

# **La puerta de atrás de la incineración de residuos**

---

Análisis económico-ambiental de la utilización de combustibles derivados de los residuos (CDR) en España

---

Mayo de 2012

**GREENPEACE**

**Autores:**

Dr. Ignasi Puig Ventosa (coord.)

Marta Jofra Sora

Maria Calaf Forn

**Coordinación:**

Campaña de Energía y Cambio Climático de Greenpeace España

Este informe está impreso en papel reciclado 100% y libre de cloro.

# Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>INTRODUCCIÓN A LOS CDR .....</b>	<b>6</b>
3.1	Definiciones.....	7
3.2	Producción .....	8
3.3	Usos.....	10
3.4	Características .....	10
<b>4</b>	<b>CONSIDERACIONES LEGALES.....</b>	<b>12</b>
4.1	Normativa comunitaria.....	12
4.2	Normativa estatal .....	16
4.3	Normativa autonómica.....	21
4.4	Estandarización de los CDR.....	22
<b>5</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE USO DE CDR.....</b>	<b>27</b>
5.1	España.....	27
5.2	Europa .....	34
<b>6</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>39</b>
6.1	Ahorro de costes para las industrias.....	39
6.1.1	Ahorro en costes de combustible.....	39
6.1.2	Venta de derechos de emisión de CO2.....	41
6.1.3	Ingresos por la generación de energía en régimen especial.....	42
6.2	Reducción de ingresos derivados de impuestos .....	43
6.2.1	Impuesto especial sobre el carbón .....	43
6.2.2	Impuestos autonómicos sobre el vertido y la incineración de residuos.....	45
6.3	Coste para las administraciones gestoras de residuos .....	45
6.4	Costes para la sociedad .....	46
6.4.1	Introducción a los costes ambientales externos .....	46
6.4.2	Cuantificación de los costes ambientales externos derivados del tratamiento de los CDR .....	48

<b>7</b>	<b>ANÁLISIS AMBIENTAL</b> .....	<b>51</b>
7.1	Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	51
7.2	Otras emisiones .....	52
7.3	Dispersión de productos tóxicos .....	54
7.4	Autonomía energética .....	55
7.5	Efecto sobre la gestión de los residuos .....	55
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>DEMANDAS DE GREENPEACE</b> .....	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>60</b>
<b>11</b>	<b>GLOSARIO</b> .....	<b>62</b>

## Tablas

Tabla 1. Clasificación de los combustibles elaborados a partir de residuos. ....	8
Tabla 2. Límites de emisión total establecidos en la Directiva 2010/75/CE para las instalaciones de coincineración de residuos. ....	14
Tabla 3. Valores límite de emisión establecidos por el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos, para hornos de cemento en que se coincinieren residuos y para incineradoras. ....	17
Tabla 4. Valores límite de emisión establecidos por el Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo.....	18
Tabla 5. Objetivos cuantitativos del Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015. ....	21
Tabla 6. Estándares europeos publicados por el Comité Europeo de Normalización en materia de CDR.....	23
Tabla 7. Clases de CSR existentes de acuerdo con la norma europea EN 15359. ....	24
Tabla 8. Normas UNE-EN publicadas por AENOR en materia de CDR. ....	25
Tabla 9. Estimación realizada por el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos del potencial de producción de CDR en España. ....	33
Tabla 10. Comparativa económica coque-CSR.....	40
Tabla 11. Análisis económico del consumo de CDR en una instalación industrial, en comparación con el consumo de carbón. ....	41
Tabla 12. Estimación de la pérdida de recaudación en el impuesto especial sobre el carbón derivada del consumo de CDR en España, si no existiera la exención a las cementeras, 2008-2010. ....	44
Tabla 13. Costes ambientales externos por tonelada de CDR tratado en TMB + incineradora o en TMB + cementera, en euros.....	48

Tabla 14. Costes ambientales externos por tonelada de material reciclado, en euros. ....	49
Tabla 15. Costes ambientales externos por tonelada de CDR reciclado, en euros. ....	50
Tabla 16. Costes ambientales externos totales derivados del tratamiento efectuado de CDR en las cementeras españolas, en comparación con los costes que se hubieran generado por el tratamiento de los mismos en incineradora o en instalaciones de reciclaje. Datos para 2008, 2009 y 2010, en euros.....	50
Tabla 17. Comparativa de emisiones de CO2 asociadas a la quema de coque y de CSR. .	52
Tabla 18. Rango de emisiones de los hornos de cemento europeos.....	52

## Gráficos

Gráfico 1. Esquema de proceso de biosecado para la obtención de CDR. ....	9
Gráfico 2. Esquema de un proceso de tratamiento mecánico-biológico para la obtención de CDR.....	9
Gráfico 3. Composición típica de los CDR.....	11
Gráfico 4. Consumo de CDR en cementeras españolas y peso de los CDR con respecto al total de combustible utilizado, 2007-2010.....	28
Gráfico 5. Consumo de combustibles, por tipo, de las cementeras españolas, 2007-2010..	28
Gráfico 6. Consumo de combustibles no tradicionales en las cementeras españolas, 2006-2010.....	29
Gráfico 7. Objetivos de potencia instalada para el aprovechamiento energético de CDR/CSR, 2010-2020 según el Plan de Energías Renovables 2011-2020.....	32
Gráfico 8. Producción de CDR en Europa, 2008. ....	36
Gráfico 9. Evolución del consumo de CDR en Alemania por tipos de instalación, 2000-2010. ....	38

# 1 Introducción al estudio

La utilización de residuos como combustible en los países occidentales se remonta a los años 30. Por entonces, los residuos se promovían como combustible alternativo, aunque el mercado no los aceptó por completo a causa de la existencia de combustibles fósiles que eran más baratos.

Sin embargo, en los últimos diez años ha crecido el interés por los combustibles derivados de los residuos (CDR) entre la industria cementera y la industria energética, principalmente por cuestiones económicas, entre las cuales cabe destacar el aumento del precio de los combustibles fósiles. En la Unión Europea también juegan un papel muy importante las políticas comunitarias, que instan a una reducción de los residuos destinados a vertedero, a un aumento de la participación de las fuentes renovables de energía y a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. En algunos países europeos también ha jugado un papel importante el elevado coste de los tratamientos finalistas (vertido e incineración).

A diferencia de lo que ocurrió en los años 30, en esta ocasión los productores de combustibles derivados de los residuos han apostado por un sistema de estandarización que persigue garantizar las propiedades del combustible producido a partir de los residuos con el fin de hacerlos más confiables para la industria.

La utilización de dichos productos conlleva una serie de consecuencias para el conjunto de la sociedad y para el medio ambiente, que conviene analizar, mientras que solo representa beneficios económicos para algunos gestores de residuos y para algunas instalaciones industriales.

## 2 Objetivo del estudio

Este estudio tiene como objetivo analizar las perspectivas de la utilización de CDR en los próximos años y el impacto económico y ambiental que representa su utilización en comparación con otras opciones de gestión de los residuos.

## 3 Introducción a los CDR

En este capítulo se desarrollan algunos aspectos introductorios en relación a los CDR.

### 3.1 Definiciones

Los combustibles derivados de residuos (CDR)<sup>1</sup> son combustibles elaborados a partir de residuos no peligrosos<sup>2</sup> para su incineración o coincineración<sup>3</sup> (European Commission 2002). Dentro de la lista europea de residuos los CDR reciben el código 191210.

Fotografía 1. Aspecto típico de los CDR.



Fuente: IEA Bioenergy Task 32 ([www.ieabcc.nl/workshops/task32\\_Dublin\\_SRF](http://www.ieabcc.nl/workshops/task32_Dublin_SRF) [11 de mayo de 2012])

Hay que tener en cuenta que hay una gran cantidad de residuos que se utilizan como combustible en industrias: neumáticos, harinas cárnicas, lodos de

---

<sup>1</sup> En inglés, *refuse derived fuels* (RDF).

<sup>2</sup> De acuerdo con la Directiva Marco de Residuos (Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre), se consideran residuos no peligrosos los que no presentan ninguna de las características recogidas en el anexo III de la misma.

<sup>3</sup> De acuerdo con la Directiva de incineración de residuos (Directiva 2000/76/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre), se considera instalación de incineración la dedicada al "tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación de calor producido por la combustión, incluida la incineración por oxidación de residuos, así como la pirólisis, la gasificación u otros procesos de tratamiento térmico"; e instalación de coincineración "toda instalación fija o móvil cuya finalidad principal sea la generación de energía o la fabricación de productos materiales y:

- que utilice residuos como combustible habitual o complementario, o
- en la que los residuos reciban tratamiento térmico para su eliminación" (art. 3).

depuradora, etc. Pero éstos no se consideran estrictamente combustibles derivados de residuos, sino que tienen otras denominaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los combustibles elaborados a partir de residuos.

<b>Residuo de origen</b>	Madera no tratada	Residuos municipales, comerciales e industriales no peligrosos	Residuos peligrosos: disolventes, aceite usado, etc.	Harinas cárnicas, neumáticos, etc.
<b>Clasificación del combustible</b>	Biocombustible sólido	<b>Combustible Derivado de los Residuos</b>	Combustibles de residuos peligrosos	Combustibles específicos

Fuente: Frankenhauser 2011.

Algunos de los principales tipos de residuos a partir de los que se producen CDR son:

- la fracción resto de los residuos municipales (RSU)
- los residuos industriales no peligrosos
- los residuos voluminosos
- el rechazo de plantas para el reciclaje de residuos recogidos selectivamente (p.e. plantas de selección de envases)

## 3.2 Producción

Los CDR se producen mediante distintos tratamientos en función de la fracción de partida o basura de origen. (ISR, 2008)<sup>4</sup>:

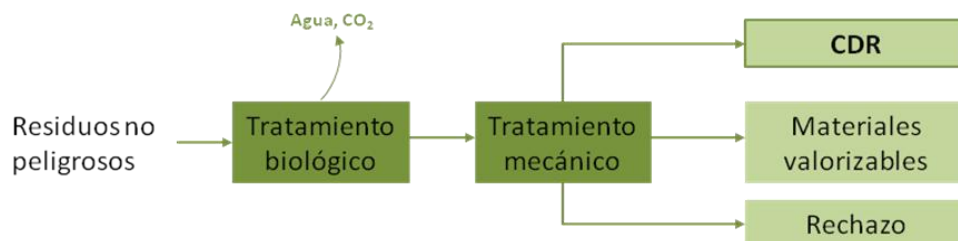
- Biosecaado, que consiste en una biodegradación acelerada de la materia orgánica más volátil y una posterior separación y clasificación. En este tratamiento, la totalidad de los residuos entrantes se somete a un proceso de estabilización<sup>5</sup> mediante compostaje acelerado, que se consigue con una aireación forzada de los residuos. Posteriormente, los residuos tratados se someten a un proceso de selección mediante el cual se separan los materiales valorizables materialmente y los materiales susceptibles de ser convertidos en CDR. La fracción restante constituye el rechazo, que es destinado a tratamiento finalista (incineración o vertido)..

<sup>4</sup> Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (2008).

<sup>5</sup> La estabilización consiste en el tratamiento biológico de los residuos con el fin de reducir su degradabilidad biológica.



Gráfico 1. Esquema de proceso de biosecado para la obtención de CDR.

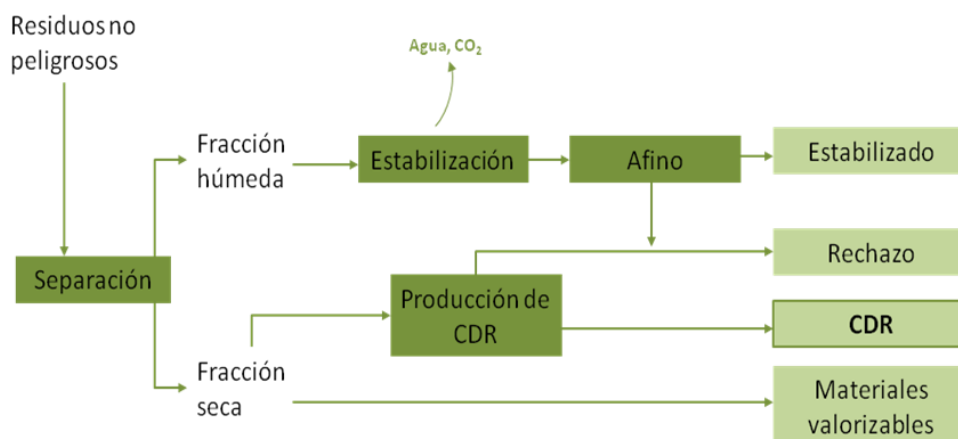


Fuente: Elaboración propia a partir de ISR (2008).

Mediante este tratamiento la cantidad de CDR que se obtiene es del orden del 33 % de la cantidad de residuos entrante (ISR, 2008), aunque puede variar en función de la composición de los residuos urbanos. El poder calorífico del CDR es del orden de 13-15 MJ/kg<sup>6</sup>. Debido a la escasa estabilización (por su humedad) de los subproductos resultantes, este CDR no suele destinarse a cementeras, sino a otras instalaciones como por ejemplo plantas incineradoras.

- Tratamiento mecánico-biológico. En este tratamiento se separan dos fracciones: una húmeda, que tiene un elevado contenido de materia orgánica que se estabiliza previamente al vertido; y una fracción seca que tras ser sometida a una clasificación mecánica permite la obtención de CDR. La diferencia fundamental entre el biosecado y el tratamiento mecánico-biológico es que en el biosecado se trata biológicamente la totalidad del residuo, mientras que en el tratamiento mecánico-biológico se separa la fracción orgánica en la fase de tratamiento mecánico, y solamente esta fracción es sometida al tratamiento biológico.

Gráfico 2. Esquema de un proceso de tratamiento mecánico-biológico para la obtención de CDR.



Fuente: Elaboración propia a partir de ISR (2008).

<sup>6</sup> Megajulios por kilogramo.

Mediante este sistema se obtiene una cantidad menor de CDR (alrededor del 18 % del residuo entrante). Este procedimiento tiene múltiples alternativas, en función del grado de separación de fracciones en la etapa de producción de CDR, que puede incluir también operaciones de densificación, clasificación por tamaños, etc. hasta alcanzar las especificaciones concretas requeridas por las instalaciones consumidoras de CDR.

Una variante de este sistema es el tratamiento mecánico-biológico con digestión anaerobia (metanización) de la fracción orgánica, con el cual se obtienen porcentajes similares de CDR. Otra variante es la utilizada para residuos entrantes con prácticamente nulo contenido en materia orgánica (como podrían ser los rechazos de selección de envases o residuos industriales asimilables a domésticos). En este caso el tratamiento es solo de tipo mecánico y no es necesaria la estabilización ni el secado.

Especialmente cuando los residuos de partida contienen materia orgánica la producción de CDR es altamente demandante de energía, dado que para que el producto sea aceptado en una instalación industrial su contenido en humedad debe ser bajo<sup>7</sup>, lo cual hace necesario someter el producto a un proceso de secado térmico (Alonso, 2010).

### 3.3 Usos

Los CDR se utilizan en una amplia variedad de industrias para producir electricidad o calor, en sustitución de los combustibles fósiles tradicionalmente utilizados por dichas industrias. Principalmente se utilizan en:

- Hornos industriales (p.e. cementeras y hornos de cal)
- Plantas generadoras de electricidad o de cogeneración
- Calderas industriales (p.e. de pasta de papel)
- Incineradoras con recuperación de energía
- Hornos de acero

### 3.4 Características

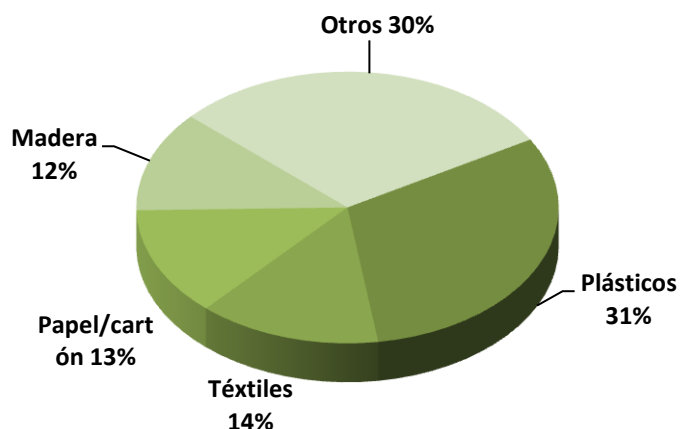
Los CDR tienen características variables en función de los residuos de partida y del tratamiento al que se someten. No puede afirmarse, pues, que tengan unas características comunes ni que sean homogéneos, a diferencia de otros residuos

---

<sup>7</sup> Generalmente inferior al 20%.

utilizados como combustibles. El Gráfico 3 muestra la composición típica de los CDR.

Gráfico 3. Composición típica de los CDR.



Fuente: Currie (2011).

Los consumidores potenciales de CDR demandan un material de características conocidas, ya que éstas influyen en su proceso de producción. Para los consumidores de CDR, los elementos más críticos son (ERFO, 2010):

- el poder calorífico (generalmente expresado en megajulios por kilogramo)
- el contenido de cloro (que generalmente proviene del PVC), determinante en la formación de dioxinas y causante de problemas de corrosión
- el contenido de azufre, causante de emisiones de  $SO_x$  y también de problemas de corrosión
- el contenido de metales pesados, especialmente de mercurio, que determina las emisiones de dichos metales
- el contenido de cenizas, que reduce el poder calorífico del producto y requiere de tratamiento posterior (vertido), excepto para las industrias cementeras (que las incorporan al clinker)<sup>8</sup>
- la humedad, que influye en el poder calorífico
- el contenido de biomasa, que determina las emisiones que las industrias que se encuentran dentro del sistema de comercio de emisiones pueden contabilizar como cero<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Ver definición de clinker en el Glosario.

<sup>9</sup> Tal y como se comenta en el apartado Normativa comunitaria, la normativa europea reconoce las emisiones derivadas de la fracción de biomasa de residuos municipales e industriales como neutras respecto al  $CO_2$ . Ello permite que las industrias que coincieren residuos con contenido en biomasa puedan contabilizarse estas emisiones como cero

Con el fin de conocer las características de los CDR, las plantas cementeras realizan análisis periódicos de los mismos. Dichos análisis están previstos en los acuerdos que establecen las cementeras con los suministradores de CDR.

Por otro lado, se están desarrollando estándares europeos de CDR que permiten certificar las características del producto. En este caso el producto se denomina combustible sólido recuperado (CSR)<sup>10</sup>. El CSR es, pues, un CDR estandarizado de acuerdo con unas normas específicas. Este aspecto se desarrolla en profundidad en el apartado Estandarización de los CDR del informe.

## 4 Consideraciones legales

En este capítulo se describe la normativa comunitaria, española y autonómica aplicable a la utilización de CDR.

### 4.1 Normativa comunitaria

La **Directiva 2000/76/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre, relativa a la incineración de residuos es la norma básica de regulación de esta actividad. En ella se fijan aspectos como las condiciones y requisitos para el funcionamiento de las plantas, los valores límites de emisión de contaminantes a la atmósfera, el régimen de control de la actividad, la gestión de los residuos generados o el modo de acceso a la información y participación pública para ciertos tipos de plantas. La Directiva contempla en su ámbito de aplicación la valorización energética de residuos en cementeras y otras instalaciones, que clasifica en instalaciones de incineración y en instalaciones de coincineración. Las instalaciones de coincineración de residuos quedan definidas en la Directiva (art. 3) como "toda instalación fija o móvil cuya finalidad principal sea la generación de energía o la fabricación de productos materiales y:

- que utilice residuos como combustible habitual o complementario, o
- en la que los residuos reciban tratamiento térmico para su eliminación",

---

dentro del mercado de emisiones de CO<sub>2</sub>, hecho que reporta beneficios económicos para las mismas, ya que pueden vender los derechos de emisión no utilizados (ver apartado Ahorro de costes para las industrias).

<sup>10</sup> En inglés, *solid recovered fuels* (SRF).

mientras que se consideran instalaciones de incineración las dedicadas al "tratamiento térmico de residuos con o sin recuperación de calor producido por la combustión, incluida la incineración por oxidación de residuos, así como la pirólisis, la gasificación u otros procesos de tratamiento térmico".

Los límites fijados por la Directiva para cada tipo de instalación (de incineración y de coincineración) son distintos, siendo para las instalaciones de incineración más estrictos para algunos contaminantes (ver Tabla 3).

La **Directiva 2001/80/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2001, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, establece límites de emisión para dichas instalaciones, entre las cuales se encuentran las centrales térmicas. Esta Directiva solo aplica a las instalaciones que utilicen combustibles no derivados de los residuos (en el caso que se utilicen residuos –total o parcialmente– aplica la Directiva 2000/76/CE).

La **Directiva 2008/98/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas (Directiva Marco de Residuos)<sup>11</sup> es la normativa europea básica en materia de residuos. La Directiva establece una jerarquía en materia de gestión de residuos (art. 4) que determina un orden de prioridad de tratamiento. También contiene provisiones para la definición de los criterios de fin de condición de residuo (art. 6), objetivos cuantitativos de reutilización y reciclado de los residuos (art. 11) y provisiones relativas al traslado de residuos entre países de la Unión Europea.

La **Directiva 2009/28/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril, relativa al fomento del uso de fuentes renovables, incluye la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales dentro de la definición de biomasa, que forma parte de las fuentes renovables de energía (art. 2). Esta fracción se considera legalmente, pues, una fuente renovable de energía. Este aspecto es relevante en lo que respecta al cumplimiento de los objetivos de contribución de las fuentes renovables de energía y al cobro de primas a la generación eléctrica en régimen especial (ver apartado 6.16.1.3 Ingresos por la generación de energía en régimen especial).

La **Directiva 2010/75/CE**, de 24 de noviembre, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación –IPPC–) dedica su capítulo

---

<sup>11</sup> Esta es la actual Directiva Marco de Residuos, y deroga, entre otras, la antigua Directiva Marco (Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, relativa a los residuos).

cuarto y su anexo sexto a regular las disposiciones y los valores límite de emisión aplicables a las instalaciones de incineración y coincineración de residuos, entre ellas los hornos de cemento donde se coincineren residuos<sup>12</sup>. Para las instalaciones de coincineración, el Anexo VI de la Directiva establece valores límite de emisión total específicos. Para los contaminantes que no dispongan de un límite de emisión total específico, éste se calcula aplicando una regla mixta en la que se establece una relación entre el calor total del proceso y el procedente de la coincineración de residuos, y el volumen de gases procedentes de los mismos. El resultado es el límite de emisión total (C).

$$C = (V_{\text{residuo}} \times C_{\text{residuo}} + V_{\text{proceso}} \times C_{\text{proceso}}) / (V_{\text{residuo}} + V_{\text{proceso}})$$

Donde:

- C son los valores límite de emisión total;
- $V_{\text{residuo}}$  es el volumen de gases de escape procedentes de la incineración de residuos determinado únicamente a partir de los residuos con menor poder calorífico;
- $C_{\text{residuo}}$  son los valores límites de emisión establecidos para las instalaciones de incineración;
- $V_{\text{proceso}}$  es el volumen de gases de escape procedentes del proceso realizado en la instalación, incluida la quema de los combustibles autorizados utilizados normalmente en la instalación (con exclusión de los residuos);
- $C_{\text{proceso}}$  son los valores límites de emisión establecidos en la Directiva para determinados sectores industriales

La Tabla 2 muestra los límites de emisión totales establecidos por la Directiva.

Tabla 2. Límites de emisión total establecidos en la Directiva 2010/75/CE para las instalaciones de coincineración de residuos.

Contaminante	Valor límite de emisión total (C), en mg/Nm <sup>3</sup>		
	Hornos de cemento en los que se coincineren residuos	Instalaciones de combustión que coincineren residuos	
		Combustibles sólidos que no son biomasa	Biomasa
Partículas totales	30	30-50*	30-50*
HCl	10	-	-
HF	1	-	-
NO <sub>x</sub>	500	200-400*	200-350*

<sup>12</sup> Es decir, donde se utilicen residuos como combustible para la fabricación de cemento.

Cd + Tl	0,05	-	-
Hg	0,05	-	-
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5	-	-
Dioxinas y furanos (ng/Nm <sup>3</sup> )	0,1	-	-
SO <sub>2</sub>	50	200-850*	200
COT	10	-	-

\* Límite variable en función de la potencia de la instalación.

Notas: Nm<sup>3</sup>: m<sup>3</sup> en condiciones normales de presión y temperatura; COT: Carbono orgánico total. En los casos en que no se muestra ningún valor límite no existe tal valor para el contaminante en cuestión.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 2, para algunos contaminantes (por ejemplo, los NO<sub>x</sub>) el límite establecido es superior para las cementeras que coincinen residuos que para otras instalaciones de combustión. En cambio, para la mayoría de contaminantes no se establecen límites específicos para las instalaciones de combustión que coincinen residuos y sí para las cementeras.

Para instalaciones de incineración, los límites son los mismos que establecía la Directiva 2000/76/CE de incineración y que ya están transpuestos por el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo (ver Tabla 3).

Esta Directiva todavía no ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico español<sup>13</sup>, por lo que los límites de emisión aplicables en España son todavía los establecidos por las anteriores Directivas (2001/80/CE, sobre limitación de emisiones atmosféricas de grandes instalaciones de combustión, transpuesta por el Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo) y 2000/76/CE, relativa a la incineración de residuos), transpuesta por el Real Decreto 653/2003 (ver apartado Normativa estatal para más detalles). Hay que tener en cuenta que la obligación de transponer la Directiva se limita a las disposiciones que constituyen una modificación de fondo respecto a las Directivas anteriores (relacionadas en el artículo 80 de la Directiva). En el caso de las instalaciones de incineración, al estar los límites ya transpuestos al ordenamiento jurídico español no es necesario aprobar ninguna normativa específica (ver apartado para más detalles).

A efectos del comercio de emisiones también es relevante la **Decisión de la Comisión de 29 de enero de 2004** por la que se establecen directrices para el

<sup>13</sup> La fecha límite de transposición es el 7 de enero de 2013 (art. 80).

seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero conforme a la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo<sup>14</sup>. La fracción de biomasa de residuos municipales e industriales (tratados o no tratados) está incluida en la lista de biomásas neutras respecto al CO<sub>2</sub> que recoge el Anexo I de esta Decisión. El anexo VII de la Decisión, que establece directrices específicas para las instalaciones de fabricación de cemento sin pulverizar (clinker) incluye un factor de emisión de 0,525 t CO<sub>2</sub> por cada tonelada producida de clinker.

## 4.2 Normativa estatal

La **Ley 16/2002**, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación<sup>15</sup>, regula el procedimiento de Autorización Ambiental Integrada que deben obtener las instalaciones de producción de cemento, las de producción de energía eléctrica, y otras instalaciones potencialmente consumidoras de CDR. Según la Ley, la autorización ambiental integrada debe fijar los valores límites de emisión de las sustancias contaminantes, teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles, las características técnicas de la instalación y su localización geográfica. La Directiva establece que los valores límites de emisión aplicables en el caso de que no se aprueben reglamentariamente otros valores que los sustituyan, serán los de la legislación vigente. En el caso de las instalaciones existentes, la Ley establece que "deberán adaptarse a la misma antes del 20 de octubre de 2007, fecha en la que deberán contar con la pertinente autorización ambiental integrada".

En lo referente a la incineración de residuos, el **Real Decreto 653/2003**<sup>16</sup>, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos, establece que las instalaciones, previamente a la realización de actividades de incineración o coincineración de residuos, deben contar con el permiso de la autoridad ambiental. También establece límites de emisión. En su Anexo II se establecen los valores límite de emisión a la atmósfera para las cementeras y otras instalaciones que coincineren residuos<sup>17</sup>. Tal y como se

---

<sup>14</sup> Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre, 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.

<sup>15</sup> Esta Ley transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 96/61/CE, de 24 de septiembre, relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación (Directiva IPPC).

<sup>16</sup> Este decreto transpone la Directiva 2000/76/CE, de 4 de diciembre, de incineración.

<sup>17</sup> Según el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, las Autonomías (autoridades competentes en materia medioambiental), en caso de que las condiciones locales del medio ambiente lo requieran, pueden proponer, si hay justificación técnica, el establecimiento de



puede observar en la Tabla 3, **los límites son más restrictivos para algunos contaminantes cuando se incineran residuos que cuando se coincineran**. En el caso de la coincineración el límite de emisión total se calcula en base a una fórmula mixta cuando no existe un valor límite total específico (ver referencia a la Directiva de prevención y control integrados de la contaminación en el apartado Normativa comunitaria).

Tabla 3. Valores límite de emisión establecidos por el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos, para hornos de cemento en que se coincineren residuos y para incineradoras.

Contaminante	Co-incineración de residuos (Valores límites de emisión totales -C-)	Incineración de residuos (valores medios diarios)
Partículas totales	30 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
HCl	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
HF	1 mg/m <sup>3</sup>	1 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> (instalaciones existentes) <sup>i</sup>	800 mg/m <sup>3</sup>	400 mg/m <sup>3 ii</sup>
NO <sub>x</sub> (instalaciones nuevas)	500 mg/m <sup>3 iii</sup>	200 mg/m <sup>3 iv</sup>
Dioxinas y furanos	0,1 ng/m <sup>3</sup>	0,1 ng/m <sup>3 v</sup>
SO <sub>2</sub>	50 mg/m <sup>3</sup>	50 mg/m <sup>3</sup>
COT	10 mg/m <sup>3</sup>	-

Notas: COT: Carbono orgánico total. Para el COT el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, no establece ningún límite específico de emisión.

<sup>i</sup> Se consideran instalaciones de coincineración existentes las que obtuvieron autorización para coincinerar residuos antes de la entrada en vigor del Real Decreto, o las que, aun no habiendo obtenido la autorización antes de dicha fecha comenzaran a coincinerar residuos antes del 29 de diciembre de 2004.

<sup>ii</sup> Instalaciones existentes de capacidad nominal no superior a 6 toneladas por hora.

<sup>iii</sup> En el caso de los hornos de cemento que estaban en funcionamiento a la entrada en vigor del Real Decreto y que contaban con la preceptiva autorización para ello, son de aplicación los valores límites de emisión de NO<sub>x</sub> para instalaciones existentes, aunque comenzaran a coincinerar residuos después del 28 de diciembre de 2004.

<sup>iv</sup> Instalaciones nuevas y instalaciones existentes de capacidad nominal superior a 6 toneladas por hora.

<sup>v</sup> Concentración total de dioxinas y furanos calculada utilizando el concepto de equivalencia tóxica que establece el mismo Real Decreto (Anexo I).

---

límites de emisión más bajos. Lo habitual en las autorizaciones analizadas es que se mantengan los límites establecidos por la Unión Europea.

Tal y como se ha comentado en el apartado Normativa comunitaria, la transposición de la Directiva 2010/75/CE sólo afectará los límites para las instalaciones de coincineración.

Para las instalaciones de combustión los valores límite de emisión son los que establece el **Real Decreto 430/2004**, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo<sup>18</sup>. De acuerdo con el artículo 2 de dicho Real Decreto, los valores límite sólo son aplicables a las "instalaciones de combustión destinadas a la producción de energía, a excepción de las que usen de manera directa los productos de la combustión en procedimientos de fabricación"<sup>19</sup>. Ello excluye, pues, a las cementeras.

Tabla 4. Valores límite de emisión establecidos por el Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo.

Contaminante	Instalaciones autorizadas antes del 27 de noviembre de 2002	Instalaciones autorizadas después del 27 de noviembre de 2002
Partículas totales	C. sólidos: 50-100 mg/m <sup>3</sup> C. líquidos: 50 mg/m <sup>3</sup> C. gaseoso: 5-50 mg/m <sup>3</sup>	C. sólidos y c. líquidos: 30-50 mg/m <sup>3</sup> C. gaseosos: 5-30 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	C. sólidos: 500-600 mg/m <sup>3</sup> C. líquidos: 400-450 mg/m <sup>3</sup> C. gaseosos: 200-300 mg/m <sup>3</sup>	C. sólidos y c. líquidos: 200-400 mg/m <sup>3</sup> Gas natural: 100-150 mg/m <sup>3</sup> Otros c. gaseosos: 200 mg/m <sup>3</sup> Turbinas de gas: 50-120 mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	C. líquidos: 400-2.000 mg/m <sup>3</sup> C. sólidos: 400-1.700 mg/m <sup>3</sup> C. gaseosos: 5-800 mg/m <sup>3</sup>	Biomasa: 200 mg/m <sup>3</sup> Otros c. sólidos y líquidos: 200-850 mg/m <sup>3</sup> C. gaseosos: 5-400 mg/m <sup>3</sup>

Notas: C.: combustible. En los casos en que el valor límite es un rango, dicho valor depende de la potencia de la instalación (a mayor potencia, más restrictivo es el límite).

<sup>18</sup> Este Real Decreto transpone la Directiva 2001/80/CE, de 23 de octubre, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión.

<sup>19</sup> En esta definición se incluirían por ejemplo centrales de producción de electricidad y centrales de cogeneración.

La **Ley 1/2005**, de 9 de marzo<sup>20</sup>, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, incluye la regulación de las emisiones de las instalaciones potencialmente consumidoras de CDR y que están sometidas al comercio de emisiones, entre las cuales se encuentran las fábricas de cemento y las plantas productoras de electricidad.

La **Ley 22/2011**, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva Marco de Residuos y es la normativa principal en materia de residuos en España. Establece la jerarquía de gestión de los residuos, que las administraciones deberán aplicar. Según esta jerarquía, el orden de prioridad a aplicar en la gestión de los residuos es el siguiente (art. 8.1):

- Prevención
- Preparación para la reutilización
- Reciclado
- Otro tipo de valorización, incluida la energética
- Eliminación<sup>21</sup>

La Ley establece que dicha jerarquía podrá ser modificada "previa justificación por un enfoque de ciclo de vida sobre los impactos de la generación y gestión de esos residuos" (art. 8.2).

También establece que antes del 2020 deberá alcanzarse un objetivo del 50 % (en peso) de preparación para la reutilización y reciclaje "para las fracciones de papel, metales, vidrio, plástico, biorresiduos u otras fracciones reciclables" (art. 22).

La Ley crea una Comisión de Coordinación en materia de residuos, adscrita al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en la cual participará el mismo Ministerio, representantes de las Comunidades Autónomas, de las entidades locales y de otros ministerios con competencia en materia de residuos. Entre otras competencias, dicha Comisión es responsable de analizar las justificaciones de las alteraciones en la jerarquía de residuos y de participar en la determinación de la condición de fin de residuo (art. 13).

La Ley también establece el procedimiento a seguir para aprobar el fin de condición de residuo (art. 5). Según este artículo, debe ser el Ministerio de Agricultura,

---

<sup>20</sup> Esta Ley transpone la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre.

<sup>21</sup> Vertido de residuos y operaciones de incineración que no puedan considerarse como valorización energética (de acuerdo con la fórmula de eficiencia contenida en el anexo II de la Ley 22/2011).

Alimentación y Medio Ambiente quien, mediante una Orden, establezca los criterios específicos que deberán cumplir los residuos para que dejen de ser considerados como tales. Según este artículo, una de las condiciones aplicables al fin de condición de residuo es que "el uso de la sustancia u objeto no genere impactos adversos globales para el medio ambiente o la salud". Conviene destacar el hecho de que, a diferencia de la Directiva Marco, que establece que los criterios que se definan para determinar el fin de condición de residuo "incluirán valores límite para las sustancias contaminantes cuando sea necesario y deberán tener en cuenta todo posible efecto medioambiental nocivo de la sustancia u objeto" (art. 6 de la Directiva), la Ley 22/2011 deja en manos de la Comisión de coordinación en materia de residuos la decisión sobre si hay que incluir estos valores límite o no en el estudio previo que emita y que tendrá que ser tenido en cuenta para determinar la condición de fin de residuo. En cualquier caso hay que tener en cuenta que, de acuerdo con la Directiva Marco, "cuando no se hayan establecido criterios a escala comunitaria" para determinar el fin de la condición de residuo, los Estados miembros deben notificar a la Comisión Europea sus decisiones en esta materia (art. 6.4 de la Directiva Marco).

Finalmente, la Ley establece que las instalaciones "donde vayan a desarrollarse operaciones de tratamiento de residuos" (entre las cuales se encuentran las instalaciones para la producción de CDR y las instalaciones consumidoras de CDR) tienen que contar con una autorización "por el órgano ambiental competente de la Comunidad Autónoma" (art. 27.1). Según la Ley, dicha autorización debe quedar "integrada en la Autorización Ambiental Integrada" (art. 27.7). Las Comunidades Autónomas deben inscribir las instalaciones en el registro de producción y gestión de residuos (art. 27.7).

Finalmente, el **Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015 (PNIR)** es el documento de planificación de referencia en materia de gestión de residuos del Estado español, y es el instrumento previsto por la Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos (vigente hasta la aprobación de la Ley 22/2011) para fijar objetivos concretos de reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización y eliminación, así como para concretar qué medidas deben adoptarse para alcanzar dichos objetivos y sus medios de financiación. La Tabla 5 muestra algunos de los objetivos cuantitativos que el PNIR establece en el ámbito de los residuos urbanos.

Tabla 5. Objetivos cuantitativos del Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015.

Objetivos cuantitativos	
Prevención	- Reducción de un 4 % de las toneladas de residuos de envases en 2012 respecto a 2006
Recogida selectiva y reciclado	- Incrementar la cantidad de fracción orgánica recogida selectivamente como mínimo a dos millones de toneladas para destinarla a instalaciones de compostaje o biometanización de la fracción orgánica recogida selectivamente
	- Incrementar la recogida selectiva de las siguientes fracciones para 2015 respecto a 2006:
	- Papel/cartón: 80 %
	- Vidrio: 80 %
	- Plásticos: 100 %
	- Metales: 100 %
Valorización energética	- Valorizar energéticamente 2,7 millones de toneladas en 2012
Vertido	- Reducir la cantidad de residuos biodegradables municipales destinada a vertedero hasta 4.176.950 t en 2016

Fuente: Elaboración propia.

El PNIR no establece ningún objetivo específico para los CDR, aunque incluye dentro de sus objetivos cualitativos para el 2012 "valorar el aprovechamiento del contenido energético de la fracción rechazo procedente de las instalaciones de tratamiento de residuos urbanos en instalaciones de co-incineración".

### 4.3 Normativa autonómica

Aunque las Comunidades Autónomas tienen delegada la competencia en materia de residuos, no todas han aprobado leyes en esta materia.

En Cataluña es vigente el **Decreto Legislativo 1/2009**, de 21 de julio, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley reguladora de los residuos. En materia de valorización, el Decreto Legislativo contempla "la preparación de los residuos para facilitar su uso y comercialización como combustible" dentro de las medidas a adoptar para la valorización energética de los residuos (art. 15). También establece la obligación para los gestores de residuos de obtener la autorización correspondiente para la construcción de las instalaciones y el ejercicio de la actividad.

A nivel de planes y programas autonómicos, destaca el **Decreto 397/2010**, de 2 de noviembre, por el que se aprueba el plan director territorial de residuos no peligrosos de Andalucía 2010-2019, donde de manera reiterada se cita a las plantas cementeras como instalaciones clave para llevar a cabo la valorización material y energética de distintas tipologías de residuos.

Asimismo, el **Decreto 179/2009**, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el plan de gestión de residuos urbanos de Castilla-La Mancha 2009-2019, menciona el potencial que tienen los combustibles sólidos recuperados como combustible para su utilización en plantas cementeras, por su alto contenido en biomasa, y por sus efectos en cuanto a emisiones evitadas de CO<sub>2</sub>, y dedica uno de sus anexos a describir los procesos de producción y las aplicaciones de los CSR.

#### 4.4 Estandarización de los CDR

El auge en el uso de CDR y la necesidad, por parte de sus consumidores, de disponer de garantías en cuanto a la calidad y características de este insumo, ha derivado en el desarrollo de un proceso de estandarización a nivel europeo.

Éste es un aspecto importante para la evolución futura del mercado de CDR, puesto que la estandarización puede impulsar su consumo, al proporcionar más seguridad a los consumidores sobre las características del producto y las emisiones derivadas, y al facilitar la compra-venta de CDR entre los estados miembros de la Unión Europea.

La aprobación de una norma de estandarización da paso al reconocimiento de un CDR con características definidas que se denomina Combustible Sólido Recuperado (CSR) (en inglés, *Solid Recovered Fuel*).

Las distintas normas relativas a los CSR están siendo desarrolladas por el Comité Europeo de Normalización (CEN) a instancias de la Comisión Europea, que en agosto de 2002 aprobó un mandato para iniciar el proceso de normalización<sup>22</sup>. El mandato instaba al CEN a desarrollar una serie de estándares en relación a los CSR, entre ellos un estándar para la determinación de la fracción biodegradable y biogénica de los CSR, de acuerdo con la definición de la Directiva 2001/77/CE de energías renovables<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Mandate M/325 to CEN on Solid Recovered Fuels (SRF).

<sup>23</sup> Esta Directiva ha sido modificada posteriormente por la Directiva 2009/28/CE.

Desde marzo de 2002, el CEN (a través del comité CEN TC 343) ha estado trabajando en el desarrollo de diversos estándares europeos (EN). El ámbito de trabajo del CEN TC 343 son "los combustibles sólidos recuperados producidos a partir de residuos no peligrosos para ser utilizados para su recuperación energética en plantas de incineración y co-incineración de residuos"<sup>24</sup>.

Hasta el momento se han publicado los siguientes estándares europeos (EN) en materia de CSR:

Tabla 6. Estándares europeos publicados por el Comité Europeo de Normalización en materia de CDR.

Código	Título
EN 15357	Terminología, definiciones y descripciones
EN 15358	Sistemas de gestión ambiental
EN 15359	Especificaciones y clases
EN 15400	Método para la determinación del poder calorífico
EN 15402	Determinación del contenido de materia volátil
EN 15403	Determinación del contenido de cenizas
EN 15407	Métodos para la determinación del contenido de C, H y N
EN 15408	Métodos para la determinación del contenido de S, Cl, F y Br
EN 15410	Métodos para la determinación de elementos mayores
EN 15411	Métodos para la determinación de elementos traza
EN 15414-3	Determinación del contenido de humedad utilizando el método de secado en horno
EN 15415-1	Determinación de la distribución del tamaño de las partículas
EN 15440	Métodos para la determinación del contenido de biomasa
EN 15442	Métodos de muestreo
EN 15443	Métodos para la preparación de la muestra de laboratorio
EN 15413	Métodos para la preparación de la muestra a testear a partir de la muestra de laboratorio
EN 15590	Determinación del ratio potencial de auto-calentamiento microbioal utilizando el índice de respiración dinámico

Fuente: Frankenhauser (2011).

<sup>24</sup> Se excluyen los biocombustibles sólidos, que pertenecen al comité CEN/TC 335.

Estos estándares europeos tienen carácter de estándar nacional, aunque no sean adaptados por los comités nacionales de estandarización. Las normas sobre CSR incluyen criterios de aceptación de residuos en el punto de recepción, es decir, criterios para determinar qué tipos de residuos son aptos para la producción de CSR y cuáles no.

La norma EN 15359 es una de las más relevantes, pues distingue 5 clases de CSR en función de sus características principales (Tabla 7).

Tabla 7. Clases de CSR existentes de acuerdo con la norma europea EN 15359.

Propiedad	Criterio estadístico aplicado	Unidad	Clases				
			1	2	3	4	5
Poder calorífico neto (PCN)	Promedio	MJ/kg ar	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
Contenido de cloro	Promedio	% w/w d	≤0,2	≤0,6	≤1,0	≤1,5	≤3
Contenido de mercurio	Promedio	mg/MJ ar	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,50
	80avo percentil	mg/MJ ar	≤0,04	≤0,06	≤0,16	≤0,30	≤1,00

Nota: ar: as received (tal y como es recibido el material); w/w: porcentaje en peso; d: dry (en seco).

80avo percentil: El 80avo percentil es el valor que deja por debajo el 80% de las mediciones. En este caso, en un CDR de clase 1, por ejemplo, el 80% de las emisiones estarían por debajo de 0,04 mg/MJ de mercurio.

Fuente: Frankenhauser (2011).

Esta definición no implica que deban cumplirse todos los umbrales de una misma clase. Un mismo CSR puede ser de una clase en lo que se refiere a una de sus propiedades, y de otra clase en cuanto a otra.

La norma EN 15440, referente a la determinación del contenido de biomasa de los CDR, sirve para determinar qué emisiones se pueden computar como cero en el sistema de comercio de emisiones. Además, incluye las siguientes definiciones aplicables a la caracterización de los CSR:

- **biodegradable:** material capaz de descomponerse aeróbica o anaeróticamente en condiciones naturales ocurridas en la biosfera.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> La norma también remite a la definición de residuo biodegradable de la Directiva de Vertederos (1999/31/CE).



- **biogénico:** producido en procesos naturales por organismos vivos pero no fosilizados o derivados de recursos fósiles.

Para la definición de biomasa la norma remite a la **Directiva 2009/28/CE**, de 23 de abril, de Energías Renovables y a la **Decisión de la Comisión de 29 de enero de 2004** sobre la monitorización de emisiones de efecto invernadero (ver información detallada al respecto en el apartado Normativa comunitaria).

Para la determinación del contenido de biomasa del CSR, la norma EN15440 especifica tres métodos distintos de análisis, y concreta que el resultado se deberá expresar en relación a la masa, al contenido energético o al contenido de carbono del CSR. La norma también incluye una relación de materiales considerados neutros en emisiones de CO<sub>2</sub>.

A nivel español, la Asociación Española de Normalización y Acreditación (AENOR) tiene también su propio comité para Combustibles Sólidos Recuperados (AEN/CTN 301). Este comité ha publicado varias normas UNE-EN en materia de CSR, que en algunos casos son copias idénticas de las normas UNE.

Las normas UNE-EN son la versión oficial en español de las normas europeas. Aunque inicialmente son voluntarias, pueden pasar a tener carácter obligatorio una vez que se estipula su cumplimiento por vía reglamentaria. En tal caso, el fabricante, importador o distribuidor de CSR debe demostrar a la Administración Pública su cumplimiento.

Las normas publicadas hasta el momento se recogen en la Tabla 8.

Tabla 8. Normas UNE-EN publicadas por AENOR en materia de CDR.

Código	Título	Fecha de publicación
UNE-EN 15402:2011	Combustibles sólidos recuperados. Determinación del contenido de materia volátil.	19/10/2011
UNE-EN 15403:2011	Combustibles sólidos recuperados. Determinación del contenido de ceniza.	19/10/2011
UNE-EN 15407:2011	Combustibles sólidos recuperados. Métodos para la determinación del contenido en carbono (C), hidrógeno (H) y nitrógeno (N).	19/10/2011
UNE-EN 15414-3:2011	Combustibles sólidos recuperados. Determinación del contenido en humedad por el método de secado en estufa. Parte 3: Humedad de la muestra para análisis general.	19/10/2011
UNE-EN 15408:2011	Combustibles sólidos recuperados. Métodos para la determinación del contenido en azufre	07/12/2011

(S), cloro (Cl), flúor (F) y bromo (Br)		
UNE-EN 15443:2011	Combustibles sólidos recuperados. Métodos para la preparación de la muestra de laboratorio	07/12/2011
UNE-EN 15358:2011	Combustibles sólidos recuperados. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos particulares para su aplicación a la producción de combustibles sólidos recuperados.	28/12/2011
UNE-EN 15400:2011	Combustibles sólidos recuperados. Determinación del poder calorífico	28/12/2011
UNE-EN 15410:2012	Combustibles sólidos recuperados. Método para la determinación del contenido en elementos principales (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Si, Ti).	21/03/2012
UNE-EN 15440:2012	Combustibles sólidos recuperados. Métodos para la determinación del contenido en biomasa.	28/03/2012

Fuente: [www.aenor.es](http://www.aenor.es) [11 de mayo de 2012]

La secretaría del Comité AEN/CTN 301, encargado de la normalización de CSR en España, es llevada a cabo por la Asociación Española de Gestores de Biomasa de Madera Recuperadas (ASERMA), que agrupa a los fabricantes españoles de CDR y CSR.

Algunos países europeos han aprobado sus propios estándares para CDR, entre los cuales se encuentran Italia,<sup>26</sup> Finlandia<sup>27</sup> y Alemania<sup>28</sup>.

Por otro lado, algunos fabricantes de CDR también han patentado marcas propias de CSR, como Enerfuel®. Según Cemex (2010), las características de este producto son las siguientes:

- humedad inferior al 20 %
- tamaño de hasta 4 cm
- composición: 35 % plásticos, 30 % papel y cartón, 20 % madera, 15 % textil

En el Reino Unido, Cemex ha desarrollado una marca comercial propia de CDR (Climafuel) para CSR de 17 a 22 MJ/kg, contenido en humedad inferior al 15 % y contenido de cloro inferior al 1 %.

<sup>26</sup> UNI 9903 Non mineral refuse derived fuels RDF, de 1992.

<sup>27</sup> SFS 5875 Solid Recovered Fuel - Quality Control System, de 2000.

<sup>28</sup> RAL-GZ 724 Quality Assurance of Solid Recovered Fuels, de 2001.

## 5 Situación actual y perspectivas de uso de CDR

En este capítulo se expone la situación actual del consumo de CDR en España y en Europa, y se discuten, a partir de la información disponible, las perspectivas de futuro en estos dos ámbitos.

### 5.1 España

En España el destino principal de los CDR son actualmente las cementeras, que lo utilizan como sustituto, principalmente, del coque de petróleo<sup>29</sup>. En 2008, un 83,6 % del aporte calorífico de las cementeras españolas procedía del coque de petróleo, un 9,5 % de otros combustibles tradicionales y el resto (6,9 %) de combustibles alternativos (entre ellos los CDR) (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010).

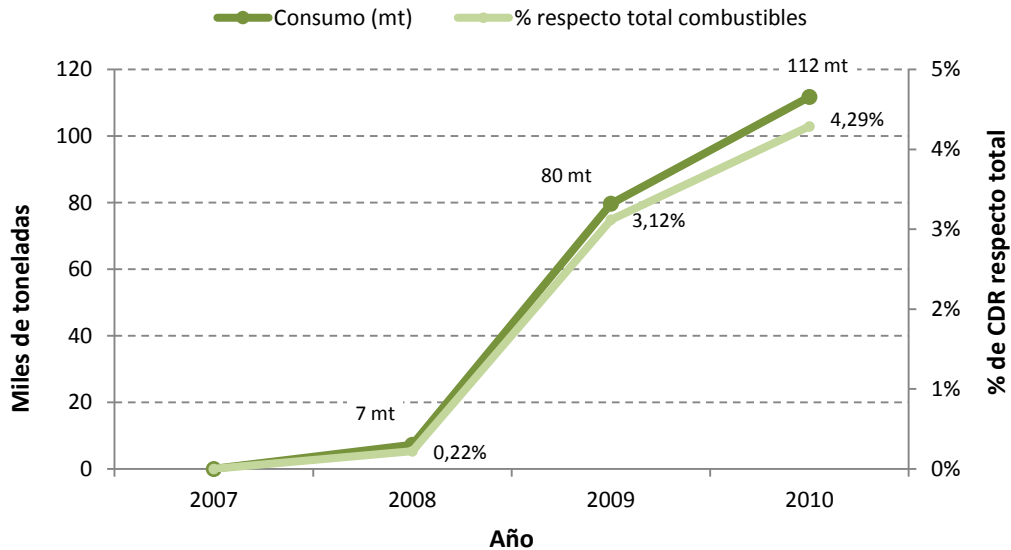
El consumo de CDR en las cementeras españolas ha crecido de forma muy importante durante los últimos años, pasando de ser nulo en 2007 a 111.794 toneladas en 2010. El consumo de CDR representó el 4,29 % del total del consumo de combustibles en peso el año 2010 (ver Gráfico 4).

Los CDR no son los únicos residuos que se pueden quemar en las cementeras. En total, existen 77 tipos de residuos autorizados a ser utilizados como combustible en cementeras, considerando cuatro dígitos de la Lista Europea de Residuos (LER). Entre los que se dan en un mayor número de autorizaciones ambientales se encuentran los residuos de la transformación de la madera, los residuos de la producción de papel, los lodos de depuradora, los neumáticos y las harinas cárnicas (Institut Cerdà, 2006).

---

<sup>29</sup> Ver definición de coque de petróleo en el Glosario.

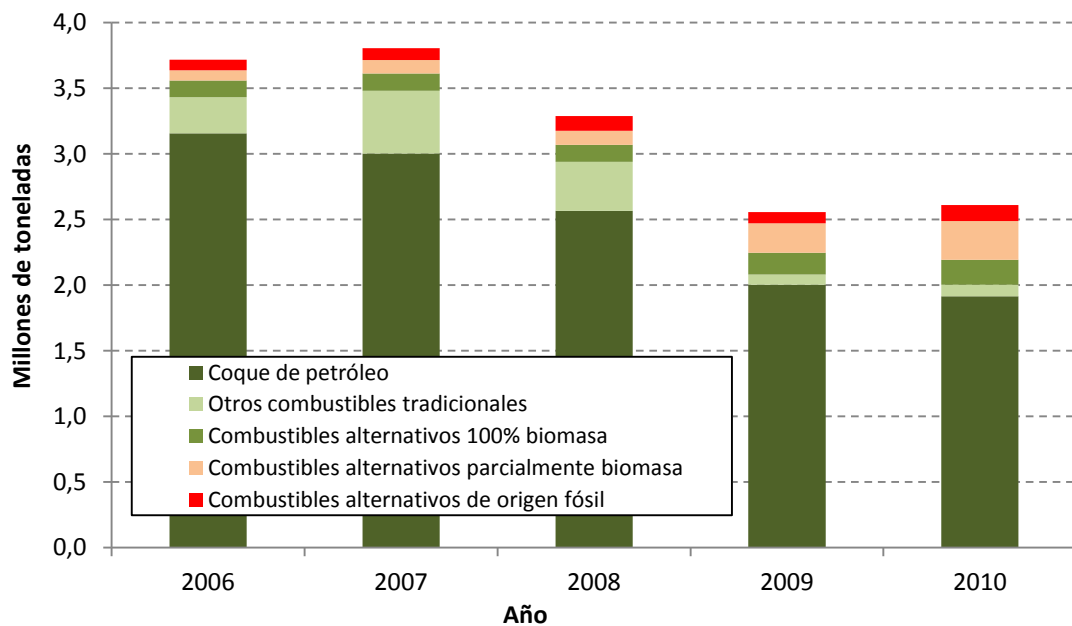
Gráfico 4. Consumo de CDR en cementeras españolas y peso de los CDR con respecto al total de combustible utilizado, 2007-2010.



Fuente: [www.oficemen.com](http://www.oficemen.com) [11 de mayo de 2012]

El Gráfico 5 muestra la contribución de diferentes tipos de combustibles utilizados por las cementeras españolas. El coque de petróleo es el principal combustible utilizado.

Gráfico 5. Consumo de combustibles, por tipo, de las cementeras españolas, 2007-2010.

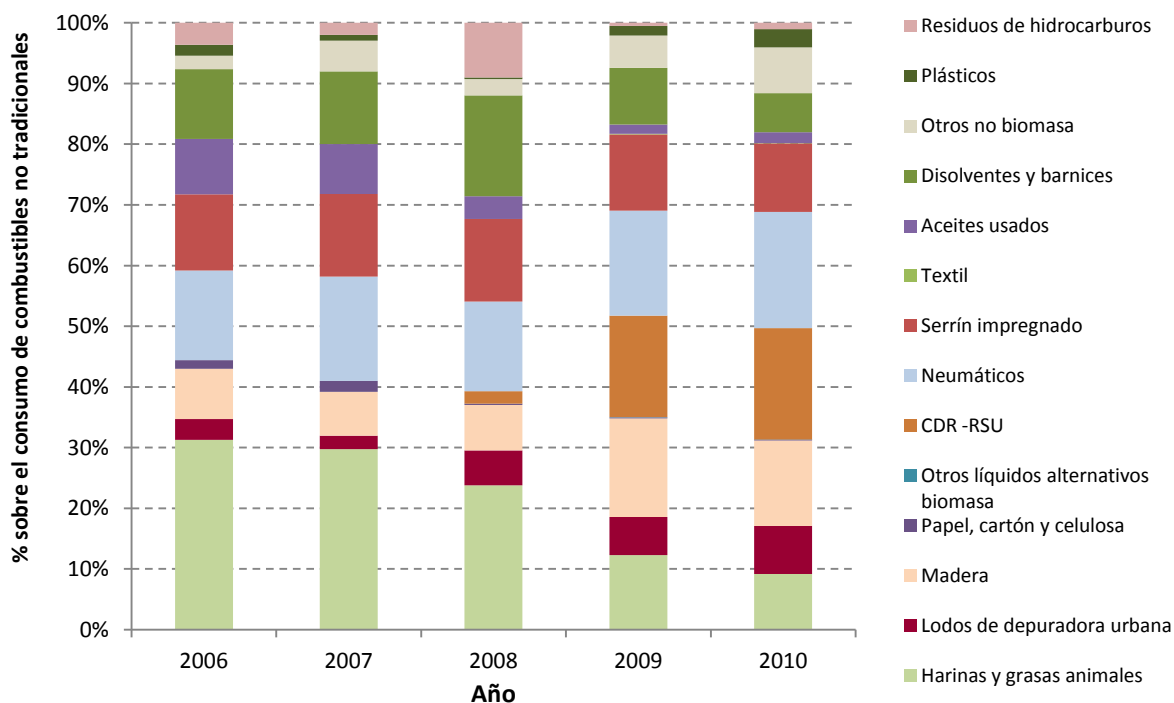


Nota: Combustibles incluidos dentro de cada categoría: Otros combustibles tradicionales: fuelóleo, gas natural, gasóleo, hulla, otros; Combustibles alternativos 100 % biomasa: harinas y grasas animales, lodos de depuradora urbana, madera, papel, cartón y celulosa, otros líquidos; Combustibles alternativos parcialmente biomasa: CDR, neumáticos, serrín impregnado, textil; Combustibles alternativos de origen fósil: aceites usados, disolventes y barnices, plásticos, residuos de hidrocarburos, otros.

Fuente: www.oficemen.com [11 de mayo de 2012]

También se observa que el consumo total de combustible de las cementeras españolas ha decrecido de forma muy importante a partir de 2008, como consecuencia del parón del sector de la construcción<sup>30</sup>. Y que la contribución de los combustibles alternativos considerados parcialmente como biomasa ha aumentado considerablemente a partir del mismo año. Dentro de esta categoría los CDR representan cerca de una tercera parte. De los datos se deduce que el aumento del consumo de CDR ha ido en detrimento no sólo del coque de petróleo, sino también del consumo de combustibles alternativos procedentes de residuos peligrosos, como por ejemplo harinas y grasas animales y aceites usados (ver Gráfico 6).

Gráfico 6. Consumo de combustibles no tradicionales en las cementeras españolas, 2006-2010.



<sup>30</sup> El consumo aparente de cemento ha pasado de 1.268 kg/habitante el 2006 –máximo histórico desde 1973– a 532 kg/habitante el 2010 (fuente: www.oficemen.com [11 de mayo de 2012]).

Fuente: [www.oficemen.com](http://www.oficemen.com) [11 de mayo de 2012]

Sin embargo, el consumo de energía de las cementeras españolas sigue siendo muy importante: en 2008 fue de 2,9 millones de toneladas equivalentes de petróleo (un 1,9 % del consumo total nacional)<sup>31</sup>.

Según las autorizaciones ambientales integradas del año 2009, en España había ese año 18 plantas de producción de cemento autorizadas para quemar CDR, que se relacionan a continuación: Alcanar (Cataluña), Añorga (País Vasco), Arrigorriaga (País Vasco), Buñol (Valencia), Carboneras (Andalucía), Gádor (Andalucía), Jerez de la Frontera (Andalucía), Lemona (País Vasco), Lorca (Murcia), Lloseta (Baleares), Málaga (Andalucía), Mataporquera (Cantabria), Sagunto (Valencia), Santa Margarida i els Monjos (Cataluña), Torredonjimeno (Andalucía), Vallcarca (Cataluña), Venta de Baños (Castilla y León), y Villalueva de la Sagra (Castilla-La Mancha) (Institut Cerdà 2009)<sup>32</sup>.

Cabe mencionar que en un gran número de autorizaciones se menciona que no podrán valorizarse energéticamente residuos con otras opciones de reciclaje y reutilización que sean viables, reflejando la jerarquía de gestión de residuos consagrada tanto en la normativa comunitaria, como en la Ley 22/2011, y que algunas autorizaciones establecen limitaciones a la recepción de residuos de otras comunidades autónomas. De los datos de composición de CDR disponibles se deduce que este precepto no se está cumpliendo, es decir, que **se están convirtiendo en CDR residuos que podrían haber sido valorizados materialmente (reutilizados, reciclados, etc.)**.

Además, algunas incineradoras, como la de Sant Adrià de Besòs (Barcelona), están adaptando sus instalaciones para la recepción de CDR.

Según la Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente (CEMA) –de la que forman parte la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (Oficemen), y los sindicatos UGT y CCOO–, 30 de las 36 fábricas de cemento españolas están autorizadas para utilizar residuos como combustible a fecha de febrero de 2012<sup>33</sup>. A parte de los CDR, aquí se incluyen otros residuos utilizados como combustibles, que se engloban dentro de la categoría "combustibles alternativos".

---

<sup>31</sup> Gaminde 2009.

<sup>32</sup> Todas las autorizaciones ambientales están disponibles en las páginas web de los organismos competentes de las Comunidades Autónomas.

<sup>33</sup> Fuente: [www.abc.es/agencias/noticia.asp?noticia=1103105](http://www.abc.es/agencias/noticia.asp?noticia=1103105) [10 de abril de 2012]

En noviembre de 2001 Oficemen y el entonces Ministerio de Medio Ambiente firmaron el "Acuerdo voluntario para la prevención y el control de la contaminación de la industria española del cemento". En el anexo 2 de dicho convenio se incluye una relación de actuaciones de prevención, reducción y control de la contaminación, entre las que se encuentra la "valorización de residuos en la fabricación de cemento para su utilización como combustibles alternativos". La mal llamada "valorización energética de residuos" claramente no supone una reducción y control de la contaminación.

Por otro lado, Oficemen y las federaciones de construcción de los sindicatos mayoritarios, UGT y CCOO, tienen un acuerdo para potenciar la valorización energética en las plantas cementeras españolas<sup>34</sup>. El convenio establece los tipos y la forma de utilización de los residuos como combustible en los procesos productivos de las cementeras. El acuerdo tiene validez hasta el 31 de diciembre de 2012.

Además, Andalucía tiene su propio acuerdo<sup>35</sup>, la tercera edición del cual se firmó en enero de 2012 entre la Federación de Construcción, Madera y Afines de CCOO de Andalucía (FECOMA-CCOO Andalucía), la Federación de Metal, Construcción y Afines de la UGT (MCA-UGT Andalucía) y la Agrupación de Fabricantes de Cemento de Andalucía (AFCA). El acuerdo, vigente hasta el 31 de diciembre de 2013, establece que los residuos susceptibles de reciclaje en Andalucía (lodos de depuradoras, fracciones recogidas selectivamente, tóneres y aceites vegetales) podrán utilizarse en fábricas de cemento "en el supuesto de que, por razones justificadas, no fuera viable la alternativa de reutilización o reciclaje o fueran excedentes de procesos de reciclaje", para lo cual será necesario un informe de la Consejería de Medio Ambiente. Andalucía también tiene su propia Fundación Laboral Andaluza del Cemento y el Medio Ambiente, creada a raíz de la primera edición del acuerdo.

Según un estudio realizado por el IDAE para la elaboración del Plan de Energías Renovables 2011-2020 sobre el potencial de la valorización energética directa de residuos (IDAE, 2011), el potencial de producción de CDR a partir del tratamiento

---

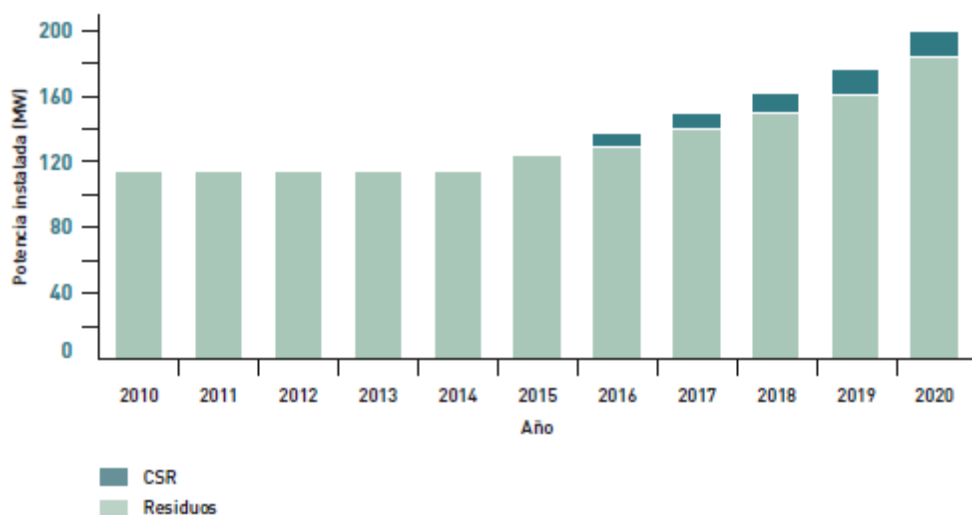
<sup>34</sup> Resolución de 11 de febrero de 2011, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el Acuerdo para el uso sostenible de los recursos, la protección de medio ambiente, la salud de las personas y la mejora de la competitividad del sector cementero español. Da continuidad a la Resolución de 24 de enero de 2005, de la Dirección General de Trabajo, por la que se dispone la inscripción en el registro y publicación del Acuerdo para la valoración energética en la Industria Española del Cemento.

<sup>35</sup> Aprobado mediante la Resolución de 25 de enero de 2012, de la Dirección General de Trabajo, por la que se ordena la inscripción, depósito y publicación del III Acuerdo de la mesa sectorial para la valoración energética en la industria andaluza del cemento.

de la fracción resto en España es de 1,2 millones de toneladas, en el supuesto de que todas las instalaciones de tratamiento de la fracción resto tuvieran la tecnología para ello<sup>36</sup>, Ello representa diez veces la cantidad de CDR consumida en las cementeras españolas en 2010.

El Plan de Energías Renovables 2011-2020 también establece objetivos crecientes de potencia instalada para el aprovechamiento de CDR entre los años 2016 y 2020 (Gráfico 7).

Gráfico 7. Objetivos de potencia instalada para el aprovechamiento energético de CDR/CSR, 2010-2020 según el Plan de Energías Renovables 2011-2020.



Fuente: IDAE (2011).

Por otro lado, el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR) cifra en 5 millones de toneladas anuales el potencial de consumo de CDR en España. Esta cantidad incluye las cementeras y otros sectores industriales (ISR, 2008).

Asimismo, estima en 6,3 millones de toneladas anuales la producción teórica de CDR, a partir del tratamiento de la fracción resto en instalaciones de compostaje y de metanización, del biosecado de los residuos vertidos actualmente y del rechazo de plantas de selección de envases (ISR, 2008).

<sup>36</sup> Actualmente, sólo el Ecoparc 4, ubicado en Els Hostalets de Pierola, y el Ecoparque de Toledo están equipados con tecnología para la producción de CDR. El Ecoparque de Toledo, tiene una capacidad de tratamiento de 250.000 toneladas al año y está en funcionamiento desde abril ([www.abc.es/20120315/toledo/abcp-objetivo-alcanzar-vertido-cero-20120315.html](http://www.abc.es/20120315/toledo/abcp-objetivo-alcanzar-vertido-cero-20120315.html) [10 de abril de 2012]).



Tabla 9. Estimación realizada por el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos del potencial de producción de CDR en España.

Instalaciones	Residuos tratados/capacidad (toneladas)	Factor de transformación en CDR	CDR potencial (toneladas)
Plantas de triaje y compostaje	7.100.000	18 % de la fracción seca separada	1.250.000
Plantas de biometanización	750.000	15 % de los residuos tratados	112.000
Vertederos controlados	15.000.000	33 % de los residuos vertidos	4.900.000
Plantas de clasificación de envases ligeros	350.000	50 % del rechazo	45.000
<b>TOTAL</b>			<b>6.307.000</b>

Fuente: Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (2008)

El potencial estimado por el ISR requiere, para su materialización, una elevada inversión en las plantas de tratamiento de residuos que hoy por hoy no está prevista. Por otro lado, no tiene en cuenta que, a medida que las políticas de reciclaje se van implantando, el potencial de producción de CDR disminuye, pues se reduce la cantidad recogida de residuos mezclados.

Sin embargo, son varias las administraciones públicas que se están interesando por los CDR. El IDAE firmó en 2009 un convenio con el Ayuntamiento de Vitoria para la elaboración de un estudio de viabilidad de una planta de procesado de los rechazos del tratamiento mecánico-biológico de los residuos sólidos urbanos para la obtención de CSR. El Área Metropolitana de Barcelona, que tiene la competencia del tratamiento de los residuos generados en todo su ámbito, encargó en 2011 dos estudios para estudiar la viabilidad económica y el impacto ambiental (a partir de un análisis de ciclo de vida) de la gestión del rechazo de sus plantas de tratamiento. De hecho, dicho ente local está ya gestionando parte de este rechazo a través de productores de CDR.

La demanda genera oferta, y cada vez son más los proyectos de producción de CDR para los que se solicita autorización. Sólo en Cataluña están autorizadas (a fecha abril de 2012) cuatro plantas de producción de CDR con una capacidad total de casi 300.000 toneladas. Dado que el otorgamiento de autorizaciones para plantas de producción de CDR está delegado a las comunidades autónomas, no existen datos centralizados de autorizaciones en trámite u otorgadas. Tampoco se han encontrado datos publicados de la capacidad de producción de CDR para el

conjunto de España, ni de la capacidad que se encuentra actualmente en servicio o en tramitación.

Además, el ecoparque (planta de titularidad pública de tratamiento mecánico-biológico de la fracción resto) ubicado en el término de Els Hostalets de Pierola (Barcelona), está equipado con tecnología para la producción de CDR.

A parte, también hay plantas de producción de CDR en, como mínimo, Comunidad Valenciana, Baleares, Andalucía, País Vasco y Navarra.

Algunas plantas de producción de CDR son propiedad o están promovidas por las mismas cementeras. Por ejemplo, en mayo de 2009 el fabricante de cemento Cemex puso en servicio una planta de selección y trituración de residuos plásticos para su valorización energética en su fábrica de Castillejo (Toledo). La planta tiene una capacidad de 35.000 toneladas/año (Cemex, 2010).

En España el uso futuro de los CDR dependerá en gran parte de la voluntad de las administraciones, que son las que deben autorizar su consumo en la industria a través de las autorizaciones ambientales. En el caso de que ocurra dicha autorización, las empresas productoras de CDR verán una oportunidad de negocio y previsiblemente impulsarán nuevos proyectos de producción de CDR. Su uso también puede verse afectado por las políticas de fomento de combustibles nacionales, como el carbón, que detraería su demanda<sup>37</sup>.

En el caso de que la administración no autorice el uso de CDR en la industria puede ocurrir que los productores de CDR enfoquen su negocio a la exportación, como está ocurriendo en Grecia, donde las cementeras no disponen de las autorizaciones necesarias para consumir CDR (ERFO, 2010).

## 5.2 Europa

La producción de CDR a partir de residuos municipales está bastante extendida en Europa.

Los países en los que la producción de CDR está más arraigada son Alemania, Austria, Finlandia, Italia, Países Bajos y Suecia. En Bélgica y en el Reino Unido el mercado está todavía en proceso de consolidación (Cuperus, 2011).

---

<sup>37</sup> Sin embargo conviene apuntar que el uso de carbón como combustible representa no menos costes ambientales que el uso de CDR.

Actualmente, el principal uso que se da en Europa a los CDR es la sustitución de combustibles fósiles en la industria del cemento y de la cal, aunque en algunos países, como Alemania, el consumo en centrales de producción de energía ya sobrepasa el consumo en cementeras. Algunos hornos de producción de acero también utilizan CDR como sustituto del carbón (Cuperus, 2011).

Además de ser utilizados en cementeras, en el Reino Unido los CDR se consumen sobre todo en incineradoras para la generación de electricidad. En Finlandia y otros países nórdicos se consumen para la producción de calor en industrias y en plantas de *district heating* (que aprovechan el calor para uso residencial), y en la industria papelera (European Commission, 2006).

La media de sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos en Europa era del 17 % en 2007, aunque hay grandes diferencias entre países. El mismo año, algunas plantas tenían porcentajes de sustitución de más del 80 % (European Commission, 2010).

Según la Asociación Europea de productores de CDR (*European Recovered Fuel Organisation - ERFO*)<sup>38</sup>, los factores determinantes para el desarrollo de los CDR no han sido los mismos en todos los estados. Así, a pesar de que todos ellos han tenido que confrontar la subida de precio de los combustibles (incluido el coque de petróleo), y una variable disponibilidad de otros combustibles alternativos (como neumáticos, harinas cárnicas o residuos peligrosos), los factores específicos que han empujado el uso de CDR en cada país han sido los siguientes (Gascoyne 2010):

- Alemania: prohibición del vertido de residuos y estrategia de gestión de los recursos.
- Reino Unido: decisión política y dificultad para obtener permisos de incineración. Aumento de la *landfill tax* (impuesto sobre el vertido de residuos).
- Italia: legislación que otorga a los CDR la condición de producto.
- Bélgica: demanda por parte de las cementeras.
- España: decisión política y demanda de las cementeras.

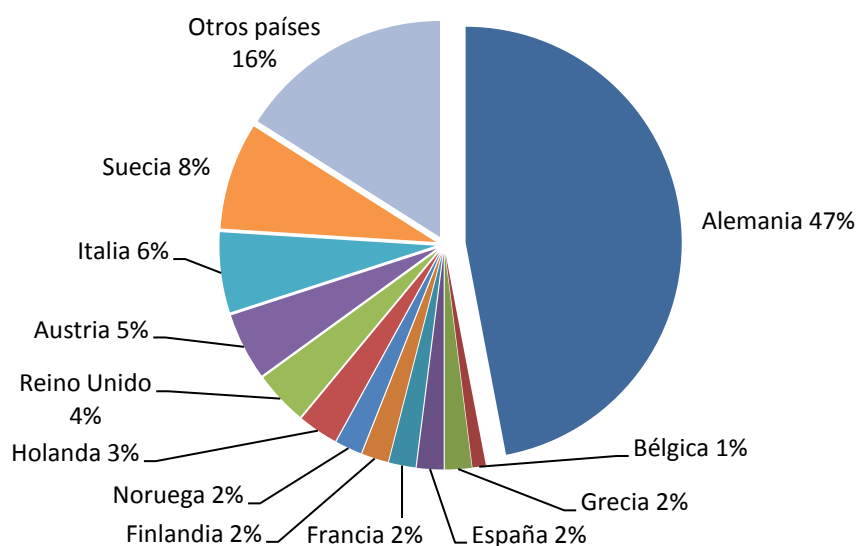
---

<sup>38</sup> ERFO representa un gran número de fabricantes de CDR de varios países europeos, a saber: Bélgica, Holanda, Alemania, Francia, Reino Unido, Ucrania, Italia, Finlandia, Irlanda y también de España. Colabora con el Comité Europeo de Normalización, participa en proyectos europeos de I+D, en seminarios y debates, y realiza contribuciones para los documentos BREF.

En Alemania, la elevada producción de CDR ha producido una competición creciente entre los distintos tipos de instalaciones de valorización energética (incineradoras, co-incineradoras, etc.).

Alemania es el país europeo con una mayor producción de CDR. Según ERFO (2010), de las 12 millones de toneladas de CDR producidas en Europa en 2008, un 47 % fueron producidas en Alemania.

Gráfico 8. Producción de CDR en Europa, 2008.



Fuente: ERFO (2010)

En lo que respecta al origen de los CDR, Villanueva *et al.* (2010) estiman que en 2004, entre un 45 % y un 49 % de los CDR consumidos en Europa (EU-27) se produjeron a partir de residuos municipales (incluidos los residuos recogidos en masa tratados y los residuos recogidos selectivamente), seguidos por los residuos de la construcción y de demolición (un 31 % del total).

Actualmente el mercado de CDR es sobre todo local. Los productores de CDR esperan que su creciente uso y la internacionalización de su consumo establezca los precios de los CDR a niveles atractivos para los potenciales consumidores.

La demanda de CDR en Europa no ha parado de crecer en los últimos años, y la demanda por parte de la industria de cemento, del acero y de la generación de energía está en aumento. Hay varios factores que influyen en esta tendencia, entre los cuales destacan los siguientes:

- La Directiva 1999/31/CE<sup>39</sup>, que fija objetivos de reducción de los residuos biodegradables destinados a vertedero. Ello ha llevado a varios países y regiones a aprobar leyes que prohíben el vertido de residuos biodegradables y/o de residuos sin tratamiento previo<sup>40</sup>.
- La Directiva 2000/76/CE<sup>41</sup>, que prevé la co-incineración de residuos.
- La Directiva 2009/28/CE<sup>42</sup>, que considera la fracción biodegradable de los residuos como fuente renovable de energía.
- La Directiva 2003/87/CE<sup>43</sup>, que permite a las industrias vender los derechos de emisión no utilizados y la Decisión de la Comisión de 29 de enero de 2004, que permite considerar las emisiones derivadas de la fracción de biomasa de residuos municipales e industriales como cero.
- Los costes crecientes de la energía y el consiguiente interés por la sustitución de combustibles fósiles.
- El desarrollo de estándares europeos para los CDR y la posible condición de fin de residuo para los CDR, que facilitarían su consumo.

Si se toma Alemania como referencia (Gráfico 9), la posible evolución del consumo de CDR haría que en un futuro las cementeras dejaran de ser sus principales consumidoras y tomaran protagonismo las plantas de generación de electricidad y otras plantas industriales de fabricación o transformación de productos que consuman una gran cantidad de energía en sus procesos.

---

<sup>39</sup> Directiva 1999/31/CE del Consejo de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos.

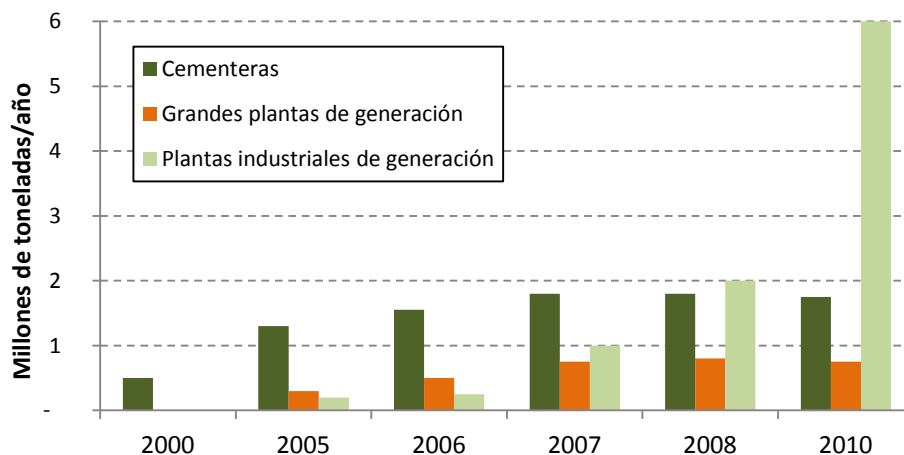
<sup>40</sup> En Flandes (Bélgica), por ejemplo, rige desde el año 2000 una prohibición sobre el vertido de residuos biodegradables y de residuos no tratados. En Francia se aplica también una prohibición sobre el vertido de residuos no tratados.

<sup>41</sup> Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de diciembre relativa a la incineración de residuos.

<sup>42</sup> Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.

<sup>43</sup> 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.

Gráfico 9. Evolución del consumo de CDR en Alemania por tipos de instalación, 2000-2010.



Fuente: Gascoyne (2010).

En cuanto a la condición de fin de residuo, en el contexto de los criterios establecidos por la Directiva Marco de Residuos (ver apartado Normativa comunitaria), el *Joint Research Center* (JRC) de la Comisión Europea está llevando a cabo análisis de varios flujos de residuos candidatos a ser considerados fin de residuo, y está desarrollando criterios para determinar la condición de fin de residuo en base a casos de estudio.

A fecha de abril de 2012 todavía se está estudiando si procede o no establecer criterios de fin de condición de residuo para los CDR<sup>44</sup>. Según la última información publicada por el JRC, se esperaba que éste se pronunciara en un sentido u otro durante el primer trimestre de 2012, pero a fecha de entrega del presente informe esta pronunciación todavía no ha sido publicada<sup>45</sup>.

Las perspectivas de consumo de CDR derivadas del análisis efectuado en el presente informe son al alza. Algunas industrias consumidoras de CDR (p.e. cementeras) ya están llevando a cabo *joint ventures*, o acuerdos comerciales, con empresas gestoras de residuos con el fin de asegurar el suministro de CDR y un precio estable del mismo.

<sup>44</sup> La Comisión Europea ha adjudicado un análisis sobre la conveniencia de otorgar el fin de condición de residuo a diferentes combustibles derivados de los residuos, entre ellos los CDR <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/waste> [7 de mayo de 2012].

<sup>45</sup> Ídem.

Según Villanueva *et al.* (2010) se espera que el consumo de CDR crezca sobre todo en Alemania, Bélgica, Italia, Francia, España y el Reino Unido en los próximos años.

La evolución del consumo de CDR dependerá, en gran parte, de la evolución del precio de los combustibles fósiles y de la evolución del mercado de emisiones de CO<sub>2</sub>, que determinarán el precio de emisión, así como las políticas de residuos.

## 6 Análisis económico

En este capítulo se analizan algunos aspectos económicos del uso de CDR. En particular se analiza el ahorro de costes para las industrias, la reducción de ingresos tributarios para la administración, el coste para las administraciones gestoras de residuos y el coste en forma de externalidades para el conjunto de la sociedad.

### 6.1 Ahorro de costes para las industrias

El ahorro de costes que representa el uso de CDR en sustitución de combustibles fósiles en industrias deriva de:

- el menor coste (en algunos casos incluso negativo)<sup>46</sup> de los CDR en comparación con los combustibles fósiles,
- la posibilidad de computar como cero las emisiones derivadas de la fracción de CDR que se puede asimilar a biomasa (para las industrias que se encuentran dentro del régimen de comercio de emisiones),
- la posibilidad de recibir primas por la producción de electricidad en régimen especial (para las industrias acogidas a este régimen).

#### 6.1.1 Ahorro en costes de combustible

No existen datos publicados respecto al precio de venta de los CDR. Sin embargo, conversaciones mantenidas con la Fundación CEMA e informaciones referentes a otros países europeos hacen pensar que actualmente, en término medio, las cementeras están cobrando por aceptar los CDR del orden de 20 euros por

---

<sup>46</sup> Es decir, que los consumidores de CDR cobran por aceptar el producto en su instalación.

tonelada, si bien en algunos casos concretos (en que los CDR suministrados son de alta calidad) las cementeras pagan por adquirirlos. Ello pone en evidencia la importancia de la calidad de los CDR en el balance económico de esta opción de gestión de los residuos.

Por lo que respecta a las cementeras, hay que tener en cuenta que su consumo energético es muy elevado, llegando a representar en torno al 30 % de los costes de fabricación del cemento (ver apartado España). Ello deriva del elevado aporte energético necesario para la fabricación del clinker<sup>47</sup>.

Aunque los CDR tienen un poder calorífico considerablemente inferior que los combustibles fósiles, dado que en general las cementeras no pagan por la adquisición de los CDR (en general cobran por admitirlos, como se ha comentado) siguen siendo un producto muy atractivo para ellas (Tabla 10), sobre todo en un contexto de aumento del coste de los combustibles fósiles.

Tabla 10. Comparativa económica coque-CSR.

	Coque	CSR
Precio (€/t)	50	0
PCI (GJ/t)*	32,5	17
Precio relativo (€/GJ)	1,54	0**

Notas: \* Gigajulios por tonelada. \*\* Aunque en esta comparativa se ha supuesto un precio del CSR de 0 €/tonelada, como ya se ha comentado anteriormente en general las cementeras reciben dinero por utilizar el CSR como combustible.

Fuente: Elaboración propia a partir de Feliu (2009).

Sin embargo, para poder utilizar CDR en las cementeras es necesaria la realización de inversiones en equipos tales como sistemas de control y análisis, equipos de almacenamiento y protección y equipos de alimentación. A estas inversiones cabe sumar las inversiones en equipos de depuración para adecuar las fábricas a los límites de emisión, así como costes de operación<sup>48</sup>. La Tabla 11 muestra una estimación de estas inversiones y costes de operación, conjuntamente con los ahorros derivados:

<sup>47</sup> Entre 1.700 y 1.800 MJ por tonelada de clinker (Ministerio de Medio Ambiente, 2004).

<sup>48</sup> Cabe mencionar que, según fuentes de Greenpeace, las inversiones que han realizado las cementeras hasta el momento han consistido principalmente en la instalación de filtros de mangas para reducir las emisiones de partículas (contaminante más visible), mientras que en pocas cementeras se han instalado filtros (p.e. de carbón activo) para reducir las emisiones de otros contaminantes orgánicos.



Tabla 11. Análisis económico del consumo de CDR en una instalación industrial, en comparación con el consumo de carbón.

Concepto	Coste/ahorro (€/tonelada de CDR) respecto al consumo de carbón
Ahorro energético	48,5
Ahorro en emisiones de CO <sub>2</sub>	12
Costes de inversión	-6,70
Costes de operación	-3,30
<b>Ahorro neto del CDR</b>	<b>50,50</b>

Nota: En el análisis se ha supuesto un poder calorífico del CDR de 28 MJ/kg.

Fuente: [www.ecomondis.com/business.htm](http://www.ecomondis.com/business.htm) [11 de mayo de 2012]

En Europa el precio de los CDR es inestable y se ve muy influenciado por (Gascoyne 2010):

- El desarrollo tecnológico y el coste de producción de CDR
- La competencia entre usuarios
- El desarrollo de plantas de incineración
- La clasificación de las incineradoras como plantas de valorización o de eliminación
- Los requisitos de calidad

Según ERFO (2010), el precio de los CDR depende no sólo de la calidad sino también de la cantidad de producto suministrado. En Alemania los CDR se suministran a coste cero a las cementeras cuando tienen un elevado poder calorífico (más de 20 MJ/kg). Para otros casos, los productores de CDR tienen que pagar a los consumidores para que los acepten en sus instalaciones, a un precio de entre 17 y 25 euros/tonelada (ERFO, 2010).

### 6.1.2 Venta de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>

En cuanto a las emisiones, la fracción de biomasa de los CDR se incluye en la lista de biomazas neutras respecto al CO<sub>2</sub> para la aplicación de las directrices del comercio de emisiones. Esta lista incluye:

- La fracción de biomasa de materiales compuestos que contienen madera.
- La fracción de biomasa de residuos textiles.
- La fracción de biomasa de papel, cartulina y cartón.
- La fracción de biomasa de residuos municipales e industriales.

- La fracción de biomasa de residuos municipales e industriales tratados.

Actualmente, el sistema europeo de comercio de emisiones se encuentra en su segunda fase (2008-2012). En España se incluyen en el sistema unas 1.130 empresas, que recibieron una asignación gratuita de derechos para emitir entre 2008 y 2012. Estos derechos no se han utilizado en su totalidad en ningún año de este período, lo cual ha generado beneficios para las empresas, que han podido vender los derechos no utilizados a otras industrias. El cemento es uno de los sectores más beneficiados de este mercado. Sólo en 2011, el superávit de los sectores del cemento y la cal fue de 14,48 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (que a un precio medio de 12,8 euros por tonelada supuso unos ingresos de 185 millones de euros)<sup>49</sup>.

En 2013 se pondrá en marcha la tercera fase del Esquema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (ETS-phase 3, 2013-2020). En esta fase será la Unión Europea, y no los estados miembros, quien otorgue los derechos de emisión, de acuerdo con las mejores técnicas disponibles. Dado que en Europa el uso de CDR está más extendido, ello podría acelerar el uso de CDR en España, pues las mejores técnicas disponibles incorporarán implícitamente el uso de CDR y los derechos asignados serán previsiblemente menores que los actuales<sup>50</sup>. También hay que tener en cuenta que algunos organismos, como la Agencia Europea del Medio Ambiente, empiezan a poner en cuestión que las emisiones derivadas de la biomasa tengan un balance neutro, lo cual podría modificar el criterio a aplicar en la nueva fase del comercio europeo de emisiones<sup>51</sup>.

### 6.1.3 Ingresos por la generación de energía en régimen especial

Por lo que respecta a las primas a la producción eléctrica, el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, incluye en su ámbito de aplicación (Art. 2) las centrales que utilicen como combustible principal residuos sólidos urbanos (grupo c.1), grupo en el que se incluiría el uso de CDR como combustible principal para producción eléctrica, como sería por ejemplo el caso de la planta termoeléctrica de SOGAMA, en Cerceda (Galicia). La mayoría de instalaciones optan por la opción de venta de Precio de mercado + Prima, con una prima igual a

---

<sup>49</sup> [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/04/22/actualidad/1335122571\\_937574.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/04/22/actualidad/1335122571_937574.html) [7 de mayo de 2012].

<sup>50</sup> Según conversaciones con técnicos de la Oficina Catalana del Cambio Climático.

<sup>51</sup> De acuerdo con la opinión del Comité Científico de la EEA publicada en setiembre de 2011 (EEA 2011).

3,0581 c€/kWh<sup>52</sup>. En menor medida las instalaciones optan por la opción de venta por Tarifa Regulada, opción en la que el sistema eléctrico abona la diferencia del precio de mercado hasta llegar al precio regulado, con una tarifa de 5,9630 c€/kWh<sup>53</sup>.

La reciente aprobación del Real Decreto-Ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se suprimen los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos. Esto deja fuera del régimen especial todas las nuevas instalaciones de valorización energética de residuos, aunque se mantiene para las existentes.

## 6.2 Reducción de ingresos derivados de impuestos

Aunque para algunas administraciones la derivación de residuos hacia la producción de CDR representa un ahorro de costes respecto al vertido o la incineración, para otras representa una reducción de ingresos derivados de impuestos.

En este apartado se analizan los casos concretos del impuesto especial sobre el carbón, aplicado al consumo de coque de petróleo, y de los impuestos autonómicos sobre el vertido y la incineración de residuos, efectuando estimaciones de la reducción de ingresos a partir de los últimos datos disponibles de consumo de CDR.

### 6.2.1 Impuesto especial sobre el carbón

El coque de petróleo está sujeto al impuesto especial sobre el carbón de acuerdo con el artículo 75.1 de la Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales.

Dicho artículo establece que a efectos de la inclusión dentro del ámbito de aplicación del impuesto especial sobre el carbón “tienen la consideración de carbón los productos comprendidos en los códigos 2701, 2702, 2704, 2708, 2713 y 2714 de la nomenclatura arancelaria y estadística establecida por el Reglamento (CEE)

---

<sup>52</sup> [www.minetur.gob.es/energia/electricidad/Tarifas/Instalaciones/Paginas/InstalacionesC.aspx](http://www.minetur.gob.es/energia/electricidad/Tarifas/Instalaciones/Paginas/InstalacionesC.aspx) [11 de mayo de 2012].

<sup>53</sup> Ídem.

núm. 2658/87 del Consejo, de 23 de julio de 1987". Entre los productos comprendidos en el código NC 2713 se encuentra el coque de petróleo.

El hecho imponible del impuesto sobre el carbón es "la primera venta o entrega de carbón efectuada en el ámbito territorial tras la producción o extracción, importación o adquisición intracomunitaria de carbón" (art. 77 de la Ley 38/1992). La base imponible es el poder energético del carbón, expresado en gigajulios (GJ). El tipo de gravamen es de 0,15 euros por gigajulio (art. 84)<sup>54</sup>. En principio, el impuesto debería ser pagado por el productor, extractor, importador o adquiriente intracomunitario de carbón, que constituye el sujeto pasivo (art. 81).

Sin embargo, actualmente **este impuesto no se aplica sobre las cementeras**, dado que la producción de cemento está incluida dentro de las exenciones que prevé el artículo 79 de la Ley 38/1992.

La Tabla 12 muestra una estimación de la reducción de recaudación que hubiera representado el consumo de CDR en cementeras españolas entre 2008 y 2010, de no haber existido esta exención, es decir, si el impuesto se hubiera aplicado sobre el consumo de coque en cementeras.

Tabla 12. Estimación de la pérdida de recaudación en el impuesto especial sobre el carbón derivada del consumo de CDR en España, si no existiera la exención a las cementeras, 2008-2010.

	2008	2009	2010
Consumo CDR-RSU (t)	7.285	79.718	111.794
Poder calorífico (GJ)	109.275	1.195.770	1.676.910
Impuesto asociado	16.391 €	179.366 €	251.537 €

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos publicados en [www.oficemen.com](http://www.oficemen.com) [12 de mayo de 2012].

El uso de coque en cementeras y otras industrias tampoco se ve afectado por el Impuesto sobre las ventas minoristas de determinados hidrocarburos.

Conviene mencionar que en el caso de que los CDR se utilizaran en centrales de generación de electricidad, centrales de cogeneración u otras industrias de transformación de minerales en sustitución del carbón tampoco representarían una reducción de ingresos del impuesto sobre el carbón, dado que las centrales de generación de energía también se encuentran exentas del impuesto sobre el carbón.

<sup>54</sup> Para un coque de PCI=32,5 GJ/t, el impuesto sería de 4,9 €/t.

## 6.2.2 Impuestos autonómicos sobre el vertido y la incineración de residuos

Por otro lado, algunas comunidades autónomas aplican impuestos sobre el vertido y/o la incineración de residuos municipales e industriales no peligrosos, susceptibles de ser utilizados para la producción de CDR. Para el caso de los residuos municipales y asimilables, se trata de Cataluña y, más recientemente, de Castilla y León, y para el caso de los residuos industriales no peligrosos se trata de Andalucía, Cantabria, Castilla y León, Madrid y Murcia.

La derivación de residuos hacia la producción de CDR representaría, para las respectivas administraciones autonómicas, una reducción de la recaudación de dichos impuestos.

En el caso de Cataluña, la puesta en marcha de las instalaciones autorizadas para la producción de CDR –cerca de 330.000 toneladas, algunas de las cuales ya están en fase de pruebas–, representaría una reducción de ingresos de aproximadamente 3,8 millones de euros anuales<sup>55</sup>.

## 6.3 Coste para las administraciones gestoras de residuos

Según ERFO (2010), el coste de producción de los CDR es de 50 a 70 €/tonelada, al cual hay que sumar el coste del transporte hasta el consumidor (que estiman en 20 €/t). Otros estudios, como el realizado por el Ayuntamiento de Vitoria para analizar la viabilidad de una planta de producción de CSR, dan rangos de costes más bajos (entre 12 y 18 €/t, en función de la tecnología)<sup>56</sup>. Gran parte de este coste es pagado actualmente por las administraciones gestoras de residuos a través de unas tarifas de entrada a las instalaciones productoras de CDR, que a parte del coste de producción de los CDR incorporan el coste de entrada a las instalaciones consumidoras, el transporte hasta las mismas y el beneficio industrial de las empresas productoras de CDR<sup>57</sup>.

Una opción que se están planteando algunas administraciones es la de incorporar la tecnología de producción de CDR a sus plantas de tratamiento.

---

<sup>55</sup> Tomando los tipos impositivos de 2012 y suponiendo que un 85 % de los residuos destinados a la producción de CDR se hubieran vertido y el resto incinerado.

<sup>56</sup> Alonso 2010.

<sup>57</sup> Según un ente local catalán, la tarifa de entrada a la planta de CDR es de entre 60 y 65 euros por tonelada. No se dispone de tarifas para las plantas del resto de España.

En este sentido, el Área Metropolitana de Barcelona está estudiando la viabilidad económica de realizar inversiones en sus ecoparques para preparar CDR<sup>58</sup>. También lo ha hecho el Ayuntamiento de Vitoria, gracias a un convenio con el IDAE. Se trata, sin embargo, de inversiones económicas elevadas, aunque si se tiene en cuenta el coste evitado del vertido de residuos se pueden rentabilizar en un plazo relativamente corto (4 o 5 años según el estudio de Vitoria).

De momento, y probablemente debido a que las administraciones se encuentran en una situación financiera compleja, la principal apuesta está siendo dejar en manos de la iniciativa privada la producción de CDR.

Ello tiene la ventaja de no tener que afrontar el coste de las inversiones, si bien supone un riesgo para las administraciones, que están a merced de los costes que fijen las empresas productoras de CDR, que a su vez están a merced de las cementeras y otras instalaciones potencialmente consumidoras de CDR.

## 6.4 Costes para la sociedad

En este apartado se analizan los costes del uso de CDR para el conjunto de la sociedad a partir del concepto de externalidad.

### 6.4.1 Introducción a los costes ambientales externos

El concepto de externalidad se viene utilizando en economía desde hace prácticamente un siglo (p.e. Pigou, 1920). Sin embargo, no fue hasta 1960 que las externalidades ambientales empezaron a recibir más atención, tanto con intenciones de cuantificación como de internalización.

Se pueden definir las externalidades ambientales como los efectos colaterales de la producción o el consumo de determinados agentes económicos sobre el bienestar de otros individuos, para los cuales no se paga o no se percibe pago, ya sea porque los efectos no pueden compensarse con dinero, porque se desconoce a quien pagar / cobrar, porque el importe del pago sea imposible de establecer o porque la transacción no se puede producir.

---

<sup>58</sup> Actualmente sólo uno de los cuatro ecoparques gestionados por el Área Metropolitana de Barcelona dispone de tecnología para producir CDR (ICAEN, 2011).

Las externalidades ambientales son costes ambientales, y son diferentes de los costes "tradicionales" de explotación de una actividad. La diferencia principal es que los segundos se pagan a un precio determinado por el mercado y los primeros no tienen mercado (COWI, 2000).

Tanto los vertederos como las incineradoras son fuente de numerosas externalidades ambientales. Las externalidades de los vertederos incluyen la emisión de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>), las emisiones de efluentes líquidos como nitrógeno y cloruros, la generación de ruido, polvo y olores, y la ocupación de espacio y la alteración del paisaje. Por otra parte, en los vertederos con recuperación de energía existen impactos positivos derivados de la reducción de emisiones por el aprovechamiento del gas desprendido por los residuos vertidos (emisiones desplazadas) (Greño, 2005).

Las externalidades ambientales de la incineración incluyen las emisiones atmosféricas contaminantes (entre las cuales las dioxinas y furanos), las emisiones de efluentes líquidos producidos en el sistema de purificación de gases (normalmente es un aspecto ya resuelto y por este motivo no se contempla habitualmente), la generación de residuos sólidos secundarios (cenizas y escorias, que se clasifican entre peligrosas y no peligrosas), ruido e impacto visual (asociado con la presencia de chimeneas). Por otro lado, también cabe mencionar la existencia de costes ambientales evitados derivados de las emisiones atmosféricas evitadas con la recuperación de energía, de la recuperación de metales y de la generación de residuos sólidos secundarios, que pueden ser utilizados con fines comerciales (Greño, 2005).

En el caso de otras opciones de tratamiento como el Tratamiento Mecánico Biológico (TMB), durante el biosecado de residuos para la producción de CDR, también se generan emisiones de carbono fruto de la activación del proceso de degradación que se da por el incremento inducido de temperatura. El tratamiento final de este producto puede darse en una incineradora, en una cementera o en un vertedero (Eunomia, 2009).

De manera similar que en una incineradora, en una cementera se contabilizan unas externalidades positivas de la reducción de emisiones. En el caso de la incineradora, las externalidades positivas derivan de la generación de electricidad; en el caso de las cementeras, derivan de la reducción de consumo de combustibles fósiles<sup>59</sup>.

---

<sup>59</sup> Como se ha comentado en el apartado 7.4 Autonomía energética, cuando el combustible utilizado es coque de petróleo no se puede afirmar que su sustitución

Por otro lado, también hay que tener en cuenta la opción de reciclaje de los materiales que componen los CDR. Según Eunomia (2009), **el reciclaje de materiales ahorra el uso de productos vírgenes, cuya extracción y confección tiene un consumo de energía y unas emisiones superiores.**

En el presente apartado se presentan los costes unitarios externos, a modo comparativo, para tres sistemas de tratamiento de los CDR: el uso en cementera, en incineradora y el reciclaje de los materiales constituyentes.

### 6.4.2 Cuantificación de los costes ambientales externos derivados del tratamiento de los CDR

Numerosos estudios han revisado los costes y beneficios de los tratamientos de residuos, pero pocos han revisado tratamientos de la fracción resto que no sea vertido o incineración, y menos aún con producción y uso de CDR, pues se trata de una tecnología relativamente reciente. Eunomia (2009)<sup>60</sup> presenta un análisis de los costes ambientales de diversos tratamientos de los CDR.

En este apartado se analizan los costes ambientales del uso de CDR en cementeras en España, en comparación con dos tratamientos alternativos que podría recibir este residuo, como son la incineración y el reciclaje.

Los impactos ambientales analizados se dividen entre aquellos que afectan al cambio climático y aquellos que afectan a la calidad del aire. En la Tabla 13 se presentan los costes unitarios externos netos<sup>61</sup> por tonelada de CDR sometida a un proceso mecánico biológico (TMB) seguido de incineración o uso en cementera.

Tabla 13. Costes ambientales externos por tonelada de CDR tratado en TMB + incineradora o en TMB + cementera, en euros.

Tratamiento (obtención / uso de CDR)	Cambio climático		Calidad del aire		Total	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo
TMB con biosecado	23,87	19,75	16,00	5,55	39,87	25,30

contribuya a reducir la presión sobre los combustibles fósiles. Esta externalidad se produciría, pues, solo en aquellas instalaciones en que se utilicen otro tipo de combustibles fósiles, como por ejemplo el carbón.

<sup>60</sup> A partir de un trabajo desarrollado por Eunomia para WRAP (Waste & Resources Action Programme), elaborado a partir de una serie de investigaciones publicadas.

<sup>61</sup> Sólo se dispone de los costes unitarios netos, en los que ya se han descontado las externalidades positivas.



aeróbico / incineración						
TMB con biosecado aeróbico / cementera <sup>1</sup>	9,53	7,78	12,00	4,16	21,53	11,95

<sup>1</sup> Se supone que las cementeras utilizan un combustible con un 90 %<sup>62</sup> de proporción de CDR en sustitución del carbón<sup>63</sup>.

Notas: En la tabla se presenta una horquilla de estimación en la que "Alto" es el valor máximo de la externalidad y "Bajo" el valor mínimo (la diferencia viene dada, principalmente, por el valor de las externalidades negativas del consumo de combustible en las instalaciones). Se asume que las instalaciones cumplen los requisitos legales de emisiones de la Directiva 2000/76/CE, de 4 de diciembre, sobre la incineración de residuos. Precios actualizados a 2012. En los impactos contabilizados en la presente tabla están incluidos el vertido del rechazo procedente de la quema de CDR y las emisiones de COVs y amoníaco durante el proceso de biosecado del TMB.

Fuente: Adaptación a partir de Eunomia (2009).

En la Tabla 14 se presentan los beneficios externos unitarios o externalidades evitadas derivadas del reciclaje de diferentes materiales.

Tabla 14. Costes ambientales externos por tonelada de material reciclado, en euros.

Reciclado seco	Cambio climático		Calidad del aire	Total	
	Alto	Bajo		Alto	Bajo
Papel	-20,74	-17,19	-18,68	-39,42	-35,87
Acero (metales ferrosos)	-40,13	-33,27	-85,15	-125,28	-118,41
Aluminio (metales no ferrosos)	-306,64	-254,19	-471,66	-778,30	-725,86
Plástico	-46,81	-38,81	-112,43	-159,24	-151,24
Vidrio	-10,03	-8,31	-16,77	-26,80	-25,09
Textiles	-101,33	-83,99	0,00	-101,33	-83,99

Notas: En la tabla se presenta una horquilla de estimación en la que "Alto" es el valor máximo de la externalidad y "Bajo" el valor mínimo (la diferencia viene dada, principalmente, por el valor de las externalidades negativas del consumo de combustible en las instalaciones). Precios actualizados a 2012.

Fuente: Eunomia (2009).

De la tabla anterior cabe destacar el impacto positivo que se genera en reciclar metales no ferrosos, como el aluminio. El plástico es el segundo material del que se

<sup>62</sup> Aunque el porcentaje de sustitución actual en las cementeras españolas es muy inferior a éste, tal y como se expone en el apartado Europa, en otros países europeos se alcanzan porcentajes de sustitución superiores al 80 %.

<sup>63</sup> No se han encontrado publicaciones referentes a las externalidades del consumo de coque de petróleo, que es el utilizado por las cementeras españolas.

obtienen más beneficios con el reciclado, y lo siguen los metales ferrosos, los textiles, el papel y finalmente el vidrio.

Se ha asumido la siguiente composición de los CDR: 31 % de plásticos, un 13 % de papel y cartón, un 12 % de madera, un 14 % de textiles y un 30 % de otros materiales (Currie, 2011).

Con esta composición se obtienen los costes unitarios externos del reciclaje de los CDR:

Tabla 15. Costes ambientales externos por tonelada de CDR reciclado, en euros.

Tratamiento	Cambio climático		Calidad del aire	Total	
	Alto	Bajo		Alto	Bajo
Reciclaje CDR	-31,39	-26,03	-37,28	-68,68	-63,31

Notas: En la tabla se presenta una horquilla de estimación en la que "Alto" es el valor máximo de la externalidad y "Bajo" el valor mínimo (la diferencia viene dada, principalmente, por el valor de las externalidades negativas del consumo de combustible en las instalaciones). Se ha considerado que el 30 % de "Otros materiales" de la composición de los CDR son residuos no reciclables.

Fuente: Elaboración propia a partir de Eunomia (2009) y de Currie (2011).

Para aplicar la metodología de Eunomia (2009), a pesar de que la mayoría de las incineradoras españolas son anteriores al año 2000, se asume que cumplen los estándares atmosféricos de la Directiva 2000/76/CE de incineración de residuos, que establece unos límites de emisiones más laxos para las cementeras que para las incineradoras.

Aplicando los costes unitarios por tonelada de residuo tratada (expuestos en la Tabla 13 y la Tabla 14) y la composición de los CDR descritos se obtienen los costes externos netos totales que se generarían si el CDR consumido en un año en España<sup>64</sup> se expusiera a cada uno de los tratamientos mencionados:

Tabla 16. Costes ambientales externos totales derivados del tratamiento efectuado de CDR en las cementeras españolas, en comparación con los costes que se hubieran generado por el tratamiento de los mismos en incineradora o en instalaciones de reciclaje. Datos para 2008, 2009 y 2010, en euros.

Tratamiento (obtención / uso de CDR)	2008		2009		2010	
	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo

<sup>64</sup> De acuerdo con los datos presentados en el Gráfico 4.

TMB con biosecado aeróbico / cementera	156.836	87.022	1.716.221	952.258	2.406.775	1.335.417
<b>Opciones alternativas de tratamiento</b>						
TMB con biosecado aeróbico / incineración	290.477	184.277	3.178.618	2.016.498	4.457.593	2.827.873
Reciclado	-500.299	-461.188	-5.474.655	-5.046.670	-7.677.483	-7.077.290

Notas: En la tabla se presenta una horquilla de estimación en la que "Alto" es el valor máximo de la externalidad y "Bajo" el valor mínimo (la diferencia viene dada, principalmente, por el valor de las externalidades negativas del consumo de combustible en las instalaciones). Se asume que las instalaciones cumplen los requisitos legales de emisiones de la Directiva 2000/76/CE, de 4 de diciembre, sobre la incineración de residuos. Se presentan los datos desde que se empezaron a usar CDR en las cementeras españolas. Precios actualizados a 2012.

Fuente: Elaboración propia a partir de los costes unitarios externos de Eumonia (2009).

**Las externalidades totales netas para el uso de CDR en cementeras se contabilizan entre 1,33 y 2,41 millones de euros para el año 2010. En caso que se hubieran tratado en incineradora, los costes hubieran ascendido a 2,83 y 4,46 millones de euros, lo que significaría entre un 85 % y un 117 % más. Cabe remarcar que estos costes no incluyen el impacto de las emisiones derivadas de la fase de transporte de los residuos a los puntos de tratamiento.**

**Por contra, si los residuos transformados en CDR se hubieran reciclado en lugar de ser quemados, en vez de costes se hubieran percibido beneficios externos por valor de entre 7,1 y 7,7 millones de euros.**

Un segundo enfoque hubiera sido el uso de importes unitarios para cada impacto, multiplicados por la contaminación atmosférica, lixiviados y/o residuos reales producidos por cada instalación. Sin embargo, esta información sólo está disponible para aquellos contaminantes atmosféricos que sobrepasan el umbral que aparece en el PRTR (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes), y por ello, no se ha podido aplicar.

## 7 Análisis ambiental

En este capítulo se exponen algunos aspectos ambientales de la utilización de CDR.

### 7.1 Emisiones de CO<sub>2</sub>

La principal ventaja ambiental de los CDR en comparación con los combustibles fósiles que actualmente se emplean en las cementeras es la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (Tabla 17).

Tabla 17. Comparativa de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la quema de coque y de CSR.

	Coque	CSR
Emisiones por unidad de energía (kg CO <sub>2</sub> /GJ)	98	52
Emisiones por tonelada (kgCO <sub>2</sub> /t)	3.185	884

Nota: Debido al menor poder calorífico de los CSR respecto al coque, para sustituirlo son necesarias más toneladas de CSR que de coque.

Fuente: Feliu (2009).

Desde el punto de vista de las emisiones de CO<sub>2</sub>, los fabricantes de CDR argumentan que los CDR permiten reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de las fracciones biodegradables con respecto al vertido. Pero para ello lo más eficiente no es la valorización energética de los residuos, sino una eficiente separación de las fracciones biodegradables en origen, su reciclaje y un tratamiento de la fracción resto que permita estabilizar la fracción orgánica remanente.

## 7.2 Otras emisiones

Por lo que respecta a las emisiones de otros contaminantes, tal y como se ha expuesto en el capítulo , las instalaciones que coincieren CDR deben someterse a límites más restrictivos de emisiones cuando sustituyen los combustibles tradicionales por combustibles derivados de los residuos, pues cuando no se coincieren residuos no hay límites específicos aplicables (normalmente los límites previstos en las autorizaciones ambientales se basan en los límites del Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, aplicable a las instalaciones de combustión). Por otro lado, en algunos casos los límites aplicables a la coincineración de CDR son superiores a los aplicables a la incineración de residuos.

La Tabla 18 muestra el rango típico de emisiones de los hornos de cemento europeos:

Tabla 18. Rango de emisiones de los hornos de cemento europeos.

Contaminante	Emisiones	
	mg/Nm <sup>3</sup>	Kg/tonelada de clinker
NO <sub>x</sub>	145-2.040	0,33-4,67

SO <sub>2</sub>	< 4.837	< 11,12
Partículas	0,27-227	0,00062-0,5221
CO	200-2.000	0,46-4,6
CO <sub>2</sub>	-	672 g/kg cemento
COP	1-60	0,0023-0,138
HF	0,009-1,0	0,0021-2,3 g/t
HCL	0,02-20,0	0,046-46 g/t
Dioxinas	0,000012-0,27 ng ITEQ/Nm <sup>3</sup>	0,0276-627 ng/t
<b>Metales</b>		
Hg	0-0,03	0-69 mg/t
Σ (Cd, Tl)	0-0,68	0-1.564 mg/t
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0-4,0	0-9.200 mg/t

Nota: Nm<sup>3</sup>: m<sup>3</sup> en condiciones normales de presión y temperatura.

Fuente: European Commission (2010).

Sin embargo, cabe recordar que los límites de emisiones se basan en las mejores técnicas disponibles, y no guardan relación con los efectos que dichas emisiones pueden tener sobre el medio ambiente o sobre la salud de las personas<sup>65</sup>.

También cabe tener presente que el volumen de gases de una instalación de cemento es muy considerable (entre los 1.700 y los 2.500 m<sup>3</sup> por tonelada de clinker), por lo que las emisiones totales también lo son<sup>66</sup>.

En lo que respecta a la prevención de la contaminación, el uso de CDR debe estar expresamente previsto en las autorizaciones ambientales, de acuerdo con la Ley 16/2002, de 1 de julio.

<sup>65</sup> Se definen como mejores técnicas disponibles las "tecnologías utilizadas en una instalación, junto con la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida, explotada o paralizada", que sean "las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas" y que sean "desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del correspondiente sector industrial, **en condiciones económica y técnicamente viables** (art. 3.ñ de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación).

<sup>66</sup> Ministerio de Medio Ambiente (2004).

Según dicha Ley (art. 19), la modificación de una instalación sometida a autorización ambiental integrada puede ser sustancial o no sustancial, y "a fin de calificar la modificación de una instalación como sustancial se tendrá en cuenta la mayor incidencia de la modificación proyectada sobre la seguridad, la salud de las personas y el medio ambiente". La Ley también establece que el titular de la instalación, en el momento de solicitar la modificación, debe indicar si se trata de una modificación sustancial o no sustancial, y que cuando crea que se trata de una modificación no sustancial podrá llevarla a cabo "siempre que el órgano competente para otorgar la autorización ambiental integrada no manifieste lo contrario en el plazo de un mes". Así mismo, la ley prevé que cuando el titular o el órgano competente consideren que la modificación es sustancial, "ésta no podrá llevarse a cabo, en tanto no sea otorgada una nueva autorización ambiental integrada".

Según fuentes del Departamento de Territorio y Sostenibilidad de la Generalitat de Cataluña, si la instalación dispone ya de una autorización para coincinerar otro tipo de residuo (como por ejemplo harinas cárnicas o biomasa), o bien si la cantidad prevista de consumo de CDR es baja, el organismo competente considera que no es necesario realizar una modificación sustancial de la autorización ambiental. Entre otros aspectos, ello implica que este trámite no se va a tener que someter a información pública.

### 7.3 Dispersión de productos tóxicos

Un aspecto que debería analizarse en detalle es qué efectos tiene la incorporación de las cenizas de combustión de los CDR al clinker. A diferencia de las cenizas de incineración, que tienen la consideración de residuos especiales (por lo cual deben someterse a un tratamiento muy estricto), las cenizas de la producción de clinker se incorporan al clinker<sup>67</sup> o bien son consideradas como residuo de proceso. Ello conlleva dispersión de productos tóxicos por el medio, en algunos casos incorporados en el producto final. En Estados Unidos análisis realizados de la composición del cemento muestran la presencia de productos tóxicos (Karstensen 2008, Saikia *et al.* 2007).

---

<sup>67</sup> En los hornos de cemento las materias primas se mueven a contracorriente de los gases calientes de la combustión. Este flujo actúa como un lecho fluido, de manera que muchos compuestos resultantes de la combustión o de la transformación de las materias primas en clinker son absorbidos por las materias primas (Ministerio de Medio Ambiente 2004).

## 7.4 Autonomía energética

Otro de los argumentos destacados por la patronal del cemento (e incluso por las administraciones públicas) es que el consumo de CDR contribuye a reducir las importaciones de combustibles fósiles.

En este sentido cabe puntualizar que el combustible utilizado mayoritariamente por las cementeras es el coque de petróleo (ver Gráfico 5), que se obtiene en las refinerías de petróleo como producto secundario durante los procesos de fabricación de gasolinas. En este sentido, el coque puede considerarse como un residuo de proceso, si bien tiene un valor económico en el mercado. Así pues, la reducción del consumo de coque no contribuye a reducir la extracción de combustibles fósiles *per se*, si bien es verdad que se realizan importaciones de coque y que no todo el coque consumido en las cementeras españolas procede de las refinerías ubicadas en territorio español (es decir, hay importaciones directas).

Se trataría pues de una cuestión más económica que ambiental, pues está directamente relacionada con la balanza comercial española.

## 7.5 Efecto sobre la gestión de los residuos

Los productores y consumidores de CDR emplean a menudo el argumento de que los CDR contribuyen a resolver el problema de la gestión de los residuos, dado que son residuos que si no hubieran sido valorizados energéticamente hubieran acabado en el vertedero.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que en España todavía se recogen de forma mezclada la mayor parte de los residuos. Según el último informe publicado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2011), en 2009 un 75,4 % de los residuos en España se recogieron mezclados. En este contexto, apostar por la producción de CDR a partir de los residuos mezclados constituye una subversión de la jerarquía de residuos y por tanto incumple la Ley 22/2011, de 28 de julio.

Mientras que inicialmente las plantas de tratamiento mecánico-biológico se han diseñado (o deberían haberse diseñado) para recuperar la máxima cantidad de materiales, si lo que se quiere es aprovechar los residuos energéticamente y preparar combustibles para su consumo en industrias, es necesario prestar atención especial a las características del rechazo y al contenido energético del mismo, para lo cual es necesaria una mejor selección de los materiales en las plantas de producción de CDR.

Así, la maximización de la producción de CDR focaliza sus esfuerzos en el tratamiento de los residuos recogidos de forma mezclada, y en la separación como rechazo de aquellas fracciones con menor poder calorífico (como por ejemplo la orgánica). Ello representa un incumplimiento de la jerarquía establecida por la Directiva marco de residuos y crea un desincentivo para la recogida selectiva de los residuos, a la vez que representa un derroche de recursos valiosos.

## 8 Conclusiones

De la investigación realizada se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La utilización de combustibles derivados de los residuos (CDR) conlleva una serie de costes económicos y medioambientales negativos para el conjunto de la sociedad, y solo representa beneficios económicos para las instalaciones industriales que los consumen y para las administraciones gestoras de residuos. El aumento del precio de los combustibles fósiles y las políticas europeas de fomento de las energías renovables y de reducción de las emisiones de gases invernadero –que consideran como renovable la parte biogénica de un combustible– ha sido aprovechado interesadamente por los sectores involucrados en el uso de CDR, a pesar de sus impactos medioambientales y económicos.
- Dado que los CDR contienen un elevado porcentaje de residuos potencialmente reciclables, si los residuos consumidos como CDR en España el año 2010 se hubieran destinado a reciclaje se hubieran generado beneficios externos por valor de entre 7,1 y 7,7 millones de euros. Por contra, los costes externos netos del consumo de CDR en cementeras se contabilizan entre 1,33 y 2,41 millones de euros para el año 2010. Si los CDR se hubieran destinado a incineradora, estos costes hubieran ascendido a una cantidad entre 2,83 y 4,46 millones de euros (entre un 85 y un 117 % más).
- La producción de CDR, en las condiciones necesarias para ser aceptados por las instalaciones industriales, es altamente demandante de energía. Ello se debe principalmente a las restricciones en el contenido de humedad del CDR.



- El consumo de CDR en cementeras genera una dispersión de productos tóxicos incontrolable y de consecuencias desconocidas actualmente, al incorporar las cenizas de la combustión al cemento.
- El consumo de CDR en sustitución del coque de petróleo no contribuye a reducir la extracción de petróleo, dado que el coque se obtiene como producto secundario en el refino del mismo.
- Los límites de emisiones aplicables a la combustión de CDR son, para algunos contaminantes, menos estrictos que los aplicables a la incineración de residuos, y no guardan relación con los efectos que las emisiones puedan tener sobre el medio ambiente o sobre la salud de las personas.
- Para las administraciones autonómicas que disponen de impuestos sobre el vertido o la incineración de residuos, el uso de CDR en cementeras representa una reducción de la recaudación de dicho impuesto. Solamente para el caso de Cataluña, se estima una pérdida anual de recaudación de 3,8 millones de euros.
- En España más de un 75 % de los residuos urbanos se recogen de forma mezclada, por lo que hay mucho margen de mejora de los resultados de recogida selectiva y de reciclaje, operaciones que de acuerdo con la jerarquía establecida por la Directiva Marco de Residuos son prioritarias a la valorización energética. En este contexto, la producción de CDR a partir de residuos municipales constituye una subversión de la jerarquía de residuos y el desaprovechamiento de una gran cantidad de materiales recuperables valiosos.

## 9 Demandas de Greenpeace

- **Promover las políticas que tienden al “Residuo Cero”:** Las políticas de residuos deben hacerse compatibles con la lucha contra el cambio climático. Se deberán apoyar todas las técnicas de gestión que supongan la disminución de emisiones (reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento energético de la materia orgánica separada en origen) y desechar definitivamente las que contribuyan de forma neta al cambio climático (incineración y vertederos).

- **Alternativas a la incineración:** Instaurar el sistema de recogida selectiva “puerta a puerta” y el “pago por generación” de forma obligatoria en todos los municipios. En nuestro país ya existen más de 120 municipios que gestionan de forma sostenible sus residuos con este tipo de sistemas. Además, de implantar un sistema de depósito, devolución y retorno de envases (SDDR). Sólo es cuestión de voluntad política, buenas prácticas y visión de futuro.
- **Integrar la política de residuos en el conjunto de medidas para reactivar la economía y promover el empleo:** Apostar por un tratamiento de los residuos sólidos urbanos que excluya su incineración genera más empleos. Los estudios realizados por Greenpeace en España (en plantas incineradoras) demuestran que el número de personas contratadas por tonelada quemada es entre 7 y 39 veces menor al que se precisa para el reciclaje y la recuperación material de dichos residuos.
- **Incluir la variable climática de forma transversal en las políticas de gestión de residuos:** La lucha contra el cambio climático es especialmente relevante en materia de residuos porque la quema de éstos no es una solución a ese problema. Pese a que la industria presenta la incineración como fuente de energía verde, rara vez se menciona que ésta es una importante fuente de emisión de gases de efecto invernadero, lo que agrava el calentamiento global. Además, la eficiencia energética de esta técnica es baja y deben emplearse combustibles auxiliares como el gas natural, el gasóleo o los aceites desclasificados. En este sentido debe:
- **Dejar de considerar los CDR/CSR como biomasa:** Por ello, debe prohibirse su uso en plantas destinadas al aprovechamiento de la biomasa de origen forestal y/o agrícola.
- **Retirar esta fuente de generación de energía del régimen especial:** La generación de energía eléctrica mediante la quema de residuos (directamente o transformados en CDR/CSR), no debe ni puede considerarse una fuente renovable de energía. La incineración consume materiales contenidos en los residuos que tienen que ser extraídos, transportados y producidos nuevamente, lo que deriva en un agotamiento de los recursos naturales. Por ello, la quema de residuos y CDR/CSR tiene que excluirse del régimen especial de generación de energía eléctrica. Actualmente, se está primando el kWh producido por la quema de basuras (RD661/2007).

- **Promover sistemas coherentes con los cambios que son necesarios para alcanzar emisiones cero en 2050** como el modelo **Energía 3.0 de Greenpeace**. El sistema energético actual aumentaría las emisiones en más del 24 % hacia mitad de siglo, mientras que, como ha demostrado Greenpeace en su informe *Energía 3.0*, avanzar hacia un sistema energético eficiente, inteligente y 100 % suministrado mediante energías renovables en 2050 conllevaría importantes beneficios ambientales y de ocupación del territorio. Además, costaría un 91 % menos que perpetuar el modelo actual, lo que representaría un ahorro medio anual superior a los 200.000 millones de euros hasta 2050.
- **Quemar residuos debe quedar excluido del sistema de comercio de emisiones de CO<sub>2</sub>**: La reforma que la Comisión Europea va a realizar de la Directiva relativa al mercado de carbono implica retirar un gran número de derechos del sistema de comercio de emisiones para potenciar un aumento del precio del CO<sub>2</sub>. En este marco la quema de residuos debería quedar fuera de este sistema.
- **Facilitar el acceso a la información y transparencia**: La falta de control e inspección del cumplimiento de la legislación comunitaria, así como la deficiente información aportada por el sector de la gestión de residuos, hace imprescindible y urgente que el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente establezca un sistema de recopilación de datos reales, actualizados y homogéneos. Toda esta información ambiental y económica debería estar fácilmente disponible a toda la ciudadanía.

## 10 Referencias

Alonso, A. (2010), Estudio de viabilidad para la fabricación de combustible sólido recuperado de residuos urbanos procedentes de plantas de tratamiento mecánico-biológico, Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA10 (Comunicación técnica).<http://www.conama10.es/conama10/download/files/CT%202010/1000000258.pdf> [12 de mayo de 2012]

Cemex (2010), Combustión CDR en cementeras. Evolución y perspectivas. Instalación Trituración Plásticos Castillejo, Jornadas BIOMETA, Barcelona 20 de abril de 2010.

COWI (2000), *A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste*; European Commission, DG Environment.

Cuperus, G. (2011), *SRF in Europe, Workshop Combustion of Solid Recovered Fuel*, Dublin, 20 October 2011.

Currie, J. (2011), *The valorisation of SRF in cement kilns, Workshop and site visit: Production and utilisation options for Solid Recovered Fuels*, IEA Bioenergy Task 32 and 36, Dublin, 20-21 October 2011.

EEA -European Environment Agency- (2011), *Opinion of the EEA Scientific Committee on Greenhouse Gas Accounting in Relation to Bioenergy*, EEA, Scientific Committee, 15 September 2011.

ERFO (2010), *SRF market views in Europe, International Workshop on Solid Recovered Fuel*, Helsinki, 31 May 2010.  
[http://erfo.info/fileadmin/user\\_upload/erfo/documents/presentations/ERFO\\_presentation\\_Feb\\_2010\\_1\\_.pdf](http://erfo.info/fileadmin/user_upload/erfo/documents/presentations/ERFO_presentation_Feb_2010_1_.pdf) [10 de abril de 2012]

Economia (2009), *International Review of Waste Management Policy: Annexes to Main Report*, Department of the Environment, Heritage and Local Government, Ireland.

European Commission (2002), *Mandate to CEN on Solid Recovered Fuels*, European Commission, 26 August 2002.

European Commission (2006), *Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries*, August 2006.

European Commission (2010), *Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries*, May 2010.

Feliu, A. (2009), ¿Qué es CSR? Producción, mercado, consideraciones técnicas. Jornada Internacional Combustibles Sólidos Recuperados: Una opción sostenible para España, Madrid, 17 de noviembre de 2009.

Frankenhauser, M. (2011), *European Standardization of Solid Recovered Fuels*, Workshop "Processing routes for Solid Recovered Fuels", Berlin, 20 October 2011.

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (2010), Guía de valorización energética de residuos, Comunidad de Madrid.

Gascoyne, A. (2010), *Trends and drivers in SRF production and use across Europe*. Congreso "Energy from Waste", London, 24-25 February 2010.

Greño, F. (2005), Costes externos de la gestión de residuos urbanos, *Residuos*, Vol. 82, pp. 54.

ICAEN (2011), *Punts de vista. La valorització energètica de residus, en La valorització energètica de residus*, *Cultura Energètica*, 177, noviembre de 2011.

IDAE (2011), Situación y potencial de la valorización energética directa de residuos. Estudio técnico PER 2011-2020.

Institut Cerdà (2006), Reciclado y valorización de residuos en la industria cementera española, Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente.

Institut Cerdà (2009), Reciclado y valorización de residuos en la industria cementera española. Actualización periodo 2007-2009, Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente.

ISR –Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos– (2008), La sustitución de combustibles fósiles en el sector cementero. Oportunidad para reducir el vertido de residuos, Fundación CEMA.

Karstensen (2008), *Formation, release and control of dioxins in cement kilns*, *Chemosphere* 70 (2008) 543-560.

Ministerio de Medio Ambiente (2004), Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España de fabricación de cemento, Ministerio de Medio Ambiente.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2011), El medio ambiente y el medio rural y marino en España 2010, MARM.

Pigou, A.C. (1920), *The Economics of Welfare*, Macmillan & Co, London.

Saikia, N., Kato, S., Kojima, T. (2007), *Production of cement clinkers from municipal solid waste incineration (MSWI) fly ash*, *Waste Management*, Vol. 27, Issue 9, 1178-1189.

Villanueva, A., Delgado, L., Luo, Z., Eder, P., Catarino, A.S., Litten, D. (2010), Study on the selection of waste streams for end-of-waste assessment. Final report. <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=3359> [12 de mayo de 2012]

## 11 Glosario

<b>Biogénico</b>	Producido en procesos naturales por organismos vivos pero no fosilizados o derivados de recursos fósiles.
<b>Biomasa</b>	Material orgánico no fosilizado y biodegradable, que procede de plantas, animales y microorganismos, incluidos productos, subproductos, residuos y desechos de la agricultura, silvicultura e industrias relacionadas, así como las fracciones orgánicas no fosilizadas y biodegradables de residuos industriales y municipales.
<b>Clinker</b>	Producto semi-elaborado que se obtiene por cocción a muy alta temperatura de una mezcla de materias primas finamente molidas (caliza, marga, arcilla, pizarra, etc.) dosificada con precisión conteniendo compuestos mineralógicos definidos, que lo dotan de propiedades hidráulicas. Es el principal componente del cemento. El clinker, yeso y adicciones (como cenizas volantes, escoria granulada de horno alto, caliza, puzolanas, etc.) se muelen conjuntamente para dar lugar al cemento.
<b>Coincineración</b>	Proceso para la generación de energía o la fabricación de materiales en la que se utilizan residuos como combustible habitual o complementario.
<b>Combustible derivado de residuo (CDR)</b>	Combustible elaborado a partir del tratamiento mecánico (y en algunos casos también biológico) de residuos domésticos, comerciales o industriales no peligrosos para su incineración o coincineración.
<b>Combustible sólido recuperado (CSR)</b>	Combustible derivado de residuo que se adecua a las normas europeas en materia de CDR.
<b>Coque de petróleo</b>	Material sólido que resulta del tratamiento a elevada temperatura de fracciones de petróleo. Se utiliza frecuentemente como combustible en la industria cementera y cerámica. Tiene un alto contenido en carbono, azufre y metales.
<b>Instalación de combustión</b>	Dispositivo técnico en el que se oxidan productos combustibles a fin de utilizar el calor producido.