

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
Madrid, 23 Enero 2008



**Alternativas de tratamiento de residuos
de la industria papelera**

A. Blanco
Dpto. de Ingeniería Química, Universidad Complutense de Madrid



Contenidos



- **Introducción**
- **Generación de residuos en la industria papelera**
- **Optimización del desgate**
- **Vías de aprovechamiento de los lodos de destintado:**
 1. **Materia prima en la fabricación de fibrocemento**
 2. **Valorización energética: combustión**
 3. **Materia prima para la obtención de etanol**
- **Conclusiones**

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
Madrid, 23 Enero 2008 2

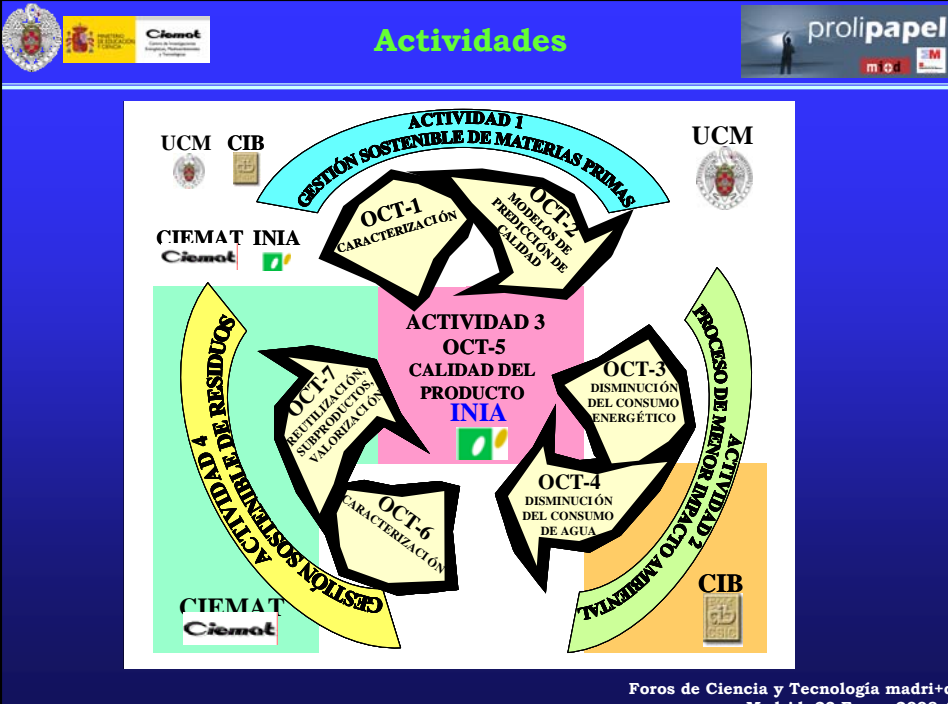


**“PRODUCCIÓN LIMPIA DE PAPEL RECICLADO:
HACIA LA SOSTENIBILIDAD EN LA
PRODUCCIÓN DE PAPEL EN LA COMUNIDAD
DE MADRID”**

PROLIPAPEL-CM (S-0505/AMB-0100)



Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
Madrid, 23 Enero 2008 3



Actividades

ACTIVIDAD 1: GESTIÓN SOSTENIBLE DE MATERIAS PRIMAS

- OCT-1: CARACTERIZACIÓN
- OCT-2: MODELOS DE PREDICCIÓN DE CALIDAD

ACTIVIDAD 2: PROCESO DE MENOR IMPACTO AMBIENTAL

- OCT-3: DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO
- OCT-4: DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA

ACTIVIDAD 3: CALIDAD DEL PRODUCTO

- OCT-5: CALIDAD DEL PRODUCTO

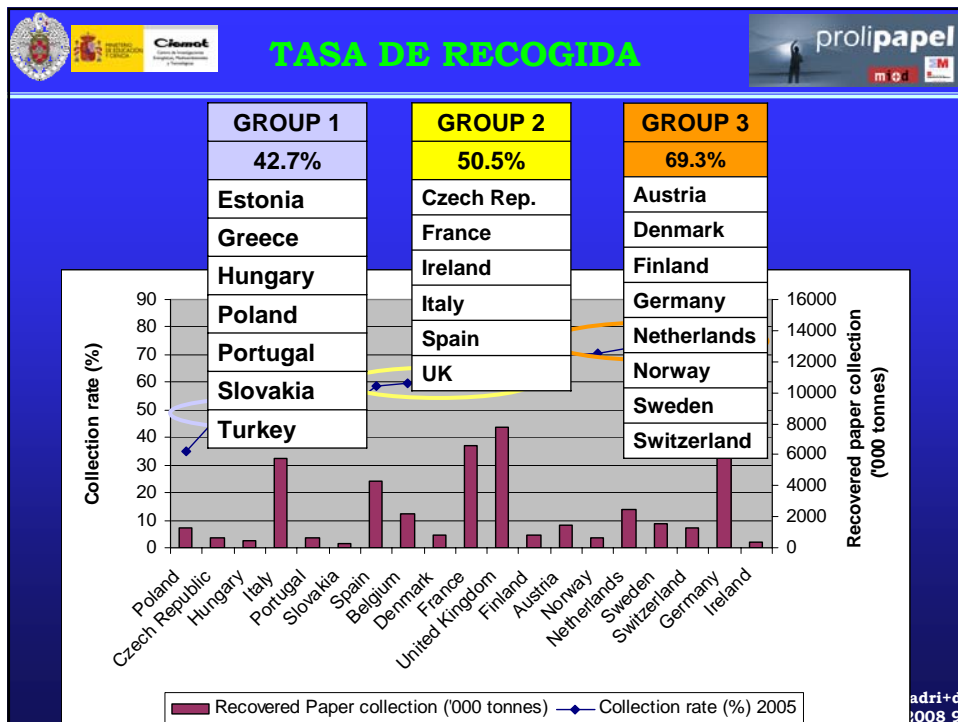
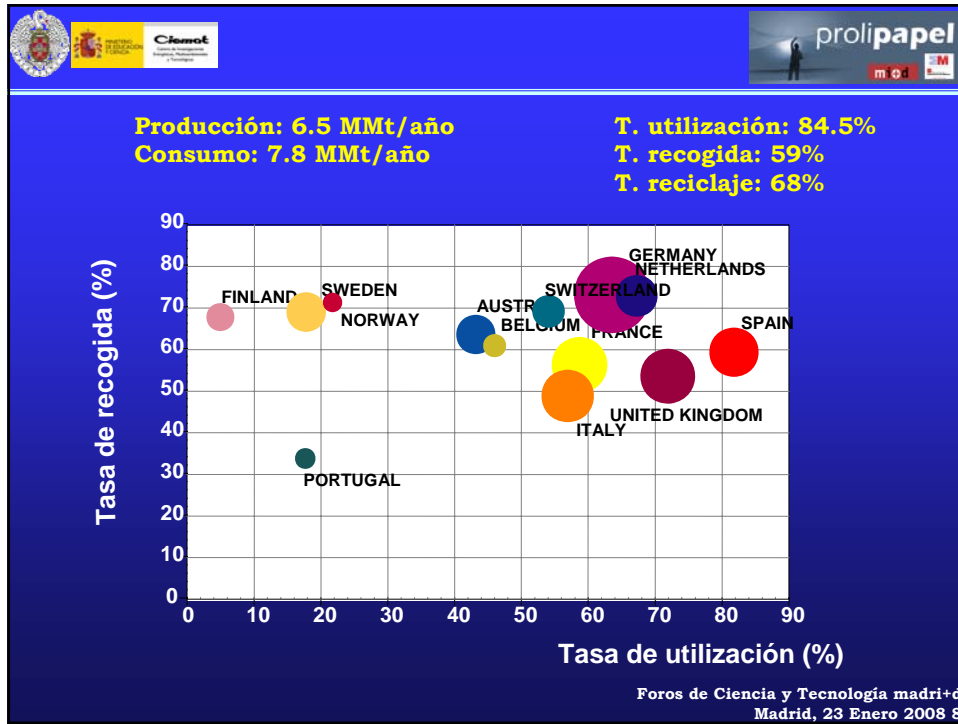
ACTIVIDAD 4: GESTIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS

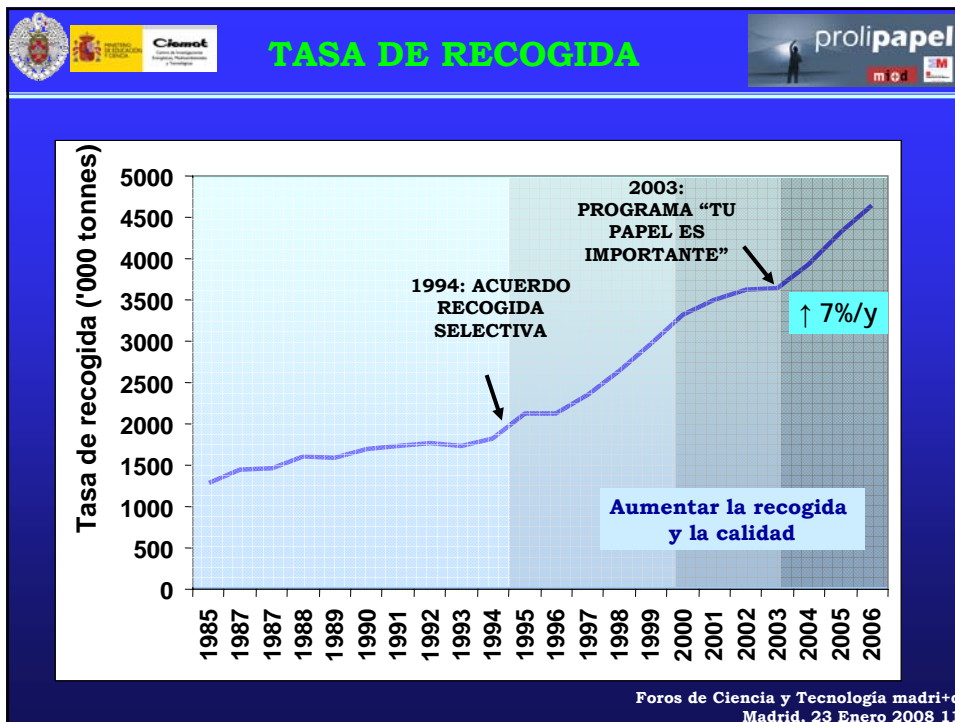
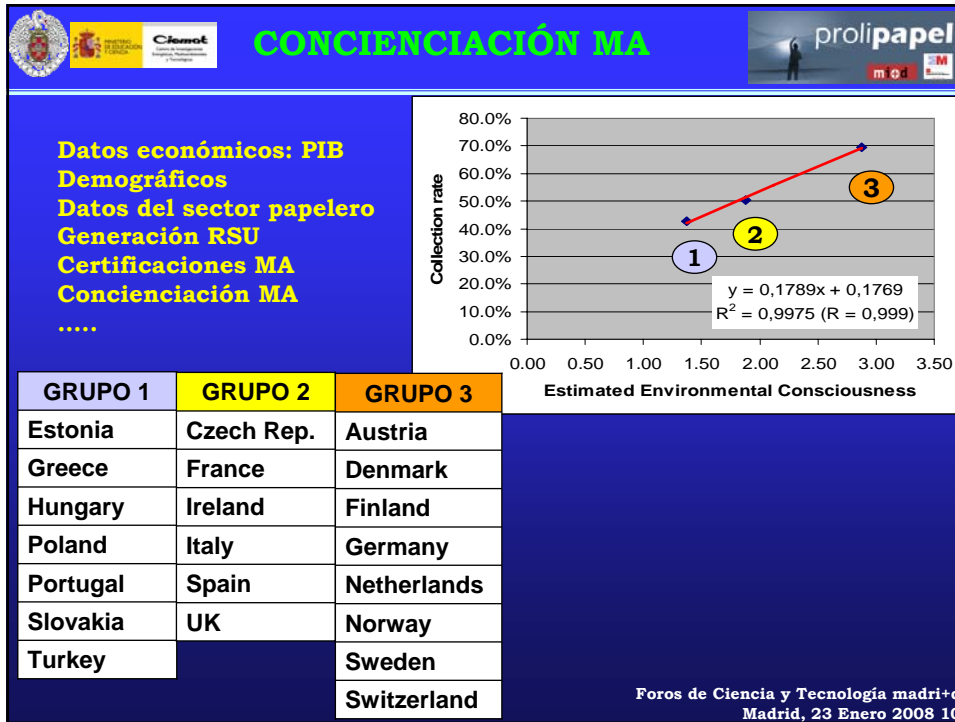
- OCT-6: CARACTERIZACIÓN
- OCT-7: REUTILIZACIÓN, SUBPRODUCCIÓN, VALORIZACIÓN

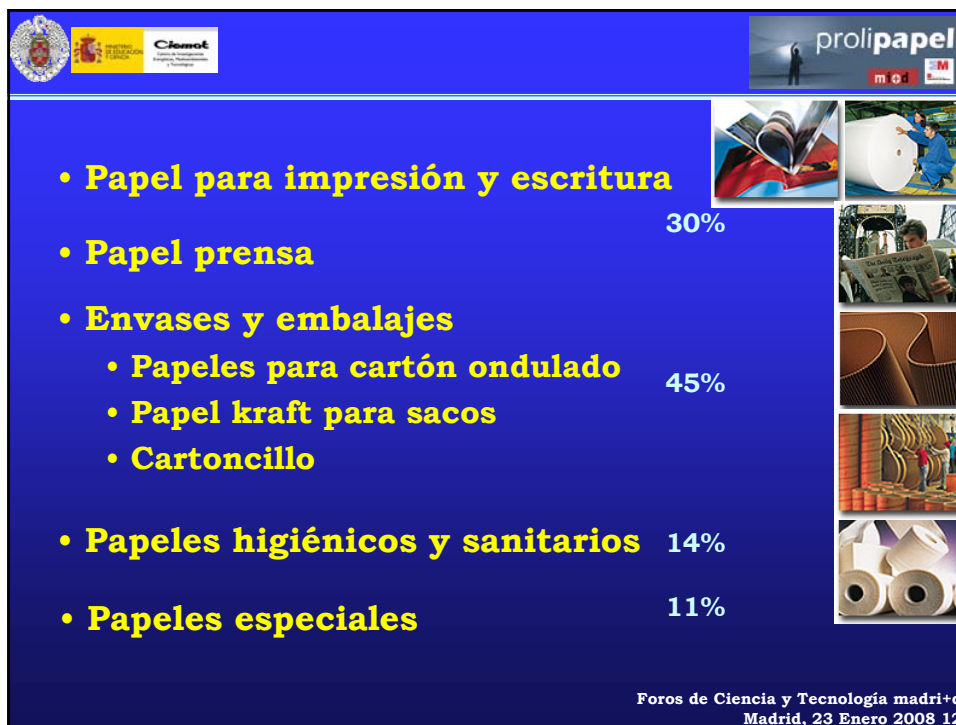
Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
Madrid, 23 Enero 2008 4

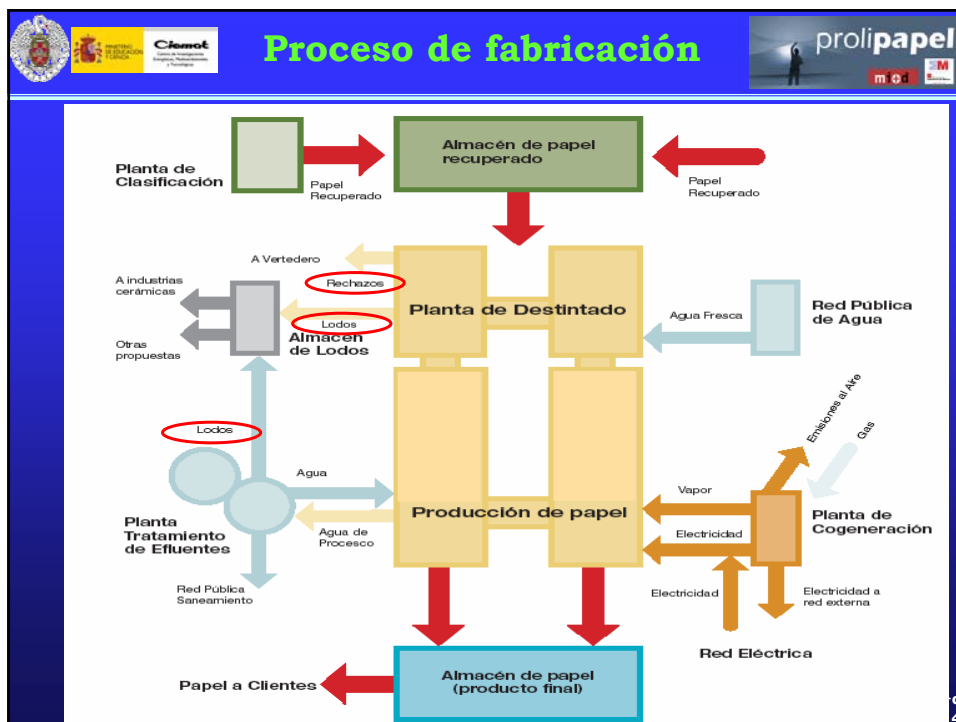
The screenshot shows the website for 'prolipapel'. At the top, there are logos for 'M La Summa 1000', 'Comunidad de Madrid', and 'prolipapel'. The main navigation menu on the left includes: Inicio, Objetivos, Participantes, Proyecto, Actividades, Programación, Coordinación, Noticias, Publicaciones, Reuniones, Documentos, and Contactos. A 'PLAN DE FORMACIÓN' button is highlighted. The central banner features the text 'DESCARGAR DÍPTICO INFORMATIVO' and 'Plan de Formación'. Below this is the 'prolipapel' logo and the text: 'es el acrónimo de un programa del IV Plan Regional de Investigación Científica y Tecnológica (IV PRICIT) de la Comunidad de Madrid'. A collage of images shows a paper mill interior with large rolls of paper. A paragraph below the images reads: 'En este programa la UCM junto con el INIA el CIB y el CIEMAT han aunado sus esfuerzos para contribuir a desarrollar un proceso de reciclado de papel de menor impacto ambiental, creando una infraestructura de investigación en la Comunidad de Madrid que sirva de referente en el campo del reciclado sostenible del papel. Además, este programa cuenta con el apoyo de otros grupos de investigación asociados de fuera de la Comunidad y de empresas del sector que colaboran en el asesoramiento, desarrollo y evaluación de las investigaciones.'

The slide is titled 'GESTIÓN DE RESIDUOS → MP' and features the 'prolipapel' logo. It contains several images: a large pile of waste in a container, a person putting paper into a 'PAPEL CARTON' recycling bin, a white recycling bin with the text 'SOLO PVPB Y CARTON Tu papel es importante', a stack of paper bales, and a large pile of wood chips in an industrial setting.







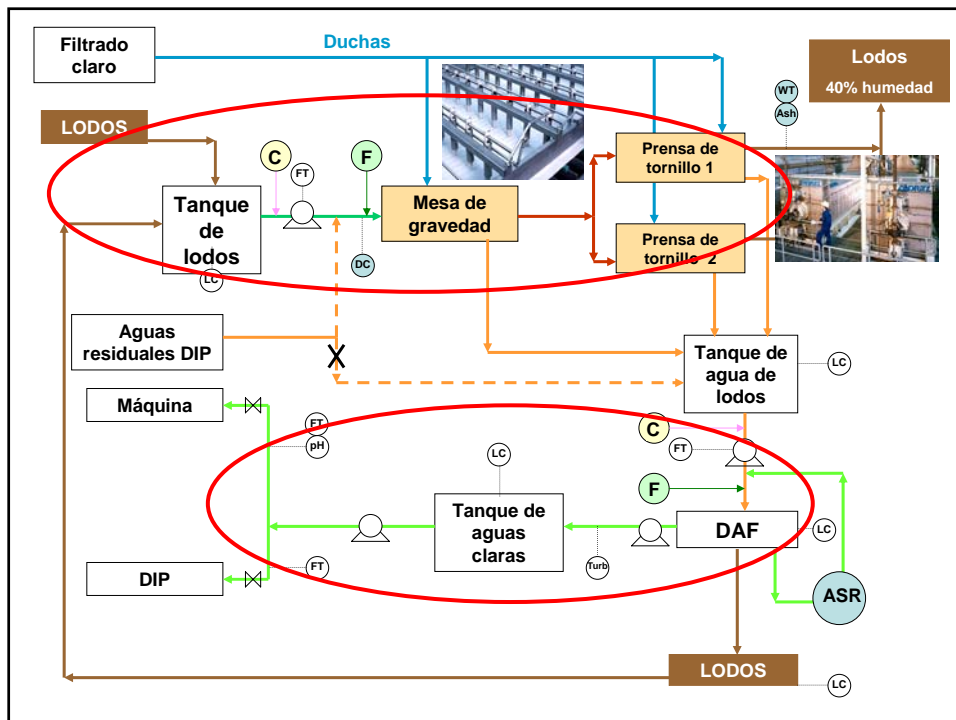


Características de los lodos prolipapel

LODOS DE DESTINTADO	LODOS DE LA CLARIFICACIÓN DE AGUAS DE PROCESO	LODOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (Tratamiento primario y biológico)
Fibras Cargas Tintas Aditivos	Fibras Cargas	Fibras y cargas M. org/microrg.

LODOS	CONCENTRACIÓN	Cuanto mayor es la concentración, más difícil es mezclarlo con un solución viscosa de floculante.
	SÓLIDOS VOLÁTILES	Cuanto mayor es su contenido, peor es el desgote, menor es la sequedad final y mayor es el consumo de floculante.
	NATURALEZA COLOIDAL	Cuanto mayor es su naturaleza coloidal, peor es el desgote. ⊖ Primario → mezclas → biológico ⊕

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 16





Desgote

Mesa de gravedad

HUMEDAD INICIAL (%)	HUMEDAD FINAL (%)	VENTAJAS	DESVENTAJAS	APLICACIÓN
98-99	85-90	Bajo coste Bajo consumo de energía Fácil mantenimiento Pueden alimentarse lodos "blandos"	Se requiere gran espacio El lodo debe alimentarse floculado La velocidad de la tela no suele ser ajustable	Gran implementación en la industria papelera para el espesamiento de lodos y para mejorar tratamientos posteriores



1. Caja de entrada
 2. Guía
 3. Piquetes
 4. Lavado de tela



Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 18



Desgote

Prensa de tornillo

HUMEDAD INICIAL (%)	HUMEDAD FINAL (%)	VENTAJAS	DESVENTAJAS	APLICACIÓN
85-90	40-50	Requerimiento de poco espacio Obtención de altas sequedades Alta capacidad Sequedad opcional por corriente de vapor	No apropiado para lodos muy viscosos Consumo de energía relativamente alto Elevado consumo de agua para limpieza	Mecanismo de desgote mecánico de lodos más ampliamente empleado en la industria papelera





Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 19




Contenidos




- **Introducción**
- **Generación de residuos en la industria papelera**
- **Optimización del desgate**
- **Vías de aprovechamiento de los lodos de destintado:**
 1. **Materia prima en la fabricación de fibrocemento**
 2. **Valorización energética: combustión**
 3. **Materia prima para la obtención de etanol**
- **Conclusiones**




Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 20

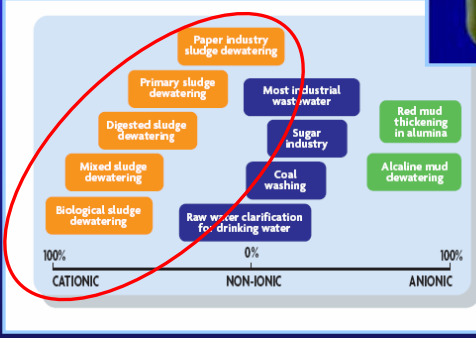


Desgate de lodos



TIPO DE CARGAS
DENSIDAD DE CARGA





PESO MOLECULAR
ESTRUCTURA MOLECULAR
TIPO DE MONÓMERO

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 21

Optimización del desgote

SISTEMAS ESTUDIADOS

SISTEMAS SIMPLES	SISTEMAS DUALES
A	COAGULANTE-FLOCULANTE
B	BENTONITA-FLOCULANTE
C	
D	
E	

DOSIS

1 kg polímero sólido/t muestra sólida
 2 kg polímero sólido/t muestra sólida
 3 kg polímero sólido/t muestra sólida

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 22

Optimización del desgote

Metodología

GERMAN DRAINAGE KIT

FILTRO (mesa de gravedad) TELA FILTRANTE DISPOSITIVO DE RETENCIÓN PESA 10 kg

DRENAJE LIBRE (MESA DE GRAVEDAD)

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 23

Optimización del desgote

prolipapel

Metodología

GERMAN DRAINAGE KIT



FILTRO

TELA FILTRANTE

DISPOSITIVO DE RENTENCIÓN

PESA 10 kg



ESTABILIDAD DE LOS FLÓCULOS


Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
Madrid, 23 Enero 2008 24

Optimización del desgote

prolipapel

Metodología

GERMAN DRAINAGE KIT




FILTRO


TELA FILTRANTE

DISPOSITIVO DE RENTENCIÓN

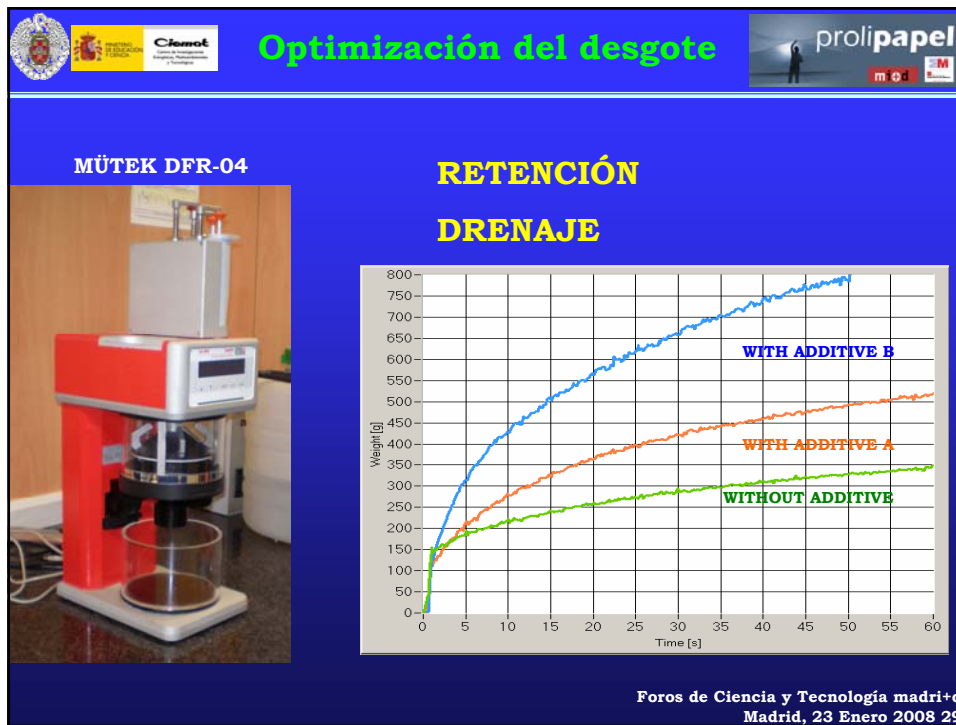
PESA 10 kg

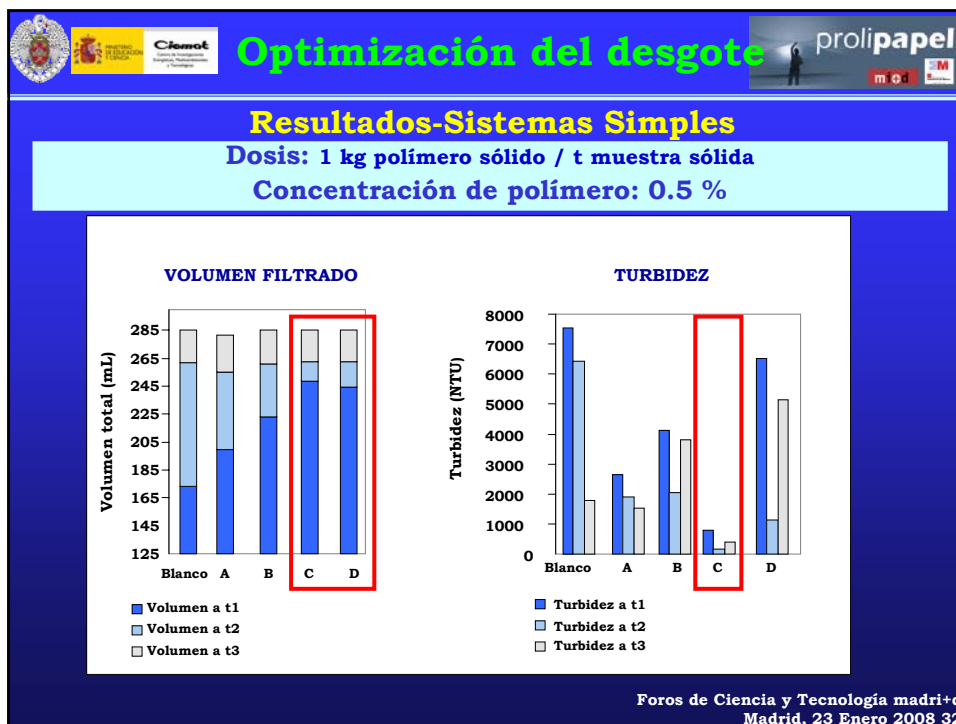
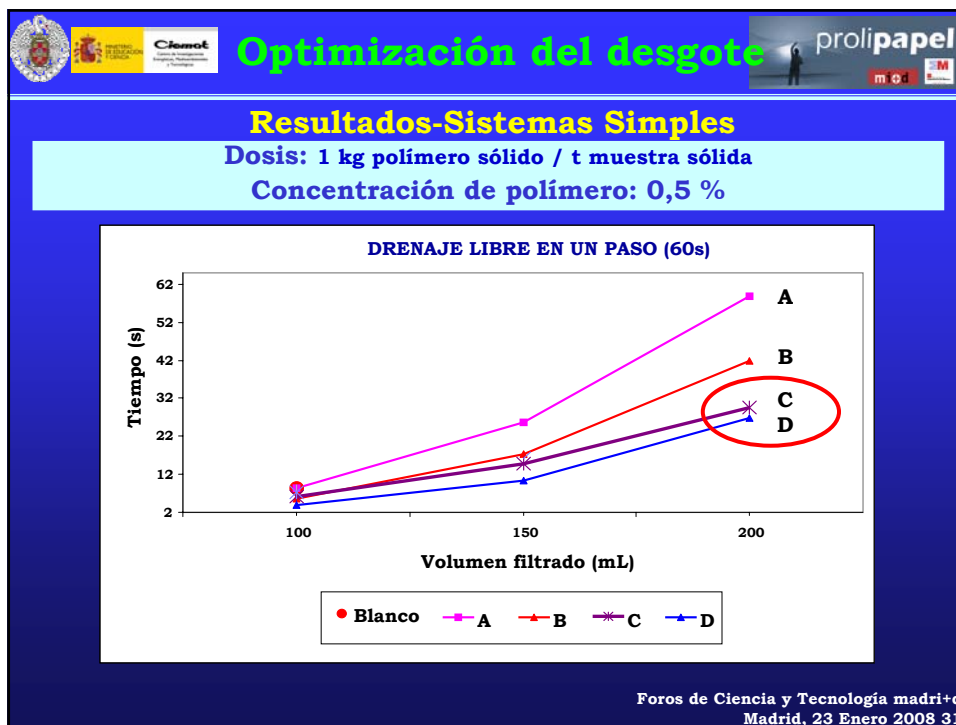


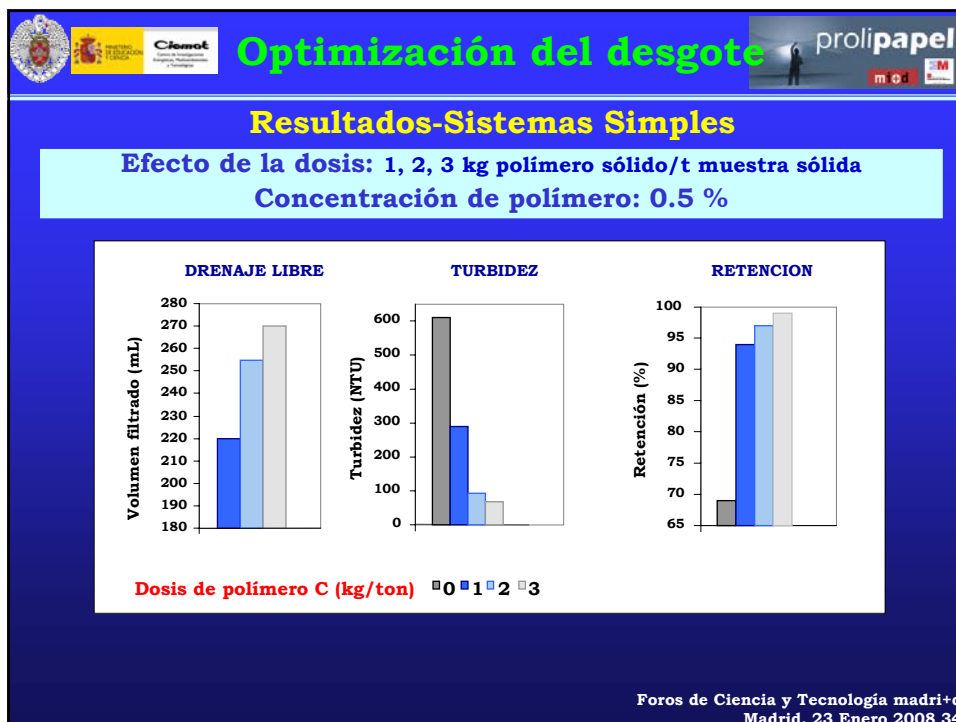
DRENAJE FORZADO (PRENSA TORNILLO)

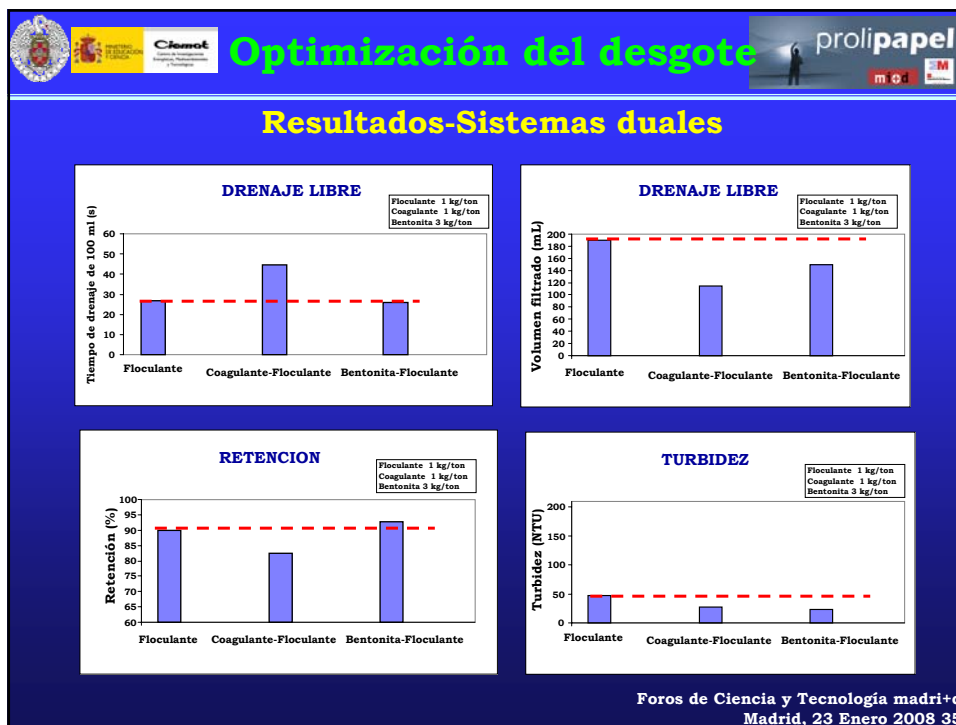


Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
Madrid, 23 Enero 2008 25









Contenidos



- Introducción
- Generación de residuos en la industria papelera
- Optimización del desgate
- **Vías de aprovechamiento de los lodos de destintado:**
 1. **Materia prima en la fabricación de fibrocemento**
 2. Valorización energética: combustión
 3. Materia prima para la obtención de etanol
- Conclusiones

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 36



MP en la fabricación de fibrocemento

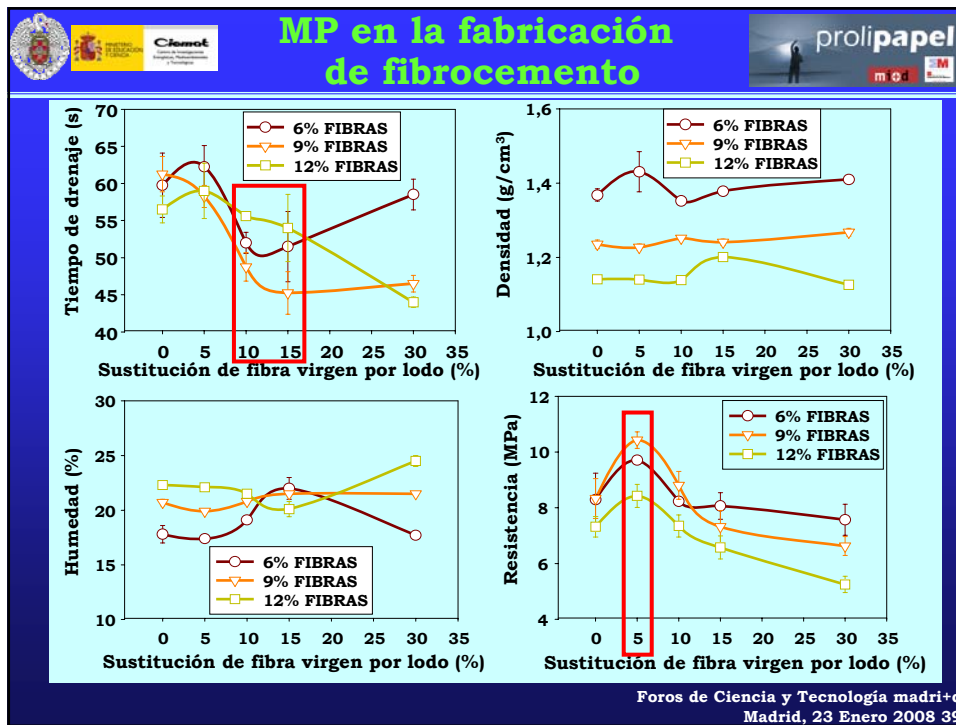
Composición de los lodos

Minerales (%)				Materia orgánica (%)	
Carbonatos	Arcilla	Talco	Otros	Fibras	Otros
44,1	13,86	3,15	1,89	35,15	1,85
63 %				37 %	

Materias primas

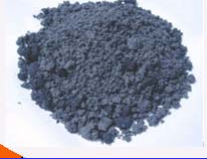
- Fibras de *Pinus Radiata* sin blanquear: 6, 9 y 12%
- Cemento ASTM Tipo II: 47%
- Al₂O₃: 3,8%
- Arcilla: 4%
- Lodo: 5, 10, 15 y 30%
- Sílice

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 38




Contenidos

- Introducción
- Generación de residuos en la industria papelera
- Optimización del desgote
- **Vías de aprovechamiento de los lodos de destintado:**
 1. Materia prima en la fabricación de fibrocemento
 2. **Valorización energética: combustión**
 3. Materia prima para la obtención de etanol
- Conclusiones



**Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 40**




Generación de calor y/o electricidad

Caracterización de los lodos


ANÁLISIS INMEDIATO (% base seca)	
HUMEDAD	37,3
Cenizas (550°C)	62,3
Volátiles	45,9
ANÁLISIS ELEMENTAL (% base seca)	
Carbono	24,1
Hidrógeno	2,70
Nitrógeno	0,07
Azufre	0,06
Cloro	0,02
PODER CALORÍFICO	
Superior (humedad 0% b.h.)	8,22 MJ/kg 1,96 Mcal/kg
Superior (humedad 37,3% b.h.)	5,15 1,23
Inferior (humedad 0% b.h.)	7,86 1,83
Inferior (humedad 37,3% b.h.)	3,94 0,92

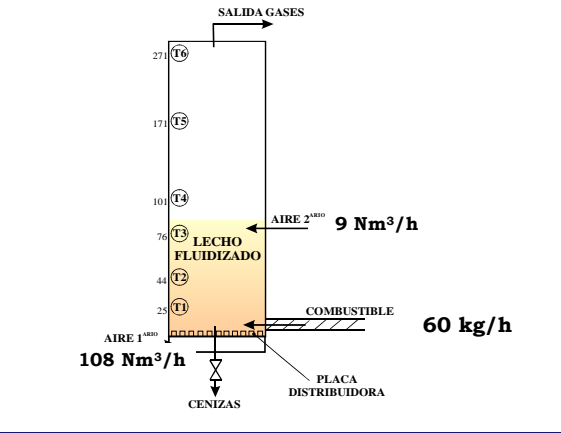
ELEMENTOS MAYORITARIOS Y MINORITARIOS EN CENIZAS	
(% base seca analizados como elementos y expresados como óxidos)	
Al ₂ O ₃	14
BaO	0,014
CaO	32
Fe ₂ O ₃	0,58
K ₂ O	0,52
MgO	2,8
Mn ₂ O ₃	0,024
Na ₂ O	0,23
P ₂ O ₅	0,16
SO ₃	0,87
SiO ₂	23
SrO	0,044
TiO ₂	0,26
ZnO	0,011

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 41



Proceso de combustión





SALIDA GASES

AIRE 2º 9 Nm³/h

LECHO FLUIDIZADO

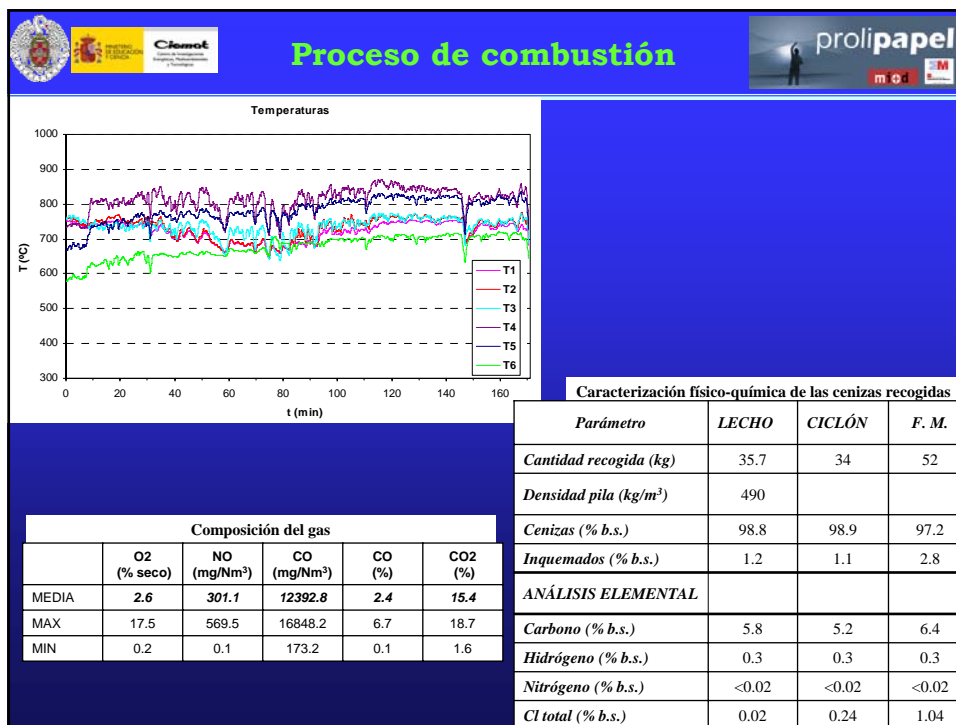
COMBUSTIBLE 60 kg/h

AIRE 1º 108 Nm³/h

PLACA DISTRIBUIDORA

CENIZAS


Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 43



Contenidos

- **Introducción**
- **Generación de residuos en la industria papelera**
- **Optimización del desgote**
- **Vías de aprovechamiento de los lodos de destintado:**
 1. **Materia prima en la fabricación de fibrocemento**
 2. **Valorización energética: combustión**
 3. **Materia prima para la obtención de etanol**
- **Conclusiones**

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 45



MP para la obtención de etanol

Contenido en sólidos totales (%)

Muestra	Sólidos Totales
Lodo 1-1	64,65 ± 1,35
Lodo 2-1	67,16 ± 1,72
Lodo 1-2	68,85 ± 0,83
Lodo 2-2	65,95 ± 1,05
Lodo 1-3	57,07 ± 2,16
Lodo 2-3	68,20 ± 1,49


Contenido en cenizas (%)

Muestra	Cenizas
Lodo 1-1	60,63 ± 1,32
Lodo 2-1	57,28 ± 0,56
Lodo 1-2	64,21 ± 1,18
Lodo 2-2	63,38 ± 1,72
Lodo 1-3	59,52 ± 0,14
Lodo 2-3	65,85 ± 0,23

Composición de las diferentes muestras analizadas (%)

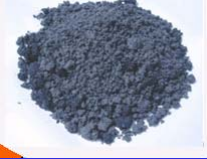
	Lodo 1-1	Lodo 2-1	Lodo 1-2	Lodo 2-2	Lodo 1-3	Lodo 2-3
Glucosa	12,44 ± 0,44	14,81 ± 0,37	11,15 ± 0,76	10,59 ± 0,90	12,83 ± 0,49	9,02 ± 0,88
Xilosa	1,17 ± 0,02	1,47 ± 0,01	0,80 ± 0,10	1,38 ± 0,96	1,24 ± 0,02	0,75 ± 0,15
Galactosa	0,19 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,17 ± 0,02	0,14 ± 0,02	0,23 ± 0,05	0,11 ± 0,02
Arabinosa	0,17 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,23 ± 0,15	0,23 ± 0,10	0,21 ± 0,04	0,18 ± 0,04
Manosa	1,61 ± 0,06	1,83 ± 0,04	1,43 ± 0,20	1,52 ± 0,08	1,76 ± 0,26	1,16 ± 0,16
Otros	19,04 ± 0,01	18,87 ± 0,09	18,39 ± 0,32	19,22 ± 0,47	19,25 ± 0,60	19,86 ± 0,31
Cenizas	61,27 ± 1,75	57,46 ± 0,46	64,52 ± 0,36	62,45 ± 2,32	59,52 ± 0,14	65,85 ± 0,23
TOTAL	95,89	94,87	96,69	95,53	95,04	96,93

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 46





Contenidos


- **Introducción**
- **Generación de residuos en la industria papelera**
- **Optimización del desgote**
- **Vías de aprovechamiento de los lodos de destintado:**
 1. Materia prima en la fabricación de fibrocemento
 2. Valorización energética: combustión
 3. Materia prima para la obtención de etanol
- **Conclusiones**



Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
 Madrid, 23 Enero 2008 47



Conclusiones



- La **humedad** es un parámetro muy importante a tener en cuenta para el aprovechamiento de los lodos → optimización del desgote.
- Los lodos de destintado, una vez secos, **pueden sustituir parcialmente a las fibras de celulosa** en la obtención de **fibrocemento** sin afectar significativamente a las características del producto final.
- La **utilización del lodo como combustible es viable técnicamente**, manteniéndose la operación de combustión en lecho fluidizado sin problemas significativos (750-770°C → Emisiones de CO).
- Las **cenizas** obtenidas muestran una composición similar a la del lodo inicial y **no presentan problemas de aglomeración**.
- El **bajo contenido en azufre y cloro**, le convierte en un combustible poco problemático y similar a otros combustibles biomásicos convencionales (CO y cenizas volantes).
- Debido a su **bajo contenido en celulosa**, no es viable su aprovechamiento para la producción de etanol.

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
Madrid, 23 Enero 2008 48



Agradecimientos



**“PRODUCCIÓN LIMPIA DE PAPEL RECICLADO:
HACIA LA SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE PAPEL
EN LA COMUNIDAD DE MADRID”
(S-0505/AMB-0100)**

www.ucm.es/info/prolipapel

Foros de Ciencia y Tecnología madri+d
Madrid, 23 Enero 2008 49