



LA SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN EL SECTOR CEMENTERO. OPORTUNIDAD PARA REDUCIR EL VERTIDO DE RESIDUOS

**Estudio realizado por el Instituto para la
Sostenibilidad de los Recursos (ISR)**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
1. OBJETIVO Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	8
1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO	8
1.2 METODOLOGÍA SEGUIDA	10
2. EL SECTOR CEMENTERO	13
3. ASPECTOS GENERALES SOBRE UTILIZACIÓN DE RESIDUOS EN PLANTAS DE CEMENTO	15
3.1 ASPECTOS DERIVADOS DEL ALTO CONSUMO ENERGÉTICO	15
3.2 VENTAJAS DE LAS PLANTAS DE CLÍNKER PARA LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS	17
3.3 LIMITACIONES EN LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS POR EMISIONES A LA ATMÓSFERA	18
3.4 RESIDUOS SUSCEPTIBLES DE TRATAMIENTO EN PLANTAS DE CLÍNKER	21
4. UTILIZACIÓN DE NEUMÁTICOS USADOS	23
4.1 ANTECEDENTES DE LA SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLE POR NEUMÁTICOS FUERA DE USO	23
4.2 MARCO JURÍDICO DE LA GESTIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO EN ESPAÑA	24
4.3 SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO	25

4.4 EL II PLAN NACIONAL DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO 2007 – 2015	27
4.5 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO	31
4.6 PERSPECTIVAS DE USO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO EN PLANTAS DE CEMENTO	32
4.7 DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL DE LA GENERACIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO	35
5. UTILIZACIÓN DE ACEITES USADOS	37
5.1 ANTECEDENTES DE LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE ACEITES USADOS	37
5.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEITES USADOS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO	38
5.3 ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE LOS ACEITES USADOS	39
5.4 REGENERACIÓN DE ACEITES USADOS	40
5.5 GENERACIÓN DE ACEITES USADOS EN ESPAÑA	42
5.6 NUEVO MARCO NORMATIVO PARA LA GESTIÓN DE LOS ACEITES USADOS	43
5.7 SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN. SIGAUS	44
5.8 OBJETIVOS ECOLÓGICOS ESTABLECIDOS EN EL REAL DECRETO 679/2006	45
5.9 CONSECUENCIAS DEL NUEVO MARCO LEGAL Y ADMINISTRATIVO	45
6. UTILIZACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES	50
6.1 ANTECEDENTES	50
6.2 LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL II PLAN DE RESIDUOS PELIGROSOS 2007-2015	51
6.3 EL PAPEL DE LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	53
6.4 INVENTARIO DE RESIDUOS VALORIZABLES ENERGÉTICAMENTE	55
6.5 INSTALACIONES DE BLENDING DE RESIDUOS PARA PREPARACIÓN DE COMBUSTIBLE	59
6.6 VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS INDUSTRIALES NO PELIGROSOS	61
7. UTILIZACIÓN DE HARINAS ANIMALES	63
7.1 ANTECEDENTES	63
7.2 MARCO NORMATIVO ESPECÍFICO PARA SUBPRODUCTOS ANIMALES	65

7.3 PRODUCCIÓN DE SUBPRODUCTOS ANIMALES DE CATEGORÍAS 1 Y 2	66
7.4 TRANSFORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS EN HARINAS DE CATEGORÍA 1 Y 2	67
7.5 PLANTAS DE TRANSFORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE CATEGORÍA 1 Y 2	69
7.6 VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE HARINAS DE CATEGORÍA 1 Y 2	71
8. UTILIZACIÓN DE RESIDUOS PROCEDENTES DE VEHICULOS FUERA DE USO	73
8.1 MARCO LEGAL PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PROCEDENTES DE VEHÍCULOS FUERA DE USO	73
8.2 GESTIÓN DE LOS VEHÍCULOS FUERA DE USO	75
8.3 RESIDUO LIGERO DE FRAGMENTACIÓN	76
8.4 ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE LA FRACCIÓN LIGERA DE FRAGMENTACIÓN	78
8.5 COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS PROCEDENTES DE VEHÍCULOS FUERA DE USO	79
9. UTILIZACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES URBANAS	82
9.1 NORMATIVA SOBRE GESTIÓN DE LODOS DE DEPURADORA	82
9.2 TRATAMIENTO DE LODOS DE DEPURADORA	83
9.3 APLICACIONES DE LOS LODOS DE DEPURADORA	86
9.4 UTILIZACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA EN CEMENTERAS	88
9.5 PRODUCCIÓN DE LODOS DE DEPURADORA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS	88
9.6 GESTIÓN DE LODOS DE DEPURADORA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS	89
9.7 POTENCIALIDAD DE LOS LODOS COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA CEMENTERAS	95
10. UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS	97
10.1 LOS RESIDUOS DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS	97
10.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS	98
10.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS	99
10.4 VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS	101
10.5 RESIDUOS DE ENVASES DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS	102

11. UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS URBANOS	103
11.1 ANTECEDENTES	103
11.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS PARA HORNOS DE CEMENTO	105
11.3 PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS A PARTIR DE RESIDUOS URBANOS	106
11.4 POSIBILIDADES DE OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS A PARTIR DE RESIDUOS URBANOS EN ESPAÑA	109
11.5 GENERACIÓN POTENCIAL DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS	111
11.6 RESUMEN DE LA GENERACIÓN POTENCIAL DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS	127
11.7 FACTORES A CONSIDERAR EN LA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS	129
12. CONCLUSIONES	132

INTRODUCCIÓN

La fabricación de cemento, y más específicamente la producción de clínker, es una actividad que requiere un consumo intensivo de energía, tanto en forma de energía térmica como en forma de electricidad.

Esta aportación energética puede ser realizada a partir de diferentes fuentes:

- ▶ Por el uso de combustibles sólidos convencionales, fundamentalmente carbón y coque de petróleo, y en menor proporción por combustibles líquidos como fuel oil o gasoil, o gaseosos como el gas natural.
- ▶ Por el uso de combustibles alternativos constituidos por diferentes tipos de residuos que tienen, como características comunes, un poder calorífico suficientemente elevado para realizar una aportación energética neta al proceso de producción y la ausencia de contaminantes claves que pueden ser perjudiciales para la salud de los trabajadores y el medio ambiente, para el funcionamiento de las instalaciones o para la calidad del producto final.

La utilización de determinados residuos en la fabricación de clínker y en la de cemento es un hecho completamente incorporado a los procedimientos de fabricación, tanto por sustitución de combustibles tradicionales como por la utilización de algunos residuos como materias primas alternativas.

En este sentido, desde hace muchos años se viene realizando la sustitución de combustibles habituales de origen fósil por residuos con alto poder calorífico, como aceites usados, disolventes y otros residuos peligrosos; también tiene una gran tradición



en algunos países europeos la utilización de neumáticos fuera de uso, papel no recuperable, maderas usadas y otros residuos no peligrosos.

Esta sustitución se realiza manteniendo los combustibles alternativos el carácter de residuos, del que se deriva la aplicación de normativas ambientales estrictas propias de los procedimientos de gestión de residuos, aunque esta utilización sea clasificada como *valorización energética* frente a otras opciones de eliminación.

Las justificaciones de la sustitución de combustibles tradicionales por determinados residuos son, fundamentalmente, de tipo ambiental y económico; entre las primeras, las más importantes son:

- ▶ La optimización de la recuperación de la energía contenida en los residuos, ya que la utilización en cementeras conduce a un grado de aprovechamiento energético superior al de otros procedimientos de recuperación de la energía interna de los residuos.
- ▶ La reducción de la cantidad de residuos depositados en vertedero, que supone una pérdida de recursos disponibles, que obliga a un aumento del consumo de recursos fósiles.
- ▶ La reducción del uso de fuentes de energía no renovables.
- ▶ La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, fundamentalmente por la sustitución de combustibles fósiles por otros que, al menos parcialmente, pueden tener un origen biológico.
- ▶ Permite una correcta gestión de algunos tipos de residuos peligrosos, reduciendo las necesidades de instalaciones de tratamiento; este aspecto puede ser especialmente importante en España, donde existe un déficit importante de instalaciones de valorización y/o eliminación de residuos por vía térmica.

Desde el punto de vista económico, la utilización de residuos como combustibles alternativos presenta ventajas importantes:

- ▶ Reducción del coste de combustibles para la industria cementera.
- ▶ Reducción de los costes ambientales, derivados de una menor emisión de CO₂ en el proceso de fabricación y el consiguiente ahorro de los derechos de emisión.
- ▶ Para los gestores de residuos puede suponer unos menores costes globales de gestión, con disminución de la necesidad de nuevas infraestructuras, tanto de tratamiento térmico como de nuevos vertederos.

Capítulo 1

OBJETIVO Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

1.1 Objetivo del estudio

La Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente (FUNDACIÓN CEMA), en la que participan de forma paritaria las empresas de producción de cemento y los sindicatos mayoritarios del sector, tiene como objetivo prioritario la realización de actuaciones tendentes a crear una cultura que haga compatible el progreso económico y social con el respeto al medio ambiente, basado en la sostenibilidad en el uso de los recursos, con la garantía de la salud de los trabajadores y ciudadanos para una mejora de la calidad de vida.

Entre las actuaciones propias de la FUNDACIÓN CEMA están la divulgación de los proyectos de mejora energética y ambiental de las instalaciones de producción de cemento y, más específicamente, los relacionados con la sustitución de combustibles tradicionales por residuos.

Dentro de esta línea de actuación la FUNDACIÓN CEMA desea explorar detalladamente las posibilidades de incrementar la sustitución de los combustibles fósiles por residuos que no sean susceptibles de ser valorizados como materiales reciclables; en este sentido existe un marcado interés social en el aprovechamiento energético de residuos no peligrosos de origen urbano, aunque sin descartar los flujos de residuos peligrosos o especiales, que constituyen los flujos habituales de sustitución de combustibles en la industria cementera europea.

En consecuencia, el objetivo fundamental de este análisis es conocer los distintos destinos de los diferentes tipos de residuos potencialmente valorizables así como su potencial empleo en las plantas cementeras, especialmente para aquellos que no

pueden ser reciclados como materiales recuperados y deben ser depositados en vertederos.

La lista de posibles residuos valorizables energéticamente en plantas de clínker es muy amplia, ya que podría cubrir la casi totalidad de los residuos combustibles, desde residuos forestales y agropecuarios a diferentes tipos de residuos industriales; no todos ellos se han estudiado sino sólo aquellos flujos para los que existen ya infraestructuras específicas de gestión y que presenten ventajas evidentes, actuales o a corto plazo, frente a otras posibles vías de eliminación.

El presente estudio comprende los siguientes aspectos:

- ▶ Descripción básica del sector cementero español, con indicación de las instalaciones de producción de clínker y su distribución geográfica y de las fuentes energéticas fundamentales; se indica también la situación general de las diferentes Comunidades Autónomas en relación con la valorización energética de residuos dentro de su territorio.
- ▶ Descripción de los aspectos generales sobre la utilización de residuos en cementeras, en la que se recogen los aspectos más importantes en relación con la valorización energética de los residuos en las plantas de clínker, tales como las ventajas intrínsecas de las plantas cementeras en relación con la valorización de residuos, las limitaciones de la misma en relación con las emisiones a la atmósfera y los tipos de residuos valorizables; por sobradamente conocidos, no se analizan los aspectos técnicos ni tecnológicos relacionados con la idoneidad de las instalaciones de clínker para el uso de residuos como combustibles alternativos.
- ▶ Análisis de las posibilidades de valorización de residuos en España, que es el objetivo fundamental del estudio. En este análisis se han considerado separadamente dos categorías de residuos, agrupadas en función de los agentes clave responsables de la gestión: aquellos cuya gestión no está sujeta a la planificación de las Comunidades Autónomas y los que la gestión depende fundamentalmente de las mismas; esta diferencia es importante porque determina los interlocutores clave en relación con la valorización.

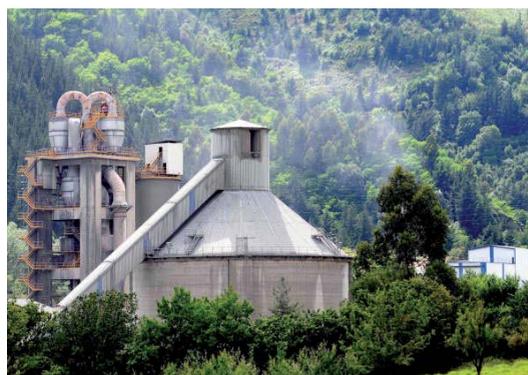
Para cada flujo de residuos se han analizado las cantidades potenciales que podrían ser destinadas a valorización energética, ya sea atendiendo a las planificaciones autonómicas o a los objetivos exigibles a los Sistemas Integrados de Gestión de los residuos para los que existe esta figura.

1.2 Metodología seguida

Se han seguido, básicamente, dos procedimientos de obtención de la información necesaria para el desarrollo del estudio:

- ▶ Para los datos de carácter general, referidos a sustitución de combustibles tradicionales por alternativos en diferentes países y aspectos técnicos generales no relacionados directamente con los inventarios de residuos en España se han utilizado las informaciones publicadas de diversas instituciones (Asociaciones empresariales cementeras, Departamentos de Medio Ambiente de diferentes países, Memorias de Sostenibilidad o de Gestión de los propios grupos cementeros correspondientes a los últimos años, etc.) así como gran cantidad de informaciones puntuales, recogidas en Internet y relacionadas con el asunto fundamental del estudio.
- ▶ Los datos referidos a generación de los distintos tipos de residuos en España, sus formas de gestión y la planificación prevista para los mismos se han obtenido fundamentalmente a partir de los documentos oficiales de planificación (Planes Autonómicos de Residuos, borrador del II Plan Nacional Integral de Residuos 2008-2015 del Ministerio de Medio Ambiente) y de las Memorias de Actividad de las diferentes Comunidades Autónomas.

En algunas Comunidades Autónomas, especialmente para las que los flujos de residuos valorizables son más importantes, las informaciones publicadas se han contrastado directamente con los responsables de las mismas, en la mayor extensión posible; en este sentido, se han manteni-



do contactos directos con la Agencia de Residuos de Cataluña, con las Consejerías de Medio Ambiente de Aragón, Asturias, Andalucía, Valencia, Castilla - La Mancha y Castilla y León y con las entidades de gestión de residuos del Ayuntamiento de Madrid.

El estudio, elaborado durante el segundo semestre del año 2008, es anterior a la aprobación del Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015, aprobado el 26 de diciembre de 2008.

En la redacción de la revisión final del presente estudio se han contrastado los datos de borradores iniciales con las previsiones del PNIR 2008-2015 aprobado, sin que las variaciones observadas desvirtúen las conclusiones del estudio, realizado a partir de datos procedentes del borrador del Plan Nacional Integrado de Residuos de noviembre de 2007.

En este sentido, las diferencias más importantes entre dichas versiones del Plan Nacional Integrado de Residuos son las siguientes:

- ▶ En relación con los residuos urbanos, se modifica el número de vertederos, el de plantas de biometanización y el número de plantas de compostaje; sin embargo, las cantidades de residuos tratadas en los distintos tipos de instalaciones permanecen prácticamente invariables, salvo un incremento importante de la biometanización. Por tanto, la influencia en la potencial generación de combustibles derivados de residuos es mínima.
- ▶ En relación con los aceites usados, los datos utilizados en el estudio corresponden a las declaraciones del Sistema Integrado de Gestión de Aceites Usados (SIGAUS) de 2006. Aunque la trascendencia en relación con la valorización energética es también mínima, porque el origen potencial de los residuos valorizables en cementeras procedentes de los aceites usados son las instalaciones de regeneración, no la recogida directa.
- ▶ En relación con los neumáticos usados, no existen diferencias en los datos, ya que los incluidos en el estudio corresponden a informaciones de los Sistemas Integrados de Gestión de mediados de 2008. Además, en ambas versiones del

Plan Nacional Integrado de Residuos, los objetivos se mantienen.

- ▶ Sobre los residuos peligrosos, las informaciones sobre este tipo de residuos son difícilmente contrastables, porque no existe un criterio claro de clasificación de los mismos a través de la Lista Europea de Residuos en las distintas Comunidades Autónomas.

Capítulo 2

EL SECTOR CEMENTERO

El sector cementero español está constituido por 9 grupos empresariales, que operan 36 plantas de clínker; la distribución geográfica de estas plantas se extiende a la casi totalidad de las Comunidades Autónomas.

Sin embargo, la distribución de las mismas no es uniforme en todo el territorio nacional, con una concentración importante de plantas en el arco mediterráneo, en el País Vasco y en alguna provincia interior (Toledo).

En la siguiente tabla se muestra la distribución geográfica de las plantas de cemento y la capacidad diaria de producción de clínker durante 2009.

Tabla 1. Capacidad diaria de producción de clínker de las plantas de cemento.

Comunidad Autónoma	Grupo	Localización	Capacidad anual (t)
País Vasco	SOCIEDAD FINANCIERA Y MINERA, S.A.	Añorga	620.000
	SOCIEDAD FINANCIERA Y MINERA, S.A.	Arrigorriaga	530.000
	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	Lemona	740.000
Cataluña	CEMEX ESPAÑA, S.A.	San Feliú de Llobregat	1.072.000
	CEMEX ESPAÑA, S.A.	Vilanova i la Geltrú	83.000
	CEMEX ESPAÑA, S.A.	Alcanar	1.800.000
	LAFARGE CEMENTOS, S.A.	Montcada i Reixac	703.000
	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	Vallcarca	1.150.000
	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	Santa Margarida i els Monjos	1.850.000
	CEMENTOS MOLINS INDUSTRIAL, S.A.	Sant Vicenç dels Horts	1.644.000

Comunidad Autónoma	Grupo	Localización	Capacidad anual (t)
Valencia	CEMEX ESPAÑA, S.A.	Buñol	1.530.000
	CEMEX ESPAÑA, S.A.	Alicante	1.127.000
	LAFARGE CEMENTOS, S.A.	Sagunto	1.314.875
Región de Murcia	HOLCIM ESPAÑA, S.A.	Lorca	600.000
Cantabria	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	Mataporquera	675.000
Andalucía	SCMC Andalucía, S.A.	Niebla	495.000
	SCMC Andalucía, S.A.	Córdoba	737.000
	HOLCIM ESPAÑA, S.A.	Jerez de la Frontera	700.000
	HOLCIM ESPAÑA, S.A.	Gádar	750.000
	HOLCIM ESPAÑA, S.A.	Carboneras	1.037.000
	SOCIEDAD FINANCIERA Y MINERA, S.A.	Málaga	1.200.000
	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	Alcalá de Guadaíra	1.300.000
Castilla-La Mancha	CEMEX ESPAÑA, S.A.	Castillejo	1.500.000
	LAFARGE CEMENTOS, S.A.	Villaluenga de la Sagra	1.742.000
	HOLCIM ESPAÑA, S.A.	Yeles	600.000
Castilla y León	CEMENTOS COSMOS, S.A.	Toral de Vados	860.000
	S.A. TUDELA Y VEGUÍN	La Robla	1.000.000
	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	Venta de Baños	730.000
Aragón	CEMEX ESPAÑA, S.A.	Morata de Jalón	970.000
Navarra	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	Olazagutía	1.100.000
Madrid	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	Morata de Tajuña	2.540.000
Baleares	CEMEX ESPAÑA, S.A.	Lloseta	561.000
Extremadura	A.G. CEMENTOS BALBOA, S.A.	Alconera	1.084.000
Galicia	CEMENTOS COSMOS, S.A.	Oural	450.000
Asturias	S.A. TUDELA VEGUÍN	Aboño	1.300.000
	S.A. TUDELA VEGUÍN	Tudela Veguín	150.000

Fuente: revista Cemento y Hormigón. Extraordinario 2009 (t = toneladas).

Capítulo 3

ASPECTOS GENERALES SOBRE UTILIZACIÓN DE RESIDUOS EN PLANTAS DE CEMENTO

3.1 Aspectos derivados del alto consumo energético

La fabricación de cemento, y más específicamente la producción de clínker, es una actividad que requiere un consumo energético intensivo, especialmente en forma de energía térmica a alta temperatura, lo que exige la aportación de cantidades importantes de combustibles.

Debido a esto, la industria cementera ha trabajado para reducir el consumo energético en tres líneas:

- ▶ mejorando el proceso de producción, especialmente con la incorporación de precalcinadores,
- ▶ utilizando materias primas alternativas al clínker para la producción de cemento,
- ▶ buscando alternativas al combustible empleado, utilizando combustibles alternativos, sólidos y líquidos, constituidos por diferentes tipos de residuos con un poder calorífico suficientemente elevado para realizar una aportación energética neta al proceso.

Esto ha permitido reducir el consumo de energía térmica de forma continua; en la actualidad el consumo energético en hornos modernos puede ser del orden de 3.800 a 4.000 MJ/t de clínker producido.

La utilización de determinados residuos en la fabricación de clínker es un hecho completamente incorporado a los procedimientos de fabricación, tanto para la sustitución



de combustibles tradicionales como para la utilización de algunos residuos como materias primas alternativas, dentro de determinados límites impuestos por los rigurosos criterios de calidad de los productos a obtener.

Emisiones de dióxido de carbono (CO₂)

La industria cementera produce alrededor del 5% de las emisiones totales de CO₂ debidas a la acción humana; las fuentes de estas emisiones, de acuerdo con los datos de emisiones disponibles en Oficemen, son:

- ▶ algo más del 60% (del orden de 540 kg CO₂/t de clínker) se deben al proceso de transformación de la caliza en cal viva,
- ▶ entre el 30 y 40%, aproximadamente, corresponde al uso de los combustibles necesarios en el proceso.

Hay tres caminos para reducir la emisión neta de CO₂ debido a la producción de cemento:

- ▶ Optimizar la eficiencia energética de los procesos asociados al uso de energía térmica; en este sentido debe señalarse la incorporación de precalcinadores y otras formas de aprovechamiento energético.
- ▶ Reducir la cantidad de combustible fósil mediante la sustitución por biomasa o por residuos; en el primer caso la energía procedente de la biomasa se obtendría con un balance neutro de CO₂, por su origen biológico; en el caso de utilización de residuos, como la valorización energética en las plantas de clínker tiene un rendimiento térmico superior a otras formas de valorización, las emisiones de CO₂ serán menores para la misma cantidad de energía útil recuperada.
- ▶ Como la etapa de producción en la que se producen las mayores emisiones de CO₂ es la producción de clínker, una forma de reducir las emisiones totales en la producción de cemento es sustituyendo parcialmente el clínker por otros subproductos, o residuos, en la fabricación de cemento sin merma de su calidad.

En todo caso, la comparación de las emisiones evitadas de CO₂ derivadas de la utilización de residuos en las plantas de clínker debe compararse, también, con el depósito de residuos en vertederos, que puede ser el destino habitual alternativo de la mayor parte de los residuos utilizados.

3.2 Ventajas de las plantas de clínker para la valorización energética de residuos

Es suficientemente conocida la adecuación técnica de los hornos de clínker para la valorización energética de determinados residuos de alto poder calorífico y que pueden utilizarse como combustibles alternativos dentro del proceso.

Los aspectos más importantes son:

- ▶ Alta temperatura combinada con un tiempo mínimo de residencia de los gases a esta elevada temperatura, en condiciones oxidantes; esto permite garantizar la total destrucción de las moléculas orgánicas complejas; el Real Decreto 653/2003 establece un tiempo de residencia mínimo de 2 segundos a una temperatura superior a 1.100 °C cuando el contenido de cloro orgánico de los residuos alimentados sea superior al 1%, para garantizar la destrucción de compuestos orgánicos halogenados.

Para la formación del clínker es necesario que la temperatura de la masa sólida sea superior a 1.400 °C lo que implica una temperatura de la llama del quemador del orden de 2.000 °C; esta temperatura se mantiene a lo largo del horno por un tiempo superior a 6 segundos, lo que garantiza el cumplimiento de las condiciones reglamentarias.

- ▶ La naturaleza alcalina del horno de clínker que favorece la neutralización de los gases ácidos producidos en la combustión en el momento de su generación; esta neutralización afecta no sólo a los compuestos ácidos derivados de halógenos (HCl y HF) sino que se produce también para los compuestos de azufre (especialmente SO₂), derivados de la combustión del azufre presente en el coque o en los combustibles alternativos.
- ▶ Integración de los residuos secundarios producidos por los combustibles alternativos dentro de la masa de clínker, formando parte fija de la estructura de los silicatos

e impidiendo su posterior liberación incluso tras el uso del cemento, sin merma de la calidad del producto; de esta forma se evita la formación de residuos secundarios.

- ▶ Gran estabilidad térmica del proceso, por el gran inventario material del horno, lo que garantiza la ausencia de situaciones anormales de funcionamiento sobreenvidas de forma brusca; sin embargo, la gran inercia térmica del sistema supone también una exigencia complementaria de control.

3.3 Limitaciones en la valorización de residuos por emisiones a la atmósfera

Las emisiones atmosféricas de las plantas de clínker están relacionadas, básicamente, con la emisión de partículas sólidas y con la emisión de gases procedentes de la combustión de los combustibles utilizados.

Para evitar, o controlar, las emisiones de partículas todas las plantas están equipadas con diferentes sistemas de separación de partículas, mediante filtros electrostáticos o mediante filtros de mangas; este desempolvado se aplica tanto a las líneas de proceso principal como a las de molienda de materias primas y productos terminados; las partículas separadas, clínker o materias primas, son reintroducidas al horno o añadidas al clínker en la fase de preparación de cemento.

Las emisiones de gases ácidos y SO₂ típicas en los procesos de combustión, son generalmente bajas por la naturaleza alcalina del proceso, como se ha indicado anteriormente, y son razonablemente independientes del tipo de combustible que se utilice (fuel oil o coque); las emisiones de NOx pueden ser más elevadas que otros procesos de combustión, por la elevada temperatura a que ésta se produce y por el elevado tiempo de permanencia a temperaturas elevadas.

Cuando no se utilizan residuos, los límites de emisión establecidos en las diferentes Comunidades Autónomas pueden ser ligeramente diferentes, y están recogidos en la Autorización Ambiental Integrada (AAI); para el horno de clínker los valores más representativos son:

Partículas	30 - 50 mg/Nm ³
SO ₂	200 - 600 mg/Nm ³
NOx	800/1.200 mg/Nm ³

Cuando se utilizan residuos, las emisiones a la atmósfera pueden estar condicionadas por la composición de los mismos y por el punto de incorporación de los residuos al proceso; las emisiones de contaminantes más importantes son:

- ▶ Emisiones de compuestos orgánicos volátiles procedentes normalmente de las materias primas, podrían darse también si se alimentaran a baja temperatura, en ese caso serían indicativas de una mala combustión; se controlan mediante la medida del Carbono Orgánico Total (COT) en los gases de salida.
- ▶ Emisiones de metales pesados volátiles presentes en los residuos y que no se destruyen en el proceso de combustión dentro del horno; su destino final depende de las propiedades físicas y químicas de cada uno de ellos; debe tenerse en cuenta la existencia de dos mecanismos de retención de los metales pesados:
 - uno, de retención de los mismos dentro de la masa de clínker; esta retención es permanente y no afecta a la calidad del clínker ni a las posibilidades de lixiviación posterior,
 - otro, de adsorción por las partículas sólidas en los sistemas de intercambio de calor de los precalentadores o en las partículas de polvo separadas en los electrofiltros o filtros de mangas.

Cada uno de los metales tiene un comportamiento diferente, dependiendo de su volatilidad o de la posibilidad de formar compuestos volátiles a las temperaturas de los hornos:

- Los metales más volátiles, como talio o mercurio, no son retenidos en suficiente proporción dentro de la masa de clínker sino que abandonan el horno casi en su totalidad, siendo absorbidos en los sistemas de retención de partículas.
- Para el cadmio y el plomo existe un reparto entre la cantidad de metal retenido en el clínker y el retenido en las partículas separadas en los electrofiltros.

- La distribución de otros metales, como cinc, arsénico, cromo y níquel, es relativamente insensible al proceso de producción ya que la práctica totalidad de los mismos queda retenida dentro de la masa de clínker de una forma químicamente estable, que permanece incluso cuando el cemento formado a partir del clínker se somete a procesos de lixiviación.
- ▶ Emisiones de partículas que son independientes de la cantidad y tipo de residuos alimentados como combustibles alternativos, ya que depende de la eficiencia de los equipos de captación o filtrado de partículas; sin embargo, si la presencia de cloro es elevada puede producirse un aumento de las emisiones de partículas.
- ▶ Emisiones de gases ácidos, especialmente HCl y HF, que se generan inicialmente por la presencia de halógenos en los residuos; sin embargo, las emisiones finales son muy reducidas por el carácter básico del horno, independientemente de la concentración de halógenos en los residuos.



- ▶ Emisiones de otros compuestos regulados por el Real Decreto 653/2003, entre los que tienen mayor importancia las dioxinas y furanos, potencialmente procedentes de reacciones de combustión; la presencia de dioxinas y furanos es considerablemente inferior a los valores límite recogidos en el Real Decreto 653/2003, de 0,1 ng I-TEQ/Nm³.

Como resumen de lo indicado respecto a emisiones atmosféricas procedentes de los hornos de clínker pueden señalarse las siguientes conclusiones:

- ▶ Las emisiones de compuestos orgánicos en las chimeneas de las plantas de clínker no cambian por la utilización de residuos peligrosos en sustitución de los combustibles habituales; las características de emisión dependen más de las variables de operación de la planta que de los combustibles empleados.
- ▶ La mayor parte de los metales pesados presentes en los residuos, o alimentados al horno con las materias primas, quedarán fijados en el clínker, formando parte de la estructura cristalina de los silicatos o embebidos dentro de la misma.
- ▶ Dada la estabilidad intrínseca de las plantas de cemento no es previsible que de las posibles incidencias en la operación se derive un aumento significativo de los riesgos en las emisiones a la atmósfera como consecuencia del uso de residuos como combustibles alternativos.

3.4 Residuos susceptibles de tratamiento en plantas de clínker

La sustitución de combustibles fósiles por residuos ha sido una práctica muy desarrollada en algunos países desde hace más de 30 años, tanto para residuos peligrosos como para residuos energéticos.

Entre los residuos comúnmente utilizados se encuentran:

- ▶ neumáticos usados
- ▶ aceites usados y disolventes
- ▶ harinas de carne y hueso
- ▶ plásticos no reciclables

- ▶ papel, cartón y restos de embalaje
- ▶ lodos de depuradora
- ▶ residuos de madera procedente de actividades de demolición
- ▶ fracciones combustibles derivadas de los residuos urbanos, tras un tratamiento mecánico, o mecánico-biológico.

Junto a los anteriores puede definirse una lista negativa de residuos que no deberían formar parte de la alimentación a las cementeras:

- ▶ residuos nucleares
- ▶ asbestos
- ▶ residuos que contengan mercurio
- ▶ explosivos
- ▶ residuos eléctricos y electrónicos, por su potencial contenido de PCB
- ▶ ácidos minerales, que no aportarán contenido energético
- ▶ residuos infecciosos o sanitarios
- ▶ residuos de composición y origen desconocidos.

El aspecto técnico más relevante respecto a la aceptación de residuos peligrosos para su tratamiento en una planta de clínker debe ser el conocimiento previo y detallado de los mismos, de sus composiciones y de las posibilidades de afectar al proceso de fabricación o a las emisiones de la planta.

Capítulo 4

UTILIZACIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO

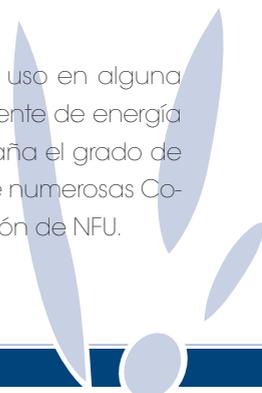
4.1 Antecedentes de la sustitución de combustible por neumáticos fuera de uso

La utilización de neumáticos usados (NFU en la terminología habitual del sector) como combustible alternativo en la industria del cemento se remonta a más de veinticinco años, cuando empezaron a sustituir a los combustibles tradicionales; esta sustitución es posible por su alto poder calorífico; de esta forma se reducía la cantidad de NFU que debían ser depositados en vertederos de residuos urbanos, que era casi la única alternativa practicada.

Las características técnicas de los hornos de clínker permiten la valorización tanto de los neumáticos completos, de tamaño reducido, como los neumáticos troceados:

- ▶ La alimentación de neumáticos completos se realiza directamente en el horno de clínker, lo que exige un diseño específico del mismo y del sistema de alimentación de neumáticos usados.
- ▶ La alimentación de neumáticos troceados es más fácil, porque se realiza en los precalcinadores o en la entrada al horno de clínker y porque es posible un mejor control de la adición de los mismos, aunque supone un mayor coste de trituración.

Numerosos hornos de clínker europeos utilizan neumáticos fuera de uso en alguna de las formas señaladas; los países que hacen mayor uso de esta fuente de energía alternativa son Francia, Suiza, Austria, Alemania y Reino Unido; en España el grado de sustitución es reducido (15% de la generación de NFU) a pesar de que numerosas Comunidades Autónomas han autorizado, de alguna forma, la valorización de NFU.



Desde el punto de vista ambiental, además de la valorización energética obtenida debe considerarse otro aspecto importante: la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente CO₂, ya que una parte de la energía recuperada procede de fuentes renovables.

4.2 Marco jurídico de la gestión de neumáticos fuera de uso en España

Está definido por el Real Decreto 1619/2005, de 30 de diciembre, sobre la gestión de los neumáticos fuera de uso, que desarrolla lo dispuesto con carácter general en la Ley 10/1998, de Residuos.

El Real Decreto, que tiene carácter de legislación básica, tiene dos aspectos fundamentales en relación con la gestión de los neumáticos fuera de uso:

- ▶ Fija los criterios para alcanzar una óptima gestión de los NFU, estimulando las medidas de prevención y promoviendo el reciclaje material de los mismos de forma preferente a la valorización energética, prohibiendo cualquier forma de depósito en vertederos, aunque este último aspecto ya estaba considerado, y sujeto a plazos, en el Real Decreto 1481/2001, sobre vertido de residuos.
- ▶ Desarrolla el principio de Responsabilidad del Productor y la obligación de los fabricantes y distribuidores de neumáticos a contribuir económicamente para alcanzar el cumplimiento de los objetivos ecológicos relacionados con la gestión.

Algunas Comunidades Autónomas han desarrollado normativa específica sobre NFU, al amparo de la Ley de Residuos, aunque básicamente siguen lo establecido en el Real Decreto 1619/2005; únicamente se establecen medidas complementarias (que afectan muy directamente a la valorización energética de los NFU) en el Decreto 40/2006, de la Diputación General de Aragón, que establece el carácter de servicio público de titularidad autonómica a la valorización y eliminación de neumáticos fuera de uso, al tiempo que, a través del Catálogo Aragonés de Residuos y del Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón, establece las formas de valorización aceptables para los neumáticos fuera de uso, entre las que se prohíbe expresamente la valorización energética de cualquier tipo, al tiempo que se crean las estructuras adecuadas para la valorización material de la totalidad de la generación de NFU en Aragón, restringiendo también el traslado de los mismos desde/hacia la Comunidad Autónoma.

En el resto de las Comunidades Autónomas los procedimientos y los objetivos de gestión son los establecidos en el Real Decreto 1619/2005, aunque se exijan algunos trámites complementarios, que en algunos casos podrían afectar a la valorización energética: en concreto, en algunas legislaciones autonómicas se establece que un porcentaje significativo de los NFU deben ser gestionados dentro de la propia Comunidad Autónoma aunque esta condición no será siempre posible por la inexistencia de instalaciones adecuadas.

4.3 Sistemas integrados de gestión de neumáticos fuera de uso

Uno de los elementos más importantes del Real Decreto 1619/2005 es la definición de los Sistemas Integrados de Gestión (SIG) de Neumáticos Fuera de Uso como entidades que pueden asumir la responsabilidad de los productores asociados al mismo.

Cada SIG será responsable del cumplimiento de las obligaciones individuales de los productores asociados, especialmente del cumplimiento de los objetivos ecológicos establecidos en el Plan de Gestión específico y de las responsabilidades financieras derivadas del cumplimiento del mismo; hasta la fecha se han constituido dos SIG de NFU que actúan de forma independiente dentro del territorio nacional:

▶ **SIGNUS Ecovalor**

Constituido en mayo de 2005, al que están adheridos la mayor parte de los productores e importadores del mercado nacional, que representan casi el 80% de las ventas de neumáticos. De acuerdo con los datos de la Memoria Anual de 2007, las ventas de los asociados a este SIG ascendieron a 206.955 toneladas, ha gestionado más de 213.000 toneladas de NFU durante el año 2007 de las que un 8,4% se ha destinado a recauchutado, un 10,3% a valorización energética y un 57% (123.000 t) a distintas recuperaciones materiales, especialmente a la producción de granza. Por lo que las posibilidades de sustitución serían de hasta cerca de 52.000 toneladas.

▶ **Tratamiento de Neumáticos Usados - TNU**

Constituido el 9 de junio de 2006, incluye a un número importante de importadores aunque cuenta con la participación de numerosos valorizadores materiales; el número de asociados al SIG es superior al centenar y la organización del SIG cubre la totalidad de las Comunidades Autónomas, a través de los propios asociados al mismo, aunque está pendiente su autorización formal, como SIG, en algunas

Comunidades. De acuerdo con los datos indicados por el propio SIG, a lo largo del año 2007 TNU ha recogido y gestionado algo más de 55.000 toneladas de neumáticos; los destinos indicados para los mismos son: un 15% para recauchutado, un 45% para distintas recuperaciones materiales y un 35% para valorización energética. Queda un 5% que podría utilizarse como sustitución de combustibles.

Ambos SIG han seleccionado agentes colaboradores con autorización como gestores en las distintas Comunidades Autónomas, estableciendo Centros de Recogida y Clasificación (CRC) que centralizarán las actuaciones de recogida y almacenamiento temporal, junto con una primera selección de las carcacas que puedan ser destinadas a recauchutado y las que deban destinarse a otros usos de recuperación material o valorización.

Adicionalmente está previsto el establecimiento de Centros de Almacenamiento y Preparación (CAP), que suponen un escalón superior en la gestión, ya que están destinados a la adaptación de los NFU para que puedan ser usados por la industria transformadora o para valorización energética, actuando también como almacenes de regulación.

El papel de los SIG es determinante en la gestión de los NFU dentro de los objetivos señalados en el Real Decreto 1619/2005 y los convierten en los actores clave en relación con las posibilidades de reutilización y valorización de estos residuos.

La obligación de financiar las operaciones de gestión de los NFU con internalización del coste debería conducir a una optimización económica de la gestión compatible con el cumplimiento de los objetivos ecológicos establecidos en el Plan.

En virtud de esta obligación, y considerando también las condiciones particulares que puedan ser establecidas en las autorizaciones en cada una de las comunidades autónomas, los SIG serán los responsables de la canalización del flujo de NFU para los distintos usos previstos en el Plan Nacional.

Debe señalarse que el ámbito de actuación de los SIG se extiende, exclusivamente, a los NFU procedentes de la reposición de los mismos durante el periodo de vida útil de los vehículos y excluye a la gestión de los NFU procedentes de los desguaces de vehículos al final de su vida útil.

Neumáticos fuera de uso procedentes de desguaces de vehículos

Teniendo en cuenta las bajas de vehículos, se estima que esta corriente de NFU podrá suponer unas 75.000 t/a de neumáticos, que no estarán cubiertos por las garantías financieras de los SIG de NFU pero que deben ser retirados en el proceso de tratamiento de los vehículos fuera de uso antes de la trituración y fragmentación de los mismos.

Por tanto, será el SIG de VFU o los gestores de los Centros de Tratamiento y Descontaminación de Vehículos Fuera de Uso los que deban buscar una salida ambientalmente aceptable para los mismos, dentro de las condiciones establecidas por el Real Decreto 1619/2005, ya que las instalaciones de desguace se convertirán en generadores de residuos especiales (entre ellos los neumáticos usados) que deben ser gestionados como tales.

4.4 El II Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso 2007 - 2015

Este Plan, integrado dentro de la planificación del borrador del Plan Nacional Integral de Residuos 2008 - 2015, es la continuación revisada del establecido en el año 2001 y que ha tenido vigencia hasta el año 2006.

Generación y gestión de los NFU durante el periodo de vigencia del I Plan de NFU

De acuerdo con los datos del I Plan de NFU, desde el año 2001 hasta el año 2005, la evolución de la generación y gestión de los NFU en España ha sido como se muestra en la Tabla 2:

Aunque los datos recogidos para la elaboración del II Plan de NFU incluido en el borrador del PNIR tengan una fiabilidad relativa, pueden sacarse algunas conclusiones en relación con la tendencia seguida y las perspectivas futuras:

- ▶ Se observa un crecimiento medio sostenido en la generación de NFU del 3,4% anual, aunque en el Plan se contemplaba una previsión de reducción del 5% de la cantidad de NFU generados, que no se ha cumplido.
- ▶ Las cantidades de neumáticos destinadas a recauchutado también presentan un ligero crecimiento sostenido, correspondiente a neumáticos de vehículos pesados, alcanzándose valores del orden del 12%, muy en línea con los valores equivalentes en los países de la Unión Europea (UE-15).

Tabla 2. Generación y gestión de los neumáticos fuera de uso en el periodo 2000-2005 (toneladas).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Generación	265.409	276.970	300.159	284.898	304.900	302.000
Recauchutado	34.139	38.646	42.092	40.300	37.200	45.000
Reciclado material	4.000	4.000	23.500	27.100	42.500	41.000
Valorización energética	20.000	17.000	30.000	35.000	52.500	50.000
Exportación	7.270	6.324	13.567	12.498	19.700	15.000
Vertido	200.000	211.000	191.000	170.000	153.000	151.000

- ▶ El impulso más importante corresponde a la valorización material, especialmente a la producción de caucho para usos muy diversos; las aplicaciones más consolidadas son la producción de pavimentos artificiales para pistas de atletismo, soportes para campos de hierba artificial, material para la industria del automóvil, industria del calzado, etc.
- ▶ Otras aplicaciones han empezando a desarrollarse al final del periodo de vigencia del I Plan, especialmente la fabricación de mezclas bituminosas para construcción de carreteras, que se analiza detalladamente por la gran importancia que se le concede en el II Plan de NFU.
- ▶ La suma de ambas aplicaciones sitúa al reciclado material en torno al 14% del total de los NFU generados, que es la mitad del porcentaje alcanzado, como media, en los países de la UE-15, que alcanza hasta un 30% de la generación.
- ▶ La valorización energética también ha tenido un crecimiento muy importante, hasta el 17% de la generación, debido casi exclusivamente a la utilización de neumáticos en plantas cementeras; no obstante, el porcentaje de valorización alcanzado es muy inferior al de los países de la UE-15, que alcanzaron porcentajes del orden del 32% en 2005.
- ▶ El punto más importante es la disminución de la cantidad de neumáticos destinados a vertedero, que se ha reducido en casi un 25% desde el año 2000 hasta el 2005, con un ritmo especialmente acelerado a partir del año 2003; no



obstante, seguía representando casi la mitad de la generación, frente a un 15% en los países de la UE-15, a pesar las limitaciones introducidas en el Real Decreto 1481/2001, que prohibió el vertido de neumáticos enteros desde mediados de 2003 y de neumáticos triturados a partir de 2006.

Objetivos ecológicos del II Plan de NFU 2007- 2015

Estos objetivos ecológicos fijados para el periodo 2007 – 2015 son:

- a) Reducción de un 10 por ciento en peso de los NFU generados mediante el alargamiento de la vida útil de los neumáticos, la mejora del uso de los neumáticos y de la conducción de vehículos; el Plan contempla también el establecimiento de mejoras de calidad por parte de los productores de neumáticos; el cumplimiento del objetivo de prevención estará muy condicionado por muchos factores, entre ellos la reducción del uso del automóvil.
- b) Recuperación y valorización del 98 por 100 de los neumáticos generados antes de 2008.

c) Recauchutado de, al menos, un 20 por ciento en peso de los NFU; en este punto debe considerarse que el nivel de recauchutado ya es similar al alcanzado en otros países europeos, por lo que el crecimiento en la tasa de recauchutado podría ser selectiva, especialmente para grandes neumáticos.

d) Reciclado material del 50 por ciento en peso de los NFU generados:

- El 40 por ciento mediante utilización como componente de mezclas bituminosas para pavimentación de carreteras; representa la gran apuesta del II Plan de NFU, habiéndose potenciado extraordinariamente las actividades de I+D+i en relación con la producción de mezclas bituminosas para uso en obra civil y carreteras, estableciendo los requisitos y especificaciones que se deberían cumplir las mezclas bituminosas que contengan polvo de caucho procedente de NFU (Orden 21/2007 del Ministerio de Fomento).

La capacidad de tratamiento de las instalaciones de valorización en funcionamiento, incluidas las de reciente construcción, y de las previstas en el Plan es del orden de 80.000 a 100.000 t/a de NFU, localizadas principalmente en Andalucía, Castilla y León, Aragón, Cataluña y Valencia; no obstante, para cumplir los objetivos ecológicos el SIGNUS ha exportado parte de los neumáticos usados para valorización material en plantas francesas y alemanas (más de 35.000 t/a).

- El 10 por ciento restante a la utilización en otras aplicaciones industriales, especialmente mediante la obtención de polvo de caucho para diversos usos, desde la pavimentación deportiva a usos industriales.

e) Recuperación y reciclado de la totalidad del acero procedente de las plantas de tratamiento de los NFU.

f) Valorización energética del 30 por ciento de los NFU generados, que supondría una gestión del orden de 100.000 t/a; en la actualidad esta valorización se concentra casi exclusivamente en las plantas cementeras y alcanza las 42.000 t/a, de acuerdo con los datos de las Memorias de Oficemen y de los SIG de NFU correspondientes al año 2007.

4.5 Análisis de las alternativas de gestión de neumáticos fuera de uso

Reciclado material

Es evidente la gran apuesta por la utilización en la fabricación de mezclas bituminosas para carreteras, a pesar de que la participación de esta forma de gestión en Europa es bastante limitada; hasta la fecha se han desarrollado numerosas pruebas de pavimentación en carreteras de diferentes Comunidades Autónomas, aunque hasta ahora no se producido un despegue importante de esta aplicación.

Para estimar la potencialidad de la recuperación material en la producción de mezclas bituminosas deben tenerse en cuenta los dos usos posibles del caucho derivado de los neumáticos usados:

- ▶ Como aditivo a los betunes y asfaltos, por vía húmeda, en la que se puede llegar a sustituir hasta un 10 - 12% del material bituminoso; teniendo en cuenta el consumo de betún y asfalto (~ 1 Mt/a), este uso podría suponer hasta 120.000 t/a de polvo de caucho.
- ▶ Como sustitutivo de los áridos, triturado hasta unos 2 mm, mezclándolo por vía seca en una proporción de hasta un 2% en peso; el consumo de árido es superior a 25 Mt/a, por lo que las posibilidades de sustitución serían de hasta 500.000 t/a.

En consecuencia, la posibilidad de utilización de polvo de caucho podría situarse entre 350.000 y 600.000 t/a, que exigiría el tratamiento de más de 700.000 t/a de neumáticos fuera de uso, teniendo en cuenta los rendimientos de transformación, que es muy superior a las disponibilidades de NFU; en consecuencia, las limitaciones a este uso no serán debidas a falta de mercado potencial sino, fundamentalmente, a la rentabilidad económica de la misma y a la existencia de instalaciones adecuadas para la transformación.

La producción de polvo de caucho para la fabricación de piezas de goma para la industria mecánica y automovilística era una de las aplicaciones tradicionales, aunque también se han desarrollado otras aplicaciones materiales, generalmente para pavimentos deportivos y para algunos usos específicos de ingeniería civil, que permiten incrementar la participación de las actividades de reciclado material.

Recuperación energética

La alternativa fundamental de valorización energética es la utilización de neumáticos fuera de uso como combustibles alternativos en plantas cementeras, aunque existen otras alternativas, con un grado de implantación muy reducido:

- ▶ La incineración en plantas de residuos urbanos; aunque técnicamente es posible, todas las instalaciones de incineración de residuos urbanos están saturadas con este tipo de residuos y no podrían aceptar NFU en cantidades significativas.
- ▶ Mediante termólisis (pirólisis), para la obtención de gases y líquidos combustibles y subproductos sólidos.
- ▶ Mediante gasificación, orientada a la producción de gases combustibles.

En la práctica, ninguna de las alternativas señaladas, distintas de la valorización en cementeras, tiene un grado de implantación importante ni en España ni en el resto de los países de la UE, aunque existen algunas instalaciones de capacidad reducida basadas en las dos últimas tecnologías señaladas.

4.6 Perspectivas de uso de neumáticos fuera de uso en plantas de cemento

Teniendo en cuenta los antecedentes en relación con la generación de NFU, tanto procedentes de reposición como de vehículos fuera de uso, y los objetivos ecológicos contemplados en el II Plan de Neumáticos Fuera de Uso y las posibilidades reales de cumplir estos objetivos, se pueden estimar las cantidades que podrían ser gestionadas en cada uno de los usos considerados:

- ▶ No es previsible que la generación de NFU sufra un incremento similar al desarrollado durante la vigencia del I Plan de NFU; ya en los últimos años del mismo se observaba una desaceleración del crecimiento, aunque la fluctuaciones de los datos de generación no permiten establecer claramente una tendencia. Así, es previsible un crecimiento neto inferior, del orden del 0,5%, incluyendo las actividades de prevención y considerando las políticas de sostenibilidad en relación con el transporte, orientadas hacia la reducción del uso de vehículos privados; de esta forma la generación tendería hacia una estabilización.

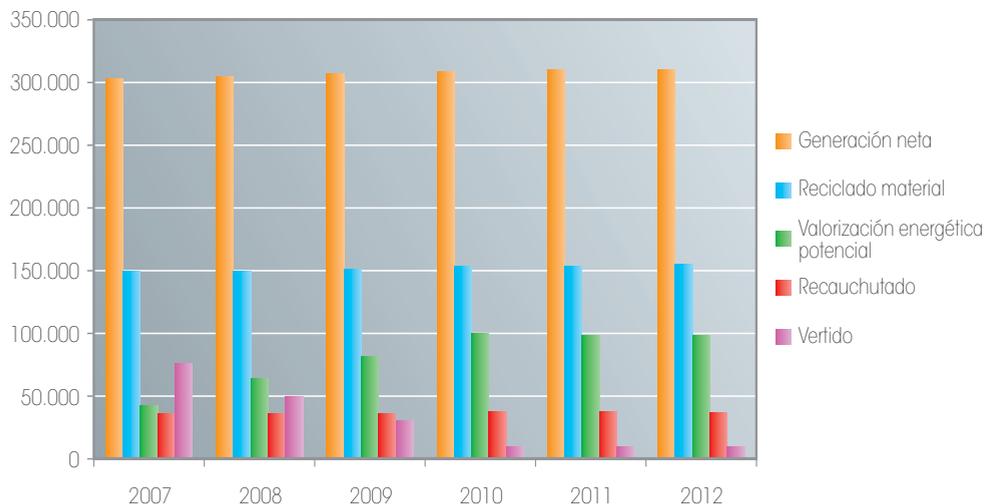
- ▶ Como se ha indicado, la participación del recauchutado en la gestión de los NFU se mantiene bastante estable desde el año 2000, en torno al 12% del total de NFU generados, similar al existente en otros países de la UE; el objetivo del Plan de alcanzar el 20% de recauchutado parece poco alcanzable.
- ▶ Aún cuando la capacidad teórica de reutilización material de los neumáticos fuera de uso, especialmente para la fabricación de mezclas asfálticas, sea muy elevada (incluso superior a la generación nacional de NFU) este destino viene limitado por la capacidad de tratamiento, que en la actualidad es del orden de 80.000 t/a referida a NFU; las probabilidades de aumento de la misma estarán muy condicionadas por distintas circunstancias económicas; es previsible que se alcance una capacidad de tratamiento de 158.000 t/a de NFU, de acuerdo con lo establecido en el Plan, que supondría el 50% de la generación correspondiente al año 2015; los inconvenientes principales de la actividad pueden ser los costes de tratamiento, por lo que parece decisiva una potenciación administrativa de la actividad, en la línea contemplada en el Plan; de momento, para cubrir el déficit de capacidad de transformación se están enviando los neumáticos a Francia y Alemania, para su transformación en polvo de caucho.
- ▶ El objetivo de recuperación energética propuesto en el II Plan de NFU es valorizar un 30% de la masa de neumáticos de reposición, que en el momento actual equivaldría a unas 100.000 t/a, muy por encima de la cantidad realmente valorizada, que se sitúa en unas 42.000 t/a.
- ▶ Tras la entrada en vigor del Real Decreto 1619/2005 (que establece la prohibición absoluta de vertido) y la puesta en funcionamiento de los Sistemas Integrados de Gestión de NFU, el porcentaje de neumáticos usados destinados a vertido debe reducirse de forma drástica.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, se ha realizado una simulación de las cantidades de NFU gestionadas siguiendo las distintas alternativas, con los siguientes condicionantes, basados tanto en la experiencia del sector como en las posibilidades reales de nuevas aplicaciones, según se ha descrito anteriormente:

- ▶ Se supone un crecimiento neto de la generación de un 0,5%, incluyendo la reducción por actividades de prevención contenidas en el II Plan de NFU (10% de reducción al final del periodo de vigencia).
- ▶ El recauchutado se mantiene en torno al 12% de la generación, siguiendo un comportamiento similar al resto de los países de la UE.
- ▶ El reciclado material crecerá proporcionalmente hasta alcanzar los objetivos del Plan en el año 2015 en los que se reciclará el 50% del peso de los NFU; por consiguiente, se supondrá que la recuperación material se mantiene en las 150.000-160.000 t/a, para cubrir los objetivos de recuperación, ya sea en instalaciones españolas o extranjeras.
- ▶ El vertido actual de 76.000 t/a, según balances del año 2007, se reduce progresivamente a 50.000 t/a en 2008, 30.000 t/a en 2009 y se estabiliza en 10.000 t/a durante el resto del periodo.

Los resultados de la simulación permitirán conocer las cantidades de NFU disponibles para valorización energética, como se indican en el Gráfico 1:

Gráfico 1. Simulación de la gestión de los neumáticos fuera de uso (toneladas).



En la Tabla 3 se recogen también los valores mostrados:

Tabla 3. Simulación de la gestión de los neumáticos fuera de uso (toneladas).

Año	Generación neta	Recauchutado	Reciclado material	Vertido	Valorización energética
2007	305.028	36.603	150.000	76.424	42.000
2008	306.553	36.786	151.090	50.000	63.940
2009	308.085	36.970	152.181	30.000	82.541
2010	309.626	37.155	153.271	10.000	101.109
2011	311.174	37.341	154.361	10.000	99.642
2012	312.730	37.528	155.451	10.000	98.141

Puede observarse que la cantidad de NFU disponible para valorización energética (suma de la cantidad vertida y la valorizada) es, desde el principio, ligeramente superior a 100.000 t/a, que se mantiene a lo largo de todo el periodo, ya que las actividades de recauchutado y valorización material se suponen prácticamente saturadas; únicamente la valorización energética tendrá capacidad para absorber las reducciones esperadas en el vertido.

La cantidad realmente valorizada debería crecer hasta las 100.000 t/a desde las 42.000 t/a actual, para reducir drásticamente el vertido; para los años 2009 a 2011 debería alcanzarse el valor estable de casi 100.000 t/a valorizadas.

Las incertidumbres respecto al grado de cumplimiento del Plan se centran, fundamentalmente en el grado de crecimiento de la valorización material para preparación de mezclas bituminosas para construcción de carreteras, por el gran soporte administrativo para esta actividad.

También podrían incluirse en la valorización energética los rechazos combustibles de material procedentes de la valorización material (caucho y textiles), que pueden suponer casi un 15% del material destinado a reciclado material, al menos de las plantas españolas.

4.7 Distribución territorial de la generación de neumáticos fuera de uso

Desde el punto de vista de la gestión mediante valorización energética, la distribución territorial no parece un factor determinante, por la actuación de los SIG con ámbito

nacional; sin embargo, las normativas autonómicas pueden restringir de forma importante el flujo de NFU hacia instalaciones de valorización energética, ya sea por prohibición expresa de su aplicación (como ocurre en la Comunidad Autónoma de Aragón) o por las limitaciones introducidas en las Autorizaciones Ambientales Integradas de las propias instalaciones usuarias; estas limitaciones condicionan la cantidad de NFU valorizables energéticamente.

La información sobre la generación de neumáticos fuera de uso en las diferentes Comunidades Autónomas se ha obtenido a partir de las Memorias de Gestión de los SIG del año 2007, ya que la información de las Comunidades Autónoma es muy escasa y poco aproximada.

La generación de NFU en las Comunidades Autónomas y la participación aproximada de cada SIG en la recogida y gestión es como se indica en la Tabla 4:

Tabla 4. Generación de neumáticos fuera de uso (toneladas).

Comunidad Autónoma	SIGNUS	TNU	TOTAL
Andalucía	34.795	8.699	43.494
Aragón	8.889	3.000	11.889
Asturias	6.454	1.614	8.068
Baleares	4.348	1.087	5.435
Cantabria	3.025	756	3.781
Canarias	10.838	2.710	13.548
Castilla-La Mancha	13.785	3.446	17.231
Castilla y León	19.033	4.758	23.791
Cataluña	25.604	10.000	35.604
Extremadura	8.072	3.000	11.072
Galicia	17.435	4.359	21.794
Madrid	22.705	8.000	30.705
Murcia	4.960	1.240	6.200
Navarra	4.345	1.086	5.431
La Rioja	2.104	526	2.630
País Vasco	12.808	3.202	16.010
Valencia	14.167	5.000	19.167
TOTAL	213.367	62.483	275.850

Capítulo 5

UTILIZACIÓN DE ACEITES USADOS

5.1 Antecedentes de la valorización energética de aceites usados

La utilización de aceites usados como combustibles alternativos de las plantas de clínker ha sido una forma tradicional de gestión de este tipo de residuos, por las características generales de los hornos y por la facilidad de adaptación de las instalaciones al nuevo combustible, que prácticamente no presentaba exigencias técnicas ni ambientales complementarias a los combustibles líquidos tradicionales usados por las cementeras; en general, sólo requerían un pretratamiento para la eliminación de los lodos y un control analítico completo previo a la aceptación, tanto por razones de control reglamentario como por garantía de funcionamiento adecuado.

Esta práctica está muy extendida por Europa, donde los aceites usados suponen un porcentaje importante de los combustibles alternativos usados en las plantas de cementos, ya sea por uso directo o a través de la preparación de combustibles alternativos en plantas de blending.

Numerosas instalaciones españolas han sido autorizadas para la utilización de aceites usados, en solitario o mediante mezclas con otros residuos, aunque la estrategia para la gestión de los aceites usados ha considerado prioritaria la regeneración de los mismos frente a la valorización energética.

Esta valorización energética, que ha cumplido su función en el pasado, sigue teniendo su utilidad como complemento de otras formas de gestión, especialmente para los aceites de difícil tratamiento, no regenerables.



Sin embargo, el nuevo marco legal de gestión de aceites usados puede modificar, de forma muy importante, las condiciones de valorización, que pueden convertir este residuo en un componente marginal de la valorización energética en los próximos años, por el impulso legal a la regeneración de bases, a pesar de que esta última forma de gestión no ha sido considerada prioritaria en la redacción de la nueva Directiva Marco de Residuos recientemente aprobada y que en numerosos Estados Miembros de la Unión Europea no goza de la prioridad que en España.

5.2 Características de los aceites usados como combustible alternativo

Los aceites lubricantes, especialmente los de automoción, están constituidos por:

- ▶ Bases lubricantes (hasta un 75% de peso de los aceites), que son mezclas de hidrocarburos fundamentalmente parafínicos de cadena larga pero con presencia también de hidrocarburos nafténicos y aromáticos.
- ▶ Aditivos, para conseguir las propiedades específicas pretendidas en el aceite (antioxidantes, detergentes, anticorrosivos, antiespumantes, etc); están constituidos por compuestos orgánicos, entre los que tienen una especial participación los compuestos de azufre, siliconas y derivados de cinc y bario.

Dependiendo de la aplicación y del tiempo de uso, los aceites usados mantienen, sin gran modificación, las bases lubricantes aunque los aditivos se van degradando con el tiempo; precisamente esta degradación es la que obliga a su sustitución periódica.

Después de su uso, el aceite lubricante adquiere concentraciones elevadas de contaminantes, entre los que los más importantes son:

- ▶ Metales pesados derivados principalmente del desgaste del motor o maquinaria por contacto con combustibles.
- ▶ Es frecuente la presencia de disolventes clorados procedentes de la degradación de los aditivos o por manipulación posterior de los aceites usados; no es improbable la presencia de tricloroetano, tricloroetileno y percloroetileno.

- ▶ Hollín procedente de la combustión incompleta de los propios aceites o del combustible; está en forma de partículas sólidas finas, difícilmente retenibles en los filtros de aceite.
- ▶ Componentes ácidos procedentes de combustiones de derivados de azufre.
- ▶ Agua, procedente de la condensación del vapor presente en la atmósfera o a fugas en los sistemas de enfriamiento del aceite.
- ▶ Combustibles utilizados por los vehículos, debido a un paso de los mismos hasta el cárter de aceite.
- ▶ Sólidos y polvo, debidos a la entrada de los mismos con el aire de combustión del motor y que finalmente se incorporan al aceite.

El aprovechamiento de los aceites usados debe tener en cuenta la presencia de estos contaminantes; dependiendo del uso a que se destinen puede ser necesaria la separación completa de las impurezas, incluidos los aditivos; para su uso como combustibles alternativos en plantas cementeras los tratamientos necesarios son menos exigentes.

En general, en todos los casos es necesario realizar pretratamientos de separación de agua y sólidos, que generan residuos secundarios que deben ser gestionados de forma conjunta con los propios aceites recuperados.

5.3 Alternativas de gestión de los aceites usados

Básicamente pueden considerarse tres formas principales de aprovechamiento de los aceites usados:

- ▶ La regeneración tras un tratamiento previo para eliminación de agua, lodos y contaminantes físicos; está orientada a la obtención de bases lubricantes, que permitan la reformulación del aceite, con las mismas o parecidas propiedades.
- ▶ La valorización energética, previo tratamiento, en motores de combustión interna, para la producción de electricidad que puede ser vertida a la red; los acei-

tes usados tratados se utilizan como carburantes en motores térmicos que, a su vez, accionan generadores de energía eléctrica.

- ▶ La valorización energética como combustible en hornos adecuados, generalmente de clínker; también han sido muy utilizados en otras instalaciones, especialmente en hornos de materiales cerámicos.

Existen también otros usos minoritarios, como la utilización en algunas fabricaciones, pero no tienen una gran incidencia en la distribución de los aceites usados.

5.4 Regeneración de aceites usados

La regeneración de los aceites usados consiste en la obtención de bases lubricantes a partir de aceites usados, mediante la separación física de los contaminantes presentes (agua, lodos, metales y restos degradados de los aditivos específicos de los aceites).

Existen numerosos procesos de regeneración de los aceites lubricantes pero los más usados en España realizan la regeneración de las bases mediante diferentes etapas de filtración, extracción con disolventes y rectificaciones; de esta forma se obtienen las siguientes corrientes:

- ▶ 55 - 60% del peso de los aceites usados alimentados se recuperan en forma de bases lubricantes, destinadas a reformulación; este porcentaje es el que realmente se obtiene en forma de bases lubricantes.
- ▶ 25 - 30% en forma de asfaltos, polímeros y aditivos degradados, que son residuos peligrosos y deben ser gestionados como tales; esta es la única fracción que sería potencialmente valorizable en cementeras.
- ▶ 10 - 15% de una fracción ligera de hidrocarburos (naftas) que puede ser utilizada como combustible alternativo en motores especiales o ser usada internamente, para cubrir las necesidades energéticas propias.
- ▶ Agua y lodos procedentes de la separación física inicial, que deben ser gestionados como residuos.

En España la capacidad de regeneración de aceites usados instalada es de 130.000 t/a, distribuidas en tres instalaciones situadas en Madrid (2) y en Cataluña (1).

La valorización energética en la cogeneración de energía eléctrica

La utilización de los aceites usados para este fin exige un tratamiento físico-químico de los aceites para eliminación de las impurezas; este tratamiento es bastante similar al realizado en el caso de la regeneración ya que su objetivo es obtener un carburante apto para ser utilizado por motores de gran potencia, que exigen requisitos de calidad mínima.

Esta forma de recuperación tuvo un gran auge a principios de los años 90, beneficiándose de las ventajas económicas de la recogida de aceites usados y de las subvenciones a la producción de energía eléctrica a partir de residuos; sin embargo, los cambios introducidos en las tarifas de generación de energía no han favorecido al sector, reduciéndose considerablemente la aportación para este uso.

Existe un número importante de instalaciones de valorización energética para producción de electricidad a partir de aceites usados, distribuidas por el país, con capacidad de consumo superior a las disponibilidades de aceites usados; la mayor parte de estas instalaciones están vinculadas a las plantas de regeneración, pudiendo aprovechar parte de los subproductos y residuos de las mismas, logrando así una mejor integración vertical de la gestión.

La valorización energética como combustible alternativo en hornos

Es la forma más sencilla de recuperar los aceites usados, ya que sólo requiere un pretratamiento, que normalmente consiste en la eliminación del agua y los lodos contenidos en los aceites y, sobre todo, un control analítico completo que permita el aseguramiento de las características de emisión.

En estas instalaciones los aceites usados sustituyen a combustibles tradicionales; sin embargo, las nuevas normativas de emisión y de gestión de los aceites usados han reducido considerablemente estos usos a las instalaciones provistas de sistemas de tratamiento de gases de combustión o que realicen pretratamientos adecuados de los aceites.

5.5 Generación de aceites usados en España

De acuerdo con los datos de ASELUBE correspondientes al año 2006, el consumo de aceites lubricantes en España ascendió a 507.000 t, de la cuales el 52% corresponde a los distintos tipos de aceites de automoción (263.000 t/a) y el resto corresponde a aceites industriales (244.000 t/a).

El grado de transformación de aceites en residuos es diferente para cada uno de los usos; en el caso de los aceites de automoción se estima que un 63% se transforma en residuos mientras que sólo el 40% del aceite industrial acaba siendo un residuo.

Por otra parte, el grado de recogida, al menos por los circuitos tradicionales de estos residuos, es también diferente para cada tipo de residuos: se estima que el 80% de los aceites de automoción generados son recogidos e integrados en los circuitos de gestión mientras que para los aceites industriales este porcentaje es del 77%.

En consecuencia, de acuerdo con los datos de la Memoria de ASELUBE 2006, la generación y recogida de aceites usados, durante 2006, fue como se indica en la Tabla 5:

Tipos de aceites	Ventas de aceite	Generación de aceites usados	Recogida de aceites usados
Aceites de automoción	263.000	165.000	132.000
Aceites industriales	244.000	98.000	75.000
Total	507.000	263.000	207.000

La cantidad de aceites distribuidos en el mercado ha permanecido bastante estable, si no ligeramente decreciente, desde los años 2000 y 2001, correspondiendo con una mayor calidad de los aceites, que permite su espaciamento en la sustitución.

En el caso de recogida de aceites usados se ha producido un ligero incremento, desde unas 190.000 en el año 2001 hasta unas 207.000 t en el año 2006, como consecuencia de un mayor esfuerzo en la gestión de recogida.

5.6 Nuevo marco normativo para la gestión de los aceites usados

La nueva regulación establecida por el Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites usados industriales, modifica profundamente la normativa relacionada con la gestión de los aceites usados, adaptándola al marco comunitario actual y a la Ley 10/1988 de Residuos; esta nueva regulación puede tener efectos importantes en la valorización de aceites usados en las plantas de clínker.

Los aspectos más señalados de la nueva regulación son:

- ▶ El desarrollo del principio de Responsabilidad del Productor, que obliga a los fabricantes o importadores de aceites a participar económicamente en la gestión de los aceites usados; cada fabricante debe garantizar la correcta gestión para una cantidad de aceites usados proporcional a la cantidad de aceite nuevo que pone en el mercado, con independencia de que el coste sea trasladado a los usuarios como parte del precio.
- ▶ Introduce la figura de los Sistemas Integrados de Gestión para que asuman las responsabilidades de los productores de aceites, especialmente en la financiación de la gestión; los comercializadores de aceites no asociados deben asumir su responsabilidad como productores de forma individual.
- ▶ Establece un orden de prioridades para la gestión de los aceites usados, basadas en la prevención de la generación, primando la regeneración, seguida de otras formas de reciclado, de la valorización energética y de la eliminación.
- ▶ Establece objetivos ecológicos para la recogida, regeneración y la valorización de los aceites usados, responsabilizando a los productores de los mismos, directamente o a través de los SIG, de la consecución de los mismos.

Junto a los puntos anteriores, se mantiene el carácter de residuo peligroso para todos los tipos de aceites usados y la obligación de los productores de los mismos de gestionarlos de acuerdo con esta clasificación, garantizando su entrega a un gestor autorizado para su valorización o eliminación.

5.7 Sistema Integrado de Gestión. SIGAUS

La responsabilidad descrita en los puntos anteriores puede ser asumida directamente por los fabricantes e importadores o a través de Sistemas Integrados de Gestión; los mayores fabricantes de aceites se han integrado dentro de SIGAUS, que representa más del 90% de todos los aceites puestos en el mercado español.

En consecuencia, SIGAUS asume la responsabilidad individual de los fabricantes de aceites asociados; esta responsabilidad se concentra, fundamentalmente, en:

- ▶ Garantizar el cumplimiento de los objetivos ecológicos, tanto de recogida como de un alto grado de regeneración de los aceites usados recogidos, otorgando a la valorización energética un papel secundario en la gestión de los aceites usados.
- ▶ Financiar económicamente el funcionamiento del sistema de gestión, para el cumplimiento de los objetivos señalados en el punto anterior.

Para cumplir los dos puntos anteriores el SIGAUS debería contar con la infraestructura ya existente de recogedores, transportistas, instalaciones de regeneración y de valorización, etc., estableciendo formas de colaboración con los mismos.

Para la financiación económica, el SIGAUS recibirá una cantidad estipulada por unidad de aceite puesto en el mercado por cada fabricante, (0,06 €/kg para el año 2007).

Con esta aportación el SIGAUS debe financiar los déficits de funcionamiento del sistema de gestión completo: debe abonar a los recogedores y, especialmente a los regeneradores de aceite, las retribuciones estimadas para la rentabilidad de su actividad; sin embargo, las actividades de valorización energética no recibirán ninguna financiación por parte de los fabricantes de aceites.

De esta forma, con la entrada en funcionamiento de SIGAUS desaparecen las ayudas económicas a la gestión de los aceites usados, que han sido aplicadas durante largo tiempo con cargo al presupuesto del Ministerio de Medio Ambiente, actuando el SIGAUS como el órgano de reparto de los costes y de los ingresos recibidos de los fabricantes de aceites.

5.8 Objetivos ecológicos establecidos en el Real Decreto 679/2006

Con independencia de las medidas preventivas orientadas a la disminución de la generación de aceites usados o a la disminución de la presencia de componentes peligrosos, el Real Decreto 679/2006 establece una serie de objetivos ecológicos que cuantifican y jerarquizan la estrategia ambiental en relación con los aceites usados; estos objetivos mínimos, revisables por el Gobierno en el año 2009, son:

- ▶ Recuperación del 95% de aceites usados generados; esto obligará a realizar esfuerzos importantes en la recogida; la cantidad generada para cada tipo de aceite depende del uso del mismo y se estima de acuerdo con las estadísticas del sector, con la aprobación de la Administración, el SIG debe demostrar que han controlado la recogida de las cantidades correspondientes a este alto grado de recuperación.
- ▶ Valorización del 100% de aceites usados recuperados ya sea mediante regeneración, por reciclado en la producción de otros productos o mediante valorización energética.
- ▶ Regeneración de un 55% de los aceites usados recuperados a partir del 1 de enero de 2007 (y de un 65% de los aceites usados recuperados a partir del 1 de enero de 2008); algunos tipos de aceites usados, los recuperados de separadores de agua-aceite y los que no puedan garantizar su origen, se consideran no regenerables y están excluidos de los objetivos de regeneración.

Teniendo en cuenta los rendimientos de estas plantas, cuyo valor mínimo se especifica en el artículo 9 del mismo Real Decreto, la regeneración dará lugar a residuos secundarios; estos residuos resultantes del proceso de regeneración (fondos, cabezas de columnas de destilación, aceite residual no regenerado, etc.) deben ser gestionados y valorizados de acuerdo con la legislación general de residuos peligrosos, pudiendo ser destinados a valorización energética.

5.9 Consecuencias del nuevo marco legal y administrativo

La puesta en funcionamiento del SIGAUS debería conducir a las siguientes consecuencias:

- ▶ Que todos los fabricantes e importadores de aceites formen parte de SIGAUS; carece de sentido la no integración de productores, ya que complicarían ex-

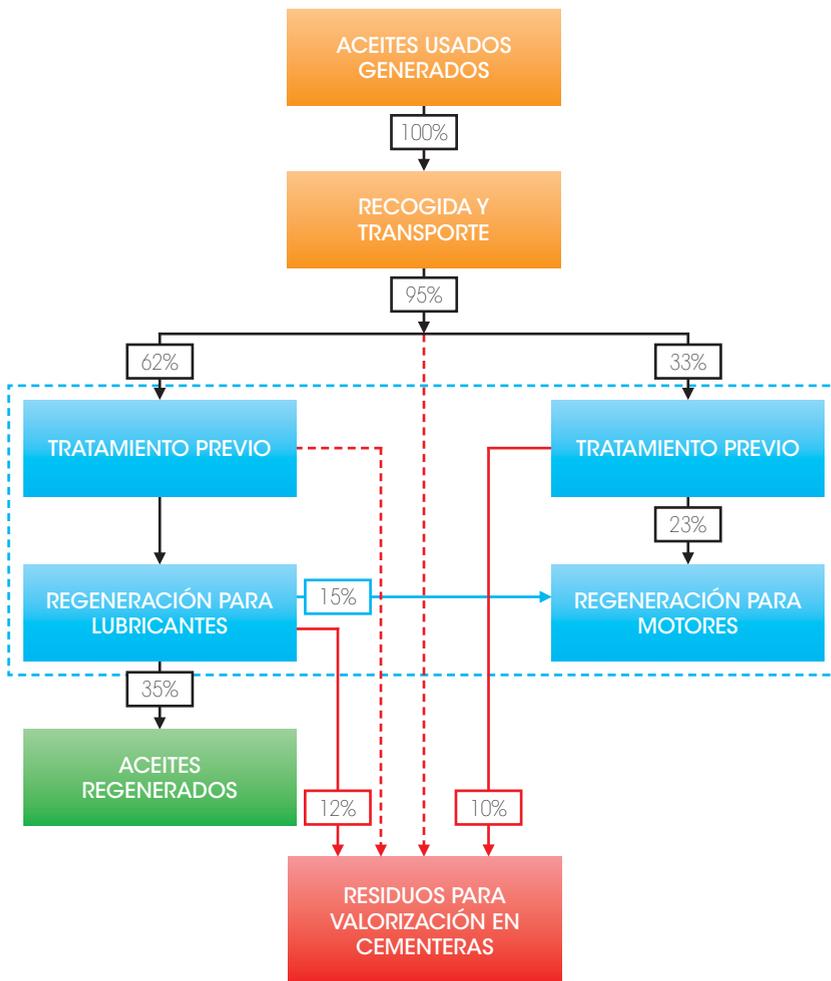
traordinariamente la gestión de los aceites usados *asignados* a su cuota de participación en el mercado; la forma de repercusión del coste de pertenencia al SIG favorece esta integración; esto supondrá que la gestión de la práctica totalidad de los aceites puestos en el mercado podrá ser controlada por el Sistema Integrado de Gestión, que de momento es único.

- ▶ El cumplimiento del objetivo de recuperación, que se ha cifrado en un 95% de los aceites usados generados, dependerá de dos factores:
 - De la correcta estimación del factor de transformación de aceites en residuos; en la actualidad estos valores están estimados en un 63% para los aceites de automoción y un 40% para los aceites industriales; la fracción no recuperada corresponde a aceites quemados, derrames involuntarios o inevitables, aceites recuperados a través de otros sistemas de gestión de residuos, etc.
 - De la adecuada potenciación de la actividad de la red capilar de gestores de recogida de los aceites usados; en la actualidad los niveles de recogida son del 80% para los aceites de automoción y del 77% de los aceites industriales, de acuerdo con las informaciones del sector.
- ▶ Tras la preferencia legal para la regeneración de los aceites usados, la entrega de aceites usados a las instalaciones de regeneración será prioritaria para el SIGAUS pero sólo hasta cumplir los objetivos ecológicos establecidos, ya que la actividad de regeneración no es económicamente ventajosa; parece razonable que SIGAUS no asuma costes adicionales por una regeneración superior a los límites señalados en la legislación.
- ▶ El estricto cumplimiento de los objetivos ecológicos del Real Decreto permitiría a SIGAUS la asignación de una fracción significativa del aceite usado recogido para valorización energética; esta asignación para valorización energética sería del 48% en el año 2007 y se reduciría progresivamente en años sucesivos al aumentar el porcentaje destinado a regeneración.
- ▶ Si, como consecuencia de lo anterior, el SIGAUS se convierte en el titular de los aceites usados no destinados a regeneración, la asignación de sus usos podría

hacerse a aquellas instalaciones que le supongan un menor coste adicional al SIG; en estos momentos, estas instalaciones serían las de valorización mediante la transformación en energía eléctrica.

En la Figura 1 se muestra un esquema aproximado de los flujos relacionados con la nueva forma de gestión de los aceites usados, derivado de la aplicación de los objetivos ecológicos.

Figura 1. Esquema de los flujos de gestión de aceites usados aplicando los objetivos establecidos en el Real Decreto 679/2006.



- ▶ El 65% del aceite recogido (62% del generado) se destinaría a regeneración, tras un pretratamiento; el resto (33% del generado) se dedicaría a valorización energética, tras un pretratamiento similar al de la regeneración.
- ▶ La regeneración produce tres fracciones: un 35% de bases regeneradas, un 15% de fracciones ligeras que se unirían a la fracción valorizable energéticamente y 12% de residuos pesados susceptibles de valorización energética en cementeras.
- ▶ El pretratamiento de la fracción destinada a valorización en forma de energía eléctrica produciría un residuo, del orden del 10%, que podría ser valorizado en cementeras.

En consecuencia, la valorización para producción de electricidad podría alcanzar hasta un 38%, tanto de aceites usados generados, como procedentes directamente de pretratamiento como de las fracciones ligeras procedentes de la regeneración.

Las cantidades de aceites usados disponibles para valorización energética como combustibles alternativos en plantas de clínker supondrían un porcentaje del orden del 22% de la generación, correspondiente a los residuos pesados de los diferentes tratamientos no susceptibles de valorización en motores de combustión interna.

Para una generación de aceites usados ligeramente superior a 263.000 t/a, la aplicación de los objetivos establecidos en el Real Decreto 679/2006 supondría que unas 45.000 toneladas anuales de aceites usados podrían ser valorizadas energéticamente en fábrica de cemento.

Tabla 6. Simulación de la gestión de aceites usados aplicando los objetivos establecidos en el Real Decreto 679/2006 (toneladas).

Aceites usados	Cantidad
Generación	263.000
Recogida	250.000
Regeneración	162.000
Valorización vía generación eléctrica	131.000
Valorización energética en hornos de cemento	45.000

NOTA: la simulación se ha realizado a partir del dato de generación de aceites usados del año 2006.

La consecución de los objetivos planteados en el Real Decreto 679/2006 supondría los siguientes cambios en la gestión actual:

- ▶ Un aumento importante, casi 43.000 t/a, de la cantidad de aceites recogidos, ya que en la actualidad se recoge en torno a 207.000 t/a de aceites usados; en cualquier caso, resulta improbable que, al menos a corto plazo, se aumente la recogida hasta el 95% de los aceites usados generados.
- ▶ El porcentaje asignado para regeneración parece muy elevado, ya que no existe un acuerdo general sobre la prioridad ambiental de la regeneración de aceites usados en la Comunidad Europea; la capacidad instalada de regeneración de aceites es del orden de 130.000 t/a, que debería representar la asignación máxima para este destino, ya que no parece muy probable nuevas inversiones en plantas de regeneración.
- ▶ La cantidad total de aceites usados asignados para valorización energética en forma de electricidad podría ascender hasta 131.000 t/a, de las que las dos terceras partes serían aceites usados pretratados y el resto fracciones ligeras procedentes de las instalaciones de regeneración.
- ▶ La valorización energética en hornos, de clínker o cerámicos, tendería a complementar los aceites no destinados a los tratamientos anteriores; no debe descartarse el uso interno, como combustibles, en las plantas de regeneración de aceites usados.
- ▶ En consecuencia, la disponibilidad de combustibles derivados de aceites usados en las plantas de clínker podría limitarse a los residuos pesados procedentes de la regeneración y de los pretratamientos, que supondrían unas 45.000 t/a, aunque con reservas respecto a la calidad de los mismos.

Capítulo 6

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES

6.1 Antecedentes

Tradicionalmente, las plantas de clínker han utilizado distintos tipos de residuos industriales, tanto como combustibles alternativos como en sustitución de materias primas; entre los primeros, los más habituales han sido los residuos líquidos, como los aceites usados, los restos y lodos de disolventes orgánicos no clorados y diferentes residuos procedentes de las industrias petroquímica y farmacéutica; también se han utilizado otros residuos sólidos o pastosos como los lodos de fabricación y aplicación de pinturas y barnices y los lodos de diferentes procesos químicos orgánicos.

La característica fundamental de los mismos ha sido su elevado poder calorífico y la ausencia o la baja concentración de determinados contaminantes clave, como algunos metales pesados volátiles y cloro orgánico.

Esta sustitución se ha basado tanto en la capacidad intrínseca de los hornos de clínker para la valorización energética de estos residuos dentro de un marco de completa garantía ambiental como por la facilidad de manejo de los mismos, tanto en el acopio y almacenamiento de los mismos, como en la introducción al proceso.

De acuerdo con la Memoria de Oficemen del año 2006, a lo largo de ese año se han utilizado casi 47.000 toneladas de residuos líquidos (sin incluir los aceites usados) constituidos fundamentalmente por disolventes y residuos petroquímicos; a la cifra anterior deben añadirse 15.000 toneladas de residuos sólidos y pastosos.

En conjunto, los residuos industriales representan la segunda fuente de combustibles alternativos de las plantas cementeras, que sólo son superadas, en peso, por las harinas cárnicas.

La actividad está regulada, desde el punto de vista técnico y de autorización, por la legislación sobre residuos peligrosos en lo referido al control del manejo, almacenamiento y gestión de los residuos peligrosos, especialmente en los aspectos referidos a las responsabilidades de los gestores, recogidas en el Real Decreto 833/1988, que ahora se engloban dentro de la Autorización Ambiental Integrada.

Desde el punto de vista ambiental, la normativa de referencia es el Real Decreto 653/2003, de incineración de residuos, que recoge las condiciones de autorización y funcionamiento de las instalaciones de clínker cuando utilizan residuos como combustibles alternativos.

La actividad se desarrolla en casi todas las Comunidades Autónomas, de acuerdo con la normativa general y con la específica de cada Comunidad, cuando existe; en este sentido deben señalarse dos excepciones importantes:

- ▶ En la Comunidad Autónoma de Aragón no está autorizada la valorización energética de residuos en cementeras, al no estar incluida dentro del Catálogo Aragonés de Residuos.
- ▶ En Cataluña existe una condición adicional, ya que la utilización de residuos como combustibles sólo se considera valorización energética si el poder calorífico inferior (PCI) de los mismos es superior a 30 MJ/kg; para valores inferiores de PCI se considera que la operación es de eliminación por incineración (D10); como esta operación está declarada servicio público y asignada a un gestor privado, el aprovechamiento de residuos con PCI inferior a 30 MJ/kg no puede ser autorizado para las cementeras en Cataluña; está en fase de reconsideración por la Agencia de Residuos, que podría establecer el límite en torno a 15 MJ/kg.

A pesar de lo anterior, no todas las Comunidades Autónomas autorizan la valorización de residuos peligrosos; estas excepciones no se refieren, generalmente, a impedimentos de tipo legal sino que a veces se basan en otros condicionantes locales o territoriales.

6.2 La valorización energética en el II Plan de Residuos Peligrosos 2007 - 2015

El II Plan Nacional de Residuos Peligrosos, incluido en el borrador del PNIR, recoge la planificación sobre la producción y la gestión de los residuos peligrosos y establece los principios a tener en cuenta en las planificaciones territoriales.

En el momento de la elaboración del II Plan Nacional de Residuos Peligrosos, a finales de 2006, la situación en relación con la generación y gestión de los mismos en España se caracteriza por:

- ▶ Insuficientes datos reales sobre la generación de residuos peligrosos, con escasa verificación de los mismos; a pesar de las Declaraciones Anuales Productores y Gestores de residuos peligrosos no parece fácil llegar a cifras suficientemente fiables.
- ▶ La estimación de la generación anual es de algo más de 3 millones de toneladas.
- ▶ Existen diferencias notables entre las Comunidades Autónomas en relación con la propia clasificación de los residuos y con la designación orientativa de los tratamientos más adecuados, que en numerosos casos están muy condicionados por las instalaciones existentes más que por los objetivos ambientales perseguidos.
- ▶ Escaso nivel de coordinación en los programas y planes de gestión entre los diferentes territorios, quizá como consecuencia de una aplicación demasiado estricta del principio de autosuficiencia entendido a nivel autonómico.
- ▶ Infraestructuras insuficientes para algunas formas de tratamiento, que son paliadas mediante la asignación de otras formas de tratamiento, a veces poco convenientes desde el punto de vista ambiental.
- ▶ Escasa percepción social del problema derivado de la generación y gestión de los residuos peligrosos e hipersensibilidad ante cualquier propuesta de construcción de nuevas infraestructuras, especialmente si se incluye la recuperación energética.

Aunque la planificación contemplada en el II Plan de Residuos Peligrosos se basa en la aplicación de la estrategia de gestión en cinco niveles, la oposición social a algunas formas de gestión, entre ellas la recuperación energética, ha modificado la aplicación razonable de la estrategia jerarquizada, que conduce a un mayor esfuerzo en la recuperación material y, sobre todo, a una aplicación poco razonada

de algunas tecnologías de eliminación, especialmente de tratamiento físico - químicos y biológicos.

En el II Plan de Residuos Peligrosos sólo se consideran como susceptibles de valorización energética a aquellos *residuos peligrosos que reúnen ciertas características técnicas, ecológicas y energéticas que facilitan esa forma de tratamiento*, aunque estas características no han sido definidas de forma explícita ni en el Plan ni en la legislación que lo soporta.

Los residuos considerados como potencialmente valorizables han sido considerados dentro de la actividad R1, para su transformación en combustibles alternativos en plantas de *blending*, para su uso en instalaciones autorizadas.

La destrucción o eliminación por incineración con o sin recuperación de energía, actividad D10, sólo es considerada en el caso de residuos peligrosos con contenidos importantes de compuestos orgánicos pero con un valor energético reducido, orientada fundamentalmente a eliminar las características de peligrosidad de los residuos.

Como se ha indicado, la clasificación establecida en el Plan, como R1 o D10 debe ser considerada como una primera aproximación, condicionada fundamentalmente por la inexistencia de determinadas infraestructuras de tratamiento; esta misma observación puede hacerse para algunas clasificaciones relacionadas con los tratamientos físico-químicos o biológicos, a los que se asignan residuos para los que no existe una referencia clara de gestión.

6.3 El papel de las Comunidades Autónomas en la gestión de residuos peligrosos

La planificación y la gestión de los residuos peligrosos tienen algunos condicionantes territoriales que los diferencian de otros tipos de residuos, y en especial, de los residuos urbanos:

- ▶ Las cantidades generadas en cada Comunidad Autónoma no siempre justifican infraestructuras específicas de gestión, que exigen un volumen mínimo de residuos gestionados para su adecuado funcionamiento.
- ▶ El transporte de los residuos peligrosos está completamente regulado y controlado por las Comunidades y por el propio Ministerio, por lo que el traslado de re-

Residuos peligrosos no debería ser un inconveniente insalvable para el adecuado control de la gestión, más allá del propio coste económico.

- ▶ Únicamente cuando el traslado de residuos peligrosos afecte negativamente a la planificación territorial debería ser objeto de restricciones administrativas; esta limitación tiene importancia cuando se superen las capacidades de tratamiento de las instalaciones existentes o se reduzca de forma apreciable el volumen disponible en depósitos de seguridad.
- ▶ La gestión de los residuos peligrosos se lleva a cabo por gestores privados específicamente autorizados y especializados en diferentes tipos de residuos.
- ▶ El sector de gestión ha ido evolucionando hacia la creación de escasos grupos económicos con niveles tecnológicos elevados, completamente homologables a los de otros países, que descansan su actividad en numerosos gestores de recogida, vinculados o no a las instalaciones de gestión.

En consecuencia, el papel de las Administraciones autonómicas es fundamental en relación con el control de la producción de residuos, de los traslados dentro y fuera de su ámbito territorial y del control de la forma de gestión; sin embargo, esta importancia disminuye en relación con la planificación y dotación de las infraestructuras adecuadas, cuya implantación puede ser asumida por la iniciativa privada siempre que exista un marco administrativo y social adecuado.

En este sentido es decisiva la posición de las Administraciones en relación con las autorizaciones de instalaciones, especialmente de gestión, que cubran la totalidad de los tratamientos convenientes, dentro de un marco de complementariedad territorial; en este sentido, y especialmente en relación con la valorización energética en plantas de clínker, deben considerarse los siguientes aspectos:

- ▶ La utilización de residuos como combustibles alternativos en cementeras es considerada una valorización y, por tanto, el traslado de los residuos no debería estar sujeto a restricciones especiales; los residuos peligrosos deberían poder ser trasladados a otras Comunidades para su valorización energética siempre que las instalaciones receptoras estén debidamente autorizadas para los mismos.

- ▶ No debería considerarse un marco territorial cerrado de generación – preparación como combustible – valorización que limitase la actividad al ámbito territorial de cada una de las Comunidades; así se recoge en el propio Plan Nacional al estimar el déficit de instalaciones de valorización energética, contemplando las soluciones de los mismos en un ámbito nacional.
- ▶ De acuerdo con lo anterior, es deseable una concentración de residuos peligrosos de elevado PCI para su transformación en combustibles alternativos, con independencia de la localización geográfica de su generación.
- ▶ Dentro de ese esquema de gestión es posible que la valorización de los residuos se realice en cementeras situadas en Comunidades Autónomas distintas de las que se realiza la preparación como combustible y la generación de los residuos peligrosos.

En consecuencia, la autorización de la valorización energética en cementeras por parte de las Comunidades Autónomas debería estar mucho más relacionada con el establecimiento de las condiciones pertinentes en las respectivas autorizaciones y con el control de las mismas que con la disponibilidad de residuos adecuados dentro de los límites territoriales de la propia Comunidad Autónoma.

6.4 Inventario de residuos valorizables energéticamente

En la tabla adjunta se muestra la generación de residuos peligrosos recogida en el II Plan de Residuos Peligrosos, correspondientes al año 2005, agrupados por sectores de producción, de acuerdo con la clasificación de la Lista Europea de Residuos (LER); se han excluido los datos correspondientes al Grupo 13, de Aceites Usados, analizado en otro punto del estudio por disponer de normativa específica.

El Plan Nacional de Residuos Peligrosos asigna unos porcentajes de participación de cada una de las formas de gestión que puedan ser adecuadas para cada uno de los residuos (definidas como mejores opciones de tratamiento); en la tabla se recogen las mejores estimaciones del II PNIR para la actividad R1, de preparación de combustible.

La asignación de las mejores opciones de tratamiento lleva consigo, de forma implícita, la consideración de objetivos ecológicos para determinados tipos de residuos; en

cualquier caso, las asignaciones deben ser contempladas con una cierta flexibilidad, tanto por las incertidumbres de la generación como por la escasa definición de muchos de los residuos en relación con las formas de tratamiento.

Tabla 7. Generación de residuos peligrosos en el año 2005 y estimación de la valorización energética (toneladas).

Lista Europea de Residuos	Descripción	Generación	Estimación actividad R1 (valorización energética)
03	Residuos transformación de madera	8.085	1.689
05	Residuos refino de petróleo	95.305	13.096
07	Residuos procesos químicos orgánicos	185.640	17.175
08	Residuos de pinturas y barnices	184.663	7.095
12	Taladrinas y aceites de uso mecánico	103.296	16.791
14	Disolventes no halogenados	126.000	1.749
19	Lodos de plantas de tratamiento efluentes	247.495	23.713
20	Residuos municipales, (puntos limpios)	43.112	1.475

De esta forma es posible conocer, para cada grupo de la LER, la cantidad de residuos que podrían ser valorizados mediante su transformación en combustibles alternativos para las plantas de clínker (actividad R1), que correspondería a residuos con un poder calorífico elevado y sin componentes inadecuados para su uso en cementeras. De acuerdo con los datos del borrador del PNIR, la generación total, incluyendo todas las posiciones de la LER es de 3.181.000 toneladas anuales (aunque en el estudio sólo se han considerado 8 posiciones, descartando otras poco claras como potenciales combustibles).

Hay que señalar que, aunque los datos de partida no estén muy actualizados, los porcentajes asignados a la forma de gestión R1 (preparación de combustibles alternativos), son muy reducidos, quizá por la sobrevaloración del potencial de otras opciones de gestión, especialmente de la recuperación material y la recurrencia a procesos de tratamiento físico químico orientadas a la estabilización y/o inertización de los residuos peligrosos como paso previo a su depósito en vertederos de residuos peligrosos.

En un primer análisis se observa una gran disponibilidad (más de 82.000 t/a) de residuos peligrosos cuya opción prioritaria de gestión debería ser la transformación en

combustible para recuperación energética en instalaciones industriales como las plantas de clínker, aunque en la práctica esta cantidad es considerablemente menor, por el desvío hacia otras formas de gestión.

El análisis detallado de cada uno de los Grupos, en orden decreciente de cantidades asignadas para la valorización energética, permite algunas observaciones previas:

- ▶ En el Grupo 19 se incluyen las fracciones de aceites y grasas separadas en las instalaciones de tratamiento efluentes, que representan una cantidad en torno a 23.000 t/a, aunque su valor energético puede ser muy variable en función del tipo de instalación de procedencia; no se incluyen en este apartado los lodos de las depuradoras, que se analizan separadamente, por su interés futuro y sus posibilidades.
- ▶ El Grupo 7 de la LER está constituido por los residuos procedentes de procesos químicos orgánicos; deben considerarse dentro de este grupo los residuos pesados procedentes de procesos de destilación, los disolventes líquidos residuales (muy cargados de impurezas que impiden su reutilización), así como subproductos de reacciones químicas orgánicas, no reutilizables; en general, es importante la presencia de inertes (como medios de filtración y diferentes lodos), lo que reduce considerablemente su valor energético e impide un mayor porcentaje de valorización.
- ▶ El Grupo 5 lo constituyen los residuos procedentes del sector de refino de crudo; generalmente son restos oleosos de tanques y de operaciones de mantenimiento, derrames de hidrocarburos, etc.; en general, la recuperación energética de la mayor parte de estos residuos es poco ventajosa, por la gran cantidad de inertes presentes en los residuos pero puede considerarse como la mejor opción ambiental.
- ▶ En el Grupo 12 se han considerado los residuos procedentes de los aceites sintéticos utilizados en la preparación de taladrinas; éstas y otros residuos oleosos deben ser sometidas a tratamientos físico-químicos previos antes de su transformación en combustibles; la gestión de estas taladrinas podría formar parte de las obligaciones del SIG de aceites usados; la mayor incertidumbre se refiere a la cantidad realmente gestionada.

- ▶ En el Grupo 8 sólo se consideran destinados a actividades R1 a algunas fracciones de residuos de pinturas, cuando la presencia de metales pesados es reducida o controlada, y a las fracciones que contienen cantidades apreciables de aceites y fijadores orgánicos.
- ▶ Dentro del Grupo 3, correspondiente a residuos del sector de la madera, se han considerado una generación muy reducida, del orden de 8.000 t/a que puede corresponder a restos de lacas y barnices.
- ▶ Finalmente, dentro del Grupo 14 se encuentran los residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes, sean o no halogenados; responden a colas de destilación de la recuperación de disolventes, con contenidos importantes de lodos; la cantidad estimada para valorización energética parece muy baja, del orden de 2.000 t/a.

Por tanto, de acuerdo con las previsiones del Plan de Residuos Peligrosos 2007- 2015, si se excluyen a los aceites usados y a los lodos de depuración de aguas residuales urbanas que se analizan separadamente, la cantidad estimada de residuos peligrosos que pueden ser destinados a valorización energética mediante su transformación en combustibles alternativos sería del orden de 82.000 t/a.

Capacidad de las instalaciones de gestión de la actividad R1 y D10

Aunque la distribución territorial de las instalaciones de gestión de residuos peligrosos, y en especial las de valorización energética, debería ser poco relevante, el Plan recoge las instalaciones y capacidades instaladas para la gestión de residuos peligrosos a través de la transformación en combustibles (actividad R1).

Entre las instalaciones adecuadas para valorización, el Plan refleja 33 instalaciones potenciales, aunque no las detalla, que casi coinciden territorialmente con las plantas de clínker, con una capacidad global superior a 209.000 t/a.

Es evidente que la capacidad de tratamiento de las plantas cementeras supera, considerablemente, la generación de residuos valorizables (80.000 t/a).

El Plan Nacional de Residuos Peligrosos recoge también un déficit de infraestructuras en relación con la preparación de combustibles alternativos para la valorización ener-

gética; en este sentido, prevé la necesidad de dos plantas de preparación de combustibles a partir de residuos (plantas de blending), con una capacidad de 30.000 a 40.000 t/a cada una.

Sin embargo, teniendo en cuenta las instalaciones actuales, la capacidad instalada en las tres plantas en funcionamiento se acerca a las disponibilidades de residuos peligrosos para valorización energética, especialmente si se tiene en cuenta la reducción prevista de las cantidades de aceites usados disponibles para valorización energética.

6.5 Instalaciones de blending de residuos para preparación de combustible

En el pasado, la escasez de las instalaciones de tratamiento térmico y la dispersión de los puntos de generación junto con la capacidad intrínseca de las plantas de clínker para la gestión de numerosos residuos peligrosos con alto contenido energético motivó un flujo directo de residuos peligrosos desde los productores/gestores hacia las plantas de clínker; estos flujos de residuos estaban constituidos, casi exclusivamente, por aceites usados de automoción, y disolventes no recuperados (colas de destilación) junto con pinturas y barnices.

Sin embargo, a medida que se fue ampliando el abanico de residuos susceptibles de tratamiento, las operaciones logísticas relacionadas con la preparación de los combustibles alternativos requirieron una mayor y más especializada dedicación, que aconsejó que este trabajo fuese realizado de una forma independiente a la producción de cemento, por parte de organizaciones distintas a las plantas de producción de cemento.

De esta forma surgieron las instalaciones de blending de residuos, como una actividad RI, cuyo objetivo principal es la obtención de combustibles procedentes de residuos que cumplan las especificaciones solicitadas por el usuario mediante la mezcla de residuos de diferentes orígenes y características.

Estas instalaciones utilizan preferentemente residuos peligrosos de alto poder calorífico; generalmente no realizan ninguna transformación o tratamiento químico de los mismos, distinto del acondicionamiento físico de los residuos para facilitar su uso en las cementeras.

Los residuos de procedencia pueden ser sólidos, líquidos o pastosos y la forma de preparación puede ser por mezcla (blending), fluidificación o emulsificación.

Los combustibles preparados suelen ser especificados por cada horno de clínker de forma independiente, teniendo en cuenta las características de las materias primas, de las propias instalaciones y la aportación de otros residuos distintos.

Este tipo de instalaciones presenta ventajas importantes para todos los participantes en el proceso:

- ▶ Para el productor de residuos porque proporciona un destino adecuado para los mismos, directamente o a través de gestores de recogida de residuos peligrosos.
- ▶ Para la industria cementera puede suponer ventajas económicas porque le permite abastecerse de combustibles alternativos de calidad garantizada y adaptada a las necesidades específicas de sus hornos.
- ▶ Porque se disminuye el riesgo de la manipulación de residuos peligrosos en las plantas de clínker.
- ▶ Para la Administración, porque facilita el control de la producción y de la gestión de los residuos peligrosos, estableciendo una etapa de control analítico y de cantidades, que sería difícil obtener en el caso de suministro directo desde los productores de residuos a las plantas de cemento.

Los tipos de residuos recibidos, normalmente, en plantas de blending son:

- ▶ Residuos oleosos (aceites usados, anticongelantes, fluidos de transmisión, etc.) procedentes de garajes de automóviles y desguaces de vehículos al final de su vida útil.
- ▶ Residuos pastosos procedentes de refinerías de petróleo que no pueden ser empleados en la producción de asfaltos u otros productos petrolíferos pesados.
- ▶ Residuos peligrosos procedentes de la recogida directa de los productores o restos de los procesos de tratamiento de algunas instalaciones de recuperación.

Sin embargo, no son aceptados en estas instalaciones de preparación de combustibles:

- ▶ Residuos con PCB/PCT > 50 ppm, que tienen una reglamentación especial.
- ▶ Residuos que puedan producir olores nauseabundos.
- ▶ Residuos sanitarios de cualquier tipo ni los residuos radiactivos.

6.6 Valorización energética de residuos industriales no peligrosos

La información sobre generación y formas de gestión no está disponible para los residuos industriales no peligrosos, para los que no existe una legislación específica de ámbito nacional, salvo la Ley 10/1998, ni un grado de control tan estricto.

Los inventarios de residuos no permiten, en general, desglosar las cantidades generadas en función de la vía de tratamiento, por la gran heterogeneidad de los residuos y porque la forma de gestión está basada en las disponibilidades reales de cada Comunidad más que en justificaciones de estrategia ambiental.

En gran parte de los casos los inventarios se han estimado aplicando diferentes ratios que correlacionan la hipotética generación de residuos con producciones, personal empleado, consumo de energía, etc.; estos ratios pueden dar una idea global de la cantidad de residuos pero son escasamente válidos desde el punto de vista de planificación detallada; casi lo mismo puede decirse de las Declaraciones Anuales de Gestores de Residuos No Peligrosos, que son obligatorias en numerosas Comunidades Autónomas, aunque el grado de concreción de las mismas es escaso.

En numerosas Comunidades Autónomas la gestión de los residuos industriales no peligrosos es asimilada a la de los residuos urbanos, y suelen ser depositados en vertederos comunes, con independencia de que el depósito sea realizado por gestores autorizados, aunque los nuevos planes integrados de gestión de residuos suelen incluir también estos residuos, de forma independiente, pero el nivel de información es muy escaso.

La Comunidad Autónoma que más detalla la forma de gestión, tanto desde el punto de vista legislativo como de control de la gestión, es Cataluña; en esta Comunidad la

obligación de declaración es común para todos los residuos industriales, sean especiales (peligrosos) o no; la propia clasificación implica las vías prioritarias de gestión a través de gestores autorizados para todos los residuos industriales; esto permite definir con mayor precisión los flujos de residuos potencialmente valorizables energéticamente, teniendo en cuenta los criterios ya indicados del poder calorífico.

De acuerdo con las Declaraciones correspondientes al año 2005, la cantidad de residuos industriales potencialmente valorizables en Cataluña fue de 29.300 t de residuos peligrosos y 99.000 t de residuos no peligrosos; de esta cantidad total las partidas más importantes se refieren a harinas cármicas, lodos de depuradoras urbanas e industriales, residuos de madera, etc.; la mayor parte de los mismo se gestiona externamente.

Como se ha señalado anteriormente, la Agencia de Residuos de Cataluña está considerando la modificación del valor límite de PCI que diferencia las actividades R1 y D10 en plantas distintas de la incineración; esto permitirá aumentar la cantidad de residuos industriales potencialmente valorizables; las estimaciones realizadas por la Agencia con los datos de 2005 indican una cantidad adicional de 174.000 t/a, aunque una gran cantidad ya está contabilizada en los flujos de residuos gestionados por los SIG y otra parte significativa está constituida por rechazos no reciclables de papel y cartón y residuos de embalajes, que son depositados en vertederos de residuos urbanos.

Los inventarios parciales recogidos en el Plan Nacional son escasamente útiles para la estimación del potencial de valorización, por la falta de homogeneidad y detalle de la forma de clasificación; en el Plan se recoge un objetivo de valorización energética del 15% de la generación pero este porcentaje debería ser referido exclusivamente a algunos apartados de la Lista Europea de Residuos, que no son los recogidos mayoritariamente en la documentación de generación del Plan.

Capítulo 7

UTILIZACIÓN DE HARINAS ANIMALES

7.1 Antecedentes

Tradicionalmente, los subproductos animales se han destinado a la preparación de piensos para animales, tanto por su contenido en proteínas fácilmente digeribles como por la presencia de grasas, que otorgan un poder alimenticio a los piensos.

Los procedimientos de transformación de subproductos establecían una clasificación de los subproductos en función del riesgo biológico, que garantizaba la higienización y prevenía de la transmisión de enfermedades animales.

La aparición de nuevos tipos de enfermedades relacionados con la presencia en la alimentación de determinados tejidos (sistema nervioso), así como la alimentación con animales de la misma especie dio lugar a la crisis de las vacas locas y obligó a una redefinición de la legislación de subproductos no destinados a consumo humano, que fue establecido por el Reglamento (CE) 1774/2002, relativo a subproductos animales no destinados a consumo humano.

El Reglamento (CE) 1774/2002 clasifica los subproductos animales en tres categorías en función del riesgo biológico de los mismos; aunque la clasificación es muy detallada, a efectos del presente estudio puede resumirse como sigue:

- ▶ Material de categoría 1: son los de mayor riesgo y se incluyen los animales que presenten un riesgo de transmisión de encefalopatías espongiiformes (EET), de riesgos desconocidos o relacionados con el uso de sustancias ilegales en la alimentación animal o contaminantes medioambientales; uno de los subproductos típicos son los Materiales Específicos de Riesgo (MER).



- ▶ Material de categoría 2: que son los subproductos que presentan otros riesgos relacionados con enfermedades animales no transmisibles o que contienen otros residuos de medicamentos veterinarios; también se incluyen los cadáveres de animales muertos en las explotaciones ganaderas.
- ▶ Material de categoría 3: que son los subproductos no destinados a consumo humano que proceden del sacrificio de animales sanos.

Para cada una de las categorías se determina una forma de tratamiento, en función de los riesgos sanitarios para la cadena de alimentación animal y humana y determina, también, unos usos posibles para los subproductos transformados obtenidos de los subproductos originales.

Así, únicamente los subproductos transformados de categoría 3, básicamente grasas y harinas, pueden ser destinadas a alimentación animal, para preparación de piensos, con determinadas restricciones en relación con las especies animales; existe además una restricción temporal que impide la alimentación de animales de producción con piensos que contengan subproductos de cualquier categoría, por lo que el uso de las harinas obtenidas se reduce a la alimentación de animales de compañía.

Precisamente esta utilización, tanto para consumo nacional como para exportación, hace que la práctica totalidad de las harinas cárnicas de categoría 3 estén destinadas, en la actualidad, a fabricación de piensos de animales de compañía, con un elevado valor económico por lo que no es necesaria, en general, su gestión como residuos, más allá de algunos excedentes temporales.

Por esto, en el presente estudio no se considerarán las harinas de categoría 3, ya que su uso como combustible en plantas cementeras no debe ser importante, limitando el estudio a las harinas de categorías 1 y 2, para las que se establece su condición de residuos y la forma de gestión, entre las que se incluye la valorización energética en plantas autorizadas.

Otros subproductos animales, como las grasas de cualquier categoría, tampoco se han evaluado cuantitativamente para su uso en cementeras por la existencia de usos específicos de gran valor añadido y la gran demanda potencial; los usos más impor-

tantes son los de alimentación animal para las grasas de categoría 3 o la producción de biocombustibles para las grasas de categoría 1 o 2.

Por tanto, desde el punto de vista de uso como combustibles alternativos, sólo se considerarán las harinas de categorías 1 y 2, para las que también existen otros usos alternativos.

7.2 Marco normativo específico para subproductos animales

Aunque el marco normativo básico, en relación con la clasificación y usos potenciales de los subproductos animales, es el Reglamento CE 1774/2002, éste es de escasa aplicación en relación con la actividad de valorización energética de las harinas ya que el mismo únicamente establece los usos autorizados para las diferentes categorías, remitiendo los aspectos ambientales de la gestión como residuos a la legislación específica respecto a vertido o incineración para aquellas harinas que deben ser eliminadas.

En consecuencia, en relación con la gestión de las harinas de categoría C1 o C2 son de aplicación las normativas específicas como residuos, ya se trate del Real Decreto 653/2002 o del Real Decreto 1481/2002 de vertido de residuos; por tanto, para la valorización de las harinas en cementeras es de aplicación el Real Decreto 653/2003, con las limitaciones establecidas en el mismo para las cementeras.

Sin embargo, conviene señalar que el Real Decreto Ley 4/2001, relativo a la valorización energética de harinas de origen animal, introdujo la disposición adicional octava a la Ley 10/1998 de Residuos, para permitir la valorización energética de las harinas de origen animal en plantas de cemento, autorizando genéricamente esta valorización sin necesidad de una autorización específica, si se cumplían determinadas condiciones:

- ▶ Si la valorización energética se realiza en hornos de fábricas de cemento o de productos cerámicos, la cantidad de harinas de origen animal a valorizar no supere el 10% de la capacidad de producción individual de la planta.
- ▶ Se respeten las prescripciones sobre niveles de emisión de contaminantes establecidas en el Real Decreto 653/2003.
- ▶ Si la valorización se realiza en fábricas de cemento o de productos cerámicos, se haga de tal modo que no se afecte a la calidad del cemento.

Esta Disposición Adicional sigue estando en vigor, aunque todas las instalaciones interesadas en realizar la valorización de las harinas están siguiendo los procedimientos habituales de autorización, a través de las Autorizaciones Ambientales Integradas.

7.3 Producción de subproductos animales de categorías 1 y 2

El origen de los subproductos animales es muy diverso, desde la producción ganadera hasta las industrias agroalimentarias (mataderos, salas de despiece, etc.).

De acuerdo con los datos del Libro Blanco sobre Subproductos Animales no destinados a consumo humano (SANDACH; MAPA 2004), la cantidad total de subproductos generados es del orden de 2 Mt/a, de las cuales 380.000 t/a corresponden a la producción primaria (cadáveres de animales en las granjas y otras bajas ganaderas) y 1.600.000 t/a a las industrias agroalimentarias.

Por categorías, la cantidad más importante son los subproductos de categoría 3 procedentes de actividades de mataderos y otras industrias cárnicas con una producción de casi 1.700.000 t/a; el resto corresponde a subproductos generados en las propias instalaciones ganaderas, generalmente correspondientes a bajas de animales.

La distribución de la generación de subproductos no es homogénea por Comunidades Autónomas, ya que está directamente relacionada con la intensidad ganadera en cada Comunidades Autónomas.

En este sentido, la generación más importante corresponde a Cataluña con una producción de 450.000 t/a, en la que se incluyen todas las categorías, seguida de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, con una producción de casi 425.000 t/a de subproductos, Galicia (225.000 t/a), Andalucía (150.000 t/a) y cantidades menores en el resto de las Comunidades Autónomas.

Como se ha indicado anteriormente, sólo son interesantes en este estudio las harinas de subproductos de categoría C1 y C2, por su posibilidad de utilización como combustibles alternativos; por otra parte, la generación de subproductos C2 es marginal (inferior al 2% de la generación total), por lo que son gestionados con los subproductos de categoría C1.

La distribución de la generación de subproductos de categoría C1 por Comunidades Autónomas es casi la misma que para el total: la producción más importante es en Cataluña (100.000 t/a), Galicia y Castilla y León (50.000 t/a) y cantidades menores (en torno a 30.000 t/a) en Madrid, Galicia, Valencia y Andalucía.

Según datos proporcionados por el sector transformador, la producción aproximada de materiales de categorías 1 y 2 es del orden de unas 480.000 t/a, incluyendo también los subproductos procedentes de las explotaciones ganaderas.

De ellas son procesadas el 70%, aproximadamente, en plantas de transformación, para obtención de grasas y harinas; el resto corresponde a incineraciones directas de los subproductos en las plantas específicas o a inhumaciones en las explotaciones y a otros usos autorizados (alimentación de aves necrófagas).

La transformación de los subproductos de categorías 1 y 2 conduce a la producción de grasa (no utilizable para alimentación animal) y harina que debe ser gestionada como un residuo; la proporción entre grasa y harina es muy variable, dependiendo de la especie de la que proceden los subproductos frescos, del proceso de transformación y de las instalaciones; en general, puede estimarse una producción media del 60% de grasa y del 40% de harina, referidos a material fresco.

En consecuencia, la máxima cantidad de harinas cárnicas, procedentes de subproductos C1 y C2, disponible para uso como combustible alternativo será del orden de 130.000-150.000 t/a en todo el territorio nacional.

Como ya se ha señalado, la grasa de estas categorías suele destinarse a combustible dentro de las mismas instalaciones de transformación, o transformada en biodiesel.

7.4 Transformación de subproductos en harinas de categoría 1 y 2

Antes de su posible valorización energética, los subproductos deben ser transformados en harinas, mediante un proceso de evaporación de la humedad y separación de parte de la grasa contenida en los mismos.

En líneas generales, el proceso de transformación de los subproductos animales consiste en la trituración del material crudo, seguido de un calentamiento a una temperatura del orden de 150°C; en estas condiciones, la humedad se evapora y la grasa se funde; esto permite la separación de la mayor parte de la grasa por filtración, centrifugación y prensado; los residuos sólidos constituyen la harina cárnica, en la que se encuentran las proteínas y huesos triturados.

Las composiciones químicas de las harinas obtenidas pueden variar ligeramente en función del subproducto de procedencia, de la categoría del mismo y de los procesos de transformación seguidos; desde el punto de vista de valorización energética, las variables más importantes son:

Humedad	Proteínas	Grasas	Óxido de Calcio (CaO)	Fosfato (P ₂ O ₅)	Cloro	Azufre	PCI
6,5 - 15%	55%	12-16%	11%	9,5%	0,5%	0,5%	13 a 19 MJ/kg

Las características más importantes, que deben ser tenidas en cuenta, son:

- ▶ La humedad residual, que depende del procedimiento de tratamiento; la presencia de humedad puede dar lugar al desarrollo de microorganismos durante el periodo de almacenamiento.
- ▶ La proporción de grasa es muy importante, en un doble sentido; una mayor cantidad de grasa aumenta de forma considerable el PCI, pero proporciones elevadas de grasa aumentan las posibilidades de apelmazamiento y las dificultades de alimentación a los hornos de clínker.
- ▶ Casi el 70% de la harina está constituido por grasas y proteínas, en la que participan más de una veintena de aminoácidos.
- ▶ Los inertes suponen del orden del 20% y están constituidos fundamentalmente por huesos finamente triturados; esto justifica la presencia de especies inorgánicas de marcado interés en la producción de clínker (calcio y fósforo procedentes del fosfato de los huesos), y porcentajes menos inferiores de azufre y cloro (que varían entre el 0,5 y el 1%).

7.5 Plantas de transformación de subproductos de categoría 1 y 2

Estas instalaciones son los agentes clave en la disponibilidad de subproductos transformados.

La información sobre el número de instalaciones y su capacidad de producción puede encontrarse en el Libro Blanco de SANDACH, aunque los datos no son muy detallados, especialmente para las instalaciones de categorías C1 y C2.

La distribución más detallada, por Comunidades Autónomas, es:

- ▶ Andalucía gestiona los subproductos animales de categoría 1 y 2 por transformación en harinas en una planta autorizada y posterior valorización energética de las harinas; esta valorización se ha realizado en plantas específicamente autorizadas, (incluyendo cementeras) y en el pasado se ha destinado a vertederos.
- ▶ Aragón gestiona los subproductos animales de categoría 1 y 2 por transformación en harinas en dos plantas instaladas en su territorio aunque no se realiza valorización energética en la única cementera de Aragón; las harinas se exportan mayoritariamente fuera de la Comunidad Autónoma aunque existe un vertedero autorizado en Zaragoza (Centro de Eliminación de Residuos).
- ▶ Asturias gestiona los subproductos animales de todas las categorías por incineración directa, sin transformación en harinas, en las instalaciones de COGERSA.
- ▶ Cantabria gestiona los residuos mediante incineración directa de los subproductos frescos en el Complejo de MERUELO, sin transformación en harinas.
- ▶ Castilla y León gestiona los subproductos de categorías 1 y 2 en plantas de transformación; las harinas obtenidas se destinan, preferentemente, a valorización energética.
- ▶ Castilla - La Mancha gestiona los subproductos de categorías 1 y 2 en plantas de transformación y las harinas obtenidas las dedica a valorización

energética; todas las plantas cementeras establecidas en la Comunidad Autónoma están autorizadas para la valorización energética de harinas de categoría 1, aunque también reciben harinas de otras Comunidades Autónomas limítrofes.

- ▶ Cataluña gestiona los subproductos de categoría 1 y 2 por transformación en una planta, que recibe el MER y los cadáveres; sin embargo, las harinas producidas son valorizadas energéticamente en cementeras y otras instalaciones fuera de la Comunidad Autónoma; cantidades reducidas, del orden de 3.000 t/a, son gestionadas en algunos vertederos autorizados y como aditivos en plantas de compostaje (que es una práctica admitida para harinas C2).
- ▶ En Extremadura los subproductos de categorías 1 y 2 son gestionados en dos plantas de transformación; las harinas obtenidas se envían parcialmente a valorización energética fuera de la Comunidad Autónoma y a vertederos propios de la Comunidad Autónoma; existe una planta de incineración en Almaraz, que en el futuro evitará el depósito en vertedero de las harinas transformadas.
- ▶ En Galicia la gestión es combinada; la mayor parte de los subproductos C1 y C2 se transforman en harinas de transformación en instalaciones específicas, de una gran capacidad; otra parte de los subproductos es recogida por SOGAMA que realiza la incineración directa; las harinas producidas en las plantas de transformación se envían a valorización en plantas cementeras de la propia Comunidad o en Comunidades vecinas.
- ▶ En la Comunidad de Madrid existen varias plantas de transformación de subproductos de categoría 1; las harinas son destinadas a valorización energética fuera de la Comunidad Autónoma, aunque una parte es depositada en el vertedero de Pinto, que recibe también algunas harinas de categoría 3 que no se comercializan.
- ▶ En la Región de Murcia existen dos plantas de transformación de subproductos de categoría 1; las harinas se valorizan en plantas cementeras de la Comunidad Autónoma.

- ▶ En el País Vasco existe una planta de transformación de subproductos de categoría 1; los subproductos procedentes de cocina de transporte internacionales (que son subproductos de categoría C1) son gestionados directamente en la planta de incineración de Zabalgarbi; las harinas producidas son valorizadas en las tres cementeras del País Vasco.
- ▶ En Valencia existe una gran instalación de transformación de subproductos de categoría 1; las harinas son gestionadas a través de las tres plantas cementeras instaladas en la Comunidad Autónoma; también dispone de varias plantas de incineración de pequeño tamaño.

7.6 Valorización energética de harinas de categoría 1 y 2

Para las harinas de categoría 1 y 2 sólo pueden considerarse dos alternativas de destrucción:

- ▶ Valorización energética de las harinas en instalaciones alternativas.
- ▶ Eliminación de las harinas en vertederos de residuos.

La valorización energética en cementeras es la alternativa más viable dentro de los requerimientos de destrucción efectiva de estos residuos en un periodo tiempo necesariamente reducido; por otra parte, como la harina puede ser considerada biomasa, la valorización de la misma no supone una aportación neta de CO₂; esto ha permitido la exportación de harinas para poder ser utilizadas como combustibles en centrales térmicas de carbón en los países escandinavos.

Con independencia de la vigencia del Real Decreto Ley 4/2001, que autorizaba la valorización de las harinas con las condiciones ya citadas, la valorización debe hacerse teniendo en cuenta lo establecido en el Real Decreto 653/2003, de incineración de residuos, que regula la actividad para todos los tipos de residuos, con condiciones especiales para las plantas cementeras.

La valorización en cementeras es el camino elegido en numerosos países europeos para la eliminación de las harinas de categorías 1 y 2, tanto de las que se van produciendo como de las grandes cantidades acumuladas durante años de todas las categorías.

En la actualidad numerosas plantas cementeras tienen autorización para la coincineración de harinas animales; esta autorización es válida para cualquier categoría de harinas, que sólo se diferencian en los subproductos de procedencia pero no en las características de las mismas.

La cantidad autorizada en España es de casi 200.000 t/a, muy superior a las disponibilidades reales de harina de categoría 1; la cantidad real valorizada en el año 2006, de acuerdo con los datos de OFICEMEN, es del orden de 88.000 t/a, que representa casi el 60% de la harina teóricamente disponible.

Esto indica que una parte de la misma está siendo depositada en vertederos, quizá porque su calidad no sea suficiente o por razones logísticas (ya que el transporte de las harinas no siempre resulta fácil, especialmente a largas distancias); esta cantidad de harina depositada en vertedero puede ser del orden de 40.000 a 60.000 t/a de categorías C1 y C2, junto con una parte de la harina C3 que no pueda ser vendida para alimentación de animales de compañía.

La tendencia futura, en relación con estos subproductos, es la estabilización de la cantidad disponible para valorización, una vez que se reduzcan progresivamente las cantidades depositadas en vertederos, hasta alcanzar las 130.000-150.000 t/a; no es esperable un aumento de la cantidad de harinas C1 y C2, salvo por razones de una pandemia animal.

Capítulo 8

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS PROCEDENTES DE VEHÍCULOS FUERA DE USO

8.1 Marco legal para la gestión de los residuos procedentes de Vehículos Fuera de Uso

La gestión de los residuos procedentes de vehículos fuera de uso viene regulada por el Real Decreto 1383/2002, que transpone la Directiva 2000/53/CE; esta gestión debe ir encaminada a garantizar la recogida de los vehículos para su descontaminación en centros de tratamiento específicamente autorizados, a la correcta gestión ambiental de los elementos y componentes extraídos del vehículo y al cumplimiento de los objetivos de reutilización, reciclado y valorización establecidos.

En relación con el presente estudio, las partes más relevantes del Real Decreto 1383/2002 se refieren a dos puntos concretos:

- ▶ La responsabilidad de los productores, materializada a través de la creación de los sistemas integrados de gestión (SIG), encaminada a garantizar la adecuada gestión de los vehículos usados a lo largo de la cadena de tratamiento de los mismos como residuos.
- ▶ El cumplimiento de los objetivos ecológicos establecidos en la Directiva 2000/53/CE.

Ambos objetivos son similares a los descritos en capítulos anteriores en relación con otros flujos de residuos, como los neumáticos usados y aceites usados.

El SIG creado para la gestión de los Vehículos Fuera de Uso (VFU) es SIGRAUTO, que engloba tanto a los productores e importadores de vehículos como a los sistemas de



gestión (centros de tratamiento y descontaminación y centros de fragmentación y recuperación de materiales).

De acuerdo con los datos de la Memoria de SIGRAUTO 2007, están asociados al SIG 425 Centros Autorizados de Tratamiento (CAT) distribuidos por toda la geografía nacional, y debidamente autorizados por las correspondientes Comunidades Autónomas; asimismo, forman parte del SIG las 26 plantas fragmentadoras que procesan la totalidad de los vehículos fuera de uso y que son los puntos de referencia más importantes en relación con la generación de residuos potencialmente valorizables en cementeras.

Desde el punto de vista económico, los productores de vehículos, a través de SIGRAUTO, se harán cargo de los vehículos de su marca que comercialicen o hayan comercializado y que les sean entregados, a efectos de su traslado a un centro autorizado de



tratamiento para que proceda a su descontaminación, garantizando la disponibilidad de instalaciones de recepción en todo el territorio nacional.

En relación con los objetivos establecidos en el Real Decreto 1383/2002, se contemplan dos plazos para alcanzar determinadas cotas de reutilización y reciclado:

- ▶ El 1 de enero del año 2006, de inicio de las actividades del SIG, se reutilizará o valorizará, como mínimo, el 85% del peso los vehículos recogidos y se reutilizará y reciclará, como mínimo, el 80% del peso.
- ▶ El 1 de enero del año 2015, se reutilizará y valorizará al menos el 95% del peso de los vehículos recogidos.

En la actualidad, según los datos de la Memoria de SIGRAUTO, se cumplen las exigencias legales en relación con los objetivos de recuperación y reciclaje del año 2006.

8.2 Gestión de los Vehículos Fuera de Uso

El esquema básico de gestión de los VFU tiene lugar en dos escalones de gestión consecutivos:

- ▶ En el primero, en los Centros Autorizados de Tratamiento, tiene lugar el desguace para la recuperación de piezas válidas como repuestos y otros materiales que pueden ser reciclados (distintos de las chatarras) y el desmontaje y retirada de determinados componentes que pueden ser perjudiciales para la gestión posterior; además, en estos Centros Autorizados de Tratamiento se realiza la descontaminación de los vehículos, retirando los aceites y otros líquidos que tienen carácter de residuos peligrosos; los vehículos son finalmente compactados para su traslado a las plantas de fragmentación.
- ▶ Los vehículos compactados en los CAT son recibidos en las plantas de fragmentación, en las que son triturados por molinos de martillos hasta tamaños de 20 a 40 cm; el material triturado es sometido a diversos procesos de clasificación neumática, mediante aspiradoras y ventiladores, que retiran los materiales menos pesados y más tarde, mediante corrientes magnéticas se separan los metales férricos que son enviados a fundición para la elaboración de nuevos materiales.

Figura 2. Esquema de la gestión de los vehículos fuera de uso.



En la figura se muestran los distintos escalones de gestión de los vehículos fuera de uso así como los porcentajes medios del peso de los vehículos que son retirados en cada una de las etapas y su destino preferente.

Aunque algunos de los residuos peligrosos retirados en la etapa de desguace y descontaminación en los Centros Autorizados de Tratamiento pueden ser valorizados en las plantas de cemento, como se analiza en el capítulo correspondiente a los residuos peligrosos, la fracción más interesante, desde el punto de vista de valorización, es el residuo ligero procedente de las plantas de fragmentación.

8.3 Residuo ligero de fragmentación

Este residuo, que puede llegar al 25% del peso total del vehículo compactado, se obtiene por medio de sistemas de aspiración colocados sobre el producto triturado y por los que se separan las fracciones más ligeras del mismo.

La composición es variable y diferente de unas plantas fragmentadora a otras; la composición media aproximada es:

- ▶ 40% plásticos y textiles,
- ▶ 23% caucho y elastómeros,
- ▶ 13% vidrio,
- ▶ 15% inertes (tierras, masillas, compuesto cerámicos),
- ▶ 2% metales no férreos.

Asimismo pueden contener pequeñas cantidades de metales y otros contaminantes que no hayan sido completamente retirados en la fase de descontaminación primaria.

La característica fundamental, en relación con el aprovechamiento energético de esta fracción, es su poder calorífico, que varía entre 12 MJ/kg y 18 MJ/kg, debido a la presencia de porcentajes muy importantes de plásticos, textiles y caucho.

Los distintos tipos de materiales potencialmente combustibles son:

- ▶ Polietileno de los limpiacristales, perfiles y cintas.
- ▶ Polipropileno de parachoques, recubrimiento del habitáculo y maletero, consola asideros, y volante.
- ▶ Policloruro de vinilo de los laminados vinílicos, molduras, cables, tubos de drenaje y perfiles de ventanas.
- ▶ ABS de la rejilla del radiador, guantera, recubrimiento de la columna de dirección y piezas del tablero.
- ▶ Poliuretano de los rellenos de asientos y juntas.
- ▶ Cauchos de conductos de aire, manguitos, cubiertas de cable, fuelles de protección, topes de amortiguación, defensas laterales y delanteras y juntas.

8.4 Alternativas de gestión de la fracción ligera de fragmentación

Una primera vía de valorización podría estar constituida por el reciclado material de plásticos; sin embargo, esta vía presenta dificultades por la heterogeneidad de los mismos; la Asociación Europea de Fabricantes de Plásticos estima que no más del 10% del plástico contenido en los residuos ligeros de fragmentación podrían ser reciclados como materiales; el único camino viable en este reciclado es mediante el desmontaje de componentes homogéneos en la fase de desguace, antes de la compactación y fragmentación, lo que supone un incremento de coste importante.



Las alternativas más viables para la fracción ligera de fragmentación son la valorización energética y el depósito en vertedero, que es la aplicación casi general de los residuos ligeros de fragmentación.

La valorización energética es la vía obligatoria en diferentes países europeos, como Suiza, y de progresiva implantación en otros países (Alemania, Francia, etc.) por las restricciones crecientes al vertido o por la prohibición de eliminar residuos con un potencial energético aprovechable, como es el caso de los residuos ligeros de las fragmentadoras.

Esta valorización suele hacerse en plantas de incineración de residuos urbanos o de residuos peligrosos, cuando existe capacidad suficiente, que no suele ser el caso habitual; por esto se están ensayando otras alternativas, como la pirólisis o la gasificación; debe tenerse cuidado con la posible presencia de PVC en los

plásticos o de contaminantes orgánicos no eliminados completamente en los procesos de desguace y descontaminación.

Evidentemente, por el alto poder calorífico, estos residuos son fácilmente valorizables en cementeras, reduciendo así su depósito en vertedero.

8.5 Combustibles alternativos procedentes de Vehículos Fuera de Uso

La utilización directa del residuo ligero de fragmentación en plantas cementeras no es habitual pero sí se están realizando ensayos para la transformación del mismo en combustibles sólidos recuperados (CDR) mediante una eliminación previa de los inertes por procedimientos de clasificación; esto supone un coste adicional frente al vertido, por lo que sólo es económicamente viable si existe una prohibición expresa y efectiva de vertido.

Por parte de SIGRAUTO se han analizado las distintas tecnologías y alternativas de tratamiento de esta fracción ligera, para anticipar grados crecientes de recuperación, tal y como exigen los objetivos ecológicos.

En general estas tecnologías emplean medios exclusivamente mecánicos para procesar los residuos generados en las plantas fragmentadoras y su objetivo es obtener distintas fracciones y granulometrías utilizando propiedades físicas como el tamaño, la densidad, la adherencia, etc.

De esta forma se pretende la obtención de un combustible alternativo, razonablemente homogéneo, con cantidades reducidas de cloro y otros halógenos, que pueda ser alimentado fácilmente a las plantas cementeras.

La generación de combustibles alternativos para cementeras puede ascender hasta el 55% de las cantidades de residuos ligeros separados en las plantas de fragmentación, y corresponde fundamentalmente a las fracciones de plástico y caucho presentes en los vehículos fuera de uso.

Según los datos recogidos en el Plan de Vehículos Fuera de Uso incluido en el borrador del Plan Nacional Integrado de Residuos del MARM, la estimación de la generación de residuos en las instalaciones de fragmentación en España, en el año 2006 se muestra en la Tabla 8 de la siguiente página:

La primera columna recoge el peso de los vehículos que son enviados a fragmentación, tras los procesos de desguace y descontaminación; la segunda columna corresponde al peso de la fracción ligera de fragmentación, que en la actualidad es enviada, con carácter casi general, a vertedero y la tercera representa la estimación de la cantidad de combustible potencialmente recuperable.

Debe recordarse que no todas las Comunidades Autónomas disponen de Centros de Fragmentación, por lo que las cantidades asignadas a cada una de ellas no necesariamente significa que la producción de combustible alternativo tenga lugar en las mismas sino en las que poseen plantas de fragmentación; en la tabla el asterisco indica la existencia de plantas fragmentadoras en la Comunidad Autónoma.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, la cantidad combustible potencialmente obtenible de la fracción ligera de fragmentación sería del orden de 100.000 t/a conside-

Tabla 8. Estimación de la generación de residuos de vehículos fuera de uso en el año 2006 (toneladas).

Comunidad autónoma	Estimación de la generación de residuos de vehículos fuera de uso	Estimación de la generación de la fracción ligera de fragmentos (destino general vertederos)	Estimación combustible alternativo potencial
Andalucía *	123.172	30.793	16.936
Aragón*	26.982	6.746	3.710
Asturias*	18.022	4.506	2.478
Cantabria	10.000	2.500	1.375
Castilla - La Mancha	26.650	6.663	3.664
Castilla y León*	40.110	10.028	5.515
Cataluña*	126.815	31.704	17.437
Extremadura*	16.231	4.058	2.232
Galicia*	45.573	11.393	6.266
La Rioja	5.163	1.291	710
Madrid*	125.130	31.283	17.205
Murcia	22.361	5.590	3.075
Navarra	13.113	3.278	1.803
País Vasco*	42.305	10.576	5.817
Valencia*	94.943	23.736	13.055
TOTAL	736.570	184.143	101.278

Nota: el asterisco indica la existencia de plantas fragmentadoras en la comunidad autónoma.

rando un alto grado de recuperación de plásticos y otros combustibles; de esta cantidad deben deducirse las correspondientes a instalación de fragmentación de escala reducida y situadas en puntos en los que el vertido siga siendo una opción aceptada por las Comunidades Autónomas; considerando las fragmentadoras de mayor capacidad, la posibilidad de producción de combustible alternativo podría estimarse en 65.000 t/a, considerando las fragmentadoras de Madrid, Cataluña, Valencia y Andalucía, que parecen tener volumen suficiente.

Tabla 9. Fragmentadoras de vehículos fuera de uso establecidas en las diferentes Comunidades Autónomas (Memoria de SIGRAUTO 2007).

Plantas de fragmentación de vehículos fuera de uso (VFU)	
Andalucía	Sanlúcar de Barrameda Alcalá de Guadaíra Aznalcóllar
Aragón	Zaragoza Calatayud Zaragoza
Asturias	Gijón
Canarias	Las Palmas Gran Canaria
Castilla y León	Magaz de Pisuerga (PA)
Cataluña	Granollers Molins de Rei San Sadurní Gerona
Extremadura	Jerez de los Caballeros
Galicia	San Pedro de Visma
Comunidad de Madrid	Madrid Mejorada del Campo San Martín de la Vega
Murcia	Pozo Estrecho
Navarra	Pamplona
País Vasco	Salvatierra San Román Gojain/Legutiano Euba
Valencia	Silla Sollana

Capítulo 9

UTILIZACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES URBANAS

9.1 Normativa sobre gestión de lodos de depuradora

La gestión de los lodos de depuradoras urbanas debe considerar dos aspectos complementarios:

- ▶ De una parte, su carácter de residuos no peligrosos; como tales residuos, su gestión está regulada y controlada, y de forma especial su eliminación en vertedero o su incineración.
- ▶ De otro, su posibilidad de utilización como enmienda del suelos o como fertilizantes, teniendo en cuenta la presencia de nutrientes y las posibles limitaciones en su aplicación.

En el primer aspecto, los lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas son residuos a los que les es de aplicación las normas en vigor relativas a los mismos y en particular la Ley 10/1998 de Residuos y su normativa derivada (Orden MAM 304/2002) que incluye la clasificación de los lodos en el código 190805 de la LER.

Si los lodos se gestionan mediante valorización energética en cementeras o por incineración, las condiciones técnicas y de autorización de las instalaciones vienen establecidas por el Real Decreto 653/2003.

Si los lodos se gestionan mediante depósito en vertederos es de aplicación el Real Decreto 1481/2001, de vertido de residuos que, entre otros detalles, establece la obligación de tratar los lodos previamente al vertido al tiempo que establece otras condiciones de aceptabilidad en relación con el depósito en el propio vertedero.

En relación con su aprovechamiento para aplicaciones agrícolas debe tenerse en cuenta lo señalado en la Directiva 86/278/CEE transpuesta por el Real Decreto 1310/1990 relativa a la protección los suelos frente a la utilización de los lodos con fines agrícolas; este Real Decreto, y la Orden de 26 de octubre de 1993 que lo desarrolla, regulan las condiciones de aplicación de los lodos a los suelos agrícolas para evitar el posible efecto nocivo sobre las aguas, el suelo, la vegetación, los animales y la salud humana.

El Real Decreto 1310/1990 prohíbe la aplicación directa de lodos sin tratar al tiempo que establece que la utilización de los lodos en agricultura debe hacerse teniendo en cuenta las necesidades de nutrientes de las plantas; se limitan los contenidos en metales pesados y se exigen análisis periódicos de los suelos y de los lodos aplicados.

En algunos países se han establecido restricciones superiores a las establecidas por la Directiva 86/278/CEE, tanto limitando la cantidad de metales pesados contenidas en los lodos antes de su aplicación agrícola, como restringiendo su utilización en función de la cantidad de nutrientes aportados por unidad de superficie y tipo de cultivo o de los patógenos contenidos en los lodos.

9.2 Tratamiento de lodos de depuradora

Los lodos, a la salida de la depuradora, tienen una gran humedad y un elevado contenido de materia orgánica volátil, que los hace inmanejables, cualquier uso o gestión del mismo exigirá el tratamiento previo, para facilitar el manejo de los mismos en etapas posteriores de utilización o eliminación. Los tratamientos más importantes en relación con el aprovechamiento energético en plantas cementeras son:

Deshidratación mecánica

Reduce la cantidad de humedad, hasta un 20 - 25% de materia seca, mediante centrifugación o filtrado a presión de los lodos, retornando el agua extraída a la propia planta de depuración, ya que este tratamiento tiene lugar en las propias EDAR.

Tras este primer tratamiento los lodos pueden ser manejados fácilmente y transportados, pero no deberían ser aplicados directamente al terreno; sin embargo,

no es excepcional este tipo de aplicación directa, lo que puede suponer riesgos ambientales importantes, especialmente si la presencia de metales pesados es elevada.

Los destinos de los lodos deshidratados son la estabilización biológica mediante compostaje, el secado térmico y la valorización energética directa en plantas de incineración específicas.

Estabilización biológica mediante compostaje

Los lodos deshidratados pueden ser sometidos a un proceso de estabilización biológica aerobia, orientada a la producción de compost para uso agrícola; este tratamiento, además de la estabilización bacteriológica, produce una reducción de la humedad, alcanzándose un grado de sequedad del orden el 65%; en algunas Comunidades Autónomas una parte importante de los lodos son compostados conjuntamente con restos vegetales.

Secado térmico

Para alcanzar condiciones superiores de sequedad se realiza una etapa de secado, efectuando la evaporación de la casi totalidad del agua contenida en los lodos; de esta forma se alcanzan grados de sequedad superiores al 85%.

Los lodos secados térmicamente se presentan en forma de gránulos; tienen carácter higroscópico aunque resultan fácilmente manejables y pueden ser almacenados durante un tiempo prolongado, en comparación con los lodos deshidratados de los que proceden.

Estos lodos pueden ser destinados a uso agrícola ya que el secado no disminuye la cantidad de nutrientes presentes en los lodos deshidratados; la aplicación es considerablemente más fácil y pueden aplicarse en un entorno geográfico más amplio que los lodos deshidratados.

El principal inconveniente que presentan estos sistemas es el elevado consumo energético, por lo que se suelen instalar con sistemas de cogeneración de energía o aprovechando el calor residual de algunas instalaciones, como las propias cementeras.

Existen numerosas plantas de secado térmico distribuidas por el territorio nacional, especialmente en Cataluña (9 plantas), Madrid (3 plantas), Castilla y León, Galicia, Asturias, etc. aunque no es el procedimiento general de gestión de los lodos; recientemente se están desarrollando sistemas de secado que utilizan, mayoritaria o exclusivamente, energía solar para alcanzar el grado de secado requerido para las aplicaciones.

La capacidad total de secado térmico convencional es del orden de 180.000 t/a de lodos expresados como materia seca.

Tratamiento térmico de lodos deshidratados

Una de las aplicaciones de los lodos secos es la valorización energética, ya que, por las condiciones de sequedad alcanzadas, la combustión de los mismos se mantiene de forma autógena.

La incineración de los lodos secos puede realizarse por cualquiera de los sistemas convencionales de incineración o coincineración:

- ▶ En instalaciones específicas, de hornos de pisos, que realizan de forma simultánea el secado y la incineración; generalmente se instalan en grandes plantas de tratamiento.
- ▶ En plantas de incineración de residuos urbanos, mezclando los lodos secos con los residuos urbanos.
- ▶ Por valorización en plantas cementeras u otros hornos industriales.

La incineración de lodos es una práctica frecuentemente utilizada en todo el mundo, ya que es un sistema de minimización de residuos particularmente útil cuando los lodos no son aptos para su aplicación al suelo y como alternativa a su depósito en vertedero.

En Japón, la incineración con recuperación energética de los lodos supone un 53% del total de la gestión y un 13% en el conjunto de la Unión Europea; en España solamente se incineran en la actualidad los lodos procedentes de algunas plantas depuradoras de aguas residuales, como las de Galindo (Vizcaya), Cartuja (Zaragoza), Pinedo II (Valencia) o Córdoba, que suponen, en total, unas 40.000 t/a de lodos secos.

9.3 Aplicaciones de los lodos de depuradora

La planificación de la gestión de los lodos de depuradora descansa en los mismos principios jerarquizados que la gestión del resto de los residuos:

- ▶ Prevención en la generación, especialmente en relación con la presencia de contaminantes que puedan resultar perjudiciales para los usos posteriores de los lodos; este aspecto está más relacionado con el control de vertido a las redes de saneamiento.
- ▶ Reciclado material de los lodos, en diferentes aplicaciones, principalmente de tipo agrícola si las características del lodo permiten su aplicación y sujeto a la limitación de nutrientes.
- ▶ Valorización energética, tras su acondicionamiento.
- ▶ Eliminación final en vertederos o mediante incineración.

El II Plan Nacional de Lodos de Depuradoras, que forma parte del borrador del PNIR establece algunos objetivos ecológicos en relación con los lodos de depuradora:

- ▶ Valorización en usos agrícolas de, al menos, el 70% de los lodos de depuradora, previo tratamiento, antes del 2011.
- ▶ Valorización energética de un 15%, como máximo, de los lodos generados, antes de 2011.
- ▶ Depósito en vertedero de un máximo de un 15% de los lodos, antes de 2011.

El enunciado de los propios objetivos lleva implícito una jerarquización de la gestión, que parece orientarse claramente hacia la valorización en usos agrícolas, en tanto la calidad de los lodos y la disponibilidad de los suelos lo permitan.

Sin embargo la aplicación de esta planificación no parece contemplar algunos aspectos importantes:

- ▶ La mayor cantidad de lodos se producen en las aglomeraciones urbanas de alta densidad de población, que generalmente adolecen de falta de terreno agrícola en el que pueda realizarse la aplicación.
- ▶ Además, la generación de lodos suele coincidir con la generación de cantidades importantes de otros residuos cuya vía de gestión coincide con la de los lodos en la producción de compost.
- ▶ La aplicación agrícola no puede realizarse de forma continua para satisfacer las necesidades de salida de lodos de las EDAR.

En algunos países, como Alemania y Austria, se han establecido restricciones a la utilización de lodos en la agricultura, por la presencia de nutrientes, metales pesados u otros contaminantes, por lo que se está produciendo un desplazamiento importante hacia la valorización energética.

La cantidad de lodos depositados debe tener en cuenta el contenido de nutrientes en el suelo, el tipo de cosechas, los rendimientos de absorción de los mismos; en definitiva, debe existir una limitación de la cantidad de nutrientes aportada, evitando la acumulación de los mismos que puede dar lugar a fenómenos de eutrofización; esta aplicación está regulada por el Real Decreto 1310/1990 y sus normativas de desarrollo.

De la misma forma, es previsible la reducción de las cantidades de lodos sin tratamiento depositadas en vertedero, lo que obligará a su estabilización previa.

Tabla 10. Destino de los lodos de depuradora en la Unión Europea y España.

Destino de los lodos de depuradora	Año 2005		Objetivos	
	Unión Europea	España	I Plan de lodos de depuradora	II Plan de lodos de depuradora (año 2010)
Aplicación agrícola	54%	54%	65%	70%
Valorización energética	18%	7%	15%	15%
Depósito en vertedero	25%	34%	20%	15%
Correcta gestión ambiental de las cenizas de incineración				100%

En la Tabla 10 se muestran los usos de los lodos en la Unión Europea y en España en el año 2005, y los objetivos establecidos en los Planes de Gestión de Lodos de Depuradora.

9.4 Utilización de lodos de depuradora en cementeras

El empleo de lodos secos en cementeras, además de una reducción de los combustibles tradicionales, aporta una ventaja ambiental adicional debida a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), ya que los lodos son biomasa y, por tanto, combustibles renovables cuyas emisiones de CO₂ se consideran neutras.

Una utilización de lodos secos en cementera equivalente al 2,5% del peso de clínker producido es un valor suficientemente experimentado y no tiene efecto alguno sobre la calidad del producto; los principales parámetros que deben controlarse son los contenidos en fósforo, que tendría un efecto sobre la velocidad de fraguado del cemento, y en metales pesados.

En algunos países europeos el empleo de lodos en cementeras es la forma habitual de gestión de los mismos, frente al depósito en vertederos o la aplicación en el terreno en forma de compost; sin embargo, en otros se están produciendo restricciones a la valorización energética si el contenido de mercurio y otros metales pesados volátiles en el lodo es elevado, aunque esto no suele ser muy habitual en instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Los lodos previamente desecados se reciben en las plantas, donde se almacenan en instalaciones especiales y se alimentan al quemador principal del horno, mezclado con el combustible habitual.

La valorización de lodos en cementeras se considera un servicio de gestión de los lodos y por tanto suele tener un coste para el productor del residuo (EDAR).

9.5 Producción de lodos de depuradora por Comunidades Autónomas

La generación estimada de lodos, expresada en toneladas de materia seca, de acuerdo con los datos del II Plan de Lodos de Depuradora y las informaciones directas obtenidas, se indican en la Tabla 11.

Tabla 11. Estimación de la generación de lodos de depuradora (toneladas de materia seca).

Comunidad Autónoma	Estimación de la generación de lodos de depuradora
Andalucía	63.000
Aragón	41.000
Asturias	36.000
Cantabria	18.000
Castilla y León	81.000
Castilla - La Mancha	43.000
Cataluña	143.000
Extremadura	36.000
Galicia	90.000
Madrid	156.000
Murcia	37.000
Navarra	11.000
La Rioja	8.000
País Vasco	63.000
Valencia	125.000
TOTAL	925.000

Se observan grandes variaciones entre las cifras facilitadas por las diferentes Comunidades Autónomas, que pueden ser debidas a que en algunos casos estén facilitando datos estimados.

9.6 Gestión de lodos de depuradora por Comunidades Autónomas

La planificación en la mayor parte de las Comunidades Autónomas está orientada prioritariamente al uso agrícola, mediante la transformación en compost o por aplicación directa, siempre que la calidad de los lodos lo permita y dentro de los límites de aplicación para evitar la eutrofización del suelo; sin embargo, no siempre se controlan los parámetros señalados; la valorización energética queda relegada por debajo de los valores establecidos en el II Plan Nacional.

Andalucía

Solo existe una planta de secado térmico en Málaga, con una capacidad de secado de 50.000 t/a de lodos deshidratados, equivalentes a 15.000 t/a de materia seca, la

intención de la entidad explotadora (EMASA) es destinarlos a valorización energética en cementeras o en plantas cerámicas.

En el resto de las provincias de Andalucía los lodos de depuradora se destinan a uso agrícola, directamente o tras un compostaje; existen 7 instalaciones de compostaje de biosólidos las cuales llegan a compostar un total de 200.000 toneladas de lodos frescos al año, con un porcentaje de humedad entre 70 - 80%, equivalentes a unas 50.000 t/a de materia seca.

Castilla - La Mancha

Tiene muy reciente la aprobación de un Plan específico de Lodos de Depuradora, con un periodo de vigencia hasta 2012; en la actualidad están en funcionamiento 141 EDAR de las 389 previstas.

La generación actual es de 43.000 t/a referida a materia seca, que cumple los requisitos analíticos para poder ser utilizada para usos agrarios.

- ▶ Una parte (80% aproximadamente) corresponde a lodos deshidratados y estabilizados, que podría ser aplicado directamente en suelos agrarios.
- ▶ El resto corresponde a lodos parcialmente deshidratados, procedentes de EDAR convencionales o de plantas de lagunaje, que no realizan extracciones continuas de lodos; el grado de maduración y deshidratación es variable y deben ser sometidos a algún tipo de tratamiento antes de utilización agrícola.

El uso actual se reparte entre la aplicación directa de lodos estabilizados (65%), el depósito en vertedero (21%) y otros destinos menos confirmados.

Se prevé la creación de nuevas EDAR, hasta alcanzar un total de 389, que cubrirán la totalidad del territorio para el año 2012; en ese momento se estima que la producción total de lodos sea en torno a 66.000 t/a referida a materia seca.

Se prevé una clasificación de los lodos en tres categorías, en función del grado de cumplimiento de los límites de contaminantes; esta clasificación marcará el destino final de los lodos y la forma de tratamiento previo, si fuese necesario.

La distribución territorial de la gestión se basará en tres niveles, dependiendo de la capacidad de la instalación y la generación de lodos; las de nivel inferior, correspondientes a plantas aisladas de pequeña capacidad deberán llevar una gestión particularizada de los lodos, con aplicación de los mismos en un ámbito local.

Las de mayor capacidad pero sin tratamiento de deshidratación, acumularán los lodos y periódicamente serán transportados a otras instalaciones cercanas que dispongan de este tratamiento.

Finalmente, las grandes EDAR dispondrán de sistemas de deshidratación mecánica y enviarán los lodos a Centros de Recogida y Almacenamiento Intermedio, donde podrán ser sometidos a tratamiento posterior, principalmente por compostaje o por secado térmico, dependiendo de la calidad y del destino final de los mismos; se pretende la creación de 10 Centros de Recogida y Almacenamiento Intermedio desde los que se distribuirán los lodos en función de su uso.

Cataluña

De acuerdo con la información del PROGRIC 2007-2012, la producción y gestión de fangos en la Comunidad Autónoma de Cataluña, en el año 2005, es de 547.000 t/a de lodos deshidratados.

Tabla 12. Gestión de lodos en Cataluña (toneladas).

	2005	2012
Producción lodos deshidratados	547.288	627.500
Materia seca	135.000	154.744
Gestión de los lodos deshidratados	547.288	627.500
Secado térmico	202.217	418.000
Compostaje	179.391	131.000
Aplicación directa	102.000	25.000
Vertedero	55.000	--
Preparación de combustible	--	17.000
Gestión de lodos secos (referidos a materia seca)	68.265	103.162
Compostaje	14.335	36.000
Valorización energética	23.756	67.935
Aplicación agrícola	14.819	--
Vertedero controlado	15.359	--

La planificación de la Agencia Catalana del Agua y la Agencia de Residuos de Cataluña prevén, en el PROGRIC 2007-2012, una producción de lodos de EDAR de 627.000 t/a de lodos frescos, en el año 2012, con un crecimiento del 1% anual acumulado en relación con la generación actual.

La consecuencia más notable en la planificación para el año 2012 es la eliminación del vertido de los lodos de depuradora, la reducción progresiva de la aplicación directa, que debe quedar reducida a 25.000 t/a referido a lodos deshidratados, aumento de la capacidad de secado térmico (hasta 9 plantas) con una capacidad total de 418.000 t/a que se transformarán en 103.162 toneladas de lodos secos y que se destinarán a valorización energética, preferentemente en cementeras.

La justificación de esta estrategia de gestión se basa en anular el vertido y la aplicación directa de los lodos por razones de calidad y reducir el compostaje para poder permitir el uso de otros residuos orgánicos.

Por tanto, es previsible una disponibilidad creciente de lodos secos, que podrá alcanzar hasta casi 100.000 t/a, de lodos de los cuales una cantidad importante podrían ser destinados a valorización energética en plantas cementeras; no está prevista ninguna instalación de incineración de lodos.

En la actualidad dos instalaciones cementeras están autorizadas para la valorización de hasta 90.000 t/a de lodos secos.

Comunidad Valenciana

Según los datos recogidos en la Memoria 2006 de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, que gestiona 415 EDAR de distintas capacidades; la producción de lodos deshidratados en la Comunidad fue del orden de 500.000 t/a, equivalente a 125.000 t/a de lodos secos.

Las características de los lodos son adecuadas para su aplicación al suelo, que es la principal salida de los lodos deshidratados.

Los usos distintos de la aplicación directa son:

- ▶ 30.000 t/a para compostaje en tres instalaciones, junto con otros residuos.
- ▶ 22.000 t/a para 3 plantas de secado térmico.
- ▶ 13.300 t/a para valorización energética en las instalaciones incineración de Pinedo.
- ▶ En la actualidad, el resto de los lodos se están aplicando al suelo, como fertilizante, salvo una 8% de la producción total que se destina a vertedero.

La gran cantidad de lodos disponibles junto con otros residuos de alto contenido en materia orgánica hace predecible que una parte de los mismos no encuentre acomodo fácil y deba ser desviado a vertedero o a otras instalaciones.

Recientemente se ha anunciado la posibilidad de nuevas plantas de secado térmico en la provincia de Castellón, para secar los lodos de varias depuradoras y destinarlos posteriormente a valorización energética.

Comunidad de Madrid

Todos los lodos producidos en las EDAR, tanto del Ayuntamiento de Madrid como de la Comunidad, ahora operadas por el Canal de Isabel II, son aptos para aplicación agrícola, por el contenido en metales pesados, inferior al establecido en el Decreto 193/1998 de la Comunidad de Madrid.

La generación de lodos y destino de los lodos en la Comunidad de Madrid, en el año 2005, han sido los siguientes:

La situación actual cubre los objetivos señalados en el Plan Regional de Lodos de Depuradora 2006 – 2016 de la Comunidad de Madrid que se han mantenido similares a los establecidos en el Plan Nacional.

La diferencia fundamental entre la actuación de la Comunidad y el Ayuntamiento es que la Comunidad gestiona, por aplicación directa, una gran cantidad de lodos, mientras que el Ayuntamiento dispone de un gran potencial de secado térmico, que podría permitir la valorización energética de los lodos si se produce un endurecimiento de las condiciones de aplicación agrícola.

Tabla 13. Generación de lodos en la Comunidad de Madrid en el año 2005 (toneladas).

	Comunidad	Ayuntamiento	Total
Total lodos generados	194.995	433.839	628.594
Total lodos secos	48.500	108.459	156.959
Aplicación agrícola directa	162.756	--	162.756
Aplicación agrícola tras compostaje	15.811	15.864	31.675
Aplicación agrícola tras secado térmico	--	417.775	417.775
Total aplicación agrícola	178.567	433.839	612.206
Vertederos	16.388	--	16.388

En cualquier caso, los lodos secos no parecen disponibles para valorización energética, ya que el depósito en vertedero es prácticamente inexistente.

Región de Murcia

De los datos de la Memoria de ESAMUR (Entidad de gestión de aguas residuales de la Región de Murcia) la cantidad de lodos producidos en el año 2006 ascendió a 103.000 t/a de materia fresca.

De ellos, el 75% se aplica directamente y el 25% se compostó con podas y otros residuos vegetales.

No existe ninguna instalación de secado de lodos, por lo que, por ahora, no es previsible una disponibilidad para la valorización en cementera, ya que los lodos cumplen los límites para su aplicación directa.

Cantabria

La Comunidad de Cantabria dispone de una planta de secado térmico situada en Reocín; esta instalación ha sido diseñada para atender las necesidades de la Comunidad durante los próximos diez años; su capacidad de tratamiento es de 52.500 t/a de fangos deshidratados, procedentes de una docena de depuradoras situadas en puntos estratégicos de la región; sin embargo, esta planta no tratará los lodos generados en las pequeñas depuradoras repartidas por la Región ni los de las EDAR de los polígonos industriales de Laredo y Santoña, por la potencial contaminación de la industria conservera.

Navarra

La empresa NILSA, del Gobierno de Navarra, gestiona todas las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de Navarra (más de 80 instalaciones de diferentes tamaños); realiza una gestión centralizada de los lodos mediante estabilización para su uso agrícola; no se prevé ninguna instalación de secado térmico ni de valorización energética.

Asturias

El Principado de Asturias dispone de 2 plantas de secado térmico con una capacidad total de 44.000 t/a de lodos frescos, equivalentes a 11.000 t/a de materia seca; no existe una información clara del destino de los lodos secos pero en la actualidad pueden estar siendo destinados a las plantas de compostaje de COGERSA.

Castilla y León

La Estrategia Regional de Residuos para el periodo 2001-2010 estableció las necesidades de tratamiento de lodos, cifrando una producción de este tipo de lodos de 81.000 t referidos a lodos frescos para el año 2006.

9.7 Potencialidad de los lodos como combustible alternativo para cementeras

La estrategia española frente a los lodos de depuración descansa, fundamentalmente, en la aplicación de los mismos al suelo, como enmienda agrícola, ya sea por aplicación directa de los lodos deshidratados o tras un compostaje previo con otros residuos, especialmente con residuos vegetales.

En el Plan Nacional y en los diferentes Planes Autonómicos se contempla la valorización energética de una forma marginal, reducida a menos del 15% de la gestión total, especialmente cuando la calidad del lodo impida su uso agrícola. Así, se podrían usar hasta 138.750 toneladas anuales, según los datos aportados previamente sobre generación de lodos.

Sin embargo, la acumulación de nutrientes procedentes de distintos tipos de residuos, y las exigencias de un tratamiento previo al uso agrícola, pueden impedir la utilización agrícola, al tiempo que el traslado a otras áreas puede suponer un incremento de coste poco asumible.

Por otra parte, el vertido de lodos, frescos o sometidos a tratamientos de secado térmico, está restringido por la legislación, al reducir la cantidad de residuos biodegradables que pueden ser vertidos.

La valorización energética en plantas cementeras exige un paso previo de secado térmico, hasta alcanzar un grado de sequedad superior al 80-90% de materia seca; en estas condiciones los lodos tienen suficiente poder calorífico como para aportar energía al proceso, como combustibles alternativos.

Las posibilidades de que existan lodos secos disponibles están relacionadas con:

- ▶ La prohibición de vertido de los mismos.
- ▶ La saturación de las posibilidades de uso agrícola, tanto de aplicación directa como en forma de composta.
- ▶ La calidad de los lodos, por su alto contenido en metales pesados.

Todas las condiciones anteriores están presentes en algunas zonas del territorio, como en Cataluña y Valencia, que empiezan a tener excedentes de compost y están incluyendo plantas de secado térmico para facilitar la valorización energética de los lodos.

En el caso de Cataluña se detecta un excedente de más de 67.000 t/a de lodos, expresados como materia seca, que podrían ser valorizables en cementeras de la Comunidad Autónoma.

En algunas instalaciones de diferentes Comunidades se han instalado planta de incineración de lodos (la más señalada es de la Galindo, en Vizcaya) estando prevista también la incineración en otras instalaciones en proyecto (Planta Integral de Incineración de Guipúzcoa).

En el resto de las Comunidades Autónomas analizadas la forma de gestión casi exclusiva sigue siendo la aplicación agrícola.

Capítulo 10

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS

10.1 Los residuos de plásticos agrícolas

Se consideran residuos de plásticos de uso agrícola aquellos residuos de plásticos producidos en el ejercicio de la actividad agrícola y/o ganadera, exceptuados los residuos de envases; tampoco se incluyen los residuos de envases de productos fitosanitarios, que son gestionados por un Sistema Integrado de Gestión, (SIGFITO).

Los usos principales de los plásticos en la agricultura son:

- ▶ En coberturas de protección en forma de láminas, placas y otros elementos en invernaderos, túneles, acolchados y otras modalidades de producción agrícola intensiva.
- ▶ En mallas cortavientos y como material para el manejo de la luz natural (plásticos fotoselectivos) y las radiaciones UV, visible, infrarroja.
- ▶ En forma de piezas de plástico en las redes de riego (tuberías, válvulas, goteros, etc.), en láminas de polietileno (PE) u otros polímeros empleados en la impermeabilización de embalses y aljibes.

El Plan Nacional de Residuos Plásticos Agrícolas, incluido dentro del borrador del PNIR, engloba todas las actuaciones que se realicen en relación con estos residuos dentro del territorio nacional, quedando integrados en él los documentos de planificación autonómicos ya elaborados, y ello de una forma coordinada para la optimización de los logros ecológicos.



El horizonte temporal del Plan de Residuos Plástico Agrícolas abarca del año 2007 al año 2015, inclusive.

10.2 Situación actual de la gestión de plásticos agrícolas

La gestión actual de los residuos de plásticos agrícolas se caracteriza por:

- ▶ Insuficientes estadísticas y datos sobre la generación y gestión de estos residuos.
- ▶ Las infraestructuras específicas existentes para la gestión de estos residuos se concentran en sólo unas Comunidades Autónomas; en general estas infraestructuras están dedicadas al reciclado de algunos tipos de plásticos (film), pero no a otras actividades de gestión, como la valorización energética.
- ▶ Existencia de un creciente mercado de demanda del residuo de plástico usado; los precios estimados del residuo se sitúan en torno al 15-25% del precio de la granza virgen; este precio puede ser muy fluctuante en función de la calidad del residuo.
- ▶ El mercado actual de plástico reciclado procedente de usos agrícolas tiene una gran competencia con los residuos de plásticos industriales y de la construcción, más limpios y uniformes que los procedentes de usos agrarios.
- ▶ Las normas técnicas de calidad exigidas a las explotaciones agrarias, que establecen la prohibición expresa del abandono de restos plásticos en el interior o lindes de la parcela por razones de control de plagas y sanidad vegetal.
- ▶ No existen planes específicos de gestión para este tipo de residuos, salvo en las Comunidades Autónomas de Andalucía, Canarias y Galicia.

La consecuencia de estos factores es que está disminuyendo el vertido incontrolado y abandono de plásticos, especialmente de cobertura, constituidos por film de polietileno de baja densidad.

10.3 Generación de residuos de plásticos agrícolas

El consumo de plástico en actividades agrícolas, basado en los datos de productores y recicladores y recogidos en la Memoria del PNIR, es del orden de 235.000 t/a, que se mantienen razonablemente estables en los últimos años.

Los diferentes usos de los plásticos agrícolas son:

- ▶ Cubiertas de invernadero: 51.000 t/a
- ▶ Acolchado de suelos: 37.000 t/a
- ▶ Tunelillos: 6.450 t/a
- ▶ Ensilados: 16.000 t/a
- ▶ Tuberías: 75.000 t/a
- ▶ Otros usos (tubería, mallas): 59.000 t/a

La distribución territorial está centrada fundamentalmente en Andalucía, que consume casi el 70% del film (65.000 t/a) seguida por Murcia (8.000 t/a), Canarias (7.500 t/a) y Valencia (5.700 t/a) con cantidades muy inferiores, o nulas, en el resto de las Comunidades Autónomas.

De acuerdo con las informaciones facilitadas tanto por los sectores agrario como por el sector del reciclaje, puede estimarse que la generación de residuos agrícolas es del orden del 80% del consumo, tanto de film como de otros usos, con una vida media de los materiales de 3 años; el 20 % restante son pérdidas durante el uso, que no se recogen de forma organizada.

En consecuencia, la generación de residuos plásticos puede alcanzar unas 180.000 t/a, localizadas en los puntos de consumo.

La reciclabilidad del plástico está muy relacionada con el tipo de uso; es muy elevada para los film de invernadero y túneles y para los materiales de tuberías de PEBD y muy

reducida para los plásticos de acolchado, porque tienen una gran suciedad y restos de tierras, que hacen el reciclado muy difícil y costoso.

Los tipos de polímeros más frecuentes en los plásticos agrícolas son los siguientes:

- ▶ Polietileno de baja densidad (PEBD), que se usa preferentemente para film de cubiertas y acolchado, que supone el 42% del plástico usado.
- ▶ Policloruro de vinilo (PVC), que se utiliza fundamentalmente para tuberías y estructuras rígidas; su participación es del orden del 33%.
- ▶ Polietileno de alta densidad, utilizado también para tuberías, con una participación del 15%.
- ▶ Polipropileno, utilizado para tuberías y estructuras soporte; su participación es del orden del 5,7%.

La estimación de los materiales recogidos y reciclados es como se indica en la Tabla 14:

Tipo de plástico	Consumo	Estimación generación de residuos	Estimación reciclado	Estimación valorización energética
Acolchado	37.000	29.600	8.000	21.600
Tunelillo	6.500	5.200	5.000	500
Invernadero	51.000	40.800	37.000	3.800
Otros	140.500	112.400	78.000	34.000
TOTAL	235.000	188.000	128.000	60.000

En consecuencia la cantidad de residuos plásticos potencialmente valorizables energéticamente es de 60.000 t/a, que equivale a un 25,5 % del consumo de plásticos.

La parte más importante destinada a valorización corresponde a los film de acolchado y a los residuos de tuberías, piezas soporte, etc.

Las instalaciones de reciclado de plástico están localizadas en las Comunidades Autónomas de Andalucía, Murcia y Extremadura aunque, como se señalado anteriormente, parte del reciclado lo realizan recicladores de plásticos de origen industrial o de la construcción.

10.4 Valorización energética de plásticos agrícolas

Los objetivos ecológicos contemplados en el Plan de Gestión de Plásticos Agrícolas se muestran en la Tabla 15:

Objetivos ecológicos	2010		2015	
	Prevención / reutilización	5%	9.400 t	10%
Reciclado	55%	103.400 t	70%	131.600 t
Valorización energética	30%	56.400 t	15%	28.200 t
Eliminación en vertedero	10%	18.800 t	5%	9.400 t

Como puede observarse, se realiza una apuesta importante por el reciclado material, que es variable para cada tipo de material.

Para los residuos plásticos agrícolas no reutilizables ni reciclables restan sólo dos opciones de tratamiento: la valorización energética, en sus diversas variantes, o la eliminación en depósito de seguridad o vertedero.

La valorización energética de los rechazos de plásticos no reciclables puede permitir el aprovechamiento del importante poder calorífico de los plásticos, que es ligeramente inferior al del gas natural, y superior al del papel, madera y otros residuos urbanos.

Este aprovechamiento de la energía contenida en los residuos de plásticos puede hacerse en instalaciones industriales ya existentes, como sustitutos de combustibles, siempre que se cumplan determinadas condiciones ecológicas y administrativas.

En España se han desarrollado experiencias de valorización energética de film de polietileno de cubiertas de invernadero mediante la coincineración en una central térmica de carbón pulverizado; asimismo, se han llevado a cabo ensayos sobre la utilización de plásticos como combustibles en cementeras, ambas con resultados positivos.

Otras iniciativas de gestión corresponden a proyectos de gasificación para la generación de electricidad o para la obtención de combustibles líquidos asimilables a gasoil.

El Plan estima que la valorización energética alcanzará un 15% de los residuos generados al finalizar el periodo de vigencia del Plan, con un objetivo intermedio de valorización del 30% en el año 2010, lo que supondría una valorización de casi 57.000 t/a de material plástico.

La forma de valorización más adecuada puede ser en cementeras, generalmente tras una preparación de combustibles con otros tipos de residuos, como los CDR (combustibles derivados de residuos).

La única alternativa a la valorización energética para los residuos de plásticos agrícolas no reciclables es la eliminación en vertedero, que debe ser considerada como una opción posterior a la valorización energética.

Un aspecto a tener en cuenta es la posibilidad de desarrollo de tecnologías emergentes, por gasificación, para las que los plásticos agrícolas puedan ser una materia prima adecuada, a pesar de la presencia de tierras y suciedad que dificultan el reciclado.

10.5 Residuos de envases de productos fitosanitarios

Aunque no guardan una relación directa con los residuos de plásticos agrícolas y están gestionados por un Sistema Integrado de Gestión, SIGFITO, se incluyen dentro de este apartado porque su entidad, desde el punto de vista de valorización energética, es muy reducida.

Según los datos de la Memoria de SIGFITO correspondientes a 2006, la cantidad de residuos de envases generados por el sector fitosanitario fue de 6.700 t de las cuales se recuperaron unas 2.000 t (32% de los envases producidos).

El 67% de los envases recuperados (1.340 t) se destinó a reciclado material, un 21 % se dedicó a valorización energética en plantas cementeras y el resto, un 10% se destinó a vertido en depósitos de seguridad como residuos peligrosos.

Es evidente que este flujo de materiales es irrelevante como combustible alternativo, especialmente si a ello se une la gran dispersión de los puntos de recogida de los envases.

Capítulo 11

UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS URBANOS

11.1 Antecedentes

El Real Decreto 1481/2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, y que engloba la Directiva 1999/31/CE, prevé que se reduzca la cantidad de residuos biodegradables vertidos, con respecto a los niveles de 1995, a un 75% para julio de 2006, un 50% para julio 2009 y un 35% para julio 2016.

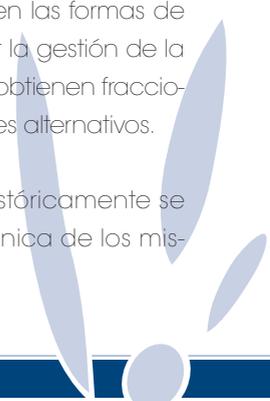
Las plantas de cemento han utilizado tradicionalmente residuos de origen industrial, con una preponderancia de residuos líquidos de alto poder calorífico generalmente clasificados como peligrosos, como los disolventes usados, los aceites usados de automoción, etc.

También han formado parte de estos combustibles alternativos algunas fracciones de residuos no peligrosos procedentes de fuentes industriales o comerciales, (especialmente papel, maderas, algunos plásticos, neumáticos, harinas animales, etc.)

Sin embargo, la presencia de materiales procedentes de los residuos urbanos, o de algunas de sus fracciones energéticas ha sido de más reciente implantación.

Durante los últimos años se han introducido algunas modificaciones en las formas de tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU), orientadas a mejorar la gestión de la materia orgánica contenida en los mismos; complementariamente, se obtienen fracciones secas de alta calidad que pueden ser utilizadas como combustibles alternativos.

Como la utilización directa de los residuos urbanos no es viable, históricamente se han utilizado diferentes fracciones obtenidas por separación mecánica de los mis-



mos; la fracción seca se sometía a clasificaciones orientadas a la separación de materiales combustibles, (plásticos, papel, ...) que posteriormente eran sometidos a operaciones de densificación que facilitaban su utilización; así se desarrollaron los denominados Combustibles Derivados de Residuos (CDR)¹, que en general se refiere a combustibles derivados de residuos sólidos urbanos. Estos combustibles fueron utilizados durante algunos años, tanto en cementeras como en diferentes tipos de hornos.

Durante los últimos años se ha reactivado el interés hacia la fracción combustible de los residuos urbanos, principalmente por dos motivos, primero por las obligaciones mencionadas en cuanto al vertido de la fracción biodegradable de los residuos, y el segundo por el objetivo establecido en Europa de aumentar el uso de fuentes de energía renovables y neutras en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero. Con el objeto de extender el aprovechamiento energético de estos CDR en el mayor número de instalaciones posibles de distintos sectores (plantas de biomasa, instalaciones de generación eléctrica, etc) se ha trabajado en Europa en la elaboración de una norma en el seno del Comité CEN/TC 343, en la que se establecen diferentes tipos de Combustible Sólido Recuperado², en función del poder calorífico y de la presencia de diferentes sustancias, entre ellos el cloro y el mercurio, que puedan tener un impacto en la operación de las instalaciones o en sus emisiones al medio ambiente.

En el caso de las instalaciones cementeras, el control de calidad de los residuos se realiza en la fase de recepción y aceptación de los mismos, de acuerdo a la Directiva 2000/76 de incineración. Por otra parte, éstas cuentan con condiciones de operación que les permiten mayor flexibilidad en los combustibles empleados (gran estabilidad térmica, elevada temperatura, materias primas alcalinas presentes en gran cantidad en el horno, etc). Además las especificaciones para los combustibles utilizados están definidas en las Autorizaciones Ambientales Integradas, y son comprobadas con regularidad en los controles de recepción y aceptación, por lo que la aportación de este estándar es limitada y su aplicación es escasa.

1 En inglés Refused Derived Fuel (RDF).

2 Estos Combustibles Sólidos Recuperados certificados pueden ser obtenidos de diferentes formas y a partir de diferentes tipos de residuos, entre ellos los residuos urbanos, con excepción de los residuos peligrosos. La utilización de otras denominaciones ya se produce en otros países europeos, como diferenciación comercial, pero dentro del estándar de CDR.

El objetivo fundamental del estándar del CEN/TC 343 es establecer diferentes tipos de combustibles con características medias homogéneas, que se puedan certificar, de forma que la fabricación y consumo se asemeje al de una commodity energética, fácilmente utilizable por instalaciones de distintos tipos, incluyendo pequeñas instalaciones que no cuentan con experiencia previa en la valorización energética de residuos ni con equipos de caracterización de los mismos.

11.2 Características de los Combustibles Derivados de Residuos para hornos de cemento

Las características más importantes de los CDR utilizados habitualmente en el sector cementero son:

- ▶ Poder calorífico elevado, en torno a 16-18 MJ/kg, aunque algunas plantas de clínker establecen valores bastante más elevados, superiores a 20 MJ/kg.
- ▶ Reducido contenido de cloro (inferior al 0,5-1%).
- ▶ Reducido contenido de mercurio, (inferior a 10 mg/kg, en base seca).

Las limitaciones más importantes están referidas al contenido de cloro, por razones de funcionamiento estable de la instalación, y de mercurio y metales pesados en los CDR, para poder cumplir las limitaciones de emisiones establecidas en la legislación sobre incineración de residuos.

En relación con el contenido de cloro, existe una limitación práctica generalizada del orden del 1% en el CDR, que podría ser algo mayor para CDR con un poder calorífico del orden de 20 MJ/kg; este límite está también condicionado por el grado de sustitución y por la aportación concurrente de otros combustibles alternativos distintos de CDR, especialmente disolventes, y de las materias primas.

En relación con los metales pesados volátiles deben tenerse en cuenta las limitaciones establecidas en el Real Decreto 653/2003 referidas a plantas de cemento y considerando la diferente capacidad de retención de los mismos en el clínker.

En relación con el poder calorífico, aparte de un parámetro técnico, se trata de un parámetro económico en cuanto al aporte energético que puede realizar un residuo.

En cualquier caso, las características de los combustibles pueden ser fijadas por las propias cementeras, en función de diferentes factores, entre ellos la utilización simultánea de otros residuos como combustibles.

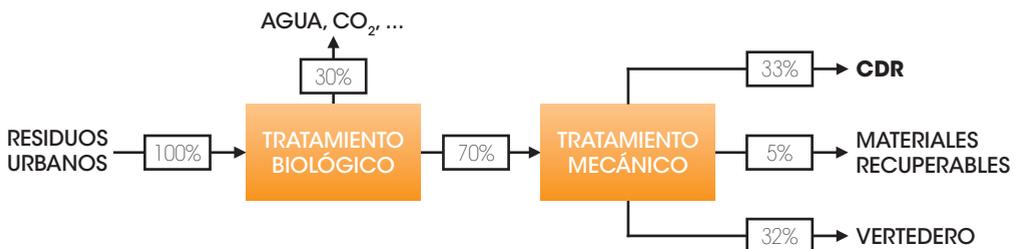
11.3 Producción de Combustibles Derivados de Residuos a partir de los residuos urbanos

La posibilidad de producción de CDR está relativamente condicionada por las características de los residuos de partida, ya sea residuos urbanos o alguna de sus fracciones secas, aunque los procedimientos de fabricación permiten obtener un CDR de alta calidad en casi todos los casos (aunque no en las mismas cantidades).

El tratamiento de los residuos urbanos para obtener CDR se lleva a cabo utilizando tratamientos mecánicos y biológicos, dependiendo de la fracción de partida:

- ▶ Por biosecado de la fracción resto de los residuos urbanos, que consiste en una biodegradación acelerada de la materia orgánica más volátil y una posterior separación y clasificación, para obtener por un lado materiales destinados a reciclaje, y por otro un combustible de alto poder calorífico. En la figura se muestra el esquema básico de tratamiento y la proporción media de las diferentes fracciones obtenidas.

Figura 3. Tratamiento por biosecado de la fracción resto de los residuos urbanos y proporción media de las diferentes fracciones obtenidas.



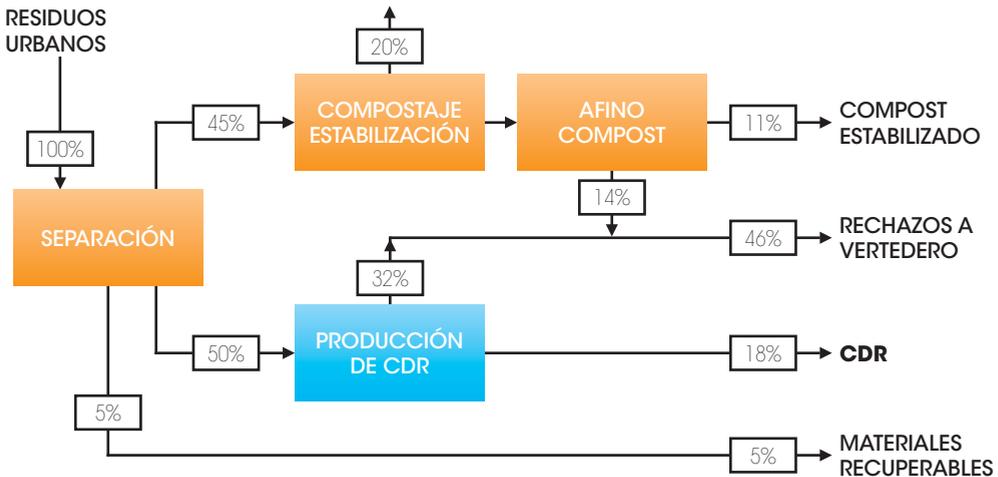
La cantidad de CDR obtenible es del orden del 33% de la cantidad de residuos urbanos alimentados a la instalación, aunque puede variar ligeramente en función de la composición de los residuos urbanos; el poder calorífico es del orden de 13 - 15 MJ/kg;

la calidad de este CDR puede mejorarse por clasificación, separando plásticos y papel, hasta alcanzar un alto PCI y un valor bajo de humedad.

Por la escasa estabilización de los subproductos resultantes, este CDR no se suele destinar a cementeras sino a otras instalaciones (incineradoras).

- ▶ Por tratamiento mecánico de la fracción resto de los residuos urbanos; en este tratamiento se busca la separación de dos fracciones: una húmeda, que tiene un elevado contenido de materia orgánica que debe ser estabilizado mediante compostaje antes de su uso o vertido; otra seca, que tras ser sometida a una clasificación mecánica permite la obtención de un combustible de alta calidad y un rechazo que se deposita en vertedero.

Figura 4. Tratamiento mecánico de la fracción resto de los residuos urbanos y proporción media de las diferentes fracciones obtenidas.



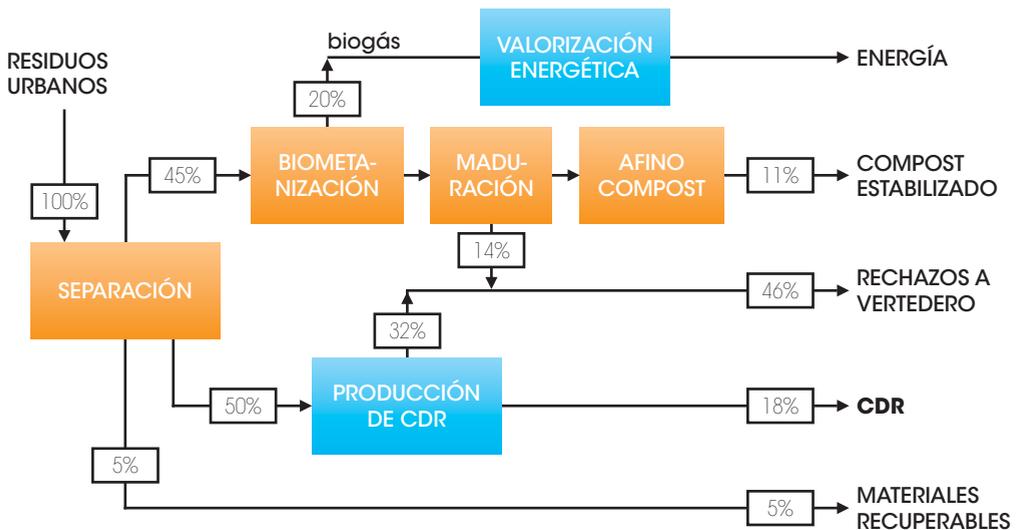
La diferencia fundamental entre ambos procesos es que en el biosecado se trata la totalidad del residuo (residuos urbanos o fracción resto), mientras que en el segundo proceso se realiza en primer lugar una separación mecánica, ya que la fracción orgánica se destina a la producción de compost o de residuos estabilizado para vertido.

A diferencia del biosecado, este procedimiento permite obtener una menor cantidad de CDR; la ventaja fundamental de este procedimiento es que puede ser aplicado en las numerosas plantas de compostaje actualmente en funcionamiento en la mayor parte de las Comunidades Autónomas, que destina la fracción seca a vertido directo.

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 cada cementera.

- Si el tratamiento biológico tiene lugar por vía anaerobia, por biometanización, el diagrama de bloques de la transformación sería como se indica en la Figura 5.

Figura 5. Tratamiento por biometanización de la fracción resto de los residuos urbanos y proporción media de las diferentes fracciones obtenidas.



En principio, las posibilidades de obtención de CDR en los procesos de biometanización son similares a la de los procesos aerobios, ya que la diferencia fundamental entre éstos tiene lugar en la fracción húmeda separada mecánicamente.

te (parte superior del diagrama de bloques), mientras que las transformaciones de la fracción seca son idénticas. Como estos CDR son obtenidos a partir de una fracción húmeda separada mecánicamente, no constituyen un material habitual en cementeras sino en otras instalaciones.

11.4 Posibilidades de obtención de Combustibles Derivados de Residuos a partir de residuos urbanos en España

Siguiendo los modelos descritos anteriormente, es posible la obtención de CDR a partir de tres flujos de residuos:

- ▶ La fracción resto no estabilizada de los residuos urbanos; esta fracción se deposita en los casi 200 vertederos controlados distribuidos en las distintas Comunidades Autónomas y supone casi 15 Mt/a de residuos.
- ▶ La fracción seca separada en las 59 plantas de triaje y compostaje de los residuos recogidos en masa, mediante tratamientos mecánicos.
- ▶ Los rechazos de las plantas de clasificación de envases, constituidos básicamente por plásticos y papel.

En todos los casos se observa que el CDR se produce a partir de la fracción seca destinada a vertedero por lo que, además de una mejora en el uso de los recursos, no se produce ninguna interferencia en las actividades de reciclado material de los mismos, que debe ser previa a la preparación de CDR (la optimización de la recuperación material debe producirse mediante recogida selectiva de las diferentes fracción, no mediante clasificación de la fracción recogida de forma unificada).

La importancia de cada una de las corrientes señaladas está muy relacionada con la forma de gestión seguida en las diferentes Comunidades Autónomas:

- ▶ En Andalucía, Castilla - La Mancha, Castilla y León, Extremadura, Valencia, Murcia y La Rioja, la gestión de los residuos urbanos se basa en la clasificación, recuperación material y compostaje; los rechazos secos, valorizables energéticamente, son depositados en vertederos; en estas Comunidades se analiza la

obtención de CDR a partir de la fracción seca separada en las plantas de triaje previas a las instalaciones de compostaje.

- ▶ En Cataluña, Castilla y León, Madrid, Aragón y parte del País Vasco se han instalado plantas de biometanización de la fracción resto; la obtención de CDR en instalaciones de biometanización se realiza tras la separación mecánica de fracciones seca y húmeda; la producción de CDR sería similar al caso anterior.
- ▶ En algunos casos se sigue realizando la gestión de los residuos por depósito directo en vertederos controlados; en estos casos la obtención de CDR debería venir asociada a los procesos de estabilización de la materia orgánica anterior al vertido.

Para poder estimar la potencial producción de CDR desde las distintas instalaciones de residuos urbanos se han analizado estas instalaciones y los procesos señalados anteriormente:

- ▶ La cantidad total de residuos urbanos recogidos en las 59 plantas de triaje y compostaje existentes en España es del orden de 7,1 Mt/a. Considerando un factor de transformación de residuos urbanos en CDR de 0,18, la producción máxima posible sería de 1.250.000 t/a de CDR si todas las plantas de compostaje se modificaran, ampliaran, para la producción de CDR a partir de los rechazos.
- ▶ De la misma forma, para las plantas de biometanización puede admitirse un factor de transformación de residuos urbanos en CDR del 15%. Como las 6 plantas de biometanización en funcionamiento tienen una capacidad total de unas 750.000 t/a, la producción máxima de CDR en estas instalaciones sería del orden de 112.000 t/a.
- ▶ Los 188 vertederos controlados existentes en España reciben casi 15 Mt/a de residuos no clasificados; la incorporación de planta de biosecado a cada uno de los vertederos permitiría la obtención de casi 4,9 Mt/a de CDR, suponiendo una transformación del orden del 33% de residuos urbanos en CDR (este factor de transformación conduciría a un CDR de calidad media).

- ▶ Finalmente, en España existen 89 plantas independientes de clasificación de envases ligeros procedentes de recogida selectiva; la cantidad de envases de plástico recogidos es del orden de 350.000 t/a de los que se recuperaron unas 252.000 t/a, según los datos de la Memoria de Ecoembes 2007; el rechazo de casi 100.000 t/a puede ser transformado en CDR con un rendimiento medio del 50%, lo que supondría una aportación potencial de unas 45.000 t/a de CDR.

Por tanto, el potencial máximo de obtención de CDR a partir de los diferentes flujos de residuos urbanos será del orden de 6,3 Mt/a; debe notarse que no toda la generación de CDR sería homogénea ni las probabilidades serían las mismas para cada una de las corrientes señaladas, por lo que la cifra indicada deben entenderse como un techo.

11.5 Generación potencial de Combustibles Derivados de Residuos por Comunidades Autónomas

Metodología seguida en la estimación

Para la determinación de la cantidad de CDR potencialmente generable en las distintas Comunidades Autónomas se ha seguido el siguiente procedimiento:

- ▶ Se han analizado los inventarios de producción de residuos urbanos y la forma de recogida prioritaria en cada una de las unidades principales de gestión.
- ▶ Se han analizado las formas de gestión de la fracción resto, que es la prioritaria para la obtención de CDR, por la mayor proporción de esta fracción frente a las recogidas selectivas.
- ▶ Se han estudiado las plantas de compostaje, ya que la producción de CDR se deriva de las plantas de triaje, que determinan el potencial de producción de CDR.
- ▶ También se han considerado las instalaciones de biometanización de la fracción resto, realizando un análisis similar al de las plantas de compostaje.

- ▶ No se han considerado las instalaciones de clasificación de envases ligeros, por su menor importancia, tanto a nivel general como individual.
- ▶ No se considerará la potencial generación de CDR a partir de los residuos depositados directamente en los vertederos (que supondrían casi 4,9 Mt/a), porque al tratarse de una forma de gestión poco aceptable, deberá ser sometida a revisión.

En consecuencia, la estimación potencial de generación de CDR a partir de los residuos urbanos se ha realizado exclusivamente a partir de las instalaciones de estabilización existentes (compostaje o biometanización), con las condiciones señaladas anteriormente.

Posibilidades de obtención de CDR en Andalucía

La gestión de los residuos urbanos en Andalucía se basa, fundamentalmente en la recogida en masa, transformación en compost y en vertido controlado, con ausencia de instalaciones de incineración.

Se ha estimado la potencialidad de las plantas andaluzas de compostaje para obtención complementaria de CDR teniendo en cuenta los siguientes condicionantes:

- ▶ En algunos casos la producción de compost es considerablemente superior a la que correspondería a la entrada de residuos lo que indica que no se realiza una buena separación de la fracción combustible y el porcentaje de CDR será muy reducido, inferior al 18 % calculado.
- ▶ En otros casos la producción de compost es muy baja en relación con la entrada de residuos, lo que puede suponer un vertido casi directo; en este caso no se considera la producción potencial de CDR.
- ▶ Finalmente, en otros casos la producción de compost está razonablemente balanceada con la fracción resto entrada en la planta de clasificación; en estos casos se estima la cantidad de CDR a partir de la entrada de residuos.

De acuerdo con lo anterior, la capacidad potencial de obtención de CDR en Andalucía, a partir de los residuos urbanos y aprovechando la infraestructura de gestión existente, es superior a 300.000 t/a.

Tabla 16. Potencialidad de obtención de CDR en las plantas de compostaje en Andalucía (toneladas anuales).

Provincia	Planta compostaje	Residuos tratados	Compost	CDR potencial
Almería	Albox	66.221	12.300	11.920
	Almería	85.824	12.800	15.448
Cádiz	Los Barrios	136.364	15.000	24.545
	Jerez	170.000	20.000	30.600
Córdoba	Montalbán	150.000	28.000	27.000
Granada	Alhendín	263.636	29.000	47.455
	Vélez	54.545	6.000	9.818
Huelva	Villarrasa	220.000	26.000	39.600
Jaén	Jaén	22.727	2.500	4.091
Málaga	Casares	145.455	16.000	26.182
	Mijas	65.000	7.000	11.700
Sevilla	Alcalá de Guadaira	268.000	40.000	48.240
	Alcalá del Río	36.364	4.000	6.545
	Estepa	25.000	2.800	4.500
	Marchena	9.091	1.000	1.636
	Utrera	13.636	1.500	2.455

Posibilidades de obtención de CDR en Aragón

El Plan Integral de Gestión de Residuos de Aragón aprobado en el año 2005 y con vigencia hasta el año 2012 contempla los siguientes aspectos, en relación con la gestión de los residuos urbanos y la potencial obtención de CDR:

- ▶ La generación actual es del orden de 563.000 t/a de fracción resto, de los que el 40% se destinan directamente a vertedero y el resto son gestionados en el Centro de Tratamiento de Zaragoza, orientado hacia la biometanización de la fracción orgánica; los rechazos no reciclables serán destinados a vertedero; el aprovechamiento de estos rechazos conduciría a la obtención de casi 90.000 t/a de CDR.
- ▶ Sin embargo, el Plan GIRA excluye, por el momento, las formas habituales de incineración o valorización por vía térmica dentro del territorio aragonés, para todos los tipos de residuos, especialmente los de origen urbano; la única posibi-

lidad sería la producción de CDR para su exportación fuera de Aragón, lo que está también restringido por la legislación autonómica aragonesa (Catálogo Aragonés de Residuos), aprobado recientemente.

Posibilidades de obtención de CDR en Asturias

Toda la gestión de residuos urbanos del Principado de Asturias se orienta hacia las instalaciones del depósito en el vertedero central de Asturias, gestionado por COGERSA.

Dentro de este mismo emplazamiento existen instalaciones complementarias para la gestión de otros residuos: incineración de subproductos animales, compostaje de residuos verdes, etc.

En la actualidad existe un proyecto para la construcción de una planta de incineración de los residuos urbanos recibidos en el vertedero; el modelo de incineración no parece completamente decidido pero, cualquiera que sea el mismo, recogería los rechazos que no puedan ser reciclados en forma de materiales en el resto de las instalaciones, (plantas de clasificación, posibles compostajes, etc).

Por tanto, las posibilidades de obtención de CDR a medio plazo son prácticamente nulas, si el Plan de Gestión en negociación social avanzada sigue su curso.

Posibilidades de obtención de CDR en Cantabria

La gestión de la totalidad de los residuos urbanos de la CA se orienta en el Complejo Medioambiental de Residuos Urbanos de Meruelo, que dispone de una planta de clasificación y compostaje y una planta de incineración para los rechazos de la anterior y para otros tipos de residuos; estas instalaciones ya están en funcionamiento, junto con el vertedero de residuos inertes de la planta de incineración; por tanto, las posibilidades de obtención de CDR en Cantabria son prácticamente nulas por el momento.

Posibilidades de obtención de CDR en Castilla-La Mancha

En relación con la gestión de la fracción resto de los residuos urbanos, la Comunidad de Castilla - La Mancha está dividida en 8 unidades de gestión (AGES); cada una de ellas dispone, al menos, de un Centro de Tratamiento que consiste en una planta de clasificación, una instalación de compostaje y un vertedero de rechazos.

En la situación actual, sin considerar las medidas a introducir por aplicación del nuevo Plan de Residuos, la gestión estabilizada sería como se indica en la Tabla 17.

Tabla 17. Potencialidad de obtención de CDR en Castilla-La Mancha (toneladas anuales).

AGES	Generación residuos urbanos	Materia orgánica a compost	Compost producido	Fracción seca	Depósito vertedero	CDR potencial
Albacete	117.000	53.000	13.000	59.000	51.000	21.000
Hellín	52.000	23.000	6.000	26.000	23.000	9.000
Alcázar	73.000	33.000	8.000	37.000	32.000	13.000
Almagro	151.000	68.000	17.000	76.000	66.000	27.000
Cuenca	43.000	19.000	5.000	22.000	19.000	8.000
Guadalajara	39.000	18.000	4.000	20.000	17.000	7.000
Toledo	204.000	92.000	22.000	102.000	90.000	37.000
Talavera	62.000	28.000	7.000	31.000	27.000	11.000
TOTAL	741.000	333.000	82.000	371.000	326.000	133.000

En la tabla se indican las AGES (identificadas por la localización del Centro de Tratamiento), y las estimaciones incluidas en el recientemente aprobado Plan de Residuos Urbanos de Castilla-La Mancha para el año 2010; se indica la generación estimada de residuos urbanos, la cantidad de materia orgánica destinada a estabilización (compostaje), la producción efectiva de compost, el depósito en vertedero y la producción potencial de CDR.

Como puede observarse, el funcionamiento estabilizado de las instalaciones actuales, modificadas para la obtención de CDR podría conducir a la posible generación de 133.000 t/a de CDR.

En Plan contempla la evolución de los actuales Centros de Tratamiento hacia Parques de Recuperación de Recursos orientados hacia la máxima recuperación material.

Posibilidades de obtención de CDR en Castilla y León

La organización de la gestión de residuos urbanos en Castilla y León está organizada por Consorcios Provinciales, con una generación total (2003) de algo más de un millón de toneladas de residuos urbanos que ascenderán hasta 1,2 Mt/a en 2010.

Los residuos recogidos son transportados hasta Centros de Tratamiento, con ámbito provincial, en los que se realizan operaciones de triaje para separación de materiales recuperables, separación de materia orgánica para producción de compost y separación de los rechazos, para su vertido.

La producción de compost a partir de la fracción resto se ha considerado como la alternativa más aconsejable en todos los Centros de Tratamiento, atendiendo a las características de los suelos de la Comunidad Autónoma.

El modelo se completa con Depósitos Provinciales de Eliminación de Rechazos asociados a los Centros de Tratamiento Provinciales, que recibirán los rechazos del triaje de entrada y los que proceden de los afinos de las plantas de compostaje.

Por provincias, las cantidades de residuos gestionadas en los Centros Provinciales son:

Provincia	Generación	Materiales	Compost	Rechazos	CDR potencial
Ávila	73.000	3.650	8.030	32.120	13.140
Burgos	151.000	7.550	16.610	66.440	27.180
León	207.000	10.350	22.770	91.080	37.260
Palencia	74.000	3.700	8.140	32.560	13.320
Salamanca	142.000	7.100	15.620	62.480	25.560
Segovia	71.000	3.550	7.810	31.240	12.780
Soria	35.000	1.750	3.850	15.400	6.300
Valladolid	200.000	10.000	22.000	88.000	36.000
Zamora	77.000	3.850	8.470	33.880	13.860
TOTAL	1.030.000	51.500	113.300	453.200	185.400

En consecuencia, la generación máxima potencial de CDR en la Comunidad de Castilla y León ascendería a 185.000 t/a.

Entre las instalaciones debe resaltarse la existencia de varias plantas de biometanización de materia orgánica separada mecánicamente en los Centros Provinciales de Burgos, León, Palencia y Salamanca.

El Plan descarta la incineración en masa de los residuos urbanos, atendiendo a criterios técnicos y de cumplimiento legislativo, incluso para los rechazos depositados en los Centros provinciales, aunque deja abierta esta posibilidad para nuevas tecnologías.

La capacidad de producción de CDR en todos los Centros Provinciales de Tratamiento de la Comunidad ascendería a unas 185.000 t/a, aunque por razones de rentabilidad económica sólo parece razonable la transformación en los CTR de mayor capacidad, de León y Valladolid.

Posibilidades de obtención de CDR en Cataluña

El Plan de acción para la gestión de los residuos municipales en Cataluña, 2005-2012 establece la situación actual de la gestión de este tipo de residuos y la planificación prevista a medio y largo plazo para los mismos.

Las líneas de acción del Plan referidas a la fracción resto de residuos municipales, tanto procedente de las recogidas selectivas como de recogidas unificadas, se basan en el tratamiento de la misma mediante procesos mecánicos y biológicos con el objetivo fundamental de estabilizar el rechazo final y permitiendo el aprovechamiento máximo de los materiales, incluida la fracción orgánica.

En la actualidad, según los datos de la Memoria 2007 de la Agencia de Residuos de Cataluña, la generación total de residuos municipales alcanza un volumen de 3,9 Mt/a de residuos de las que son recogidos selectivamente, algo más de 1,1 Mt/a; la recogida de la fracción resto es del orden de 2,9 Mt/a, lo que supone casi el 69% de la generación total de residuos domiciliarios de Cataluña.

El Plan contempla un crecimiento moderado de la generación de residuos municipales, hasta 4,6 Mt/a en el horizonte del año 2012, con un crecimiento espectacular de la recogida selectiva de materia orgánica y del resto de las fracciones recogidas de forma separada (hasta 2,7 Mt/a en total), lo que reducirá la fracción resto a algo menos de 1,9 Mt/a.

Las principales áreas de recogida de la fracción resto, por su cantidad, son:

- ▶ Área Metropolitana de Barcelona, con una generación de 1,6 Mt/a de residuos municipales, de los cuales el 27,2% son recogidos selectivamente y el 72,8%, (1,16 Mt/a) son recogidos como fracción resto.
- ▶ Vallés Occidental, con una generación total de 0,27 Mt/a de residuos domiciliarios, de los que el 31% son recogidos de forma selectiva y el 69% (0,19 Mt/a) son recogidos como fracción resto.
- ▶ Vallés Oriental, con una generación total de 0,2 Mt/a de residuos domiciliarios, de los que el 31 % son recogidos de forma selectiva y el 69% (0,14 Mt/a) son recogidos como fracción resto.
- ▶ Maresme, con una generación total de 0,25 Mt/a de residuos domiciliarios, de los que el 32% son recogidos de forma selectiva y el 68% (0,17 Mt/a) son recogidos como fracción resto.
- ▶ Tarragonés, Alt Camp y Baix Camp que concentran una generación total de 0,23 Mt/a con una recogida de fracción resto de 0,18 Mt/a.

En relación con la posibilidad de obtención de combustibles procedentes de los residuos municipales que puedan ser valorizados en plantas cementeras destacan las infraestructuras del Área Metropolitana de Barcelona, que cuenta con las siguientes:

- ▶ ECOPARC1 (Barcelona) para el tratamiento de la fracción resto y de la fracción orgánica recogida selectivamente; la capacidad inicial de tratamiento es de 300.000 t/a, con 4 líneas de las que tres se destinan al tratamiento de la fracción resto, con una capacidad total del orden de 160.000 t/a.
- ▶ ECOPARC2 (Montcada i Reixac) para el tratamiento de la fracción resto y de la fracción orgánica recogida selectivamente; la capacidad de tratamiento para la fracción resto, que se desarrollará en 2 líneas de compostaje, es del orden de 170.000 t/a.
- ▶ ECOPARC3 (Sant Adrià del Besòs) para el tratamiento biológico de la fracción resto, complementada por una planta de incineración de la totalidad del rechazo producido; en consecuencia, no es susceptible de generar CDR.

- ▶ ECOPARC4 que está en fase de construcción y se dedicará, fundamentalmente al tratamiento mecánico de la fracción resto, para recuperación de materiales y al tratamiento biológico de los rechazos para su estabilización antes del vertido.

Para el resto de las áreas mencionadas anteriormente debe señalarse la existencia de plantas de incineración de Mataró (Maresme), Tarragona y Gerona, que están siendo sometidas a modificaciones para aumentar la capacidad de tratamiento.

Las nuevas instalaciones previstas, contempladas en el PROGREMIC, que pudieran tener relación con la generación de CDR son las siguientes:

- ▶ Ecoparc del Vallés Oriental dedicada a la fracción resto y con una línea dedicada al compostaje de materia orgánica recogida de forma selectiva.
- ▶ Ecoparc del Vallés Occidental, como el anterior, que estaría situado en Vacarises.

En consecuencia, las infraestructuras potencialmente más interesantes para disponer de combustibles alternativos procedente de los residuos a corto plazo son los Eco-parques 1 y 2 del Área Metropolitana de Barcelona, con una capacidad potencial de 25.000 t/a de CDR en cada uno de ellos, aunque las cantidades pueden variar ligeramente en función de las calidades exigidas a los CDR; en el resto de instalaciones previstas también podrían obtenerse cantidades significativas de CDR, especialmente si se incluyen en la planificación previa de los mismos, aunque esta opción no está contemplada en la planificación actual.

Posibilidades de obtención de CDR en Extremadura

El modelo de gestión de los residuos en Extremadura compatibiliza la recogida selectiva de algunas fracciones secas con la recogida en masa, sin clasificación aunque el Plan Director de Gestión Integrada de Residuos de la Comunidad Autónoma de Extremadura, del año 2001, contemplaba el desarrollo de la separación domiciliar y posterior recogida de los residuos urbanos en dos fracciones: una reciclables secos y otra de fracción resto, en la que se incluye la materia orgánica.

Los Ecoparques son instalaciones de triaje de la fracción resto, con separación de la materia orgánica para producción de compost y de rechazos, que son sometidos a un segundo triaje manual para separación de materiales recuperables.

Los Ecoparques de Extremadura gestionaron, en el año 2006, las cantidades de residuos urbanos que se indican en la Tabla 19.

Tabla 19. Potencialidad de obtención de CDR en Extremadura en 2006 (toneladas).

ECOPARQUE	Entrada	Materiales	Compost	Rechazos	CDR Potencial
Mérida	89.000	3.800	12.000	65.190	16.298
Mirabel	51.000	2.700	2.300	41.410	10.353
Talarrubias	13.000	500	1.400	9.930	2.483
Navalmoral	37.000	2.000	4.500	27.170	6.793
Badajoz	112.500	3.000	15.000	84.375	21.094
TOTAL	302.500	12.000	35.200	228.075	57.019

La generación potencial de CDR se ha calculado teniendo en cuenta la producción real de compost y los rechazos producidos en la clasificación primaria de la fracción resto recogida; la generación potencial en todos los centros de tratamiento sería de 57.000 t/a de CDR.

Possibilidades de obtención de CDR en Galicia

El modelo de gestión de residuos urbanos de Galicia se basa, fundamentalmente, en dos tipos de instalaciones:

- ▶ El Complejo de SOGAMA, que consta de instalaciones de reciclado de materiales y una planta de incineración del CDR obtenido por clasificación mecánica de los residuos recogidos en masa; la capacidad de tratamiento de SOGAMA es del orden de 550.000 t/a; la instalación dispone de un vertedero anexo, que recoge también una cantidad importante de los residuos que no pueden ser tratados por la instalación de incineración.
- ▶ La planta de tratamiento de NOSTIAN (Coruña), que realiza la clasificación de los residuos para valorización material y la biometanización y posterior compos-

taje de la fracción orgánica; los rechazos de esta instalación se envían a vertedero o la planta de valorización de SOGAMA.

La capacidad actual del sistema de gestión es claramente insuficiente por lo que la Xunta de Galicia está considerando diferentes opciones de ampliación de la capacidad, que probablemente exigirían nuevos complejos similares a SOGAMA en otros lugares del territorio.

Con los datos del año 2004, la generación de residuos urbanos en Galicia fue del orden de 900.000 t de las que el 40% se gestionaron vía incineración, el 30% se depositó en vertedero y el 30% restante vía recuperación de materiales (75.000 t/a), compostaje (97.000 t/a) y digestión anaerobia de la fracción orgánica (85.000 t/a).

Recientemente se ha llegado a un acuerdo de forma que la planta de NOSTIAN realice el tratamiento de la fracción orgánica separada en SOGAMA mientras que los rechazos de la planta de NOSTIAN, del orden de 100.000 t/a, serán enviados a la planta de incineración de SOGAMA; de cualquier forma, ambas instalaciones deben ser objeto de ampliación, porque las capacidades parece claramente insuficientes.

En nuevo Plan, en fase de elaboración, contempla un incremento importante en la producción de compost, especialmente en la zona sur de la Comunidad Autónoma, con varias plantas distribuidas, siguiendo el modelo del Complejo de NOSTIAN, aunque no está descartada la utilización de plantas de valorización energética para los rechazos de estas plantas, vía tecnología emergentes (plasma o gasificación).

En estos momentos no es fácil predecir la disponibilidad de residuos para valorización en cementeras, que estaría muy condicionada por el modelo de gestión que finalmente se desarrolle; si el modelo final incluye nuevas instalaciones de incineración, la producción de CDR de alta calidad no tendría interés, ni desde el punto de vista económico ni ambiental.

La única posibilidad interesante de obtención de CDR en Galicia es a partir de los rechazos de la planta de NOSTIAN, que podrían aportar una generación de unas 15.000 t/a, aunque en la actualidad estos rechazos están siendo transferidos al Complejo de SOGAMA para su incineración.

Posibilidades de obtención de CDR en la Comunidad Autónoma de Madrid

La gestión de los residuos urbanos dentro de la Comunidad está separada de la gestión realizada por el Ayuntamiento de Madrid:

- ▶ En el caso de la Comunidad (sin incluir Madrid capital), los residuos domiciliarios son recogidos en masa, con independencia de las recogidas selectivas de papel, cartón, vidrio y envases ligeros; la cantidad total de fracción resto recogida es de casi 1,3 Mt/a que se destinan a las siguientes instalaciones:
 - Aproximadamente 140.000 t/a se destinan a la planta de clasificación, biometanización y compostaje de Pinto; los rechazos de la planta de clasificación se destinan al vertedero de la propia instalación; la cantidad de rechazos secos es de cerca de 78.000 t/a de los que podrían obtenerse hasta 28.000 t/a de CDR por tratamiento mecánico de los mismos.
 - El resto, más de 1,15 Mt/a de fracción resto son depositados en los vertederos de Pinto, Colmenar Viejo, Nueva Renedija y Alcalá de Henares, sin tratamiento; en estas instalaciones no se ha considerado la posibilidad de obtención de CDR, por las razones señalada anteriormente.
- ▶ El Ayuntamiento de Madrid recoge 1,2 Mt/a de fracción resto procedente de residuos domiciliarios que son tratados en su totalidad en tres plantas de clasificación que son las cabeceras de los tratamientos posteriores:
 - El Centro de las Dehesas, que dispone de dos líneas de clasificación de la fracción resto con una capacidad de separación de 475.000 t/a; la fracción seca procedente de las plantas de clasificación se envía parcialmente a la planta de incineración del Centro de Las Lomas.
 - El Centro de La Paloma, con una capacidad de clasificación de 256.000 t/a; este Centro incluye también una planta de compostaje de 140.000 t/a, destinando los rechazos a un vertedero común.
 - El Centro de Las Lomas, que dispone de cuatro líneas de separación de la fracción resto, con una capacidad global de 438.000 t/a de fracción resto; la

fracción seca se alimenta a la planta de incineración, con una capacidad total anual de 285.000 t/a de CDR.

Del conjunto de las instalaciones del Ayuntamiento de Madrid podría obtenerse una cantidad de CDR importante, a partir de los rechazos de fracción seca no destinados a la planta de incineración del Centro de Las Lomas.

En la tabla se muestra la generación potencial de CDR en las instalaciones del Ayuntamiento de Madrid, basada en la capacidad de las plantas de clasificación.

Tabla 20. Potencialidad de obtención de CDR en la Comunidad de Madrid (toneladas anuales).

	La Paloma	Las Lomas	Las Dehesas	TOTAL
Fracción resto	256.000	438.000	475.000	1.169.000
Materiales recuperables	20.480	35.040	38.000	93.520
Compost producido	15.400	25.300	22.000	62.700
Rechazo clasificación	116.000	208.000	275.000	599.000
Incineración	0	285.000	0	285.000
CDR potencial	41.760	0	71.280	113.040
Vertedero	74.240	0	126.720	200.960

Por tanto, en conjunto, la Comunidad Autónoma de Madrid presenta un potencial de generación del orden de 130.000 t/a de CDR.

Posibilidades de obtención de CDR en Murcia

El Plan de Gestión de Residuos incluye 5 plantas de compostaje, que deben ser consideradas como los puntos principales de posibles CDR, mediante el tratamiento mecánico del rechazo que ahora se destina a vertederos.

Las plantas de compostaje de la Región de Murcia, con las cantidades de residuos gestionados en el año 2006, son las que se indican en la Tabla 21.

Por la capacidad de las plantas de compostaje, parecería adecuado disponer de al menos una planta de CDR aunque las plantas de Jumilla y Lorca tienen una dimensión reducida y quizá no compense la recuperación de plantas en las

Tabla 21. Potencialidad de obtención de CDR en Murcia en 2006 (toneladas).

Planta	Entrada	Materiales	Compost	Rechazos	Potencial CDR
Cartagena	80.000	4.000	8.800	35.200	14.400
Jumilla	35.000	1.750	3.850	15.400	6.300
Lorca	26.000	1.300	2.860	11.440	4.680
Murcia	135.000	6.750	14.850	59.400	24.300
Mula	98.000	4.900	10.780	43.120	17.640
TOTAL	374.000	18.700	41.140	164.560	67.320

mismas, aunque la presencia de cementeras cercanas podría justificar la instalación.

Possibilidades de obtención de CDR en el País Vasco

De acuerdo con las *Directrices para la planificación y gestión de los residuos en la CAPV*, (sep. 2007), la planificación futura corresponde a las respectivas Diputaciones, que tienen planteamientos algo diferentes, especialmente en la posibilidad de realizar aprovechamientos energéticos de los distintos tipos de residuos.

- ▶ En el Territorio de Álava el Plan de Gestión de Residuos contempla las siguientes actuaciones, en funcionamiento:
 - planta de clasificación de envases, con una capacidad de 10.000 t/a,
 - una línea de digestión aerobia (compost) con una capacidad de 62.000 t/a de fracción resto,
 - una línea de biometanización de los residuos finos del triaje de la fracción resto (con una capacidad adicional de 40.000 t/a de biometanización, procedentes de 100.000 t/a de fracción resto),
 - ampliación del vertedero de Gardelegui, que en la actualidad recibe los rechazos de ambas plantas de tratamiento y cuenta con una capacidad disponible para la recepción de los mismos durante al menos 22 años.

- ▶ La Diputación de Guipúzcoa tiene un plan que contempla la instalación de una planta de incineración, aunque con el tamaño mínimo que permita la gestión de los rechazos de instalaciones de reciclado y de materia orgánica; este Territorio dispone de varias instalaciones de clasificación de envases ligeros, que aportarían sus rechazos a la planta de incineración.

- ▶ La Diputación de Vizcaya incluye en sus Plan de Gestión las siguientes instalaciones, que deben ser aún desarrolladas parcialmente:
 - una planta centralizada de compostaje con una capacidad mínima de tratamiento aproximado de unas 34.000 t/a, para aprovechamiento de la fracción orgánica recogida de forma selectiva,
 - una planta de tratamiento mecánico biológico, cuyo objetivo es el aprovechamiento de parte de los residuos reciclables y la producción de CDR que pueda ser utilizado en la planta de incineración de Zabalgardi; la capacidad estimada es del orden de 150.000 t/a,
 - la planta de incineración de Zabalgardi, que se diseñó para residuos recogidos en masa; se contempla una segunda línea que, además de tratar parte de los residuos recogidos en masa pueda tratar los rechazos generados en la planta de tratamiento mecánico-biológico prevista; la autorización de esta segunda línea no está aún decidida,
 - 3 vertederos de residuos (Artigas, Igorre y Mungía) aunque la capacidad de los mismos es escasa (con un horizonte de clausura en torno a 2010).

En consecuencia, a medio plazo las posibilidades de obtención de CDR en dos de los Territorios Históricos del País Vasco son realmente escasas, por la existencia de instalaciones de incineración.

En Álava, que ha descartado la incineración de residuos y ha enfocado su gestión a través de instalaciones de compostaje y biometanización, sí podría generarse hasta 11.000 t/a de CDR procedente de la instalación de compostaje de la fracción resto, (62.000 t/a de FR) y 15.000 t/a procedente de la instalación de biometanización.

Esta posibilidad tiene la ventaja de que podría realizarse en una única instalación, combinando los rechazos de ambas instalaciones de tratamiento biológico; sin embargo, debe recordarse que la vida prevista para el vertedero de Gardelegui es muy dilatada, más de 22 años al ritmo de utilización actual, tras la ampliación reciente.

Posibilidades de obtención de CDR en la Comunidad de Valencia

A efectos de planificación de la gestión de residuos urbanos, la Comunidad Valenciana está dividida en 18 zonas, aunque algunas están agrupadas por cercanía geográfica.

Según los datos de la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad Valenciana del año 2004 la generación en cada una de las provincias es de 356.162 t en Castellón, 1.184.143 t en Valencia y 1.055.106 t en Alicante.

El modelo de gestión de la Comunidad Valencia se orienta a la clasificación y posterior producción de compost a partir de la fracción húmeda, siguiendo un modelo tradicional de gestión de residuos urbanos.

En la provincia de Castellón, sólo existe una planta de clasificación y compostaje, en Onda, con una capacidad de 150.000 t/a y vertederos en cuatro municipios, aunque está prevista la construcción de una nueva instalación de compostaje.

En la provincia de Valencia existen 2 plantas de compostaje, en Quart de Poblet, y Guadassuar; la primera de ellas está procesando cantidades muy superiores a su capacidad nominal; se ha calculado el potencial de producción de CDR suponiendo que se alimentan sólo 300.000 t/a; la planta de Guadassuar tiene una capacidad de tratamiento de 216.000 t/a; la producción de compost y de recuperación de materiales es acorde con la capacidad de tratamiento.

En la provincia de Alicante existen 5 plantas de compostaje: Fontcalent, Crevillente, Elche, Villena y Jijona; sin embargo, la producción de compost de las plantas de Elche, Villena, Fontcalent y Xixona son muy bajos en relación con la alimentación de fracción resto declarada; la planta de Crevillente muestra un grado de funcionamiento más acorde con el balance esperado para una planta de compostaje.

Teniendo en cuenta los comentarios anteriores se han estimado las posibilidades de obtención de CDR en las plantas de compostaje de la Comunidad, como se indica en la Tabla 22.

Tabla 22. Potencialidad de obtención de CDR en la Comunidad de Valencia (toneladas anuales).

Planta	Entrada	Tratamiento	Reciclado material	Compost	CDR potencial
Onda	157.619	60.900	6.046	6.699	10.962
Guadassuar	216.681	216.681	7.523	23.835	39.003
Quart de Poblet	687.919	300.000	22.135	33.000	54.000
Fontcalent	164.000	20.000	800	2.200	3.600
Crevillente	75.321	75.321	3.809	8.285	13.558
Elche	130.955	130.955	5.912	14.405	23.572
Villena	82.766	82.766	4.325	9.104	14.898
Xixona	232.574	0	656	0	0
TOTAL	1.747.835	886.623	51.206	97.529	159.592

11.6 Resumen de la generación potencial de Combustibles Derivados de Residuos por Comunidades Autónomas

En la Tabla 23 se refleja la cantidad de CDR potencialmente generable en las distintas Comunidades Autónomas analizadas, a partir de materiales que actualmente se están destinando a vertedero; no se han incluido análisis de otras Comunidades Autónomas por su reducido tamaño y por el escaso volumen de residuos generados, tampoco se han incluido las Comunidades Autónomas de Baleares y Canarias.

Las cantidades señaladas no tienen, en todos los casos, el mismo grado de posibilidad de ser producidas por lo que la tabla no puede ser considerada de forma homogénea, sin un análisis complementario:

- ▶ En Andalucía existen numerosas plantas de compostaje de gran capacidad que permitirían una importante producción de CDR con inversiones relativamente reducidas, siempre que se produzca una consolidación de la demanda; el problema fundamental es que, ante la falta de demanda de compost, una parte importante de las instalaciones de triaje no están completamente operativas.

Tabla 12. Estimación de la generación potencial de combustible derivado de residuos (toneladas anuales).

Comunidad Autónoma	Generación residuos urbanos	Rechazo plantas de tratamiento	CDR potencial ¹
Andalucía	4.094.982	1.778.393	300.000
Aragón	563.000	225.000	90.000
Asturias	526.000	395.000	0
Cantabria	302.500	195.000	0
Castilla-La Mancha	741.000	326.000	133.000
Castilla y León	1.200.000	453.200	185.000
Cataluña	4.002.000	2.110.000	50.000
Extremadura	302.500	228.000	57.000
Galicia	900.000	300.000	15.000
Madrid	2.500.000	1.350.000	130.000
Murcia	374.000	164.500	67.000
País Vasco	1.165.000	650.000	26.000
Valencia	2.595.000	1.709.000	160.000

¹ La obtención de CDR se realizaría a partir de los rechazos de las plantas de triaje, compostaje y biometanización que actualmente se destinan a vertedero, en todas las comunidades autónomas con las siguientes excepciones:

- En Asturias no se ha evaluado la posibilidad de obtención de CDR, donde el Plan de Gestión, a fecha de 2008, tiende a un modelo de incineración de los rechazos no reciclables.
- En Cantabria no se ha evaluado la posibilidad de obtención de CDR porque los rechazos de la planta de clasificación y compostaje, a fecha de 2008, son incinerados.

Sin embargo, la situación en estas comunidades autónomas es probable que cambie a corto plazo, a medida que se vayan aplicando las restricciones al vertido.

- ▶ Las posibilidades de obtención de CDR en Castilla-La Mancha son, también, elevadas aunque la capacidad de las instalaciones de compostaje es inferior a las de Andalucía, lo que puede desincentivar algunas instalaciones; la producción en pequeñas instalaciones puede ser poco atractiva por razón de escalado de costes.
- ▶ Para Castilla y León puede indicarse el mismo comentario que para Castilla-La Mancha, salvo que las capacidades de las instalaciones son algo mayores; la mayor cantidad disponible está justificada al considerar varias instalaciones de tamaño similar en León y Valladolid.
- ▶ Para Cataluña la cantidad señalada de 50.000 t/a corresponde a los estudios en curso dentro de los Ecoparques 1 y 2 de la Entidad Metropolitana de Barcelo-

na; representan una cantidad bastante aproximada y que puede ser realizada en un plazo corto.

- ▶ La Comunidad Autónoma de Galicia debe afrontar un déficit importante de instalaciones de tratamiento, ya que las actuales son insuficientes; la forma de solucionar este déficit condicionará la posibilidad de obtención de cantidades significativas de CDR.
- ▶ Para la Comunidad de Madrid se ha estimado una capacidad de generación de CDR de 130.000 t/a, aunque está muy relacionada con las probables modificaciones del Complejo de Valdemingómez; asimismo, la gestión de los residuos en la Comunidad, con un porcentaje elevado de vertido directo, deberá ser analizada a corto plazo por las implicaciones legales del vertido; los resultados de ambos estudios pueden condicionar de forma importante, la posibilidad de obtención de CDR en la Comunidad.
- ▶ La potencial producción de CDR en el País Vasco está localizada en el Complejo de Vitoria, donde existe posibilidades reales de obtención de CDR para las plantas cementeras vascas; el inconveniente fundamental puede ser la posición mantenida por la Diputación y el Ayuntamiento de Vitoria en relación con la valorización energética y la existencia de un vertedero de grandes dimensiones, que permite afrontar la gestión sin presiones ambientales.
- ▶ En Valencia las posibilidades de obtención de CDR son evidentes, especialmente en las grandes plantas de compostaje de la provincia de Valencia, que permitirían desviar de vertedero cantidades importantes de residuos, favoreciendo también un alto grado de sustitución de combustibles en diferentes instalaciones industriales; en el momento actual se están desarrollando los planes de gestión en cada una de las demarcaciones geográficas aunque no se está considerando la integración de este tipo de instalaciones, aunque sí la de alguna planta de incineración.

11.7 Factores a considerar en la producción de Combustibles Derivados de Residuos

Las ventajas fundamentales de la utilización de CDR para las cementeras son comunes a la utilización de otros residuos como combustibles alternativos y se refieren al menor

coste de la energía primaria para las instalaciones usuarias al tiempo que se produce una reducción de los residuos destinados a vertedero (obligación establecida por la normativa europea y española).

En el caso de los CDR derivados de los residuos urbanos deben considerarse, además, otras ventajas adicionales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y mejora de las condiciones de emisión de las propias plantas cementeras, porque los combustibles alternativos, especialmente los CDR, tienen concentraciones de contaminantes muy reducidas.

A pesar del desarrollo de las actividades de prevención y reciclado, en la situación española actual un porcentaje muy elevado de los residuos urbanos (>60%) es depositado en vertedero; aunque es previsible un crecimiento de estas actividades, es probable que las cantidades de fracción resto sigan siendo muy elevadas, como ocurre en el resto de los países europeos con altas tasas de reciclado.

En consecuencia, a corto y medio plazo las cantidades de residuos disponibles para producción de CDR seguirán siendo muy elevadas, especialmente las procedentes de instalaciones de compostaje o de estabilización.

Los factores más importantes que pueden condicionar esta producción son:

Aplicación del Real Decreto 1481/2001 sobre vertido

Aunque no tiene una implicación directa en la producción de CDR, el Real Decreto señalado establece limitaciones progresivas para el vertido de residuos biodegradables; esto obligará a un aumento de las plantas de compostaje o de biometanización, que exigen plantas de triaje previas a partir de las cuales puede obtenerse el CDR.

Tasas sobre vertido

El precio de vertido también tiene una influencia decisiva en las posibilidades de obtención de CDR; si el precio de vertido es muy bajo no existirá un incentivo por parte de los gestores de residuos para la realización de las instalaciones necesarias para la producción de CDR de calidad; este bajo coste de vertido se presenta como uno de los obstáculos más importantes en la producción de estos combustibles alternativos.

Existe una obligación legal de que los costes de vertido reflejen todos los gastos originados, incluyendo las garantías ambientales y los costes postclausura de los vertederos; esto debe conducir a precios de vertido superiores a los actuales; sin embargo, la fracción seca de la que se obtienen los CDR puede ser depositada sin grandes consecuencias ambientales.

La Estrategia Española de Lucha contra el Cambio Climático y el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión

Todas las plantas de producción de cemento están incluidas dentro del Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión, establecido por el Real Decreto 1370/2006 y posteriormente modificado.

La sustitución de los combustibles tradicionales por combustibles alternativos pueden reducir las emisiones de CO₂ cuando estos combustibles tienen una parte de su PCI de origen biogénico, como ocurre con los CDR, de los que casi el 40% del poder calorífico es biomasa; en consecuencia, la sustitución de 1 t de coque por CDR supondría una reducción de emisiones del orden de 1 t de CO₂-eq, aunque esta cifra puede variar sensiblemente en función del origen de los residuos.

Capítulo 12

CONCLUSIONES

Ventajas de la valorización energética en plantas cementeras

Las ventajas fundamentales de la utilización de residuos como combustibles alternativos en el sector cementero, son:

- ▶ La reducción del uso de fuentes de energía no renovables.
- ▶ La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, tanto por la reducción del uso de combustibles fósiles como porque parte de los residuos pueden tener un origen total o parcialmente biológico.
- ▶ La reducción de la cantidad de residuos depositados en vertedero.
- ▶ Conduce a una mejora de la gestión de algunos tipos de residuos peligrosos, contribuyendo a una disminución de las instalaciones específicas necesarias para la misma.

Por otro lado existen ventajas para el sector:

- ▶ Reducción del coste energético directo, que representa un porcentaje muy elevado del coste de producción de clínker y cemento.
- ▶ Reducción de los costes indirectos derivados del uso de combustibles fósiles, como los costes derivados de las emisiones actuales de CO₂ o los que puedan imponerse en el futuro.



Se han analizado las posibilidades de valorización de residuos en España; en este análisis se han considerado dos categorías de residuos, agrupadas en función de los agentes clave responsables de la gestión:

- ▶ Aquellos cuya gestión no está directamente sujeta a la planificación de las Administraciones Autonómicas; esta categoría comprendería a los neumáticos usados, los aceites usados, los residuos peligrosos y, en general, los residuos distintos de los residuos urbanos y los lodos de depuradora; para cada familia de estos residuos existen organizaciones responsables de su gestión, bien en forma de Sistemas Integrados de Gestión o gestores independientes autorizados por las Comunidades Autónomas pero que tienen cierta libertad para ordenar los flujos de residuos dentro de los límites establecidos en sus respectivas autorizaciones.
- ▶ Los residuos urbanos, que por su volumen y características están sujetos, en su gestión, a una planificación bastante detallada por parte de las Comunidades Autónomas; para estos residuos los flujos están definidos dentro de la planificación general, lo que reduce la capacidad de los gestores finales para la orientación de los mismos; esto hace que la valorización deba estar contemplada dentro de la planificación general; en esta categoría se han incluido los potenciales combustibles derivados de los residuos urbanos.

Neumáticos usados

Dentro del nuevo marco jurídico de gestión, se ha constituido dos SIG de neumáticos fuera de uso (SIGNUS Ecovalor y TNU), que asumen las responsabilidades de los productores de neumáticos en relación con la gestión de los residuos derivados de los mismos.

La cantidad de NFU generados en España es del orden de 302.000 t/a (datos del año 2007), de las que 76.000 t/a se deben haber depositado en vertedero, a pesar de la prohibición explícita en este sentido; la valorización energética ha alcanzado 42.000 t mientras que el reciclado material ha alcanzado los valores de los objetivos previstos en la legislación específica.

Las previsiones de generación a largo plazo se estiman en un 0,5 % anual, incluyendo la reducción por las actividades de prevención relacionadas con el uso de vehículos;

asumiendo una progresiva, pero rápida, disminución de la cantidad de neumáticos enviados a vertedero, es previsible un crecimiento de las disponibilidades para valorización energética, hasta casi 100.000 t/a, que puede ser el objetivo de valorización estable a partir del año 2010.

Aunque para la mayor parte de las Comunidades Autónomas no existen condicionamientos específicos, otras como Aragón tienen restricciones o prohibición de valorización energética para este tipo de residuos, aunque en algunas se restringe la valorización de residuos no generados dentro del propio territorio autonómico.

La distribución geográfica de los neumáticos fuera de uso en relación con las plantas usuarias parece, en principio, poco importante porque las actuaciones del SIG tienen ámbito nacional y podrían suministrar neumáticos usados desde los puntos más convenientes, a través de sus centros de recepción y acondicionamiento de los neumáticos usados recogidos.

Aceites usados

La nueva normativa para aceites usados introduce también la figura del Sistema Integrado de Gestión, que asume la responsabilidad de los fabricantes de aceites minerales.

La obligación de establecer una prioridad en la regeneración hará que la mayor parte del aceite usado recogido se dirija a los regeneradores de aceites; el aceite no sometido a regeneración será valorizado pero es previsible que esta valorización tenga lugar para la producción de energía eléctrica en motores, que puede ofrecer un rendimiento económico más favorable que la sustitución de coque en las plantas cementeras; esta mayor rentabilidad descansa en la existencia de estas plantas, por lo que no serían necesarias inversiones complementarias.

En consecuencia, la disponibilidad de aceites usados para su uso en cementeras podría reducirse a las fracciones no aptas para regeneración ni para valorización energética en motores y los rechazos de las plantas de regeneración y tratamiento previo; esto podría alcanzar una cantidad del orden de 45.000 t/a, con reservas importantes de calidad, por la presencia de contaminantes.

En cualquier caso estos residuos procederían de plataformas de preparación de combustibles a partir de residuos peligrosos, ya que los rechazos de los tratamientos de regeneración serían considerados como tales.

Residuos industriales

Aunque el II Plan Nacional de Residuos Peligrosos indica la insuficiencia de datos sobre producción y gestión, es evidente que es el sector mejor conocido, a través de las declaraciones anuales de productores y gestores y el exhaustivo control de traslados; si acaso, el aspecto menos definido en la planificación es la asignación de las formas de tratamiento para cada tipo de residuos, que suele ser diferente en las distintas Comunidades Autónomas en función de las instalaciones disponibles en cada una de ellas, ya que en la mayor parte de los casos se determina esta gestión en función de las instalaciones disponibles.

En el estudio se recogen las cantidades de residuos para las que se ha asignado la forma de gestión R1 (de valorización energética como combustibles alternativos), que responde a la forma de gestión en cementeras.

De acuerdo con esta asignación, la cantidad de residuos disponibles se acercaría a 82.000 t/a, sin contar aceites usados, analizados separadamente.

Dentro de los distintos grupos de residuos potencialmente valorizables destacan los procedentes de procesos químicos orgánicos, las taladrinas y aceites de uso mecánico, los residuos del sector de refino de crudo y los disolventes usados, para los que el Plan estima una cantidad muy reducida frente a las necesidades totales de eliminación, que se acercan a 30.000 t/a; también es importante la cantidad de lodos de plantas de tratamiento de efluentes, pero la viabilidad de este uso en cementeras debe ser analizada caso a caso.

Como se ha señalado, es muy probable que la asignación de cantidades para las distintas formas de tratamiento no sea siempre la más adecuada, con una sobreponderación de las cantidades potencialmente reciclables pero para las que no existen ni instalaciones ni mercado de reciclado consolidado; esto puede ser especialmente importante en el caso de los disolventes, en los que se asigna una capacidad de reciclado del 78%, que no parece muy real cuando, simultánea-

mente, se plantean objetivos de recuperación del orden del 60% a corto plazo y del 70% al final del Plan.

Salvo en casos esporádicos, el acceso de las cementeras a estos residuos peligrosos debería hacerse a través de gestores especializados en la preparación de combustibles procedentes de residuos, plantas de blending, que pueden garantizar combustibles que responden a las especificaciones previamente señaladas por las instalaciones de valorización.

En relación con los residuos industriales no peligrosos, no se ha realizado un análisis en profundidad porque los inventarios en las distintas Comunidades Autónomas son muy heterogéneos y la falta de precisión en las definiciones de los distintos tipos de residuos incluidos en la LER no contribuye a un análisis suficientemente fiable.

Sólo se han analizado los residuos para los que existen sistemas organizados de recogida o algún tipo de control de su gestión; esto sólo ocurre con detalle en la Comunidad Autónoma de Cataluña, en la que las obligaciones de declaración de las cantidades generadas se extienden a todos los residuos industriales, con independencia de su carácter peligroso o no peligroso.

El Programa de Gestión de Residuos Industriales de Cataluña 2007-2012 (PROGRIC) estima una generación de 99.000 t/a de residuos potencialmente valorizables, (entre los que se incluyen harinas cárnicas, lodos de depuradoras, residuos de embalajes industriales, etc.), que podrían aumentar en 174.000 t/a si se modifica, hasta 15 MJ/kg, el límite de PCI que permite diferenciar entre las actividades R1 y D10.

Por otra parte, la mayor parte de estos residuos potencialmente valorizables energéticamente corresponden a los rechazos de operaciones de reciclado y son destinados, mayoritariamente, a vertederos de residuos urbanos; la recuperación como combustibles alternativos puede hacerse en las instalaciones de clasificación de residuos urbanos.

Harinas animales

Los subproductos transformados serían, exclusivamente, las harinas de categoría 1 y 2 obtenidas a partir de subproductos frescos de animales de estas categorías producidos en los mataderos o procedentes de cadáveres de animales; las harinas proceden-

tes de subproductos de categoría 3 se están destinando a la producción de alimentos para animales de compañía, por lo que no serán una fuente importante de combustibles alternativos, salvo excedentes temporales.

Otros subproductos animales, como las grasas de cualquier categoría, deben ser descartadas para su uso en cementeras por su elevado precio y la existencia de mercados consolidados, como la alimentación animal o la producción de biocarburantes.

La cantidad de harinas disponibles para su uso como combustible alternativo en plantas de clínker es del orden de 130.000 a 150.000 t/a, procedentes de una generación de casi 480.000 t/a de subproductos de categorías 1 y 2, distribuidas en la casi totalidad del territorio nacional, aunque las producciones son muy diferentes en las distintas Comunidades Autónomas en función de sus censos ganaderos y de la importancia del sector cárnico; en algunas Comunidades, como Cantabria y Asturias no se produce transformación en harinas, ya que los subproductos son destruidos por incineración.

El vertido de harinas se estima en unas 40.000 a 60.000 t/a, aunque es difícil conocer este dato porque la generación de subproductos de categorías C1 y C2 puede ser bastante variable.

La cantidad valorizada en cementeras durante el año 2006 fue cercana a 90.000 t/a, que representa casi el 60% de la harina potencialmente valorizable; la evolución del uso de harinas a medio plazo tenderá a estabilizarse, limitándose a las cantidades procedentes de subproductos de categoría C1 procedentes de mataderos.

Vehículos fuera de uso

La fuente principal de combustibles alternativos para cementeras procedentes de este flujo de residuos es la fracción ligera de fragmentación, constituida por materiales plásticos y textiles que se separaran en las plantas de fragmentación de los vehículos usados; representa casi el 25% del peso de los vehículos usados.

A pesar de su poder calorífico, entre 12 y 18 MJ/kg, esta fracción se destina, generalmente, al depósito en vertederos ante la imposibilidad práctica de realizar separacio-

nes de materiales que conduzcan a un grado de reciclado eficiente, una vez separados los componentes válidos como repuestos.

La generación de este combustible varía en función de la renovación del parque; ésta tiene lugar en las 26 plantas fragmentadoras distribuidas en el territorio nacional.

La generación estimada es del orden de 100.000 t/a, con una relevancia especial en las Comunidades con mayor parque automovilístico; es resaltable la concentración de la actividad de fragmentación en un número reducido de empresas, establecidas en varias Comunidades.

Lodos de depuradora de aguas urbanas

El Plan Nacional de Lodos de Depuradora establece también objetivos en los que se prioriza la valorización agrícola de los lodos, mediante aplicación directa o compostaje, frente a la valorización energética, al tiempo que refuerza la prohibición de depósito en vertedero.

La información disponible sobre lodos de depuración es muy heterogénea, tanto a nivel de las empresas de saneamiento como de las Comunidades Autónomas, con competencias repartidas entre Agricultura y Medio Ambiente, que no siempre mantienen los mismos criterios.

En la mayoría de los casos se realizan aplicaciones directas de los lodos en el terreno, a pesar de que es una práctica legalmente restringida; una parte reducida se dedica a compostaje conjunto con otros residuos vegetales.

Los tratamientos de secado térmico, necesarios para una valorización energética, son aún escasos, alcanzado unas 180.000 t/a de lodos, referidas a materia seca, que supone casi el 20% de la generación de lodos (cerca de 1 Mt/a).

En relación con la valorización de los lodos en cementeras, la cantidad potencialmente valorizable varía considerablemente de unas Comunidades a otras aunque debe señalarse que sólo es una prioridad planificada en Cataluña, en la que se prevé una disponibilidad de casi 68.000 t/a de lodos, referidos a materia seca, de acuerdo con el PROGRIC 2007-2012.

La valorización energética exige un secado térmico previo que supone un incremento importante del coste de gestión; esto hace que las plantas de tratamiento prefieran compostar los lodos en lugar de secarlos, sin embargo, las mayores exigencias sobre la calidad del compost pueden hacer que esto no siempre sea posible.

Residuos de plásticos agrícolas

El consumo de plástico en actividades agrícolas es del orden de 235.000 t/a, que se mantienen razonablemente estables en los últimos años, concentrándose su uso en algunas Comunidades Autónomas, como Andalucía, Murcia y Valencia.

Un porcentaje muy elevado de los plásticos agrícolas, que puede llegar hasta el 80% para determinados usos, es sometido a procesos de reciclado, que resultan económicamente interesantes, tanto por el incremento de los precios del crudo, que afectan directamente a los plásticos vírgenes, como a las posibilidades de mezclas de resinas vírgenes y recicladas; además se está produciendo una gran demanda de materias primas para el reciclado en países asiáticos, que está favoreciendo los procesos de reciclado.

Si nos centramos en el resto, que está llevándose a vertedero, la cantidad de residuos plásticos potencialmente valorizables energéticamente es de 60.000 t/a, que equivale a un 25,5 % del consumo de plásticos, que corresponde a los plásticos de acolchado y a los residuos de tuberías, piezas soporte, etc., que tienen menos calidad para el reciclado.

La valorización energética puede hacerse tanto en plantas cementeras, en las que se han desarrollado ensayos suficientemente concluyentes, como en otras instalaciones térmicas con tecnologías emergentes, orientadas a la generación de electricidad o a la obtención de combustibles líquidos, aunque en estos casos las referencias son escasas.

Los objetivos ecológicos contemplados en el Plan de Gestión de Plásticos Agrícolas prevén una valorización energética del 30% de los residuos plásticos generados para el año 2010 mientras que este porcentaje se reduciría hasta el 15% en el año 2015; esta segunda previsión parece escasamente justificada, porque la limitación actual no se debe a falta de demanda de los productos reciclados sino a la calidad del residuo.

Combustibles derivados de residuos urbanos

Este flujo de residuos es el que puede tener mayor potencial de utilización en cementeras, previa transformación en CDR (Combustibles Derivados de Residuos).

Las posibilidades de acceso de las cementeras a este tipo de residuos están condicionadas, fundamentalmente, por la forma de tratamiento de la fracción resto de los residuos urbanos, que es una competencia compartida entre las Comunidades Autónomas y los municipios.

En la mayor parte de las Comunidades Autónomas el aprovechamiento de la fracción resto se limita a un triaje para incrementar la recuperación de algunos materiales (papel, plásticos, vidrio, etc.) y para la separación de la fracción húmeda, que posteriormente se estabiliza mediante compostaje; raramente se contempla la valorización de la fracción seca procedente del triaje señalado, salvo en los casos de sistemas de incineración.

Las posibilidades de valorización en cementeras deberían pasar, necesariamente, por la transformación en CDR con calidad y suministro garantizado, teniendo en cuenta que la producción de CDR está condicionada por la existencia de una masa crítica de residuos y por los costes de vertido evitados; sólo en instalaciones de mediana o alta capacidad será posible producir CDR en condiciones económicas razonables para los gestores.

La valorización de residuos urbanos en cementeras, a través de la producción de CDR, está muy relacionada con la política seguida en las diferentes Comunidades Autónomas:

- ▶ En Andalucía, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Extremadura, Valencia y Murcia existe una apuesta clara por la gestión de los residuos a través de plantas de compostaje, produciendo un triaje y dedicando la fracción húmeda a la fabricación de compost mientras que la fracción seca se destina a vertedero; en estas Comunidades la obtención de CDR puede hacerse directamente a partir de la fracción seca separada en las plantas de triaje, incluyendo un tratamiento de afino que separe la fracción más energética constituida por plásticos y papel.

- ▶ En Cataluña, Castilla y León, Madrid, se han instalado plantas de biometanización de la fracción resto; la obtención de CDR en instalaciones de biometanización sólo tendría sentido si se realiza una separación previa de fracciones seca y húmeda, por un procedimiento mecánico; a efectos de producción de CDR sería similar al caso anterior y su rendimiento estaría condicionado por la eficacia del triaje y clasificación previos al tratamiento biológico.
- ▶ Algunas Comunidades siguen realizando la gestión, al menos parcial, de los residuos urbanos en vertederos controlados sin ningún tratamiento previo de estabilización; en estos casos la obtención de CDR debería venir asociada a los procesos de estabilización de materia orgánica por cualquiera de los procedimientos señalados en los puntos anteriores.

Se ha analizado la obtención de CDR a partir de tres flujos de residuos relacionados con los residuos urbanos:

- ▶ La fracción seca separada en las 59 plantas de triaje y compostaje de los residuos recogidos en masa; la cantidad de residuos depositada en vertederos procedente de estas instalaciones es del orden de 4,54 Mt/a, equivalentes al 64% de la cantidad total alimentada.
- ▶ La fracción resto no estabilizada; estos residuos se reciben en los 188 vertederos controlados que reciben casi 15 Mt/a de residuos, en los que se incluyen los rechazos de las plantas de triaje y compostaje y los de las plantas de clasificación de envases.
- ▶ Las plantas de biometanización reciben unas 750.000 t/a de residuos, de los que se destinan a vertedero casi 480.000 t/a.
- ▶ Los rechazos de las plantas de clasificación de envases, constituidos fundamentalmente por plásticos y papel; los rechazos de estas plantas, destinados a vertedero, pueden suponer casi 100.000 t/a.

Sólo las instalaciones señaladas en primer lugar tienen interés ya que en el caso de vertido directo, cualquier obtención de CDR debería pasar, en primer lugar por la estabilización de los residuos urbanos; por esto, sólo se analiza con detalle la obtención

de CDR a partir de plantas de compost o de planta de biometanización ya existentes con triaje previo.

La cantidad total de residuos recogidos en las 59 plantas de triaje y compostaje existentes es de unas 7,1 Mt/a; puede asumirse que es posible recuperar como CDR hasta el 18% del total de residuos recibidos en las plantas de compostaje, lo que supondría un potencial de generación de CDR de casi 1.250.000 t/a, con un PCI superior a 16 MJ/kg.

De la misma forma, para las plantas de biometanización puede admitirse un factor de transformación de residuos urbanos en CDR del 15%; para las 6 plantas de biometanización en funcionamiento tienen una capacidad total de unas 750.000 t/a; en consecuencia, la producción máxima de CDR en estas instalaciones sería de del orden de 112.000 t/a.

Los rechazos de las 89 plantas de clasificación de envases ligeros producen un rechazo de casi 100.000 t/a que puede ser transformado en CDR con un rendimiento medio del 50%, lo que supondría una aportación potencial de unas 45.000 t/a de CDR.

En consecuencia, la estimación de aprovechamiento de CDR a partir de los residuos urbanos (fundamentalmente de los rechazos de las plantas actuales de tratamiento que hoy se destinan a vertederos) es el orden de 1.213.000 t/a, con la siguiente distribución, por Comunidades:

Comunidad Autónoma	CDR potencial (toneladas anuales)
Andalucía	300.000
Castilla-La Mancha	133.000
Cataluña	50.000
Galicia	15.000
Murcia	67.000
Valencia	160.000
Aragón	90.000
Castilla y León	185.000
Extremadura	57.000
Madrid	130.000
País Vasco	26.000

- ▶ En Andalucía existen numerosas plantas de compostaje de gran capacidad que permitirían una producción importante de CDR con inversiones relativamente reducidas, siempre que se produzca una consolidación de la demanda.
- ▶ Las posibilidades de obtención de CDR en Castilla - La Mancha son, también, elevadas aunque la capacidad de las instalaciones de compostaje es inferior a las de Andalucía; la fuerte presencia del sector cementero en la Comunidad debería ser un factor positivo en la optimización de la gestión.
- ▶ Para Castilla y León puede indicarse el mismo comentario que para Castilla - La Mancha, salvo que las capacidades de las instalaciones son algo mayores.
- ▶ Para Cataluña la cantidad señalada de 50.000 t/a corresponde a los estudios de modificación de los Ecoparques 1 y 2 de la Entidad Metropolitana de Barcelona; representan una cantidad bastante aproximada y que puede ser llevada a término en un corto plazo.
- ▶ La Comunidad Autónoma de Galicia debe afrontar un déficit importante de instalaciones de tratamiento, ya que las actuales son insuficientes; la forma de solucionar este déficit condicionará la posibilidad de obtención de cantidades significativas de CDR.
- ▶ Para la Comunidad de Madrid se ha estimado una capacidad de generación de CDR de 130.000 t/a, aunque está muy relacionada con las probables modificaciones del Complejo de Valdemingómez; la gestión de los residuos en la Comunidad deberá ser analizada a corto plazo por las implicaciones legales del vertido directo; los resultados de ambos estudios pueden condicionar la posibilidad de obtención de CDR en la Comunidad.
- ▶ La potencial producción de CDR en el País Vasco está localizada en el Complejo de Vitoria, donde existe posibilidades reales de obtención de CDR para las plantas cementeras vascas.
- ▶ En Valencia las posibilidades de obtención de CDR son evidentes, especialmente en las grandes plantas de compostaje de la provincia de Valencia, que

permitirían desviar de vertedero cantidades importantes de residuos; en el momento actual se están desarrollando los planes de gestión en cada una de las demarcaciones geográficas.

Estudio realizado por el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR).
Diseño y maquetación: Alcubo.



Fundación Laboral del Cemento
y el Medio Ambiente

C/ José Abascal 57, 4º
28003, MADRID
Tel.: (+34) 91 451 81 18 - Fax: (+34) 91 401 05 86
www.fundacioncema.org



oficemen
Agrupación de fabricantes de cemento de España



CCOO
fecoma