

# **El CSR producido a partir de rechazos de la planta de tratamiento mecánico-biológica de Onda: Consideración de subproducto y comparación con otros combustibles alternativos.**

## **INGRES – Ingeniería de Residuos**

### **Objetivo del proyecto**

El objetivo del contrato es determinar el marco legal en los países europeos del combustible sólido recuperado (CSR) producido a partir de rechazos generados en la planta de tratamiento mecánico-biológica (PTMB) y comparar el CSR que se puede producir en la Planta de Onda con otros combustibles alternativos puestos en el mercado.

El plan de trabajo que se seguirá en el estudio de investigación será el siguiente:

- Estudio del marco legal del CSR y su situación en otros países europeos.
- Determinación de las especificaciones necesarias para que el CSR sea desclasificado como residuos.
- Caracterización física del rechazo.
- Caracterización química del rechazo.
- Comparación con otros combustibles alternativos.

### **Primera entrega**

#### **Puntos 1 y 2: Estudio del marco legal del CSR y su situación en otros países europeos y Determinación de las especificaciones necesarias para que el CSR sea desclasificado como residuos**

##### **1. Introducción**

En la Unión Europea, la legislación comunitaria establece a través de la Directiva 2008/98/CE sobre residuos la obligación para sus estados miembros de fomentar el desarrollo de tecnologías limpias, la valorización de los residuos mediante políticas de reutilización, reciclado y recuperación, así como la utilización de los residuos como fuente de energía. Por tanto, existe la necesidad de un modelo de planificación y gestión de los residuos domiciliarios (RD) basado en la prevención, reutilización, reciclado, recuperación y valorización energética que debe aplicarse de forma prioritaria tanto en la legislación como en la política de gestión.

Con el fin de obtener a partir de los RD productos que puedan tener interés económico, al tiempo que se minimiza su vertido, estos se pueden someter a distintos procesos de tratamiento. Los más extendidos son los procesos mecánicos y biológicos, que tienen como finalidad recuperar materiales aprovechables para su posterior reciclado y transformar la fracción orgánica biodegradable de los mismos en compost y/o biogás. Sin embargo, en estos procesos se genera un flujo de rechazo, formado por aquellos materiales que no pueden ser recuperados o reciclados desde el punto de vista económico, técnico y/o ambiental, y cuyo destino principal es el vertedero controlado.

Estos rechazos poseen un contenido energético elevado debido a su alto porcentaje en papel/cartón, plástico y madera (Di Lonardo et al. 2012) , especialmente cuando los RD de entrada tienen un alto poder calorífico (Bessi et al. 2016). Por lo que, desde una perspectiva técnica, pueden ser aprovechados energéticamente. Además, el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022 establece en uno de sus objetivos la valorización energética de los mismos.

Una de las principales alternativas para la valorización de los rechazos generados en el tratamiento de los RD es su conversión en un combustible sólido recuperado (CSR) (Velis et al. 2010). La transformación los rechazos en un CSR atiende a dos propósitos: reducir el volumen de residuos enviados a vertedero y proporcionar combustibles alternativos a las industrias que hacen un uso intensivo de energía no renovable.

## **2. Combustibles sólidos recuperados**

La normativa europea define CSR como aquellos combustibles producidos a partir de residuos no peligrosos, tras su adecuado tratamiento, y que cumplen los requisitos de clasificación y especificaciones establecidas en la norma CEN/TS 15359 (2012). Para su fabricación es necesario la eliminación del material no combustible; trituración; secado y, en algunos casos, pelletización (Pressley et al. 2014; Nasrullah et al. 2015). Por otro lado, aquellos combustibles que no cumplan los estándares fijados en esta norma serán considerados como Combustibles Derivados de Residuos (CDR).

### **2.1. Marco normativo y legal**

Tanto en la UE como en España, la legislación aplicable a los CSR es la misma que se aplica a los residuos, puesto que estos combustibles se siguen considerando residuos hasta su eliminación. Esta legislación es la siguiente:

- Directiva 2008/98/CE de 19 de noviembre, sobre los residuos.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Directiva 2010/75/UE, de 24 de noviembre, sobre las emisiones industriales.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002.
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados

Derivado de esta legislación, destacan los siguientes aspectos:

- Los CSR en ningún caso pierden su condición de residuo. Así pues, los titulares de actividades en cuyo proceso se utilicen estos combustibles tienen que adquirir la condición de gestores de residuos y sus obligaciones, estando sometidos a la autorización por parte de la Administración con competencia en Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma correspondiente.
- Su utilización como combustible alternativo está sometido al Reglamento de emisiones industriales. El cual establece unos valores límites de emisión específicos para las instalaciones de incineración y co-incineración de residuos.

- En el caso de que la instalación de incineración o co-incineración se encuentre sometida a la normativa de prevención y control integrados de la contaminación, su régimen de autorizaciones ambientales se canaliza a través de la Autorización Ambiental Integrada. Esta determina tanto las características de los materiales a incinerar o co-incinerar, como los límites de emisión, los cuales se adoptan teniendo en cuenta las Mejores Tecnologías Disponibles para el sector de actividad, así como las características del ámbito geográfico en el que se ubica la instalación.

Dentro de la Lista Europea de Residuos (LER), los CSR reciben el código 191210: Residuos combustibles (combustible derivado de desperdicios) (Decisión de la Comisión: 2014/955/UE).

Además, cabe destacar que dentro del BREF sobre el tratamiento de residuos (Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para el sector del tratamiento de residuos), existe un apartado dedicado a la preparación de combustible residual sólido mediante tratamiento mecánico (y biológico) a partir de residuos sólidos no peligrosos. Dentro de este apartado está incluida la producción de CSR a partir de rechazos del tratamiento de RD.

Finalmente, el traslado de CSR está regulado en la UE por el Reglamento CE 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de junio de 2006 relativo a los traslados de residuos; y en España por Real Decreto 180/2015, de 13 de marzo, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado.

## **2.2. Calidad de los CSR**

Los CSR son combustibles muy heterogéneos y sus características físicas y químicas pueden ser muy variables, dependiendo principalmente del residuo y del tratamiento utilizado para su producción.

En Europa, este tipo de combustibles están sujetos a unos parámetros específicos de calidad y deben cumplir una serie de estándares que aseguren una protección del medio ambiente, los equipos de valorización energética y la calidad del producto final si existe, como es el caso del cemento. Además, el contenido energético y mineral debe ser lo suficientemente estable en el tiempo y la forma física debe asegurar una manipulación, almacenamiento y alimentación higiénica y segura. A nivel europeo, esta estandarización ha sido llevada a cabo por el Comité Europeo de Estandarización mediante el paquete de normas elaboradas por el comité técnico CEN/TC 343 - Solid Recovered Fuels. Estas normas establecen, por un lado, los métodos a seguir para la determinación de diferentes parámetros que permiten caracterizar los CSR. Por otro, definen aquellos parámetros que son importantes para la calidad de los mismos. En este sentido, la norma CET/TS 15359 (2012): Combustibles sólidos recuperados: especificaciones y clases, establece un sistema de clasificación de calidad de los CSR basado en los valores límite de tres parámetros: el poder calorífico inferior (PCI) como parámetro económico; el contenido en cloro como parámetro técnico, y el contenido en mercurio como parámetro medioambiental.

Cada uno de estos parámetros se divide en cinco clases con sus correspondientes valores límite (tabla 1) y se le asigna un número del 1 al 5 en función del valor obtenido para el

mismo. La combinación de estos números constituye el código de clase. Aquellos materiales a los cuales no se les pueda asignar un código de clase no serán considerados como CSR.

Tabla 1. Parámetros sistema de clasificación del CSR, UNE-EN 15359:2012

Características de clasificación	Medida estadística	Unidad	CLASES				
			1	2	3	4	5
PCI	Media	MJ/kg	$\geq 25$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 10$	$\geq 3$
Cl	Media	%	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 3$
Hg	Mediana	mg/MJ	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\leq 0,15$	$\leq 0,50$
	Percentil 80	mg/MJ	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$	$\leq 0,30$	$\leq 1,00$

Adicionalmente, algunos países como Alemania, Italia, Finlandia, Austria o Suiza han definido sus propios estándares de calidad para los CSR (Flamme & Geiping 2012; Gallardo et al. 2014). Además, estos estándares pueden variar en función del tipo de instalación (hornos de cemento, centrales eléctricas o instalaciones de co-incineración). Las normas para cada uno de estos países son:

- Finlandia: SFS 5875 Solid Recovered Fuel - Quality Control System
- Italia: UNI 9903 Non mineral refuse derived fuels RDF.
- Alemania: RAL-GZ 724 Quality Assurance of Solid Recovered Fuels.
- Austria: BMLFUW (2008a) Richtlinie für Ersatzbrennstoffe [Guideline for Waste Fuels] y BMLFUW (2010) Verordnung über die Verbrennung von Abfällen Abfallverbrennungsverordnung – AVV [Waste Incineration Directive].
- Suiza: BUWAL (2005) Richtlinie zur Entsorgung von Abfällen in Zementwerken [Guideline for the disposal of waste in cement plants].

En las tabla 2, 3, 4, 5 y 6 se muestran los principales límites impuestos por estos países.

Tabla 2. Estándares de calidad para el CSR en Finlandia.

Parámetro	Clases		
	I	II	III
Cl (%)	< 0,15	< 0,5	< 1,5
S (%)	< 0,2	< 0,3	< 0,5
N (%)	< 1,0	< 1,5	< 2,5
K y Na (%)	< 0,2	< 0,4	< 0,5
Hg (ppm)	< 0,1	< 0,2	< 0,5
Cd (ppm)	< 1,0	< 4,0	< 5,0
Aluminio (metálico)	1)	2)	3)

<sup>1)</sup> El aluminio metálico no está permitido pero se acepta dentro de los límites de precisión.

<sup>2)</sup> El aluminio metálico se minimiza por separación de fuentes y en el proceso de producción del combustible.

<sup>3)</sup> El contenido en aluminio metálico se acuerda por separado.

Tabla 3. Estándares de calidad para el CSR en Italia.

Parámetro	CSR estándar	CSR alta calidad
Humedad (%)	< 25	< 15
PCI (MJ/kg)	> 15	> 19
Cenizas (%)	< 20	< 15
Cl (%)	< 0,9	< 0,7
S (%)	< 0,6	< 0,3
Pb (ppm)	< 200	< 100
Cu (ppm)	< 300	< 50
Mn (ppm)	< 400	< 200
Cr (ppm)	< 100	< 70
Ni (ppm)	< 40	< 30
As (ppm)	< 9	< 5
Cd + Hg (ppm)	< 7	< 4

Tabla 4. Estándares de calidad para el CSR en Alemania.

Contenido en metales pesados <sup>3)</sup>	Media (ppm)		Percentil 80 (ppm)	
Cd		4		9
Hg		0,6		1,2
Tl		1		2
As		5		13
Co		6		12
Ni	25 <sup>1)</sup>	80 <sup>2)</sup>	50 <sup>1)</sup>	160 <sup>2)</sup>
Se		3		5
Te		3		5
Sb		25		60
Pb	70 <sup>1)</sup>	190 <sup>2)</sup>	200 <sup>1)</sup>	500 <sup>2)</sup>
Cr	40 <sup>1)</sup>	125 <sup>2)</sup>	120 <sup>1)</sup>	250 <sup>2)</sup>
Cu	120 <sup>1)</sup>	350 <sup>2)</sup>	500 <sup>1)</sup>	1000 <sup>2)</sup>
Mn	50 <sup>1)</sup>	250 <sup>2)</sup>	100 <sup>1)</sup>	500 <sup>2)</sup>
V		10		25
Sn		30		70
Be		0,5		2

<sup>1)</sup> Para CSR procedentes de residuos específicos.

<sup>2)</sup> Para CSR procedentes de las fracciones de elevado poder calorífico de los residuos municipales.

<sup>3)</sup> Los contenidos de metales pesados que se mencionan son válidos hasta un poder calorífico de  $\geq 16$  MJ/kg para las fracciones de elevado poder calorífico de los residuos municipales y hasta un poder calorífico de  $\geq 20$  MJ/kg para los procedentes de residuos específicos. Para poderes caloríficos que no estén dentro de este límite, deben reducirse consecuentemente los valores mencionados, puesto que no se permite un aumento.

Tabla 5. Estándares de calidad para el CSR en Austria (Flamme & Geiping 2012; Lorber et al. 2012).

Parametro	Co-incineración de residuos					Co-incineración en hornos de cemento	
	Central térmica	Calcinador	Caldera de parrilla	Caldera de lecho fluidizado	Alto horno	Pre-calcinador	Quemador primario del horno
PCI (MJ/kg)	11 - 15	11 - 18	11 - 16	11 - 16	> 25	14 - 16	20 - 25
Tamaño partícula (mm)	< 50	< 50 - 80	< 300	< 20-100	< 10	< 120	< 10 - 30
Impurezas (%)	< 1	0	< 3	< 1 - 2	0	-	< 1
Cl (%)	< 1,5	< 0,8	< 0,8 - 1	< 0,8 - 1	< 2	0,6 - 0,8	< 0,8 - 1
Cenizas (%)	< 35	-	-	< 20	< 10	20-30	< 10
As (mg/MJ)*			1,00 / 1,5			2,00 / 3,00	
Cd (mg/MJ)*			0,17 / 0,34			0,23 / 0,34	
Co (mg/MJ)*			0,90 / 1,60			1,50 / 2,70	
Cr (mg/MJ)*			19,0 / 28,0			25,0 / 37,0	
Hg (mg/MJ)*			0,075 / 0,15			0,075 / 0,15	
Ni (mg/MJ)*			7,00 / 12,0			10,0 / 18,0	
Pb (mg/MJ)*			15,0 / 27,0			20,0 / 36,0	
Sb (mg/MJ)*			7,00 / 10,0			7,00 / 10,0	

\* Valor para la media / Valor para el percentil 80

Tabla 6. Estándares de calidad para el CSR en hornos de Cemento en Suiza (Flamme & Geiping 2012; Gallardo et al. 2014)

Parámetro	Estándares hornos de cemento
Humedad (%)	< 10
PCI (MJ/kg)	25,1 – 31,4
Cl (%)	< 1
S (%)	< 0,5
As (mg/MJ)	0,60
Cd (mg/MJ)	0,08
Co (mg/MJ)	0,80
Cr (mg/MJ)	4,00
Cu (mg/MJ)	4,00
Hg (mg/MJ)	0,02
Ni (mg/MJ)	4,00
Pb (mg/MJ)	8,00
Sb (mg/MJ)	0,20
Sn (mg/MJ)	0,40
Tl (mg/MJ)	0,12
V(mg/MJ)	4,00

Por otro lado, existen empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de combustibles que han registrado sus propias marcas de CSR. La empresa alemana REMONDIS tiene patentadas dos marcas: BPG® y SBS®. El BPG® es un CSR producido a partir de residuos especiales, mientras que el SBS® está producido a partir de las fracciones de elevado poder calorífico de los residuos municipales (Glorius, T. 2009). Las especificaciones de estos combustibles y las clases que encontramos dentro de cada uno de ellos se muestran en la tabla 7.



Tabla 7. Estándares de calidad para las marcas de CSR de REMONDIS (Glorius, T. 2009)

Parameter	Unit	BPG 1 power plants	BPG 2 cement kilns	BPG 3 lime kilns	SBS 1 power plants (BC)	SBS 2 cement kilns/ power plants (HC)
NCV	MJ/kg	16 - 20	20 - 24	23 - 27	13 - 18	18 - 23
Cl	%	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,7	< 1,0
F	%	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
H <sub>2</sub> O	%	< 35	< 20	< 12,5	< 35	< 20
S	%	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,5	< 0,8
Ash	%	< 20	< 15	< 9	< 20	< 15
As	mg/kg ds	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Be	mg/kg ds	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cd	mg/kg ds	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9
Co	mg/kg ds	< 12	< 12	< 12	< 12	< 12
Cr	mg/kg ds	< 120	< 120	< 120	< 250	< 250
Cu	mg/kg ds	< 400	< 400	< 400	< 1.000	< 1.000
Hg	mg/kg ds	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,0	< 1,0
Mn	mg/kg ds	< 100	< 100	< 100	< 400	< 400
Ni	mg/kg ds	< 50	< 50	< 50	< 160	< 160
Pb	mg/kg ds	< 100	< 100	< 100	< 400	< 400
Sb	mg/kg ds	< 120	< 120	< 120	< 120	< 120
Se	mg/kg ds	< 4	< 4	< 4	< 5	< 5
Sn	mg/kg ds	< 70	< 70	< 70	< 70	< 70
Te	mg/kg ds	< 4	< 4	< 4	< 5	< 5
Tl	mg/kg ds	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
V	mg/kg ds	< 15	< 15	< 15	< 25	< 25
(*) : values for digestion with aqua regia in a closed microwave system						
REMONDIS GmbH		ThermWert		Dr. Glorius	Spezifikation.xls, Stand: 01.01.2007	

En Reino Unido, la empresa CEMEX ha registrado una marca comercial de CSR denominada ClimaFuel®. Este CSR se produce a partir de residuos domésticos y comerciales y tiene un poder calorífico de 17 a 22 MJ/kg, un contenido en humedad inferior al 15 % y un contenido de cloro inferior al 1 %.

También en Reino Unido, se elabora la marca comercial Profuel®. Para producirlo se utilizan RDF y SRF. La composición de Profuel® varía en función de los residuos utilizados para su producción, que se determina por la disponibilidad de residuos y tiene un valor calorífico similar al del carbón.

En el caso de Austria, la producción es realizada por por ThermoTeam y se suministra a los hornos de cemento de las fábricas de Retznei, de Annersdorf... Tienen un poder calorífico de 26 MJ/kg, una humedad del 16,8%, un contenido de ceniza de 15,3% y un contenido de cloro de 0,9%.

Asimismo, en España, también ha desarrollado la marca Enerfuel®, cuyas características son una humedad inferior al 20 %, un tamaño de hasta 4 cm y una composición de un 35 % plásticos, 30 % papel y cartón, 20 % madera, 15 % textil (Puig et al. 2012).

### 2.3. Producción y usos de CSR en Europa

En la Unión Europea se estima que las cantidades totales de CSR producidos a partir de RD suman alrededor de 11 millones de toneladas al año. En la actualidad, estos combustibles son utilizados principalmente en instalaciones de generación de energía, en plantas de cogeneración, hornos de cemento y en procesos demandantes de calor, suponiendo un ahorro de energía primaria (ERFO 2012). Además, debido a que los CSR tienen un contenido en material biodegradable elevado (50-60%) (Grau y Farré 2011), su valorización contribuye a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que el dióxido de carbono liberado por la combustión de la fracción biodegradable no contabiliza en el cómputo de emisiones (Parlamento Europeo y del Consejo 2003).

A continuación se expone una tabla donde se muestra la producción estimada y uso final de los CSR en el año 2010 para algunos países de la Unión Europea.

Tabla 8. Producción estimada y uso final de los CSR en Europa (ERFO, 2012)

País	Produc. CSR		Uso final (kt/año)					Export.
	Nº inst.	(kt/año)	Hornos de cemento	Centrales de carbón	Plantas de gasificación	Plantas de cogeneración	Incinerad. de RSU	
Austria		580	230	0	0	250		100
Bélgica	8	465	150					-
Finlandia	> 30	700	60		35	450	300	
Francia	10	200	100			100		-50
Alemania	>100	6.150	1900	750		3.500		0
Irlanda		200						10
Italia		830	150		0			0
Holanda	>5	120	30	0	0	40	10	
Polonia		590	850					
España	7	224	224					0
Suecia		280	60			430		-210
Reino Unido	14	765	200					70
<b>Total</b>	<b>&gt;175</b>	<b>11.104</b>	<b>3.694</b>	<b>750</b>	<b>35</b>	<b>4.770</b>	<b>310</b>	

NOTA: En la tabla anterior, el CSR comprende las siguientes fracciones: combustible de las fracciones con alto poder calorífico del RSU en masa, mezcla de residuos comerciales y de residuos específicos. Los CDR de residuos de madera, neumáticos y lodos de depuradora están excluidos en los datos mostrados.

Como se observa en la tabla 8, Alemania es el mayor productor de CSR con más de la mitad de la producción europea, le siguen Italia, Austria y Polonia. En la mayoría de los países los CSR son utilizados en los hornos de cemento (salvo para Alemania donde se destinan principalmente a plantas de cogeneración), puesto que las características del proceso productivo del cemento permite la valorización de los mismos utilizándolos como sustitutos de los combustibles fósiles tradicionales.

En Europa, de las 250 plantas de Clinker existentes, más de 160 emplean residuos como combustibles. Además, la sustitución de combustibles fósiles en cementeras por combustibles derivados de residuos aumenta cada año, situándose la media europea en un 32% (figura 1) (OFICEMEN 2014).

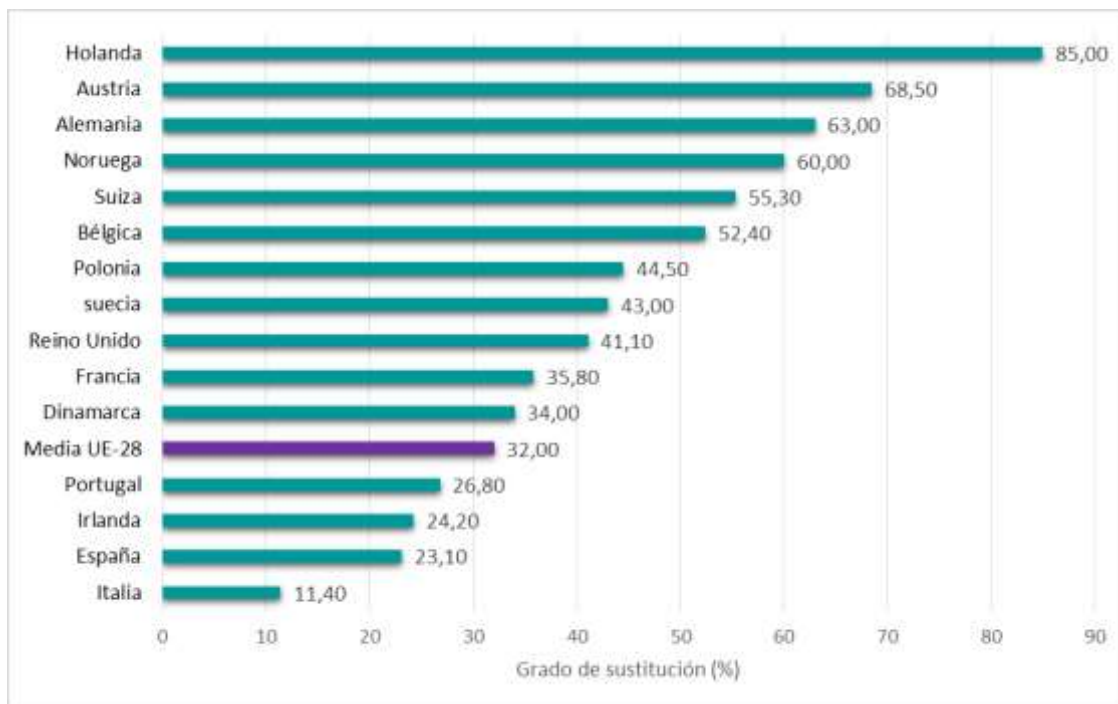


Figura 1. Grado de sustitución de combustibles fósiles por alternativos en la industria del cemento en la UE. (OFICEMEN, 2014)

En España, el sector cementero, siguiendo los principios de gestión de residuos y el ejemplo de otros países europeos también ha incrementado el uso de combustibles alternativos en sus hornos. En el año 2013 se utilizaron alrededor de 715.000 toneladas de combustibles alternativos que supusieron el 26% del consumo energético de las cementeras, de ellas aproximadamente el 230.000 toneladas fueron combustibles derivados de los residuos (CEMA, 2015).

Así pues, el uso de CSR en cementeras u otras instalaciones que hacen un uso intensivo de energía no renovable ofrece, por un lado, la utilización de un combustible más económico para las empresas y, por otro, unos beneficios ambientales en relación a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, de residuos destinado a vertedero y del coste de su gestión (Kara, 2012; Lamas et al. 2013).

#### 2.4. Ejemplos de análisis comparativos de CSR realizados por otros grupos de investigación

En el documento, “Characterization of MBT plants input and outputs: a review” elaborado por M. C. Di Lonardo, F. Lombardi y R. Gavasci, encontramos los resultados obtenidos del análisis de varios CSR.

Los CRS analizados de los países Italia, Taiwan, Brazil, Thailandia y España provienen de RDF (Refused derived fuel). Por otro lado, Kraus and Grammel, Amlinger, Amlinger, WRAP, Regione Pieomonte, Lornage, APAT, Barrena, UKEA, Van Praagh, Bayard, Di Lonardo provienen de SOW (Stabilized organic waste).

Por lo que se refiere a Finlandia, se trata de un trabajo de investigación realizado por Muhammad Nasrullah en las que el combustible sólido recuperado (SRF), ha sido producido con tres tipos de materiales de desecho diferentes (residuos comerciales e industriales, desechos de construcción y demolición y desechos sólidos urbanos). Los materiales de desecho fueron recolectados en Helsinki y transportados a una planta de clasificación de residuos basada en MT para producir SRF.

Los resultados obtenidos en todos los casos se muestran en la tabla 9.



		Lornage	APAT	Barrena	UKEA	Van Praagh	Bayard	Di Lonardo	Fidland MSW (R. solidos urbanos)	Fidland C&IM (R. construccion y demolicion)	Fidland C&DW (R. industriales)
Parameter	Unit										
Net calorific value	MJ/kg ar								20.2	18	20
Net calorific value	MJ/kg d								22.4	25	18
Ash content	% d								9.8	12.5	9
Moisture content	% ar	24.3	17.4	29		39,6			15.0	25	16.5
Mercury (Hg)	mg/kg d		2.16					0.35	1390	1480	1270
Chlorine (Cl)	% d								0.6	0.6	0.4
Animony (Sb)	mg/kg d		19.11					0.3	540	50	84
Arsenic (As)	mg/kg d		3.01		<1			2.41	0.7	1.8	6.6
Cadmium (Cd)	mg/kg d		1.78		2	11.7		0.281	0.7	0.6	4.4
Chromium (Cr)	mg/kg d		105.34		24	847.1		20.73	370	50	35
Cobalt (Co)	mg/kg d		5.5					1.56	3.6	3.6	2.8
Copper (Cu)	mg/kg d		239		387	697.9		97.55	270	375	350
Lead (Pb)	mg/kg d		603		886	336.3		163.84	30	120	42
Manganese (Mn)	mg/kg d		278						55	80	70
Nickel (Ni)	mg/kg d		56.15		55	467		24.88	11	20	8
Thallium (Tl)	mg/kg d		<0.1					10.2	0.5	<0.5	0.5
Vanadium (V)	mg/kg d		10.6					13.89	8	5.3	4.0

### 3. Trabajos futuros

Producción de CSR del rechazo de la planta de Onda, determinación de sus propiedades y verificación del cumplimiento de las normativas de los diferentes países europeos.

Estudio comparativo entre los CSR producidos en Onda con diferentes combustibles alternativos que actualmente se encuentran en el mercado.

Finalmente, se realizará una revisión de los precios que tienen los CSR en diferentes países de Europa.

### 4. Normativa sobre el cese de la clasificación de residuo del CSR

La clasificación del combustible sólido secundario (CSS), tal como se define en el artículo 183, apartado 1, letra cc) del Decreto Legislativo 3 abril de 2006, n. 152, se basa en los requisitos de la norma técnica armonizada EN 15359 "combustibles sólidos recuperados" (SRF), que identifica, a nivel europeo, teniendo en cuenta la clasificación de la CSS de tres parámetros (y sus clases), reconocidos por su importancia estratégica del medio ambiente, la tecnología y el rendimiento / económica, tal como PCI (parámetro comercial), Cl (parámetro de proceso) y Hg (parámetro ambiental), como mejor se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1 - Clasificación del combustible sólido secundario (CSS) (UNI EN 15359)

Características de la clasificación							
Parámetro	Medida estadística	Unidad de medida	Valor límite por clase				
			1	2	3	4	5
PCI	Media	MJ/kg t.q.	$\geq 25$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 10$	$\geq 3$
Cl	Media	& s.s.	$\leq 0,2$	$\leq 0,6$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 3$
Hg	Mediana	MJ/kg t.q.	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$	$\leq 0,08$	$\leq 0,15$	$\leq 0,50$
	Percentil 80	MJ/kg t.q.	$\leq 0,04$	$\leq 0,06$	$\leq 0,16$	$\leq 0,30$	$\leq 1,00$

A los efectos del presente Reglamento, y se clasifica CSS-sólido combustible secundario (CSS) con PCI y Cl como se define en las clases 1, 2, 3, y combinaciones de los mismos, y - en lo que respecta a Hg - según la definición de las clases 1 y 2, que se enumeran en la Tabla 1, se refieren a cada sublte.

Para los parámetros químicos y físicos, que se enumeran en la Tabla 2, se define en los valores de las especificaciones indicadas en el anexo A, parte 1 de la norma UNI EN 15359, expresada como media / mediana de los parámetros individuales.

Características de especificación			
Parámetro	Medida estadística	Unidad de medida	Valor límite
Parámetros físicos			
Cenizas	Media	% s.s	(véase nota 1)
Humedad	Media	% t.q.	(véase nota 1)
Parámetros químicos			
Antimonio (Sb)	Mediana	Mg/kg s.s.	50
Arsénico (As)	Mediana	Mg/kg s.s.	5
Cadmio (Cd)	Mediana	Mg/kg s.s.	4
Cromo (Cr)	Mediana	Mg/kg s.s.	100
Cobalto (Co)	Mediana	Mg/kg s.s.	18
Magnesio (Mn)	Mediana	Mg/kg s.s.	250
Níquel (Ni)	Mediana	Mg/kg s.s.	30
Plomo (Pb)	Mediana	Mg/kg s.s.	240
Cobre (Cu)	Mediana	Mg/kg s.s.	500
Talio (Tl)	Mediana	Mg/kg s.s.	5
Vanadio (V)	Mediana	Mg/kg s.s.	10
$\Sigma$ metales [Sb, As, Cr, Cu, Co, Pb, Mn, Ni, V]	Mediana	Mg/kg s.s.	--

Nota: (1) No hay valores límite de las cenizas y humedad son fijos. Lo mismo son de naturaleza puramente comercial. La definición de los valores límite para las cenizas y la humedad y remesas de acuerdos específicos entre productor y usuario.

## 5. Referencias

AENOR (2012). UNE-EN 15359:2012: Combustibles Sólidos Recuperados: especificaciones y clases. Madrid. AENOR.

Bessi, C., Lombardi, L., Meoni, R., Canovai, A., & Corti, A. (2016). Solid recovered fuel: An experiment on classification and potential applications. *Waste Management*, 47, 184–194.



BREF (2006). Prevención y control integrados de la contaminación. Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para el sector del tratamiento de residuos. . European Commission, IPPC Bureau. Seville, August 2006.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. (2008) Richtlinie für Ersatzbrennstoffe [Guideline for Waste Fuels]. Vienna, Austria: BMLFUW.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. (2010). Verordnung über die Verbrennung von Abfällen Abfallverbrennungsverordnung – AVV [Waste Incineration Directive]. Vienna, Austria: BMLFUW.

BUWAL (ed.) (2005) Richtlinie zur Entsorgung von Abfällen in Zementwerken [Guideline for the disposal of waste in cement plants],BUWAL, 2. aktualisierte Auflage, Bern 2005.

Di Lonardo, M.C., Lombardi, F. & Gavasci, R. (2012). Characterization of MBT plants input and outputs: A review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 11(4), .353–363.

ERFO. (2012). European Recovered Fuel Organisation. Facts and Figures about SRF. Bruxelles.

España. Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. Boletín Oficial del Estado, 2 de julio de 2002, num. 157, pp. 23910 - 23927.

España. Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Boletín Oficial del Estado, 29 de julio de 2011, num. 181, pp. 85650 - 85705.

España. Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. Boletín Oficial del Estado, de 12 de junio de 2013, num. 140, pp. 44257 - 44288.

España. Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. Boletín Oficial del Estado, de 19 de octubre de 2013, num. 251, pp. 85173 - 85276.

España. Real Decreto 180/2015, de 13 de marzo, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado. Boletín Oficial del Estado, de 7 de abril de 2015, num. 83, pp. 29388 - 29406.

Flamme, S., & Geiping, J. (2012). Quality standards and requirements for solid recovered fuels: a review. *Waste Management & Research : The Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 30(4), 335–53.

Fundación Laboral del Cemento y Medio Ambiente (CEMA) (2015). Cuaderno Técnico: Reciclado y Valorización de Residuos en la Industria Cementera en España (Actualización año 2013). Madrid

- Gallardo, A., Carlos, M., Bovea, M. D. D., Colomer, F. J., Albarrán, F., & Albarrán, F. (2014). Analysis of refuse-derived fuel from the municipal solid waste reject fraction and its compliance with quality standards. *Journal of Cleaner Production*, 83, 118–125.
- Glorius, T. (2009) Conference “Solid Recovered Fuels (SRF) – A sustainable option for Spain“, Madrid, 17.11.2009.
- Grau, A & Farré, O. (2011). Situación y potencial de valorización energética directa de residuos. Estudio Técnico PER 2011–2020. IDAE. Madrid.
- Kara, M. (2012). Environmental and economic advantages associated with the use of RDF in cement kilns. *Resources, Conservation and Recycling*, 68, 21–28.
- Lamas, W. D. Q., Palau, J. C. F., & Camargo, J. R. De. (2013). Waste materials co-processing in cement industry: Ecological efficiency of waste reuse. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 200–207.
- Lorber, K. E., Sarc, R., & Aldrian, a. (2012). Design and quality assurance for solid recovered fuel. *Waste Management & Research*, 30, 370–380.
- OFICEMEN. Agrupación de fabricantes de cemento de España (2014). Anuario del sector cementero español 2014. Madrid.
- MAGRAMA (2015). Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural., Secretaría de Estado de Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
- Nasrullah, M., Vainikka, P., Hannula, J., & Hurme, M. (2015). Elemental balance of SRF production process: Solid recovered fuel produced from commercial and industrial waste. *Fuel*, 145, 1–11.
- Pressley, P. N., Aziz, T. N., Decarolis, J. F., Barlaz, M. A., He, F., Li, F., & Damgaard, A. (2014). Municipal solid waste conversion to transportation fuels: A life-cycle estimation of global warming potential and energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 70, 145–153.
- Puig, I., Jofra, M. & Calaf, M. (2012). Análisis económico-ambiental de la utilización de combustibles derivados de los residuos (CDR) en España. Greenpeace.
- RAL-GZ 724 (2012). Sekundärbrennstoffe – Gütesicherung. Deutsches Institut F. Gütesicherung and K Publications.
- SFS 5875 (2000) Solid Recovered Fuel - Quality Control System. Finnish Standards Association.
- UNI 9903-1. (2004). Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti (RDF) – Specifiche e classificazione (in Italian), Italian National Agency for Standardization (UNI), Milano, IT.
- Unión Europea. Decisión de la Comisión 2014/955/UE, de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad

con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, 30 de diciembre de 2014, num. 370, pp. 44 - 86.

Unión Europea. Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, 25 de octubre de 2003, num. 275, pp. 32- 46.

Unión Europea. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. Diario Oficial de la Unión Europea, 22 de noviembre de 2008, num. 312, pp. 3-30.

Unión Europea. Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010 sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación). Diario Oficial de la Unión Europea, 17 de diciembre de 2010, num. 334 pp. 17-119.

Unión Europea. Reglamento (CE) N° 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2006, relativo a los traslados de residuos. Diario Oficial de la Unión Europea, 12 de julio de 2006, num. 190 pp. 1- 98.

Velis, C. A., Longhurst, P. J., Drew, G. H., Smith, R., & Pollard, S. J. T. (2010). Production and quality assurance of solid recovered fuels using Mechanical- Biological Treatment (MBT) of waste: a comprehensive assessment. *Critical Reviews in Environmental Sci. and Technolgy*, 40(12), 979–1105.

David Baird, Sarah Horrocks, Jenny Kirton, Roland Woodbridge. February 2008. The use of substitute fuels in the UK cement and lime industries. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol, BS32 4UD. ISBN: 978-1-84432-846-8.

M. C. Di Lonardo • F. Lombardi • R. Gavasci. 6 November 2012. Characterization of MBT plants input and outputs: a review. *Rev Environ Sci Biotechnol* (2012) 11:353–363 11:353–363. DOI 10.1007/s11157-012-9299-2

Muhammad Nasrullah. 2015. Material and energy balance of solid recovered fuel production. Aalto University School of Chemical Technology Department of Biotechnology and Chemical Technology Plant Design.

Renato Sarc, Karl E. Lorber and Roland Pomberger. December 2015 Production of Solid Recovered Fuels (SRF) in the ThermoTeam Plant in Retznei, Austria – Experience, Quality and Quality Assurance of SRF –. Waste management, volume 5 pag 1-14

Ministerio dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Decreto 14 febbraio 1013, n.22. (GU n.62 del 14-3-2013). Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (CSS), ai sensi dell'articolo 184-ter, comma2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152, e successive modificazioni. (13g00061).

A handwritten signature in black ink, reading "Antonio Gallardo". The signature is stylized with a large, sweeping flourish that extends to the right and loops back under the name.

**Dr. D. ANTONIO GALLARDO IZQUIERDO**  
**INGRES Ingeniería de Residuos**  
**Universitat Jaume I**

**Castelló de la Plana, a 14 de diciembre de 2016**