

Geographical quantification of the generation of construction and demolition waste (CDW) in new construction

Cuantificación geográfica de generación de residuos de construcción demolición (RCD) en obra nueva

JOSÉ FERNÁNDEZ CASTILLO

Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE).
jose.fernandez@arquitectura-tecnica.com

JUAN LÓPEZ-ASIAIN MARTÍNEZ

Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control. E.T.S. de Edificación de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.
juanlopezasiain@arquitectura-tecnica.com

HELENA GRANADOS MENÉNDEZ

Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
hgranados@hg-arctres.es

ALEJANDRO PAYÁN DE TEJADA ALONSO

Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE).
apayan@arquitectura-tecnica.com

Es objetivo de la Unión Europea y de todos sus estados miembros, potenciar la economía circular en todos los sectores. En 2015, la Comisión Europea adoptó un plan de acción para contribuir a la transición hacia una economía circular, estableciendo 54 medidas para "cerrar el círculo" del ciclo de vida de los productos: de la producción y el consumo a la gestión de residuos y el mercado de materias primas secundarias. Sin duda la gestión adecuada de los residuos de construcción demolición es fundamental en este proceso, ya que significan a aproximadamente un tercio de los residuos generados en la Unión.

El Gobierno de España también ha trabajado en esta dirección con la Estrategia Española de Economía Circular, "España Circular 2030", en la que uno de sus ejes principales de actuación es la gestión de residuos, en la que, entre otros objetivos, se propone la revisión del RD 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición y que proporciona el marco legal a esta gestión de RCD en la edificación, a través de herramientas como el estudio y el plan de gestión de RCD.

Una de las deficiencias más habituales detectadas por los agentes del sector, es no contar con unos ratios orientativos consistentes de generación de RCD que faciliten la elaboración de estos documentos preceptivos, así como el seguimiento de la gestión tanto por los técnicos competentes como por las administraciones públicas.

El objetivo del presente trabajo ha sido intentar dar solución a la dispersión de ratios de generación de residuos de construcción y demolición, generando una serie de tablas parametrizadas que puedan servir de ayuda y orientación para calcular los ratios de RCD susceptibles de generarse en una obra de construcción o demolición para las grandes regiones climáticas de España.

Para la recogida de datos se ha recurrido tanto a fuentes públicas como privadas. Se han consultado bases de datos de entidades de reconocido prestigio, recopilado ratios provenientes de normativas autonómicas y locales y, de manera activa, se ha solicitado información a los agentes más relevantes del sector: Colegios Profesionales, Universidades, entidades que desarrollan trabajo específico en este campo, proyectos relacionados de ámbito europeo y actores privados en el sector.

El resultado son unas tablas parametrizadas por grandes zonas climáticas, tanto para nueva construcción como demolición de edificios residenciales y terciarios. Este trabajo ha sido posible gracias a la iniciativa de los Consejos Superior y General de Colegios de Arquitectos y Arquitectos Técnicos de España.

Residuos, Materiales, Construcción, Demolición.

One of the main objectives of the European Union and all of its member states is to promote the circular economy in all production sectors. In 2015, the European Commission adopted an action plan to contribute to the transition towards a circular economy. Establishing 54 measures to "finish the circle" of products life cycle: from production and consumption to waste management and the markets for recycling services and secondary raw materials. Certainly, the correct management of construction and demolition waste is essential in this process, it represents approximately the third part of the waste generated by the European Union.

The Government of Spain has also worked in the same direction with the strategy called Spanish Circular Economy, "España Circular 2030", in which one of its main axes is the management of wasting, in which, among other objectives, it proposes the review of the RD 105/2008 which regulates the production and management of construction and demolition waste. This Royal Decree provides the legal framework for this management of RCD in building, through tools such as the study and the management plan of RCD.

One of the most common problems detected by construction sector agents is not having estimated ratios for the generation of RCD. The objective of this work has been trying to solve the dispersion of these construction and demolition waste generation ratios, making some parameterized tables that can help calculating the RCD ratios produced in a construction or demolition work, by the climatic regions of Spain.

The data have been obtained from different sources, both public and private. The parameterized tables have been made by consulting the databases of prestigious entities, in addition, ratios have been compiled from regional and local regulations, actively, information has been requested from the most relevant agents in the sector: Professional Associations, Universities, related European projects and private actors in the sector.

Waste, Materials, Construction, Demolition

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la Unión Europea y de todos sus estados miembros es potenciar la economía circular en todos los sectores. En 2015, la Comisión Europea adoptó un plan de acción para contribuir a la transición hacia una economía circular [1], estableciendo 54 medidas para "cerrar el círculo" del ciclo de vida de los productos: de la producción y el consumo a la gestión de residuos y al mercado de materias primas secundarias. Sin duda la gestión adecuada de los residuos de construcción y demolición es fundamental en este proceso, ya que significan aproximadamente un tercio de los residuos generados en la Unión Europea.

El Gobierno de España también ha trabajado en esta dirección al definir la Estrategia Española de Economía Circular, "España Circular 2030" [2], en la que uno de sus ejes principales de actuación es la gestión de residuos, en la que, entre otros objetivos, se propone la revisión del RD 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición [3], que proporciona el marco legal de la gestión de RCD en la edificación y establece documentos preceptivos como el estudio y el plan de gestión de RCD.

Una de las deficiencias más habituales detectadas por los agentes del sector es no contar con unos ratios orientativos consistentes de generación de RCD que faciliten tanto la elaboración de estos documentos preceptivos, como el seguimiento de la gestión por los técnicos competentes y por las administraciones públicas.

El objetivo del presente trabajo ha sido intentar dar solución a la dispersión de ratios de generación de residuos de construcción y demolición, generando una serie de tablas parametrizadas que puedan servir de ayuda y orientación para calcular los ratios de RCD susceptibles de generarse en una obra de construcción o demolición para las grandes regiones climáticas de España.

Para la recogida de datos se ha recurrido tanto a fuentes públicas como privadas. Se han consultado bases de datos de entidades de reconocido prestigio, recopilado ratios provenientes de normativas autonómicas y locales y, de manera activa, se ha solicitado información a los agentes más relevantes del sector: Colegios Profesionales, Universidades, entidades que desarrollan trabajo específico en este campo, proyectos relacionados de ámbito europeo y actores privados

en el sector.

Como uno de los resultados de este trabajo, se presentan en este artículo unas tablas parametrizadas diferenciadas por grandes zonas climáticas (Mediterráneo Litoral, Semiárido, Oceánico, Continental Norte, Continental Sur) con estimaciones de RCD para edificios residenciales y terciarios de nueva construcción.

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de las tablas recogidas en este documento, se ha procedido la búsqueda y solicitud de datos a entidades de reconocido prestigio en ámbito nacional. La solicitud y recopilación de datos se han articulado a partir de los requerimientos establecidos por el RD 105/2008 de identificación y cuantificación de RCD ajustados a los correspondientes Códigos LER [4], recogiendo asimismo la mayor cantidad de información posible acerca de las diferentes características tipológicas de la edificación que puedan incidir en dichos ratios.

Con la información obtenida y procesada se ha generado una tabla específica para cada familia de datos facilitada, en la que se recoge la siguiente información:

- Tipo de obra (obra nueva o demolición).
- Origen de los datos (Colegio Profesional, Entidad, agente privado...).
- Autoría del análisis e identificación de particularidades de los datos.
- Reflejo en el ámbito normativo y acceso público a datos vía internet (si lo hubiera).
- Información sobre las tipologías edificatorias y constructivas a la que son de aplicación los datos facilitados.
- Ratios establecidos para dar cumplimiento al RD 105/2008 establecidos por m² de obra globales y para cada Código LER:
 - Peso (T/ m²) y
 - Volumen (m³/ m²) de aplicación

Se han considerado asimismo en el análisis otros parámetros de interés para la generación y análisis de los ratios descritos, disponibles o susceptibles de ser calculados a partir de las

familias de datos facilitadas:

- Porcentajes de RCD de las diferentes familias, subfamilias y Códigos LER, expresados en %,
- Densidades ρ de los materiales que relacionan peso y volumen (T/m^3), distinguiéndose entre ρ_{ap} (densidad aparente) y ρ_{lab} (densidad tabulada o de laboratorio proveniente de la bibliografía utilizada),
- Factor de conversión de Esponjamiento (F.C.E.), en el caso de que se hubiera datos suficientes para su cálculo.

Dentro de los valores numéricos obtenidos o procesados, el prioritario y de mayor fiabilidad es el correspondiente al peso de los RCD codificado de acuerdo a los Códigos LER, ya que el volumen de RCD generado (Volumen aparente V_{ap}) puede variar en función de una serie de parámetros, tales

como el método de generación de los RCD [5] (tipo de maquinaria utilizada o retirada manual), tipo de sistema constructivo o tenacidad de los elementos constructivos.

Así, se ha dedicado especial atención a la recogida y análisis de datos disponibles relativos a la densidad aparente (ρ_{ap}) y al esponjamiento, dada su repercusión en la cuantificación de volúmenes de RCD.

Se incorpora, a modo de ejemplo, la tabla correspondiente a obra nueva en edificación residencial en la Comunidad Valenciana (ver Tabla 1), generada a partir de datos procedentes del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE). Los datos de que se dispone son los ratios de peso por m^2 de superficie construida de cada tipo de RCD (T/m^2) y densidad estimada (aparente) de acuerdo con su Código LER [6].

Tipo obra	OBRA NUEVA						
ORIGEN	Instituto Valenciano de la Edificación, IVE						
AUTOR	CGATE-CSCAE						
COMENTARIOS	Residencial (queda pendiente tipo residencial con Jose						
URL	https://grcd.f-ive.es/						
Tipo edificatorio	Residencial			Terciario			
	Plurifamiliar	Unifamiliar	Comercial	Residencial	Administrativo	Industrial	
Sistema constructivo	X	X					
	Pesado	Medio	Ligero	Genérico			
		X					
Código LER	Tipo de Residuo	Porcentajes	Volumen	Peso	Densidades (T/m^3)		F.C.E
		%	m^3/m^2	T/m^2	D_{ap}	D_{lab}	V. unitario
	Datos			x	x	x	
	Estimado a partir de datos	x	x				x
0. RATIOS GLOBALES							
<i>Tierras y petreos de la excavación</i>							
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03						
17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 06						
17 05 08	Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07						
RCD: Naturaleza no pétreo		25,00	0,03	0,03			
<i>Asfalto</i>							
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	1,85	0,00	0,00	1,00	1,30	1,30
<i>Madera</i>							
17 02 01	Madera	9,26	0,01	0,01	0,80	0,60	0,75
<i>Metales</i>							
		4,63	0,00	0,01	1,50	1,50	1,00
17 04 01	Cobre, bronce, latón						
17 04 02	Aluminio						
17 04 03	Plomo						
17 04 04	Zinc						
17 04 05	Hierro y acero						
17 04 06	Estaño						
17 04 07	Metales mezclados	4,63	0,00	0,01	1,50	1,50	1,00
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10						

<i>Papel</i>							
20 01 01 /030308		1,85	0,00	0,00	0,75	0,90	1,20
<i>Plástico</i>							
17 02 03		1,85	0,00	0,00	0,60	0,90	1,50
<i>Vidrio</i>							
17 02 02		0,93	0,00	0,00	0,40	1,50	3,75
<i>Yeso</i>							
17 08 02		4,63	0,01	0,01	0,90	1,20	1,33
<i>RCD: Naturaleza pétreo</i>							
<i>Arena Grava y otros áridos</i>		64,81	0,11	0,13	1,21		
01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de código 01 04 07					1,50	
01 04 09	Residuos de arena y arcilla					1,50	
<i>Hormigón</i>							
17 01 01	Hormigón	18,52	0,02	0,02	1,25	2,50	2,00
<i>Ladrillos, azulejos y otras cerámicos</i>							
17 01 02	Ladrillos	46,30	0,04	0,05	1,20	1,30	1,08
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	46,30	0,04	0,05	1,20	1,50	1,25
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 1 7 01 06.					1,50	
<i>Residuo mezclado</i>							
17 09 04	RDCs mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03	9,26	0,01	0,01	1,25	1,50	1,20
<i>RCD Potencialmente peligrosos y otros</i>							
<i>Basuras</i>							
20 02 01	Residuos biodegradables				0,60		
20 03 01	Mezcla de residuos municipales	0,93	0,00	0,00	0,60	0,90	1,50
<i>Potencialmente peligrosos</i>							
17 09 03*	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's						
<i>Otros</i>							

*Los parámetros calculados a partir de la información disponible son los marcados en rojo.

Tabla 1. Ejemplo de Tabla tipo para la recogida de datos. Datos IVE para obra nueva en edificio residencial o terciario.

La documentación recogida es muy heterogénea tanto en identificación de parámetros como en la aplicación de Códigos LER. No todas las series de datos recogidas se ajustan a los requerimientos de identificación de los RCD a través de sus Códigos LER establecidos por el RD 105/2008, produciéndose clasificaciones muy dispersas que dificultan la comparación de datos (RCD pétreos, no pétreos y peligrosos, RCD Tipo I y Tipo II, RCD inertes y especiales...).

En consecuencia, la disponibilidad de cada uno de los parámetros anteriores en cada caso analizado junto con el número de casos obtenidos de cada tipo ha determinado una serie de reajustes a lo largo del proceso para garantizar criterios homogéneos en el análisis y procesado de las series de valores obtenidas.

Para facilitar el análisis y la comparación de los datos recogidos se generan, para cada serie de datos, una serie de 6 gráficos correspondientes tanto a los ratios exigidos por el RD 105/2008 como al resto de los valores numéricos analizados:

- Peso (T/m²) exigido por RD 105/2008
- Volumen (m³/m²) exigido por RD 105/2008
- Porcentajes de RCD correspondientes a las grandes familias de los Códigos LER (17.01 a 17.09)
- Porcentajes de RCD correspondientes a las diferentes familias de materiales
- Comparativa de densidades aparentes y densidades tabuladas
- Esponjamiento asociado al volumen aparente.

Se recogen, a modo de ejemplo, los gráficos realizados (Figura 1a y Figura 1b) a partir de la serie de ratios para Edificación Residencial de Obra Nueva en el País Vasco facilitados por el IHOBE y establecidos por el Decreto Vasco 112/2012 [7] para el Peso (T/m²) y Volumen (m³/m²) de las diferentes familias de materiales.

A partir del análisis de los datos y del grado de detalle de la

información disponible, se ha observado que los ratios de RCD correspondientes a “Tierras y pétreos de la excavación” no son comparables entre las diferentes series de datos, ya que la relación entre las tareas de excavación y las de construcción, reforma o demolición varían en función de la localización, morfología y volumetría de la edificación.

Considerando que los pesos y volúmenes asociados a las

tareas de excavación y movimiento de tierras son valores que pueden ser cuantificarse fácilmente a partir de la definición del proyecto, se descarta su incorporación en las tablas. En aquellos casos en que la serie contiene valores para las tierras y pétreos de la excavación, se reajusta el global de ratios descontando su peso y se realiza un reajuste de los porcentajes asociados a los restantes grupos de RCD.

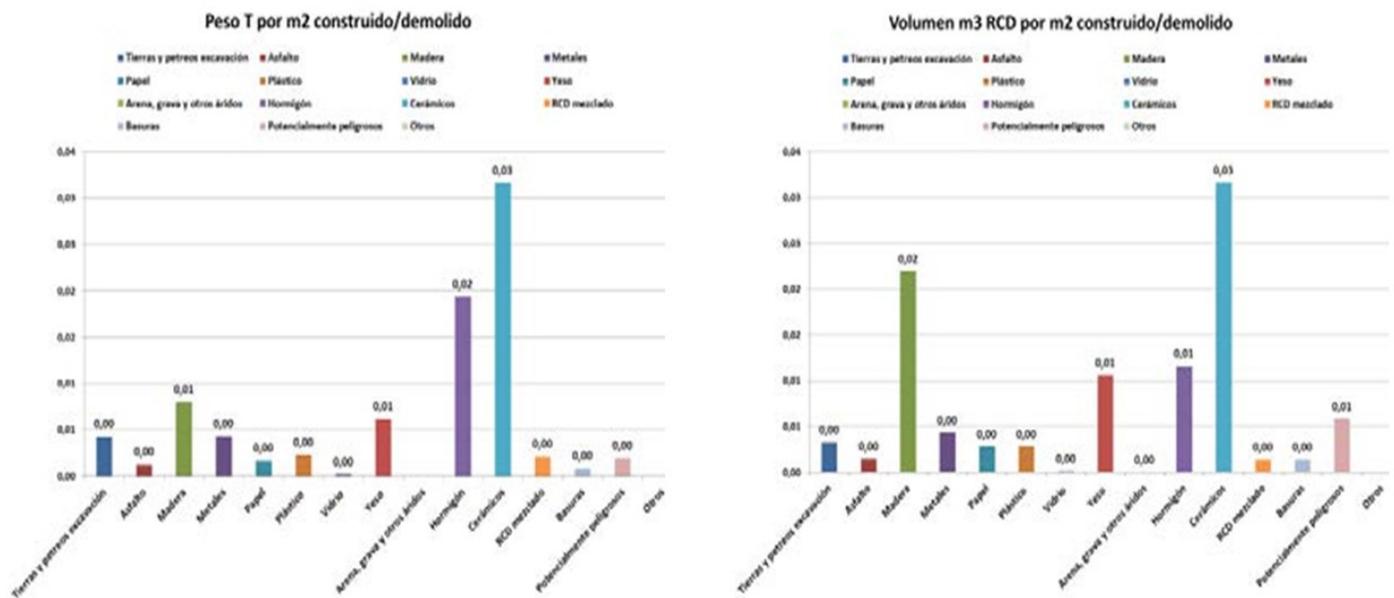


Fig. 1. (a) Gráficos de peso (T) analizados por serie de datos para edificación residencial en obra nueva en el País Vasco, a partir de datos de IHOBE y (b) gráficos de volumen (m3) analizados por serie de datos para edificación residencial en obra nueva en el País Vasco, a partir de datos de IHOBE.

El análisis comparativo de los datos obtenidos se agrupa en función de las características diferenciales de la construcción para las grandes regiones climáticas del territorio.

Se incorporan en un mapa climático del territorio las localizaciones geográfico-administrativas de las series de datos obtenidas (ver Figura 2).

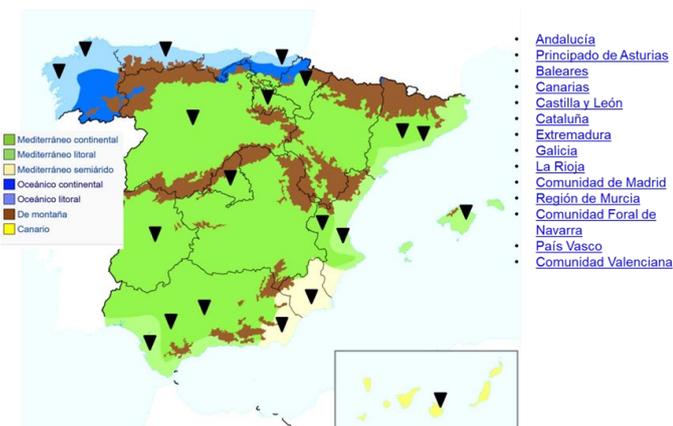


Figura 2. Localización geográfica de las series de datos obtenidas y caracterización climática.

El número y localización en el territorio de las series de datos analizadas por Comunidad Autónoma es variable, por lo que se ha elegido la caracterización climática para la agrupación de datos, lo que ha permitido obtener una cobertura geográfico-climática suficiente para el análisis comparativo de las series de datos.

Se han establecido las siguientes grandes regiones de acuerdo con condiciones climáticas, sistemas constructivo-edificatorios asociados y fuentes de datos analizadas y ponderadas:

- ♦ Mediterráneo Litoral
- ♦ Semiárido
- ♦ Oceánico
- ♦ Continental Norte
- ♦ Continental Sur

Para cada una de estas regiones se han analizado las series de datos generadas, junto con el número y fiabilidad estadística de los datos obtenidos. En función de este análisis, se han establecido medias ponderadas con objeto de generar Ta-

blas de ratios orientativas que puedan ser consideradas como representativas de cada región.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según lo expuesto en la metodología, se ha conseguido gene-

rar una Tabla de ratios orientativa para cada región establecida, a partir de una serie de datos, ponderados según su grado de fiabilidad. Se incorpora, a modo de ejemplo, la correspondiente a ratios de obra nueva para la región Mediterránea Litoral (ver Tabla 2).

Codigo LER	Tipo de Residuo	Porcentaje peso	Volumen	Peso
		%	m3/m2	T/m2
RATIOS GLOBALES		100,0	0,143	0,107
RCD: Naturaleza no pétreo				
Asfalto				
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas a las del código 17 03 01	4,0	0,004	0,004
Madera				
17 02 01	Madera	3,1	0,010	0,003
Metales				
17 04 01	Cobre, bronce, latón			
17 04 02	Aluminio			
17 04 03	Plomo			
17 04 04	Zinc			
17 04 05	Hierro y acero			
17 04 06	Estaño			
17 04 07	Metales mezclados	1,4	0,002	0,002
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10			
Papel				
20 01 01 /03	Papel-Cartón (codigo espejo)	1,9	0,015	0,002
Plástico				
17 02 03	Plástico	1,4	0,009	0,002
Vidrio				
17 02 02	Vidrio	0,8	0,002	0,001
Yeso				
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos a los del código 17 08 01	2,8	0,008	0,003
RCD: Naturaleza pétreo				
Arena Grava y otros áridos				
01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de código 01 04 07	5,6	0,004	0,006
01 04 09	Residuos de arena y arcilla			
Hormigón				
17 01 01	Hormigón	26,3	0,020	0,028
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos				
17 01 02	Ladrillos			
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	31,4	0,032	0,034
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06.	10,8	0,011	0,012
RCD Mezclados				
17 09 04	RCD mezclados distintos a los de los códigos 17 09 01, 02 y 03	5,8	0,019	0,006
RCD Potencialmente peligrosos y otros				
Basuras				
20 02 01	Residuos biodegradables			
20 03 01	Mezcla de residuos municipales	3,4	0,004	0,004
Potencialmente peligrosos				
17 09 03*	Otros residuos de construcción y demolición que contienen SP's	1,3	0,002	0,001
Otros				

Tabla 2.. Tabla de generación de ratios de la región Mediterráneo Litoral.

4. CONCLUSIONES

Como primera conclusión que se puede obtener de este estudio, la pluralidad y heterogeneidad de los datos de origen hace evidente concluir que las tablas de resultados sobre el estudio de ratios de generación de RCD que se han realizado son de carácter orientativo y por lo tanto no responden a las particularidades que pueda tener cada proyecto.

A pesar de que estos datos sean orientativos y que deban adecuarse a las características concretas de cada proyecto, el buen saber de los técnicos sobre tipos constructivos para cada región climática y sistemas de puesta en obra, permite su uso como una herramienta que puede ayudar a predimensionar y orientar sus tareas en este campo, tanto en fase de proyecto, con la estimación de cantidades de RCD que se producirán en la obra, como en el posterior seguimiento de la gestión por parte de los técnicos o la Administración pública.

Por último, estas tablas pretenden ser una herramienta que de soporte al cumplimiento de las obligaciones normativas establecidas en el RD 105/2008, ya que facilitan la elaboración de documentos prescriptivos para su cumplimiento, como son el Estudio y el Plan de Gestión de RCD.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Comunicación de la comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la Economía Circular. Accedido el 12 de febrero de 2020 Disponible en :

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/txt/?uri=celex%3a52015dc0614>

[2] MAPAMA y MINECO. “España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular” (borrador), 2018.

[3] Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. BOE nº 38 de 13 de febrero de 2008.

[4] Ministerio de Medio Ambiente. Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos (LER). BOE nº 43, de 19 de febrero de 2002.

[5] IHOBE. Manual para redacción e implantación de plan de gestión de residuos de construcción y demolición y buenas prácticas gremiales. Accedido el 12 de febrero de 2020 Disponible en:

http://www.btbb.com/wp-content/uploads/documentos/legislacion/manual_ihobe.pdf

[6] IVE. Herramienta de apoyo para la estimación de ratios de aplicación en la redacción de estudios de gestión de residuos de construcción y demolición de acuerdo a los requerimientos normativos definidos por el RD 105/2008. Accedido el 12 de febrero de 2020 Disponible en: <https://www.five.es/acceso-grcd/>

[7] Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (BOPV núm. 171 de 3 de septiembre de 2012).

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.