

# Panorama nacional e internacional sobre residuos utilizables en edificación y obra pública

M<sup>a</sup> PILAR ALAEJOS GUTIÉRREZ (\*); MARTA SÁNCHEZ DE JUAN (\*\*)

**RESUMEN** Este artículo pretende realizar un análisis de la situación actual sobre la producción y utilización de distintos residuos con posibilidad de reciclaje en el campo de la edificación y obra pública. La visión conjunta del panorama nacional e internacional del reciclaje en la construcción, ha permitido identificar aquellos residuos que se reciclan en otros países, pero que a nivel nacional se siguen depositando casi en su totalidad en vertederos. Para garantizar un uso seguro de estos residuos, será necesario desarrollar normativa para aquellas aplicaciones que la experiencia haya demostrado su posibilidad de reciclaje.

## NATIONAL AND INTERNATIONAL SITUATION OF WASTE OF RECYCLING IN BUILDING AND CONSTRUCTION FIELDS

**ABSTRACT** *This paper analyses the actual situation of the production and use of some wastes that can be recycled in the building and civil works fields. The overall view of the national and international situation of recycling in construction enables us to point out those wastes already recycled in some countries, but in Spain still emptied in rubbish dumps. In order to guarantee the safe use of these wastes, it is absolutely necessary to develop standards for those applications that have proved the possibility to be recycled.*

**Palabras clave:** Residuos; Aplicaciones; Normativa.

## 1. INTRODUCCIÓN

Con la aprobación de la ley de Residuos Ley 10/1998 se pretende desarrollar un programa de acción hacia un desarrollo sostenible, estableciendo una estrategia de gestión de residuos basada en la siguiente jerarquización de opciones para la gestión:

1. Prevención.
2. Reutilización.
3. Reciclado.
4. Valorización energética.
5. Eliminación en vertedero.

En esta ley se define "Residuo" como "cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en el Anejo de la Ley, del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse. En todo

caso, tendrán dicha consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias".

Para cumplir los objetivos de esta ley se han desarrollado los siguientes planes nacionales de residuos, como resultado de la integración de los respectivos planes autonómicos de gestión:

**Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (2001-2006).** Resolución de 14 de Junio de 2001. Este Plan pretende conseguir una correcta gestión ambiental de los RCD, disminuyendo su generación y fomentando su reciclaje o reutilización, para alcanzar una tasa del 40% en el año 2005 y del 60% en el año 2006.

**Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales (2001-2006).** Resolución de 14 de Junio de 2001, con el que se pretende conseguir, además de una reducción en origen de los lodos, la valorización de al menos el 80% de estos residuos antes del 2007; reduciendo de esta forma a un máximo del 20% de los lodos depositados en vertederos antes de esta fecha.

**Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso (2001-2006).** Resolución de 8 de Octubre de 2001. Este plan es uno de los más exigentes, ya que plantea como uno de sus objetivos alcanzar una tasa de recuperación y valorización del 100% de los neumáticos fuera de uso (NFUs) enteros generados antes de 2003, y de los NFUs troceados generados antes de 2007.

(\*) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe del Sector de Ciencia de Materiales del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (CEDEX). Ministerio de Fomento.

(\*\*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. División de Tecnología de Hormigones del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (CEDEX). Ministerio de Fomento.

Otros planes son: el Plan Nacional de Vehículos Fuera de Uso, Plan Nacional de Residuos Voluminosos, y el Plan Nacional de Residuos de Matadero, Decomiso, Productos Cárnicos y Animales Muertos.

El siguiente artículo pretende realizar un análisis de la situación actual sobre la producción y utilización de distintos residuos de diferente índole en nuestro país. La posible utilización se centra especialmente en el campo de la edificación y obra pública aunque en algún caso se dan datos puntuales de aplicación en el campo de las carreteras o geotecnia. Esta visión global del panorama nacional e internacional del reciclaje en la construcción, permite identificar aquellos residuos que aunque no se utilizan ampliamente en España, la experiencia en otros países indica que se pueden encontrar nuevas vías de aplicación que permitan disminuir el volumen de residuos que se depositan en vertederos.

## 2. PANORAMA NACIONAL DEL RECICLAJE DE RESIDUOS

### 2.1. SITUACIÓN ACTUAL

En el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, a instancias del Ministerio de Medio Ambiente se ha elaborado recientemente un estudio sobre el Reciclaje de Residuos en la Edificación y Obra Pública (1), que ha permitido tener una visión global de la situación tanto en nuestro país, como en otros países desarrollados.

De acuerdo con los datos recabados en la realización de este estudio, los residuos con posibilidad de reciclaje en el campo de la edificación y obra pública (aunque en diferentes estados de desarrollo práctico), son los siguientes:

- Cenizas volantes,
- cenizas de hogar,
- humo de sílice,
- escorias de alto horno,
- escorias de acería de horno eléctrico,
- residuos procedentes de la fabricación de hormigón preparado (hormigón fresco y agua del lavado de los camiones),
- escombros de hormigón,
- escombros de mampostería,
- residuos de incineradoras urbanas (cenizas de hogar y cenizas volantes),
- residuos de depuradoras (lodos y cenizas de incineración) y
- neumáticos.

En la Tabla 1 se muestran con detalle, para el caso español, la situación actual del reciclaje de cada uno de los residuos que han sido estudiados.

Todos ellos alcanzan aproximadamente un total de 22.700.000 toneladas generadas anualmente, de las cuales la mayor parte ( $\approx 19.000.000$  t) se destinan a vertederos. Dado que el impacto visual de los vertidos de residuos es función del volumen de almacenamiento, se ha estimado el volumen no utilizado (tal como se refleja en la tabla), considerando la densidad de conjunto de cada residuo.

Con esta estimación se calcula que cada año en nuestro país, aproximadamente  $18.400.000$  m<sup>3</sup> de residuos se almacenan en vertederos, en ocasiones incontrolados.

### 2.2. NORMATIVA NACIONAL

El desarrollo de una normativa con los requisitos que debe cumplir el residuo para una aplicación segura del mismo, es un paso importante para incentivar el reciclaje. Es por ello que los niveles más altos de reciclaje reflejados en la Tabla 1 se corresponden con residuos cuyos requisitos están cubiertos por reglamentación nacional (cenizas volantes, humo de sílice y escorias de horno alto).

En la Tabla 2 se recogen las utilidades de estos residuos y subproductos industriales para las que existen reglamentos o normas españolas que regulan su uso y especifican las condiciones que deben cumplir, así como la norma de aplicación.

Tal como se señala en las notas a pie de tabla, aunque aparentemente todos los residuos en ella contemplados parecen estar perfectamente regulados en normativa española, la realidad es que algunas de las normas relacionadas simplemente mencionan el residuo en su campo de aplicación, añadiendo que pudieran necesitarse especificaciones adicionales no contempladas en el desarrollo de la propia norma. Por ello, se han sombreado en la Tabla 2 aquellas aplicaciones en las que verdaderamente puede considerarse que la normativa es completa y proporciona garantías técnicas en la utilización del residuo. Aquellas aplicaciones no sombreadas necesitarían por tanto normativa específica complementaria para garantizar su utilización.

Como se ha comentado anteriormente, los residuos sombreados en general se corresponden con aquellos de mayor nivel de reciclaje en nuestro país, incentivado por el respaldo de la existencia de normativa técnica específica.

## 3. PANORAMA INTERNACIONAL DEL RECICLAJE DE RESIDUOS

### 3.1. SITUACIÓN ACTUAL

En el panorama internacional se observa que el grado de reciclaje de cada país depende principalmente de la disponibilidad de materias primas, del volumen generado de cada residuo y del impacto medioambiental que suponga el depósito en vertedero. Asimismo, algunas iniciativas administrativas adoptadas en diferentes países han tenido efectos muy positivos al conseguir elevar de forma considerable los niveles de reciclaje.

En Europa, países como Dinamarca, los Países Bajos o Alemania, tienen elevadas tasas de reciclaje de residuos en la construcción, y su amplia experiencia podría servir para fomentar en nuestro país el reciclaje de este tipo de materiales.

En la Tabla 3 se muestra la situación internacional del reciclaje de residuos en la construcción.

### 3.2. NORMATIVA INTERNACIONAL

Para aquellos residuos normalmente utilizados en el campo de la edificación y obra pública (fundamentalmente como componentes del hormigón), existen normas específicas de aplicación, tal y como se refleja en la Tabla 4.

También en este caso, algunas de las normas recogidas incorporan el residuo en su ámbito de aplicación sin dar especificaciones adicionales. Así mismo, algunos de los documentos recogidos en la Tabla 4 son recomendaciones de utilización no obligatorias. Por ello, se han sombreado únicamente aquellas aplicaciones verdaderamente cubiertas en su totalidad por la normativa.

Residuo	Producción anual (kt)	Localización de la producción	Porcentaje utilizado <sup>(1)</sup>	Destino del porcentaje utilizado <sup>(1)</sup>	Resto (kt)	Volumen no utilizado (m <sup>3</sup> )	Otras posibles aplicaciones <sup>(1)</sup>
Cenizas volantes	6.654 (1999)	Distribuida (19 centrales)	39,5% <sup>(2)</sup>	Adición al cemento (30%) Adición al hormigón Árido ligero Carreteras y terraplenes	4.690 <sup>(3)</sup>	5.862.500	Ladrillos Hormigón de alta resistencia Finos para hormigón
Cenizas de hogar	1.236 (1999)			Carreteras y terraplenes	*	1.065.500 <sup>(4)</sup>	Bloques de hormigón
Humo de sílice	20 (1999)	Local (La Coruña)	80%	Adición al cemento Adición al hormigón	4	14.300	—
Escorias de horno alto	1.225 (1999)	Local (Gijón)	Escorias granuladas 40% Escorias cristalizadas 60%	Adición al cemento	0	0 <sup>(5)</sup>	Adición al hormigón Árido para hormigón Material para rellenos y terraplenes
Escorias negras de horno eléctrico	1.263 (1999)	Concentrada en la zona norte (25 acerías, 15 en el País Vasco)	0%	—	1.263	722.000	Utilización en cementera como aporte de hierro (experiencia piloto en varias cementeras de País Vasco) <sup>(4)</sup> Árido para hormigón
Escorias blancas de horno eléctrico	291 (1999)		0%	—	291	*	Utilización en cementera (experiencia piloto en varias cementeras de País Vasco) <sup>(4)</sup>
Hormigón fresco	700-1.400 (1998)	Distribuida (1.400 plantas de hormigón)	≈6% <sup>(7)</sup>	Árido para hormigón Agua para hormigón	658.131 <sup>6</sup>	450.000	—
Escorbos de hormigón	2.600 <sup>(8)</sup> (1990)	Distribuida (Madrid: 160 t escorbos/día) (Barcelona: 100 t escorbos/día) (Valencia: 20 t escorbos/día)	<5% <sup>(9)</sup>	Árido para carreteras	2.574	1.857.000 <sup>(10)</sup>	Árido grueso para hormigón Árido fino para morteros Cementos fabricados con finos
Escorbos de mampostería	7.800 <sup>(8)</sup> (1990)				7.488	6.782.600 <sup>(10)</sup>	Árido grueso para hormigón
Cenizas de hogar de incineradoras urbanas	450 (1999)	Concentrada en la zona norte (23 incineradoras, 20 en la zona norte)	0%	—	450	382.000	Árido para hormigón Árido artificial sinterizado Ladrillos
Cenizas volantes de incineradoras urbanas	30 (1999)		0%	—	30	28.000	Adición al hormigón Cemento de almita
Lodos	787 (1998)	Distribuida	Agricultura: 52% Incineración: 7%	Agricultura	323	590.000	Ladrillos
Cenizas de la incineración de lodos	10,4 (1998)	Local (4 incineradoras: en Córdoba, Zaragoza, Valencia y País Vasco)	0%	—	10,4	10.400	Adición al hormigón Morteros Ladrillos
Neumáticos	330 (2000)	Distribuida	17,2%	Reciclaje: 1,5% Valorización energética (cementeras): 4,6% Recauchado: 11,1%	273	635.440 <sup>(11)</sup>	Árido para hormigón Morteros

**NOTAS:** \* Falta dato. (1) Salvo indicación en contra, se refiere a reutilización en el campo de edificación y obra pública. (2) Datos obtenidos suponiendo prácticamente inexistente la reutilización de este residuo (aunque no se conoce el porcentaje utilizado). (3) Aunque actualmente no se producen excedentes de escorias de horno alto, se estima que sólo en Avilés existen verificados almacenados que alcanzan 1.000.000 t. (4) Se estima que en el País Vasco las cementeras podrían absorber al año 85 kt (≈35%) de escorias blancas. (5) Se tiene constancia de al menos 83 plantas sabbre un total de unos 1.400 plantas que funcionan en nuestro país que utilizan diferentes sistemas de reciclaje. (6) El consumo de áridos para la construcción alcanzó aproximadamente 320.000 kt (1999). Los escombros de demolición podrían constituir alrededor del 3% anual de este consumo. (7) Aunque no se recita en este campo, si se hace en otros por lo que existen al menos 6 plantas de tratamiento de escombros. (8) Volumen considerando los escombros triturados. (9) Volumen considerando la trituración de la totalidad de neumáticos. (10) Volumen considerando los escombros triturados. (11) Volumen considerando la trituración de la totalidad de neumáticos.

TABLA 1. Situación actual en España del reciclaje de residuos en edificación y obra pública.

Residuo	Aplicación	Normativa nacional existente
Cenizas volantes	Adición al cemento	RC-97 UNE-EN 197-1:00
	Adición al hormigón	EHE UNE-EN 450:95 UNE 83.420:91 EX
	Finos para hormigón	UNE 146.120:97 <sup>(1)</sup> UNE 146.120/1M:99
	Árido para morteros	UNE 146.110:96 <sup>(2)</sup> (1M:97)
Cenizas de hogar	Árido para hormigón	UNE 146.120:97 <sup>(1)</sup> (1M:99) UNE 146.110:96 <sup>(2)</sup> (1M:97)
Humo de sílice	Adición al cemento	RC-97 UNE-EN 197-1:00
	Adición al hormigón	EHE UNE 83.460:94 EX
Escorias granuladas de horno alto	Adición al cemento	RC-97 UNE-EN 197-1:00
	Adición al hormigón	UNE 83.480:96 EX
Escorias cristalizadas de horno alto	Árido para morteros	UNE 146.110:96 <sup>(2)</sup> (1M:97)
	Árido para hormigón	EHE <sup>(3)</sup> UNE 146.120:97 <sup>(1)</sup> (1M:99) UNE 146.121:00 <sup>(3)</sup>
Escorias negras de horno eléctrico	Árido para hormigón	EHE <sup>(3)</sup> UNE 146.120:97 <sup>(1)</sup> (1M:99) UNE 146.121:00 <sup>(3)</sup>
Hormigón fresco	Árido para morteros	UNE 146.110:96 <sup>(2)</sup> (1M:97)
	Árido para hormigón	UNE 146.120:97 <sup>(1)</sup> (1M:99)
	Agua para hormigón	EHE <sup>(4)</sup>
Escombros de hormigón	Morteros	UNE 146.110:96 <sup>(2)</sup> (1M:97)
	Árido para hormigón	UNE 146.120:97 <sup>(1)</sup> (1M:99)
Escombros de mampostería	Árido para hormigón	UNE 146.120:97 <sup>(1)</sup> (1M:99)

(1) Esta norma incorpora en su ámbito de aplicación los áridos artificiales, dentro de los cuales se podrían incluir las cenizas volantes, cenizas de hogar, escorias cristalizadas o las escorias negras de horno eléctrico, aunque únicamente las escorias metalúrgicas están expresamente recogidas en la norma. También permite la utilización de áridos reciclados, pudiéndose necesitar especificaciones adicionales.

(2) Esta norma incorpora la aplicación de áridos artificiales con densidad superior a 2.000 kg/m<sup>3</sup>, y áridos reciclados. Se establecen requisitos adicionales para las cenizas volantes y para las escorias.

(3) Tanto la EHE, como la norma UNE 146121 permite el uso de escorias siderúrgicas apropiadas siempre que cumplan las especificaciones establecidas en esta Instrucción. Sin embargo, las escorias negras presentan en general una elevada densidad y absorción, aparte de una naturaleza expansiva, por lo que no quedarían cubiertas por esta normativa.

(4) Según la EHE, se puede utilizar cualquier agua sancionada por la práctica y que cumpla los requisitos que en ella se establecen.

TABLA 2. Normativa nacional aplicable.

En los residuos cuya utilización se encuentra en fase experimental, los resultados de los estudios suelen comprobar que el producto final que incorpora el residuo cumple la normativa que le es de aplicación (ladrillos, morteros, hormigones, etc.).

#### 4. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA SITUACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL

Si se realiza una comparación del panorama nacional (Tabla 1) e internacional (Tabla 2), se pueden hacer las siguientes consideraciones:

- Los excedentes no utilizados de **cenizas volantes** suponen un volumen de vertido importante en nuestro país,

aunque los niveles de reciclaje en edificación y obra pública son similares a la media europea. Tampoco las aplicaciones alternativas a las tradicionales se encuentran muy desarrolladas en el caso europeo (árido ligero o ladrillo), incluso existiendo normativa de aplicación desarrollada. Otra vía de aplicación regulada por normativa americana ASTM es la utilización de cenizas volantes como adición para la fabricación de hormigón de alta resistencia, aunque actualmente esta aplicación no está contemplada en nuestro país.

- Las **cenizas de hogar** procedentes de las centrales térmicas presentan un gran volumen de vertido ya que su reciclaje es prácticamente inexistente, a pesar de estar contempladas por la norma UNE 146.110:96. En el pano-

PANORAMA NACIONAL E INTERNACIONAL SOBRE RESIDUOS UTILIZABLES EN EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA

Residuo	País	Producción anual (kt)	Porcentaje utilizado	Destino del porcentaje utilizado	
Cenizas volantes	Europa	38.959 (2000)	46%	Cemento: 16,5% Hormigón: 15,3% Bloques de hormigón prefabricado: 2,8% Árido ligero: 0,03% Ladrillos: 0,17%	Terraplenes y rellenos: 8,4% Carreteras: 3,2%
Cenizas de hogar	Europa	5.578 (2000)	40%	Cemento: 3% Bloques de hormigón prefabricado: 18,4% Árido ligero: 0,9%	Terraplenes y rellenos: 12,1% Carreteras: 5,1% Otros usos: 0,5%
Humo de sílice	Noruega	140 (1983)	29%	Cemento Hormigón	
Escorias de horno alto	Estados Unidos	15.000 (1993)	90%	Escoria cristalizada: 80% Árido para hormigón Carreteras Terraplenes y rellenos	Escoria granulada: 10% Cemento
Escorias negras de horno eléctrico	Estados Unidos	17.000 (1999)	36%	Árido para hormigón asfáltico: 6,5% Rellenos: 8% Balasto: 1%	Bases de carreteras: 14,5% Otros: 16%
Hormigón fresco	Estados Unidos	*	40%	Hormigón	
	Japón	13.200	69%	Hormigón	
Escombros de hormigón y mampostería	Bélgica	7.000 (1990)	87% <sup>(1)</sup>	Árido para hormigón: 17%	Carreteras: 70%
	Francia	24.000 (1990)	15% <sup>(1)</sup>	Árido para hormigón: 1,5%	Carreteras: 8,2% Terraplenes y rellenos: 5,3%
	Gran Bretaña	30.000 (1999)	45% <sup>(1)</sup>	Árido para hormigón: 2%	Carreteras: 9% Terraplenes y rellenos: 34%
	Unión Europea	180.000 (1999)	28% <sup>(1)</sup>	Árido para hormigón: 2,2%	Carreteras: 9,5% Terraplenes y rellenos: 16,3%
Cenizas de hogar de incineradoras urbanas	Alemania	2.600 (1990)	69%	Subbases Bases estabilizadas	
	Dinamarca	415 (1990)	60%	Terraplenes	
	Países Bajos	650	7%	Terraplenes	
Cenizas volantes de incineradoras urbanas	Alemania	270 (1990)	0%	—	
	Países Bajos	85 (1990)	41%	Mezclas asfálticas	
Lodos	Europa	6.588 (1998)	52%	Agricultura	
Cenizas de la incineración de lodos	Europa	250 (1998)	0%	—	
Neumáticos	Europa	2.522 (1998)	60%	Reciclaje: 18% Valorización energética (cementeras): 20%	Recauchado: 11% Otras aplicaciones: 11%

\* sin datos

(1) Porcentaje que incluye escombros de hormigón y escombros de mampostería.

TABLA 3. Situación internacional actual del reciclaje de residuos en edificación y obra pública.

Residuo	Aplicación	Normativa internacional	
General	Varias	BSG 6543 (Reino Unido)	
Cenizas volantes	Adición al cemento	EN 197-1:00	
	Adición al hormigón	prEN 206-1-26:99 EN 450:95	ASTM C618-96 ACI 232.2R-96
	Hormigón de alta resistencia	ASTM C618-96	ACI 211.4R-93 ACI 363R-92
	Finos para hormigón	prEN 12620:00 <sup>(1)</sup>	
	Árido ligero	EN 13055-1:97 <sup>(2)</sup> BS 3797:90 <sup>(3)</sup>	ASTM C330-89 ASTM C331-94 ASTM C332-87 ACI 213.R
Cenizas de hogar	Árido para hormigón	prEN 12620:00 <sup>(1)</sup>	
	Árido ligero	EN 13055-1:97 <sup>(2)</sup> BS 3797:90 <sup>(3)</sup>	ASTM C331-94
Humo de sílice	Adición al cemento	EN 197-1:92	
	Adición al hormigón	prEN 206-1-26:99 prEN 13263:98	ASTM 1240-95 ACI 234.R-96
Escorias granuladas de horno alto	Adición al cemento	EN 197-1:92	
	Adición al hormigón	ASTM 989-95	ACI 233.R-95
Escoria cristalizada de horno alto	Árido para hormigón	prEN 12620:00 <sup>(1)</sup>	
		BS 1047:83	
Escoria peletizada y dilatada de horno alto	Árido ligero	EN 13055-1:97 <sup>(2)</sup> BS 3797:90 <sup>(3)</sup> ASTM C330-89	ASTM C331-94 ASTM C332-87 ACI 213.R
Escoria negra de horno eléctrico	Árido para hormigón	prEN 12620:00 <sup>(1)</sup>	
Hormigón fresco	Árido para hormigón	prEN 206-1-26:99 prEN 12620:00 <sup>(4)</sup>	
	Agua para hormigón	prEN 206-1-26:99 EN 1008:97	ASTM C 94-96
Escombros de hormigón y mampostería	Árido para hormigón	prEN 12620:00 <sup>(4)</sup> EN 13055-1:97 <sup>(2)(5)</sup> CUR-125 (Países Bajos)	BRE Digest 433 BRE Digest 392 Guía RCA (Australia) <sup>(6)</sup>

(1) Esta norma incorpora la aplicación de áridos artificiales, dentro de los cuales se podrían incluir las cenizas volantes, cenizas de hogar, escorias cristalizadas o las escorias negras de horno eléctrico, aunque únicamente se establecen criterios adicionales para las escorias cristalizadas de horno alto.

(2) Esta norma incluye como áridos ligeros aquellos áridos naturales, subproductos industriales, o áridos reciclados, con densidad comprendida entre 30-1.200 kg/m<sup>3</sup>. Se establecen únicamente requisitos adicionales para las escorias.

(3) Establece requisitos específicos para las escorias, escorias de horno alto peletizada o dilatada, y cenizas volantes procesadas.

(4) Aunque no se establecen requisitos específicos para los áridos reciclados, esta norma incluye su posible empleo, pudiéndose necesitar especificaciones adicionales.

(5) Se podrían incluir únicamente los áridos procedentes de mampostería, ya que son los únicos que podrían considerarse como árido ligeros.

(6) Incluye recomendaciones para el uso de áridos reciclados procedentes de escombros de hormigón.

TABLA 4. Normativa internacional aplicable.

rama europeo, sin embargo se está dando salida a este residuo (40% de reciclaje) tanto en edificación como en carreteras y terraplenes.

- El **humo de sílice** constituye un residuo de elevada utilización en nuestro país (80%), con vertidos reducidos en comparación con el resto de los estudiados.
- La **escoria de horno alto** producida en nuestro país se reutiliza en su totalidad, aunque queda almacenado un excedente de este residuo, del cual se extrae material en momentos de elevada demanda.
- Estados Unidos recicla una parte importante de las **escorias negras de acería** que produce (36%), pero en el campo de la construcción de carreteras. En España no se recicla este residuo y por el momento sólo hay estudios pioneros y experiencias piloto sobre la utilización de escorias de acería de horno eléctrico de arco, como materia prima para la fabricación de cemento (2). Según estos estudios, se estima que en el País Vasco las cementeras podrían absorber al año aproximadamente el 7% de las escorias negras y el 35% de las escorias blancas producidas.
- La reutilización del **hormigón fresco** rechazado es uno de los campos donde es necesario un impulso en el caso español, en comparación con otros países desarrollados con tasas de reciclaje mucho más elevadas (6% frente a 40 ó 69%). Para ello, sería deseable el desarrollo de normativa específica de aplicación en hormigón, tanto del agua de lavado como del árido resultante. Como punto de partida se pueden tener en cuenta las normas ya existentes en este campo, especialmente las normas europeas (prEN 206-1-26:99 y EN 1008:97).
- El escaso reciclaje de **escombros de demolición** (<5%) indica que también debe sufrir un impulso para alcanzar las cotas de otros países europeos (media 28%), y en especial si se quiere alcanzar la tasa del 60% que recoge el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (2001-2006) para el año 2006. En este caso, el esfuerzo que se logre estará ampliamente justificado, a la vista del volumen de vertidos de este residuo, uno de los mayores de todos los contemplados. Para el caso concreto de su aplicación en hormigón, el reciclaje es escaso también en el panorama europeo, salvo casos puntuales como el de los Países Bajos (40%), donde se ha desarrollado normativa específica para su aplicación en hormigón (CUR-125).
- El reciclaje de **residuos de incineradoras urbanas** en los países europeos se centra en el campo de la construcción de carreteras y movimientos de tierras. Los puntuales estudios realizados para buscar alternativas en el campo de la edificación y obra pública se encuentran en fase experimental, y con inconvenientes en estas aplicaciones.
- En similar situación se encuentran los estudios de reciclaje de **lodos de depuradoras**, así como las cenizas originadas en su incineración, que son objeto de estudios (españoles y extranjeros), pero que plantean diversos inconvenientes.
- En cuanto a los **neumáticos**, la comparación del caso español con la situación en Europa indica que podrían alcanzarse mayores niveles de reciclaje, que en el caso que nos ocupa de aplicación a la obra pública, se centraría en incrementar su utilización como combustible en industrias cementeras. El nivel actual de valorización energética en

España se sitúa en el 4,6% frente al 20% alcanzado como media en Europa. Se deberán tomar medidas oportunas para conseguir uno de los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso (PNNFU) 2001-2006, que pretende alcanzar una recuperación y valorización del 100% de los NFUs enteros generados antes de 2003.

## 5. CONCLUSIONES

El panorama nacional e internacional del reciclaje de residuos en edificación y obra pública ha detectado tres tipos de residuos, diferenciados a tenor de su grado de utilización:

- Un primer grupo en el que se encuentran las cenizas volantes, humo de sílice o las escorias de horno alto.
- Segundo grupo, compuesto por las cenizas de hogar de centrales térmicas, los residuos de hormigón fresco, los escombros de hormigón y los escombros de mampostería.
- El tercer grupo lo forman los residuos de incineradoras urbanas, lodos de depuradoras y neumáticos.

En el **primer grupo** de residuos, se encuentran residuos que se emplean habitualmente y el nivel de reciclaje es muy elevado en el campo de la edificación y obra pública, como es el caso del humo de sílice o las escorias de horno alto. En el caso de las cenizas volantes sin embargo todavía existen grandes volúmenes que se depositan en vertederos. Todos estos residuos presentan ventajas técnicas en su aplicación ya que mejoran las propiedades de los elementos a los que se incorporan, y existe normativa que regula su uso. Para dar salida a estos excedentes se debería de fomentar su uso en otras aplicaciones, lo cual constituye un problema también presente en el resto de Europa.

En el **segundo grupo** se encuentran residuos que en el caso español, se emplean en el campo de la edificación y obra pública de forma esporádica o en muy pequeña proporción, ya que, aunque su uso en otros países ha demostrado su viabilidad técnica, no existe normativa específica y completa que regule su empleo. Para incentivar su uso es necesario poner en conocimiento de los usuarios las diferentes posibilidades de reutilización y desarrollar normativa específica. Dentro de este tipo de residuos se encuentran las cenizas de hogar de centrales térmicas, los residuos de hormigón fresco, los escombros de hormigón y los escombros de mampostería.

Es en el segundo grupo de residuos en el que se deben centrar los esfuerzos para lograr un avance técnicamente posible. El desarrollo de normativa técnica española contribuiría a incrementar su reciclaje, para lo cual pueden resultar útiles las normas ya desarrolladas en otros países para cada uno de estos residuos, que aparecen contempladas en la Tabla 4.

En el **tercer grupo** de residuos que se han estudiado se encuentran los residuos de incineradoras urbanas y los lodos de depuradoras que están aún en fase de investigación, y su aplicación todavía resulta incierta. En el caso de los neumáticos su valorización energética podría alcanzar porcentajes más elevados, equivalentes a los del caso europeo.

En la Tabla 5 se establece un resumen del estado de las diferentes aplicaciones de cada residuo.

A la vista del estudio realizado, dentro de una estrategia para incentivar el reciclado de residuos en la construcción, los principales objetivos que se deben establecer son:

- Poner en conocimiento de los usuarios las diferentes posibilidades de reciclaje.

Material	Áridos para hormigón	Adición al hormigón	Mortero	Árido ligero	Cemento	Ladrillos	Agua para hormigón
Cenizas volantes de central térmica de carbón	●	■	●	●	■	○	
Humo de sílice		■			■		
Escorias de horno alto	Granulada	●			■		
	Cristalizada	●					
Escoria de acería de horno eléctrico	Negra	○			○		
	Blanca				○		
Residuos procedentes de la fabricación de hormigón preparado	●						●
Escombros de hormigón	●		○		●		
Escombros de mampostería	●			●			
Residuos de incineradoras urbanas	Cenizas volantes		○		○		
	Cenizas de hogar	○			○	○	
Lodos de depuradoras	Lodos					○	
	Cenizas de incineración		○	○		○	
Neumáticos fuera de uso (NFU)	○		○		●		

■ Utilización habitual  
 ● Utilización reducida pero con posibilidades reales  
 ○ Se ha realizado experimentación en laboratorio

TABLA 5. Aplicaciones de los residuos en el ámbito de la edificación y obra pública.

- Garantizar un uso seguro de los residuos, desarrollando normativa para aquellas aplicaciones que la experiencia haya demostrado su posibilidad de reciclaje.
- Dar prioridad a la solución de los residuos con mayores volúmenes de vertido.
- Dar prioridad a los residuos cuya producción está distribuida por todo el territorio nacional, que tendrán mayor posibilidad de reciclaje que aquellos residuos que se produzcan de forma puntual.
- Alcanzar al menos, los niveles europeos de reciclaje.
- Poner énfasis en aquellos residuos que disponen de Planes Nacionales específicos para su adecuada gestión. Estos residuos son los residuos de construcción y demolición, los lodos de depuradoras y los neumáticos fuera de uso.

En busca de cumplir el primero de estos objetivos, se ha elaborado el “**Catálogo de Residuos Utilizables en la Construcción**” (4), que pretende fomentar el uso de residuos y subproductos industriales, mediante el conocimiento de los distintos materiales y sus posibles aplicaciones.

Este Catálogo pretende dar una orientación sobre el uso de residuos, debiendo cumplir las normas que estén establecidas para ellos, y en caso de no existir dichas normas, tomar como referencia las normas o instrucciones que regulan los productos a los que se vayan a incorporar.

En el segundo de los objetivos puede servir de referencia la normativa internacional relacionada en la Tabla 4 y que es de aplicación a las cenizas de hogar de centrales térmicas, hormigón fresco rechazado y a los escombros de hormigón y mampostería.

En cuanto a los cuatro últimos objetivos, los datos recogidos en la Tabla 1 nos indican que de todos estos residuos, los que se generan en mayor cantidad son los residuos de construcción y demolición (escombros de hormigón y mampostería) y las cenizas volantes, y en menor medida las cenizas de hogar y los residuos de hormigón fresco. Todos ellos se producen de forma distribuida en todo el territorio nacional, pero para los únicos que se ha desarrollado un Plan Nacional específico, son los **residuos de construcción y demolición**. Éstos presentan además una tasa de reciclaje muy inferior al nivel medio europeo, por lo que parece indicado que las primeras soluciones podrían adoptarse en este tipo de residuos.

#### BIBLIOGRAFÍA

“GUÍA DE UTILIZACIÓN DE RESIDUOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIÓN Y OBRA PÚBLICA”. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, Informe Técnico para la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente. CLAVE CEDEX: 10-100-6-001. Madrid, mayo de 2001.

“LIBRO BLANCO DE MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS Y EMISIONES DE ESCORIAS DE ACERÍA”. Ihobe S.A.,

Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Febrero de 1999.

“COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO. VALORACIÓN ENERGÉTICA DE RESIDUOS MEDIANTE SU EMPLEO COMO COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN HORNOS DE CEMENTO”. Oficemen. Octubre de 1998.

“CATÁLOGO DE RESIDUOS UTILIZABLES EN LA CONSTRUCCIÓN”. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Serie Monografías. 2002.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrollado en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX con la financiación de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

## SEGUIMOS MEJORANDO SU CALIDAD DE VIDA

Regeneración de la playa del Lido de Ostia (Italia)



Regeneración de la playa de Villajoyosa (Alicante)



Regeneración Playa Vale Do Lobo (Algarve, Portugal)

**DRAVO, S.A.**  
DRAGADOS Y OBRAS MARITIMAS

Plaza de Castilla 3, 21° A  
28046 Madrid (ESPAÑA)  
Telf.: (+34) 91 323 02 07 / 67  
Fax: (+34) 91 323 06 87

