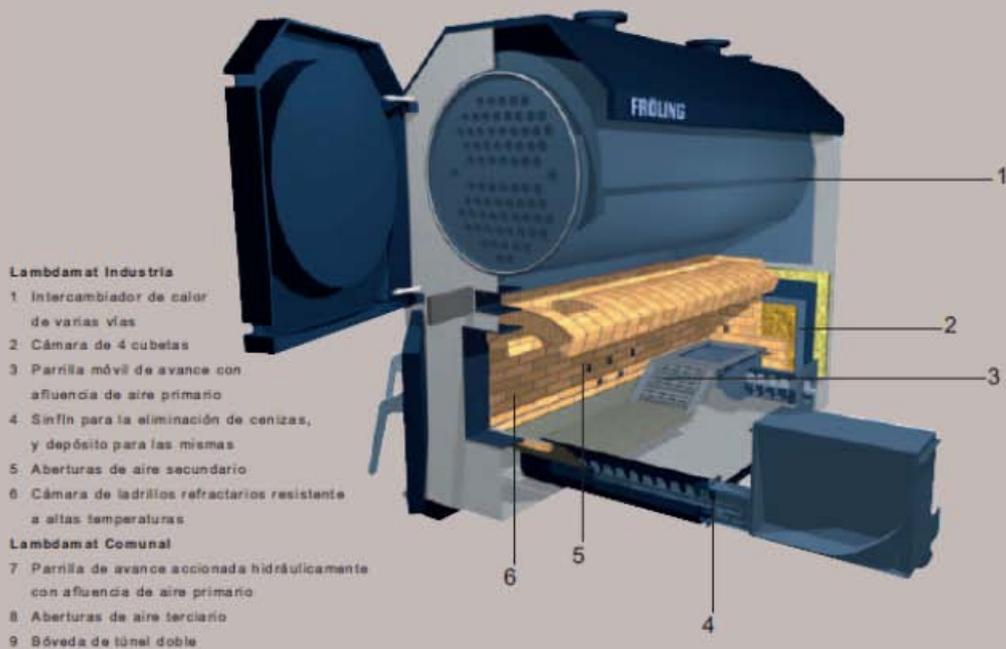
La tecnología de combustión y el sistema de la instalación vienen determinados por la granulometría y el contenido de humedad del combustible. FROLING ofrece, en cada caso, una solución a medida del cliente.

### Lambdamat Industria de FROLING. Alta tecnología en el mínimo espacio.

Esta tecnología de calderas para combustibles con una granulometría según la norma ÖNorm G 50 y un contenido de agua del 40% se caracteriza, sobre todo, por sus compactas dimensiones, además de la innovadora tecnología. Ni siquiera en situaciones de cargas difíciles surgen problemas.

La alimentación de la caldera tiene lugar en dos partes. La conexión variable al cargador, que puede tener lugar por la derecha, por la izquierda o por detrás, permite una fácil unión a los sistemas de alimentación, incluso en malas condiciones de montaje. La geometría de la cámara de combustión, la tecnología de la parrilla y la conducción del aire están perfectamente adaptadas a la combustión de los combustibles previstos. La parrilla móvil de avance hace que la combustión sea uniforme y, junto con la eliminación automática de las cenizas, hace que el funcionamiento esté libre de mantenimiento. La cámara de combustión está revestida de ladrillos refractarios en sistema de construcción modular. En caso de desgaste, pueden reemplazarse fácilmente.

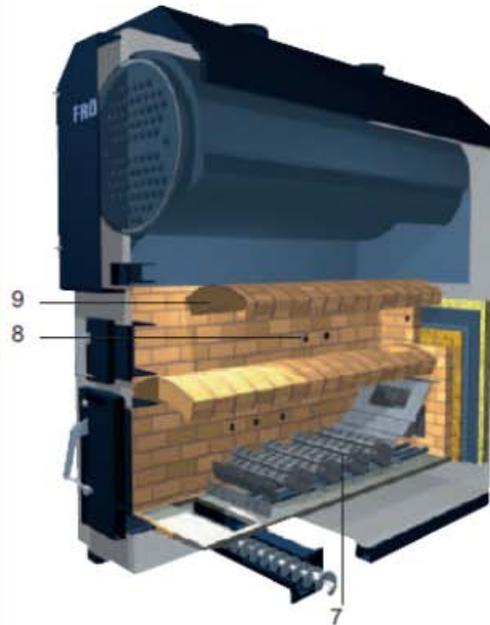
El intercambiador de calor de varias vías, situado encima de la cámara de combustión, posee unas superficies de intercambio de calor generosamente dimensionadas. Además, dispone de grandes aberturas para su limpieza y mantenimiento, lo que facilita el acceso y permite efectuar cómodamente estas tareas.



# Lambdamat

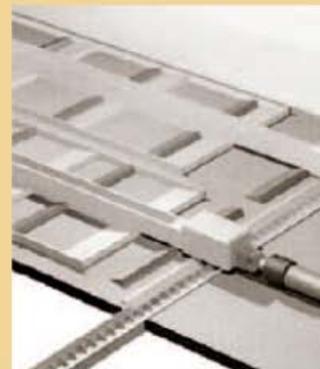
## Lambdamat Comunal. Tecnología avanzada sin límites.

Este concepto de caldera es también aplicable para quemar el combustible húmedo (con porcentaje de humedad del 50% o superior) con una gran proporción de corteza. La parrilla con movimiento hidráulico, o parrilla de paso continuo, extiende en toda su longitud el combustible y lo transporta de forma continua a la cámara de combustión hasta que completa su combustión, incluso con el combustible más difícil. La ceniza obtenida de la combustión se descarga automáticamente a través del sinfín de extracción de ceniza o directamente al contenedor de cenizas. El diseño de la cámara de combustión está optimizado para quemar combustible húmedo. Además de la alimentación del combustible por sinfín, la tecnología de esta caldera también permite sistemas hidráulicos de alimentación, garantizando un funcionamiento óptimo con combustible de hasta 5-10 cm (Önorm G 100) de granulado.



## Tipos de alimentación inteligente.

No importa si los sistemas de alimentación son grandes o pequeños. Además de estos innovadores conceptos de caldera, Froling también ofrece una amplia gama de sistemas de alimentación del más alto estándar técnico. La selección comprende desde un simple agitador de suelo para silos de almacenaje bajos (superficie máxima de suelo de 6 x 6 m), a elevadores tipo tornillo sinfín horizontales para los silos verticales (p.ej. los de granjas, diámetro máximo de 8 m) o suelo móvil para salas rectangulares de almacenaje de gran superficie de suelo, entre otras.



# Astillas | Virutas

80 – 1000 kW

## Datos técnicos, dimensiones:

Caldera de calefacción	Lambdamat	Lambdamat	Lambdamat
	Industria	Industria	Industria/Comunal-S
	<b>150</b>	<b>220</b>	<b>320/320</b>
Potencia kW	80-150	150-200	200-300/200-300
Longitud l	2165	2715	2715/2715
Anchura b	930	1070	1070/1070
Altura h	2030	2300	2300/2802
Tubo de humos dm	200	250	300/300

Caldera de calefacción	Lambdamat	Lambdamat	Lambdamat
	Industria/Comunal-S	Industria/Comunal-S	Comunal-S
	<b>500/500</b>	<b>750/750</b>	<b>1000</b>
Potencia kW	320-500/320-500	500-750/500-750	750-1000
Longitud l	2760/2710	3070/3070	3740
Anchura b	1270/1270	1500/1630	1630
Altura h	2550/3224	2930/3656	3910
Tubo de humos dm	350/350	400/400	450

Otros tamaños a petición.

### FROLING, proveedor completo.

FROLING suministra todos los componentes relacionados con la instalación de calefacción, como por ejemplo: chimeneas terminadas de acero especial, separadores de polvo para limpiar los gases de combustión, dispositivos para la limpieza automática de las superficies del intercambiador de calor de la caldera con tubo de humos y muchas cosas más.



c/ Vall 57 - 08360 Canet de Mar  
Tel. 937 943 391 - Fax 937 940 867  
info@gruponovaenergia.com  
www.gruponovaenergia.com

Anexo 4. Catálogo comercial de calderas de gas natural Saunier Duval



# Calderas murales a gas

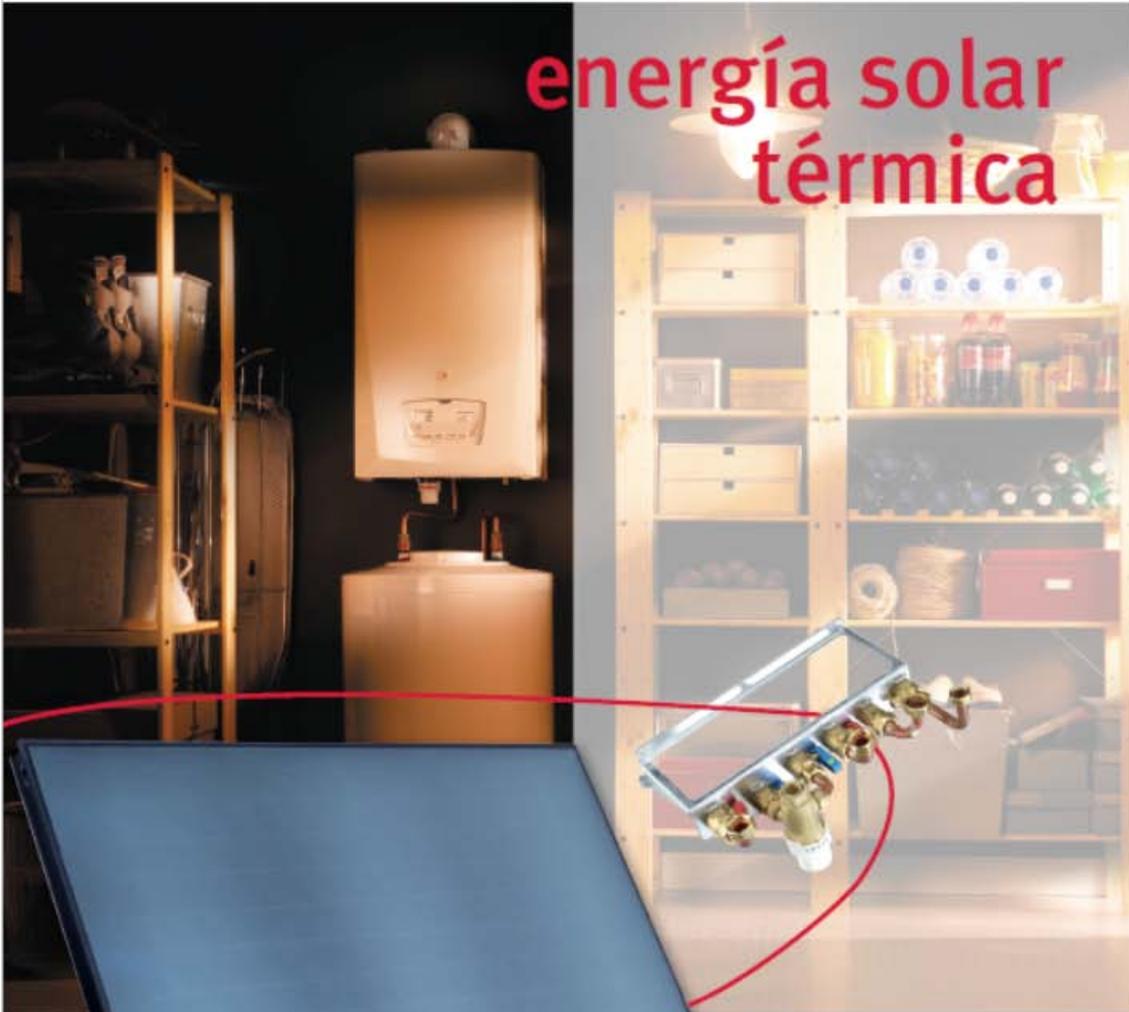
## THEMACLASSIC

En el mínimo espacio...  
¡un confort superior!

Tamaño reducido  
Excelentes prestaciones  
Mixtas (25 kW) y solo calefacción (25 y 30 kW)



## Óptima para instalaciones de energía solar térmica



Ecología y perfecta gracias a sus temperaturas de utilización para la producción de ACS, la energía solar térmica permite en una instalación correctamente dimensionada obtener de forma gratuita del 60 al 70 % del agua caliente consumida.

En una instalación solar térmica, además de los colectores y uno o varios intercambiadores o depósitos solares se precisa un elemento alimentado por una fuente de energía complementaria que garantice el suministro de ACS. Este elemento, deberá ser una caldera si además de la producción de agua caliente se desea el aporte de calefacción.

Totalmente adaptada para instalaciones solares la caldera **THEMACLASSIC** cuenta con un circuito electrónico que incorpora de serie toda la programación y características necesarias para aportar un gran confort de ACS al trabajar con sistemas solares. La caldera, conectada en serie con el depósito solar, sólo aporta al paso de agua procedente de dicho depósito la cantidad de energía necesaria para llegar a la temperatura de confort sin derroche alguno. En los meses de invierno cuando la radiación solar es escasa la caldera aporta la mayor parte de la energía necesaria para la producción de ACS. El resto del año servirá como complemento a la energía aportada por el sol.

Para su aplicación en instalaciones solares **THEMACLASSIC** se suministra con una placa de conexión equipada con una válvula termostática que protege al usuario de posibles accidentes originados por las altas temperaturas que se alcanzan en el depósito solar en las épocas de máxima radiación solar.

## Saunier Duval: el experto en climatización en quien se puede confiar

Saunier Duval lidera en España el sector de la calefacción a gas y cuenta con una presencia destacada en el agua caliente sanitaria y el aire acondicionado.

Una gama en calderas de condensación que es un referente entre los profesionales del sector, el lanzamiento de una completa oferta en energía solar térmica, el desarrollo de productos sostenibles como las bombas de calor aire-agua y los sistemas híbridos, son muestras de la apuesta decidida de Saunier Duval en España por el respeto al medio ambiente, el desarrollo de las energías renovables y la eficiencia energética.

Su liderazgo se basa en una dedicación constante a la atención del cliente y que se plasma en:

### Red comercial

Una extensa implantación, con siete Direcciones Regionales y una treintena de Delegaciones Provinciales, garantiza la disposición inmediata de equipos y repuestos.

### Servicios de Asistencia Técnica Oficial

Una completa red de servicio de asistencia técnica oficial, extendida por la geografía española, asegura el mantenimiento postventa. Su alto grado de especialización constituye una garantía de durabilidad y buen funcionamiento de los productos de la marca. En Saunier Duval queda asegurado el mejor control de calidad disponible en el mercado -se trabaja bajo las especificaciones ISO y se cuenta con la certificación de calidad ISO 9000- así como otro servicio al cliente de importancia vital: LA INNOVACIÓN CONTINUA.

El esfuerzo que dedica Saunier Duval a la investigación se traduce en la innovación y en el continuo perfeccionamiento de los componentes internos de los productos. Mejor calidad, mayor duración, más seguridad y comportamientos más respetuosos con el medio ambiente y, en general, un mayor confort, son los beneficios Saunier Duval, una firma que lleva más de 100 años fabricando confort.



## THEMACLASSIC en el mínimo espacio... ¡un confort superior!

Saunier Duval presenta con su serie de calderas murales THEMACLASSIC un producto sumamente compacto, con elementos de alto componente tecnológico y fiabilizados al máximo, una estética atractiva y una excelente capacidad de producción de agua caliente sanitaria. THEMACLASSIC es la aplicación en un producto de gran demanda del tradicional *seber-hacer* de la marca.

THEMACLASSIC es una serie de calderas de 25 y 30 kW de potencia, sin piloto y en versiones de tiro natural y circuito estanco, en la que se incluyen modelos de tipo mixto (calefacción + agua caliente) y de sólo calefacción (modelos AS); estos últimos con la posibilidad de ser instalados en conexión a un acumulador externo para producir grandes cantidades de agua caliente.

### Compacta y elegante

Sus reducidas dimensiones -740 alto x 410 ancho x 310 fondo (mm)\* permiten su instalación con total comodidad en el interior de cualquier armario o en los huecos más pequeños de la vivienda. La sobriedad de su diseño, sencillo a la par que elegante, armoniza en todo tipo de ambientes. La carcasa formada por tres piezas permite una cómoda instalación y facilita las labores de mantenimiento.

### Fácil de manejar

PANEL DE CONTROL CON VISOR DIGITAL Y AUTODIAGNÓSTICO. Las excelentes prestaciones que proporciona este modelo pueden controlarse de una manera clara y fácil por parte del usuario. Además de los botones que de un modo intuitivo animan al usuario a realizar las funciones para ello diseñadas (encendido/apagado, selección de modo de funcionamiento, ajustes de temperatura de calefacción y agua caliente, etc) dispone de un visor digital que informa sobre temperaturas, presiones y posibles defectos (autodiagnóstico) y, junto con el resto de elementos del panel, permite al instalador configurar la caldera.

Actuando sobre los mandos se obtiene el confort deseado. Simple y rápido.

(\* Modelo de 25 kW)



**SELECCIÓN DE TEMPERATURA DE CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE**  
Actuando sobre las teclas + y - se establecen las temperaturas deseadas de calefacción (■) y agua caliente sanitaria (■).

#### INDICADOR DE FUNCIONAMIENTO

En la parte superior del panel un testigo luminoso indica según el color si el quemador está funcionando (naranja) o si hay alguna anomalía (rojo).

### Regulación excelente

**SINÓNIMO DE CONFORT.** Gracias a la inclusión de determinados componentes de avanzada tecnología, la mayoría exclusivos en las calderas Saunier Duval, la regulación tanto en agua caliente como en calefacción de este modelo es la idónea para los usos a que se destina.

El medidor de caudal, 2 intercambiadores, la válvula de 3 vías motorizada, el mecanismo de gas con motor paso a paso, el circuito electrónico avanzado y el grupo hidráulico compacto, del que forman parte la mayoría de los componentes citados, permiten no sólo la obtención de dos estrellas en calidad de producción de agua caliente sanitaria según el Proyecto de Norma Europea EN 13203 (calificación de la calidad en la obtención de agua caliente sanitaria para los aparatos de uso doméstico que utilizan combustibles gaseosos), sino que a diferencia de otras calderas esta calificación se consigue con el mínimo aporte energético.

### MODELOS:

**THEMACLASSIC C 25.-** 25 kW. Mixta. Tiro natural. Sin piloto.

**THEMACLASSIC F 25.-** 25 kW. Mixta. Circuito estanco. Sin piloto.

**THEMACLASSIC C AS 25.-** 25 kW. Sólo calefacción. Tiro natural. Sin piloto.

**THEMACLASSIC F AS 25.-** 25 kW. Sólo calefacción. Circuito estanco. Sin piloto.

**THEMACLASSIC F AS 30.-** 30 kW. Sólo calefacción. Circuito estanco. Sin piloto.

### Fiable y segura

Como toda caldera de última generación THEMACLASSIC incorpora todas las seguridades que exige la normativa comunitaria. Además de ello este modelo dispone de dispositivos de protección como seguridad antihielo, seguridad de falta de agua, antibloqueo de bomba, anticiclos cortos y doble seguridad de falta de tiro con rearme automático, que evitan contratiempos y prolongan la vida de la caldera.

Opcionalmente y para modelos de tiro natural se puede instalar un circuito que, entre otras funciones, permite evitar el funcionamiento simultáneo de campana extractora y caldera.

Y para grandes

# CONSUMOS de agua caliente...

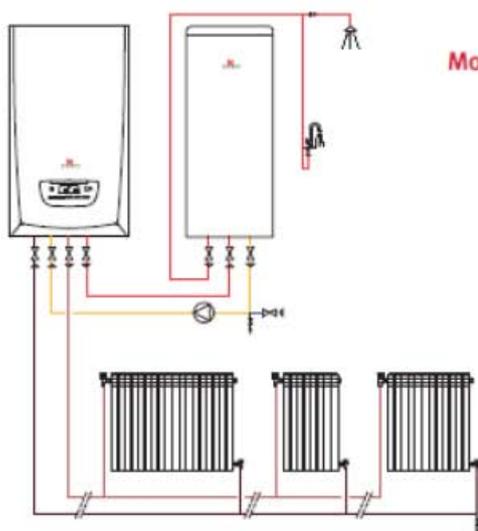


La amplia serie de acumuladores Saunier Duval ofrece la posibilidad de convertir las calderas tanto mixtas (calefacción + agua caliente) como simples (sólo calefacción) en potentes productoras de agua caliente sanitaria. Esta combinación así como la amplia gama de capacidades de los acumuladores permiten al usuario disfrutar de un gran confort, adaptando la producción y el consumo energético a sus necesidades.

## THEMACLASSIC AS + ACUMULADOR

Los modelos sólo calefacción THEMACLASSIC AS pueden aportar grandes cantidades de agua caliente mediante la adición de un acumulador externo. Opción que ahora, gracias al novedoso diseño de estas calderas, puede instalarse bien desde el inicio o con posterioridad.

Empleando el circuito de calefacción de la propia caldera, un acumulador -con intercambiador de serpiente o camisa- produce y almacena agua caliente sanitaria. Saunier Duval dispone de una gama de acumuladores con capacidades desde 80 a 450 litros, que abarca desde necesidades domésticas hasta las de gran consumo para chalets, restaurantes, peluquerías o gimnasios, donde se demandan de modo simultáneo grandes cantidades de agua caliente.



## OPCIÓN SUPERCONFORT

### Modelo mixto THEMACLASSIC + Acumulador SDK

Cuando se dispone de una caldera mixta de producción instantánea y se desea un mayor aporte de agua caliente sanitaria, puede incorporarse a la instalación un acumulador específico de agua caliente. Para realizar esta mejora de confort sanitario en la vivienda, Saunier Duval cuenta con los acumuladores SDK -de 100 y 150 litros- así como con un kit de montaje compuesto de bomba de recirculación para agua caliente sanitaria con interruptor marcha/paro y cable de conexión eléctrico, soporte de bomba equipado con silent-blocks, grupo de seguridad y conjunto de conexión hidráulico. Existe asimismo como opción un trípode de apoyo.

## Soluciones eficientes para calefacción y climatización.

### Instal CLUB

**902 377 477**

instalclub@saunierduval.es

Si eres instalador y no conoces aún Instal CLUB, solicita información y comienza cuanto antes a disfrutar de las múltiples ventajas y servicios que te ofrece el club de los instaladores de Saunier Duval.

#### Direcciones regionales:

Noroeste

983 47 55 00

Norte y Aragón

94 489 62 00

Cataluña y Baleares

93 264 19 40

Centro

91 754 01 50

Levante

96 316 25 60

Andalucía y Extremadura

95 468 02 88

Atención al cliente

902 45 55 65

Asistencia técnica

902 12 22 02

info@saunierduval.es

www.saunierduval.es

#### Más información



www.saunierduval.es

### Características técnicas

		THEMACLASSIC FAS 25	THEMACLASSIC FAS 30	THEMACLASSIC C 25	THEMACLASSIC F 25
Referencia	GN B/P	CQ73NLK CQ73LLK	10002883K -	CK73NLK -	CL73NLK CL73LLK
Tipo de gas				R2H3+	
Calefacción					
Potencia útil (80/60 °C)	kW	8,9 - 24,0	10,4 - 29,6	8,4 - 24,6	8,9 - 24,0
Rendimiento s/PCI (80/60 °C)	%	92,8	92,1	91,5	92,8
Rdto. 30% de carga (55/45 °C)	%	90,5	91,0	-	90,5
Temperatura	°C	38 - 87			
Capacidad del vaso de expansión	L	5	8	5	5
Agua caliente secundaria					
Potencia útil	kW	-	-	8,4 - 24,6	8,9 - 24,0
Ajuste de temperatura	°C	-	-	38 - 65	
Caudal mínimo	L/min.	-	-	1,7	1,7
Caudal específico EN 13.203 (ΔT 25 °C)	L/min.	-	-	14,1	14,1
Presión máxima	bar	-	-	10	10
Evacuación de humos					
Longitud máx. horizontal C12 60/100	m	3,5	3,5	-	3,5
Longitud máx. vertical C32 80/125	m	12,0	8,0	-	12,0
Longitud máx. horz. a colectivo C42 60/100	m	3,5	3,5	-	3,5
Longitud máx. doble flujo C45/C52 80/80	m	2 x 17,0	2 x 15,0	-	2 x 17,0
Cálculo eléctrico					
Máximo consumo	W	158	183	103	158
Protección		IPX40			
Dimensiones y peso					
Dimensiones (alto/ancho/profundo)	mm	740/410/310	798/450/365	740/410/310	740/410/310
Peso de montaje	kg	33	38	31	34

Saunier Duval se reserva el derecho de introducir modificaciones sin previo aviso. 02/13



**Saunier Duval**  
Siempre a tu lado

## 5. REFERENCIAS

- [1] Quadri, N. 2010. *Energía solar*. 6ª ed. España: Alsina.
- [2] European Environment Agency (EEA). 2007. *Europe's environment. The fourth assessment*. Copenhagen: EEA
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2013. *Cambio climático 2013. Bases físicas*. Cambridge: IPCC
- [4] Icogen S.A. [Sitio web]. Barcelona: Godoweb.com [Consulta: 3 de septiembre de 2014]. Disponible en: <http://www.icogen-sa.com/>
- [5] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2011. *Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020*. Madrid: IDAE.
- [6] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2009. *Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios*. Madrid: IDAE.
- [7] Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío [Sitio web]. 2014. [Consulta: 3 de septiembre de 2014]. Disponible en: <http://www.adhac.es/>
- [8] Federación Española de Municipio y Provincias (FEMP). 2012. *Climatización urbana en las ciudades españolas*. Madrid: FEMP.
- [9] Código Técnico de Edificación (CTE). 2006. *Documento Básico HS Salubridad. Sección HS 3: Calidad de aire interior*. España: CTE.
- [10] España. 2007. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. *Boletín Oficial del Estado*. 29 de agosto de 2007, 207, pp. 35931-35984.
- [11] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2010. *Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto*. Madrid: IDAE.
- [12] Código técnico de edificación web [Sitio web]. 2007. Madrid: Softeca. [Consulta: 3 de septiembre de 2014]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/>
- [13] Climalit [Sitio web]. 2014. [Consulta: 3 de septiembre de 2014]. Disponible en: <http://www.climalit.es/>
- [14] Código Técnico de Edificación (CTE). 2006. *Documento de apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía*. Madrid: CTE.

- [15] Marihart, J. 2008. *Report on execution of emission measurements in the acceptance test on the Lambdamat 1000 biomass heating system installed at the Stritzing industrial park using chipped wood as a fuel*. Informe. TUV Austria.
- [16] European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP). 2009. *EMEP/EEA emission inventory guidebook: small combustion*. Copenhagen: EEA.
- [17] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). 2013. *Informe Inventarios GEI 1990-2011*. Madrid: MAGRAMA.
- [18] Institution of Chemical Engineers (IChemE). *The Sustainability Metrics*. Rugby: IChemE.
- [19] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2007. *Biomasa: Edificios*. Madrid: IDAE.