



CENTRO DE INNOVACIÓN E SERVIZIOS  
TECNOLOXICOS DA MADEIRA DE GALICIA

<b>CIS-MADEIRA</b>
Entrada n.º: .....
Saída/Salida n.º: <u>61</u>
Data/Fecha: <u>11.02/08</u>

Parque Tecnolóxico de Galicia  
Avda. de Galicia n.º 5  
San Cibrao das Viñas  
E - 32901 OURENSE  
Tel.: + 34 988 36 81 52  
Fax: + 34 988 36 81 53  
Correo - e: info@cismadera.com

## **INFORME DE CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE PELLET DE MADERA, SOLICITADO POR LA EMPRESA MOSQUERA VILLAVIDAL, S.L.**

### **1. OBJETO DEL INFORME**

A petición de la empresa Mosquera Villavidal, S.L., a través de D. Antonio Mosquera, se solicita un informe destinado a caracterizar un pellet de madera, contemplando los siguientes aspectos:

- Densidad en bruto o aparente del producto.
- Contenido de humedad.
- Contenido de cenizas.
- Poder calorífico.

A tal efecto, el día 22 de enero un técnico del CIS-Madeira se desplaza a la planta de producción de pellet de madera que la empresa tiene en el ayuntamiento de Ramirás (Ourense), procediendo a la recogida de 3 sacos de pellet, de 15 kg cada uno. Los sacos de material plástico aparecen con la marca comercial ECOFOGO.

Los pellets de madera tienen formato cilíndrico con un diámetro de 6 mm, lo que se corresponde con una categoría HP5 según la clasificación recogida en la norma DIN 51731:1996 "Testing of solid fuels. Compressed untreated wood. Requirements and testing".

Para la realización de los ensayos se procedió al mezclado y a la homogenización del material recogido en planta.

### **2. PROCEDIMIENTO OPERATORIO**

#### **2.1 Determinación de la densidad aparente.**

La determinación de la densidad aparente del material se determinó utilizando recipientes de volumen conocido y pesando el material con balanza analítica (precisión: 0,01 g).

#### **2.2 Determinación del contenido de humedad.**

El contenido de humedad se determinó de acuerdo con la norma UNE-EN 13183-1:2002 "Contenido de humedad de una pieza de madera aserrada. Parte 1: determinación por el método de secado en estufa". Las muestras obtenidas de los elementos a analizar, fueron pesadas con una aproximación de 0,01 g e introducidas en estufa a  $103 \pm 2$  °C hasta alcanzar un peso constante que coincide con el peso anhidro.



### **2.3 Determinación del poder calorífico.**

La determinación del poder calorífico del material se realizó según la norma española UNE 164001 EX:2005 “Biocombustibles sólidos. Método para la determinación del poder calorífico”, mediante el empleo de una bomba calorimétrica calibrada por combustión de ácido benzoico.

Para determinar el poder calorífico superior (PCS) a volumen constante, se utilizó directamente el material recogido en fábrica, sin secar previamente la muestra. Simultáneamente, se realizó la medición del contenido de humedad para realizar las correcciones posteriores.

### **2.4. Determinación del contenido de cenizas.**

La determinación del contenido en cenizas se realizó expresando, como porcentaje, la cantidad residual existente al someter a oxidación seca una muestra anhidra, hasta lograr la eliminación total de materia carbonosa.

Las muestras fueron desecadas en estufa a  $103 \pm 2^\circ \text{C}$  hasta alcanzar el peso anhidro, a continuación, se obtuvieron submuestras que alojadas en crisoles de porcelana limpios y secos, fueron introducidas en un horno mufla ajustado a una temperatura de  $550 \pm 25^\circ \text{C}$ , durante al menos 6 horas, con el fin de lograr la eliminación total de materia carbonosa.

Tras realizar la retirada de los crisoles del horno, éstos fueron enfriados a temperatura ambiente en un desecador cerrado, con el fin de evitar alteraciones de peso debidas a la captación de humedad.

El peso de las submuestras, registrado antes y después del proceso, fue obtenido mediante balanza analítica (precisión: 0,1 mg).

Además, de realizar la determinación a  $550^\circ\text{C}$  tal como recoge la norma DIN 51731, se procedió a la determinación del contenido de cenizas a  $815^\circ\text{C}$  tal como recoge la norma austríaca ÖNORM M7135.



### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Determinación de la densidad aparente del producto.

La densidad aparente del producto se obtiene aplicando la ecuación:

$$D_b = \frac{P}{V}$$

Donde:

Db: densidad aparente del material en g/dm<sup>3</sup> o kg/m<sup>3</sup>.

P: Peso del material en gramos.

V: Volumen del depósito contenedor en dm<sup>3</sup>.

La densidad aparente del material ensayado fue de 623 kg/m<sup>3</sup> (Desviación típica: 5,8).

#### 3.2 Determinación del contenido de humedad.

La humedad en base húmeda se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$H(\%) = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Donde P<sub>1</sub> es el peso inicial de la muestra (peso húmedo) y P<sub>2</sub> el peso de la muestra después de la desecación (peso anhidro).

En la siguiente tabla se muestran los resultados de humedad de cada una de los ensayos:

Ensayo	Contenido de humedad en Base Húmeda (%)
1	8,3
2	8,2
3	8,3
<b>Promedio</b>	<b>8,3</b>





### 3.3 Determinación del poder calorífico.

En la siguiente tabla se recogen los datos, correspondientes a los ensayos de determinación del poder calorífico superior (PCS) a volumen constante.

Ensayo	Poder calorífico superior (PCSh)	
	kcal/kg	kJ/kg
1	4.470,24	18.703,46
2	4.478,73	18.739,01
3	4.498,53	18.821,85
<b>Promedio</b>	<b>4.482,50</b>	<b>18.754,77</b>

La determinación del contenido de humedad del material dio un resultado de 8,28%, coincidente con la humedad media comercial del producto. Con estos datos, y considerando una concentración de hidrógeno media en la madera del 6%, se calcula el Poder Calorífico Inferior (PCI) del material.

Ensayo	Poder calorífico inferior (PCIh)	
	kcal/kg	kJ/kg
1	4.174,82	17.467,46
2	4.162,16	17.414,47
3	4.181,96	17.497,31
<b>Promedio</b>	<b>4.172,98</b>	<b>17.459,75</b>

En la norma ÖNORM M 7135 se recoge el poder calorífico neto referido a la materia seca. En el caso de este material el **Poder Calorífico Neto** (sobre masa seca) es de **19.037 kJ/kg** (4.550 kcal/kg).

En la norma DIN 51731 se recoge el poder calorífico neto referido a la materia seca y libre de cenizas. En el caso de este material el **Poder Calorífico Neto** (sobre masa seca y sin cenizas) es de **19.110 kJ/kg** (4.565 kcal/kg).

### 3.4 Determinación del contenido de cenizas.

El contenido en cenizas (C) se obtuvo aplicando la siguiente ecuación:

$$C(\%) = \frac{P_r - P_c}{P_{m+c} - P_c} \times 100$$

Donde:

$P_r$ : Peso del crisol con la muestra anhidra tras la acenización.

$P_c$ : Peso del crisol.

$P_{m+c}$ : Peso del crisol con la muestra anhidra antes de la acenización.



La siguiente tabla muestra los resultados de cada uno de los ensayos realizados a 550°C.

<b>Ensayo</b>	<b>Contenido de Cenizas (%) 550°C</b>
1	0,41
2	0,46
3	0,37
4	0,36
5	0,33
6	0,39
<b>Promedio</b>	<b>0,39</b>

La siguiente tabla muestra los resultados de cada uno de los ensayos realizados a 815°C.

<b>Ensayo</b>	<b>Contenido de Cenizas (%) 815°C</b>
1	0,37
2	0,33
3	0,32
4	0,33
5	0,32
6	0,35
<b>Promedio</b>	<b>0,34</b>



#### 4. RESUMEN

A continuación se recoge un resumen de los resultados obtenidos, así como los requerimientos establecidos para este tipo de biocombustible en la norma alemana DIN 51731:1996 “Testing of solid fuels. Compressed untreated wood. Requirements and testing” y la norma austríaca ÖNORM M7135.

Los pellets de madera ensayados tienen formato cilíndrico con un diámetro de 6 mm, lo que se corresponde con una categoría HP5 según la clasificación recogida en la norma DIN 51731:1996.

Ensayo	Resultado	Requerimiento DIN 51731	Requerimiento ÖNORM 7315
Densidad aparente	623 kg/m <sup>3</sup>		
Contenido de humedad ( <i>water content</i> )	8,3 %	< 12 %	≤ 10 %
Contenido de cenizas 550° C ( <i>ash content wf</i> )	0,39 %	≤ 1,5 %	
Contenido de cenizas 815° C ( <i>ash content wf</i> )	0,34 %		≤ 0,5 %
Poder calorífico inferior (PCIh)	17.459 kJ/kg 4.173 kcal/kg		
Poder calorífico inferior neto (sobre masa seca) ( <i>net calorific value wf</i> )	19.037 kJ/kg 4.550 kcal/kg		≥ 18.000 kJ/kg
Poder calorífico inferior neto (sobre masa seca y libre de cenizas) ( <i>net calorific value waf</i> )	19.110 kJ/kg 4.565 kcal/kg	17.500-19.500 kJ/kg	

Este informe consta de 6 páginas.

Ourense, 01 de febrero de 2008

Fdo.: María del Rosario Castilla Pascual  
Técnico del Área de Innovación y Tecnología

Fdo.: Gonzalo Piñeiro Veiras  
Responsable de Unidad de Tecnología