

# GUÍA PARA LA REHABILITACIÓN DE HUECOS MINEROS CON RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

## ACTIVIDAD 1

**NOVIEMBRE 2015**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico  
y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL  
DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL  
Y MEDIO NATURAL

Este documento recoge parte de los trabajos realizados dentro de la ENCOMIENDA DE GESTIÓN ENCARGADA AL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME) PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS TÉCNICOS SOBRE LA REHABILITACIÓN DE HUECOS MINEROS CON RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) A LA DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL (2015-2017)

Se ha realizado para dar cumplimiento de la Actividad 1. Revisión del Estado del Arte para el almacenamiento de RCD en huecos de explotación de industrias extractivas. Análisis de 10 muestras de RCD tomadas de gestores de RCD para su caracterización como residuo inerte.

Dirección del proyecto:

**D. Antonio Cabrera Marianini y D<sup>a</sup> Raquel Gómez Rodríguez.** Subdirección General de Residuos. D. G. de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural.

**D. Lucas Vadillo Fernández.** Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

Autores:

María Esther Alberruche del Campo, Francisco Javier Fernández Naranjo, Julio César Arranz, Virginia Rodríguez Gómez, Roberto Rodríguez Pacheco y María Ángeles Perucha Atienza.

# ÍNDICE

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN Y MARCO LEGAL.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Justificación y objetivo.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Marco Legal de los RCD.....</b>	<b>3</b>
1.2.1. Legislación europea.....	3
1.2.2. Legislación nacional.....	4
1.2.3. Legislación autonómica.....	9
<b>1.3. Diagnóstico del uso de RCD en restauraciones mineras en España.....</b>	<b>12</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Revisiones bibliográficas internacionales.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Revisiones bibliográficas nacionales.....</b>	<b>26</b>
<b>3. CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LOS RCD PARA RESTAURACIÓN MINERA.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1. Criterios y ensayos para la determinación del carácter inerte de los RCD.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2. Caracterización de muestras de RCD: lixiviabilidad y contenido total de parámetros orgánicos.....</b>	<b>38</b>
<b>4. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>45</b>
<b>5. ANEXO: ENSAYOS DE LABORATORIO</b>	



## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Justificación y Objetivo**

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son aquellos residuos o desechos generados en obras de construcción o demolición, entendiendo como tales: la construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble como es el caso de edificios, instalaciones deportivas o de ocio e infraestructuras de obra civil. Así como aquellos otros trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo (excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos) que no estén relacionados con la actividad minera, tal y como recoge el R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en nuestro país. Según EUROSTAT, en el año 2012, los RCD representaban el 22% del total de residuos generados en España, de forma que tan solo los residuos generados por la industria extractiva superaban dicho porcentaje. En dicho período, España era el sexto país de la Unión Europea en cuanto a producción de RCD, con algo más de 26 millones de toneladas<sup>1</sup>. Estos datos ponen en evidencia la magnitud del problema ambiental que representan, y la necesidad del reciclado o valorización de dichos residuos a fin de contribuir a una gestión más eficiente de los recursos naturales.

La Directiva 2008/98/CE Marco de Residuos y la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados establecen entre sus objetivos que en el año 2020, el 70% en peso de los residuos no peligrosos de construcción y demolición producidos deberían estar sometidos a algún proceso de valorización (reutilización, reciclado, etc.). Este porcentaje ha sido incluido como objetivo cuantitativo en el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022 (PEMAR). Aunque el nivel de valorización en nuestro país se ha incrementado significativamente en los últimos años, estando en 2013 en torno al 38% en peso de la producción total según la Federación Española de Gestores de RCD (FERCD), todavía está lejos del porcentaje propuesto por la Unión Europea. Asimismo, una parte importante de estos residuos se continúa eliminando en vertederos o de forma incontrolada (FERCD, 2015). La caída de la demanda de estos

---

<sup>1</sup> [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_statistics/es](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/es)

productos reciclados por la crisis del sector de la construcción en los últimos años ha contribuido a reforzar esta situación.

En este contexto, y con el objeto de incrementar las posibilidades de puesta en valor de este tipo de residuos, el R.D. 105/2008 establece que la utilización de residuos inertes procedentes de actividades de construcción y demolición en la restauración de un espacio ambientalmente degradado, o en obra de acondicionamiento o relleno, podría ser considerada una operación de valorización y no de eliminación en vertedero siempre que se cumpliera los criterios mínimos establecidos en la norma (art. 13). Asimismo, el PEMAR recoge como objetivo cualitativo: el fomento de la utilización de los residuos no peligrosos procedentes de RCD en la restauración de espacios degradados y en obras de acondicionamiento o relleno, de acuerdo con el R.D. 105/2008 que instaba a las Administraciones Públicas a fomentar este tipo de valorización.

Por otra parte, la falta de estériles en muchas explotaciones mineras imposibilita su restauración topográfica y paisajística dejando un hueco minero residual, tras el cese de la actividad. En estos casos, el R.D. 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras, permite el relleno del hueco de explotación con residuos inertes de procedencia no minera en los trabajos de remodelación del terreno, siempre y cuando se cumpla el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero (art. 13.1.d). Algunos especialistas defienden el uso de este tipo de residuos en restauración por su bajo coste y porque facilita la restitución topográfica del terreno en condiciones geotécnicas más estables, así como el diseño de formas geométricas más favorables para la revegetación e integración paisajística (Flores Martínez *et al.*, 2010).

Asimismo, el R.D. 105/2008, en su disposición final tercera, faculta al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para establecer los criterios ambientales mínimos sobre la utilización de residuos inertes en obras de restauración, acondicionamiento o relleno. Con este objeto, la Subdirección General de Residuos de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural de dicho

Ministerio, a través de una encomienda de gestión al Instituto Geológico y Minero de España, ha elaborado la presente “Guía para la Rehabilitación de Huecos Mineros con Residuos de Construcción y Demolición (RCD)”, con el fin de promover el uso de estos residuos en las restauraciones mineras de tal forma que se garantice la protección del medio ambiente y la salud y seguridad de las personas, y al mismo tiempo se lleve a cabo la valorización de una parte importante de la producción de RCD, de carácter inerte, que actualmente es desechada y eliminada en vertedero.

## 1.2. Marco legal de los RCD

### 1.2.1. Legislación europea

La Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas, establece el marco jurídico comunitario que regula la producción y gestión de los mismos. A pesar de que la Unión Europea considera los RCD como un “flujo prioritario de residuos”, no se ha desarrollado una norma europea específica para ellos (II PNRC). Esta Directiva tiene como objetivo para los residuos no peligrosos procedentes de la construcción y de las demoliciones conseguir, en 2020, que al menos el 70% en peso de dichos residuos sean reutilizados o valorizados mediante el reciclado u otras valorizaciones, entre las que se incluyen las operaciones de relleno que utilicen estos residuos como sucedáneos de otros materiales, con exclusión de los materiales presentes de modo natural definidos en la categoría 17 05 04 de la Lista Europea de Residuos (**Tabla 1**).

<b>CAPÍTULO 17 Codificación</b>	<b>RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (INCLUIDA LA TIERRA EXCAVADA EN ZONAS CONTAMINADAS)</b>
17 01	Hormigón, ladrillo, tejas y materiales cerámicos
17 02	Madera, vidrio y plástico
17 03	Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados
17 04	Metales (incluidas sus aleaciones)
17 05	Tierra (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje
17 06	Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto
17 08	Materiales de construcción a base de yeso
17 09	Otros residuos de construcción y demolición

**Tabla 1. Códigos de la Lista Europea de Residuos (LER) para los RCD**

De acuerdo con la Decisión de la Comisión de 18 de Diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva Marco de Residuos, los RCD (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas) se encuentran incluidos en el capítulo 17, codificados todos ellos con seis dígitos. En la **Tabla 1** se enumeran los subgrupos que integran los RCD.

Merece también una mención especial la legislación comunitaria relacionada con los residuos destinados a vertedero, constituida por la Directiva 1999/31/CE, relativa al vertido de residuos y la Decisión del Consejo 2003/33/CE, de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos.

#### 1.2.2. Legislación nacional

El Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición constituye la normativa básica que establece el régimen jurídico de la producción y gestión de los RCD, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, así como el adecuado tratamiento de los destinados a eliminación, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción. (art. 1).

El R.D. 105/2008 define RCD como cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “residuo” tal y como lo define la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, son generados en obras de construcción o demolición (art. 2.a) como: la construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil. O la realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, con exclusión de actividades asociadas a la minería y que son reguladas por la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas (art. 2.c). Hay que señalar, que las tierras y



piedras no contaminadas por sustancias peligrosas, procedentes generalmente de excavaciones y desmontes, que son *reutilizadas* para restauraciones y rellenos no les serán de aplicación lo establecido en este Real Decreto (art. 3), identificadas con el código LER 17 05 04 (la codificación LER ha sido incluida en la 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)

Esta normativa fomenta y contempla la posibilidad del uso de RCD inertes para la restauración de espacios ambientalmente degradados, o la realización de obras de acondicionamiento o relleno, considerándola además como una operación de valorización y no de eliminación de residuos en vertedero, siempre y cuando se cumplan los siguientes requisitos (art. 13.1):

- a) Que el órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma así lo haya declarado, antes del inicio de las operaciones de gestión de los residuos.
- b) Que la operación se realice por un gestor de residuos sometido a autorización administrativa de valorización de residuos. No se exigirá autorización de gestor de residuos para el uso de aquellos materiales obtenidos en una operación de valorización de RCD que no posean la calificación jurídica de residuo y cumplan con los requisitos técnicos y legales para el uso al que se destinen.
- c) Que el resultado de la operación sea la sustitución de recursos naturales que, en caso contrario, deberían haberse utilizado para cumplir el fin buscado con la obra de restauración y acondicionamiento o relleno.

El R.D. 105/2008 insta a las administraciones públicas a fomentar el uso de estos materiales inertes para la restauración de espacios ambientalmente degradados, promoviendo también acuerdos voluntarios entre los gestores de residuos y los responsables de la restauración de estos espacios (art. 13.3). Es por ello, que el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022 (PEMAR) recoge y propone el desarrollo de acuerdos o convenios sectoriales entre las industrias extractivas y las Comunidades Autónomas, con objeto de promover el uso de los huecos mineros existentes y sin restaurar, para la valorización de RCD en operaciones de recuperación

de espacios degradados, según el mencionado artículo 13 del R.D. 105/2008, de forma que se cumplan las especificaciones exigidas en dicha normativa y en los Planes de Restauración contemplados en el R.D. 975/2009.

La Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la investigación y aprovechamiento de los yacimientos minerales y demás recursos geológicos, cualesquiera que fueren su origen y estado físico. El Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras establece las medidas, procedimientos y orientaciones para prevenir o reducir en la medida de lo posible los efectos adversos que sobre el medio ambiente y los riesgos sobre la salud humana, puedan producir la investigación y aprovechamiento de los yacimientos minerales y el resto de recursos geológicos, así como la gestión de los residuos mineros. El concepto aprovechamiento incluye, además de la explotación, almacenamiento y beneficio de dichos recursos, la rehabilitación de los espacios afectados por la actividad minera (art. 1). En su Título I sobre el Plan de Restauración se define el término Rehabilitación como el tratamiento del terreno afectado por dicha actividad de forma que se devuelva éste a un estado satisfactorio, en particular en lo que se refiere, según los casos, a la calidad del suelo, la fauna, los hábitats naturales, los sistemas de agua dulce, el paisaje y los usos beneficiosos apropiados (art. 3.7a). El Plan de Restauración consta de una descripción detallada del entorno previsto para el desarrollo de las labores mineras, así como de las medidas previstas para la rehabilitación del espacio natural afectado por la explotación de los recursos minerales y de los servicios e instalaciones anejos a la misma. Para el objetivo de esta Guía, de entre todas estas medidas, destacan las relacionadas con el remodelado del terreno. La norma contempla la posibilidad del relleno del hueco de explotación, ya sea en superficie o por laboreo de interior, con residuos inertes de procedencia no minera (art. 13.1.d). En este caso, la entidad explotadora deberá registrar y certificar, sin perjuicio de la normativa vigente de residuos y, en particular, la correspondiente a la eliminación mediante depósito en vertedero, que les será de aplicación, el origen y naturaleza de los residuos, anotándose en el correspondiente Libro de Registro que estará a disposición de la autoridad competente. Por lo tanto, según el R.D. 975/2009,

el relleno de huecos mineros con RCD inertes debe realizarse de acuerdo con las prescripciones del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, a pesar de que el uso de residuos inertes en obras de restauración está excluido expresamente del ámbito de aplicación de dicha norma (art. 3.2), y no se considera por lo tanto un vertido.

De todo ello se deduce, que el relleno de huecos mineros deberá cumplir los requerimientos establecidos por el R.D. 1481/2001 para los vertederos de residuos inertes, de acuerdo con las prescripciones técnicas del Anexo I y el correspondiente desarrollo técnico del mismo (Subdirección General de Calidad Ambiental, 2003). Para garantizar la protección del suelo y de las aguas, la norma establece en los vertederos de residuos inertes el siguiente diseño: a) existencia de una barrera geológica natural (en fondo y taludes del hueco) con un coeficiente de permeabilidad (k) menor o igual de  $1 \times 10^{-7}$  m/s, y 1 m de espesor. b) Cuando dicha barrera no cumpla las condiciones antes mencionadas, se intentarán alcanzar dichos niveles de impermeabilidad añadiendo una barrera geológica artificial que consistirá en una capa mineral de un espesor no inferior a 0,5 metros. c) Sobre estas barreras geológicas, se colocarán unas capas de filtro y de drenaje para recogida de lixiviados. d) Por último, sobre dichas capas se depositarán los residuos (Anexo I, apartados 3.2, 3.3 y 3.4). Sin embargo, en este tipo de vertederos de residuos inertes, el órgano ambiental competente de la Comunidad Autónoma en la que se encuentre ubicado el mismo puede decidir, sobre la base de una evaluación de riesgos para el medio ambiente que tenga en cuenta la sección 3ª del capítulo II del Título III del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, y de acuerdo con la sección 2ª sobre control de aguas y gestión de lixiviados, que no sea necesaria la recogida y tratamiento de los lixiviados. En este caso concreto, o en el caso de que el vertedero presente un nivel de riesgo aceptable para el suelo, las aguas subterráneas y superficiales, los requisitos exigidos relacionados con el control de lixiviados y las barreras geológicas naturales y artificiales podrán ser modificados o reducidos en consecuencia, por dicho órgano ambiental (Anexo I, apartado 3.5). Estos aspectos son de especial interés, desde el punto de vista de las exigencias legales que la normativa de vertederos pueda imponer, sobre el acondicionamiento del hueco minero para el relleno de éste con RCD inertes en trabajos de restauración.

Asimismo, y como consecuencia de la aplicación del R.D. 1481, los residuos RCD susceptibles de ser utilizados en la restauración de huecos de explotaciones mineras, deberán cumplir los criterios de admisión para residuos inertes establecidos en la Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, y que son descritos más adelante, en el apartado 3.1.

En la **Tabla 2** se enuncia, a modo de síntesis, la normativa estatal de aplicación respecto al relleno de huecos mineros con RCD inertes.

<b>Legislación en materia de residuos</b>	
Ley 22/2011	Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
R.D. 105/2008	Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición
R.D. 1481/2001	Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero
	Real Decreto 1304/2009, de 31 de julio, por el que se modifica el R.D. 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
Desarrollo Técnico R.D. 1481/2001	Desarrollo Técnico del R.D. 1481 relativo a las instalaciones de vertido de residuos
Orden AAA/661/2013	Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero
Orden MAM/304/2002	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
<b>Legislación minera</b>	
Ley 22/1973	Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas
	Ley 54/1980, de 5 de noviembre, de modificación de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas con atención especial a los recursos energéticos.
R.D. 975/2009	Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.
	Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por las actividades mineras
	<i>Corrección de errores del Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por las actividades mineras.</i>

**Tabla 2. Legislación estatal de aplicación al relleno de huecos mineros con RCD**

La Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, de acuerdo con la Directiva Marco de Residuos, contempla la elaboración de planes de gestión estatales y autonómicos para el desarrollo de la política de residuos en nuestro país. Respecto a los RCD hay que destacar: el II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (II PNRCD), incluido en el Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015 (PNIR), que finaliza este año. Y el Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) para el período 2016-2022.

El PEMAR dedica el apartado 13 al establecimiento de las directrices de la política española en materia de residuos de construcción y demolición. Tal y como se ha señalado anteriormente, el PEMAR incorpora como objetivo cualitativo la valorización de los residuos no peligrosos procedentes de RCD mediante su uso en la restauración de espacios degradados y en obras de acondicionamiento o relleno. De esta forma, se contribuye también al objetivo cuantitativo del plan de alcanzar en 2020 la valorización de al menos el 70% en peso de los RCD producidos en nuestro país. Para ello, el PEMAR contempla expresamente el desarrollo de acuerdos y convenios sectoriales entre las industrias extractivas y las Comunidades Autónomas, para promover la valorización de RCD mediante la utilización de los mismos en la restauración de huecos mineros.

### 1.2.3. Legislación autonómica

De acuerdo con la Ley 22/2011 y el R.D. 105/2008 es competencia de las Comunidades Autónomas (CCAA), y de las Entidades Locales en el caso de los RCD procedentes de obra menor o reparación domiciliaria, la elaboración de planes y programas de gestión específicos; así como la autorización, vigilancia, inspección y sanción de la producción, posesión y gestión de los residuos de construcción y demolición. La **Tabla 3** muestra las CCAA que han aprobado normativa específica en materia de gestión de RCD.

Existe un consenso general en toda la normativa autonómica sobre RCD, de considerar las tierras y piedras de excavación y desmonte (LER 17 05 04) como las más aptas para

operaciones de relleno. En algunos casos, solo se considera este material para este tipo de uso como por ejemplo en la Comunidad Autónoma de Madrid (Orden 2726/2009) o en el País Vasco (Decreto 49/2009). Aunque su uso para tal fin ayuda a reducir el número de vertederos o evitar la colmatación de los ya existentes, sin embargo este tipo de materiales ha sido excluido por La Directiva 2008/98/CE del conjunto de RCD que deben ser valorizados hasta alcanzar el objetivo del 70% de la producción en peso en 2020. Respecto al resto de RCD aptos para restauración de espacios degradados, en la mayor parte de las CCAA se sigue por lo general la norma básica estatal (R.D. 105/2008). No obstante, es posible destacar algunas casuísticas: en la Comunidad Valenciana, el Decreto 200/2004 contempla la restauración de actividades mineras en explotación o abandonadas con residuos inertes, en los que se incluyen tierras y piedras no contaminadas de excavación y desmonte, y residuos inertes homogéneos generados en el desarrollo de obras de infraestructuras, cuando los volúmenes a emplear sean inferiores a 50000 m<sup>3</sup>. Se admiten estos materiales con volúmenes superiores o el empleo de otros RCD previa declaración administrativa de su adecuación para este tipo de usos. En Extremadura, el Decreto 20/2011 recoge una categorización de los RCD atendiendo a su tratamiento; A efectos de los objetivos de esta Guía resulta de interés que dicha norma considere el rechazo inerte derivado de procesos de reciclado de RCD como el adecuado para restauración y rellenos (definido como categoría IV), al igual que otras normativas autonómicas (Decreto 262/2006 en Aragón), aunque se admite también para dicho uso RCD inertes limpios (categoría III), separados en origen (hormigón o cerámicos), y excepcionalmente residuos inertes sucios o mezclas heterogéneas procedentes de diversas fuentes (categoría II) previa declaración como operación de valorización por la Consejería competente en materia ambiental.

Respecto a los RCD procedentes de obras menores y reparación domiciliaria, tendrán la consideración jurídica de residuo urbano (R.D. 105/2008) y estarán, por ello, sujetos a lo que establezcan las Entidades Locales en sus respectivas ordenanzas municipales.

La planificación de las CCAA en materia de RCD se ha llevado a cabo a través de planes y programas de gestión específicos o incluyéndolos en planes integrales de residuos.

<b>CCAA</b>	<b>Legislación autonómica específica de RCD</b>
<b>ARAGÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto 262/2006, de 27 diciembre. Aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de los residuos de la construcción y la demolición, y del régimen jurídico del servicio público de eliminación y valorización de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliaria en la Comunidad Autónoma de Aragón.</li> <li>- Decreto 117/2009, de 23 junio, que modifica el Decreto 262/2006, de 27-12-2006, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el reglamento de la producción, posesión y gestión de los residuos de la construcción y la demolición, y del régimen jurídico del servicio público de eliminación y valorización de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliaria en la Comunidad Autónoma de Aragón.</li> </ul>
<b>ISLAS BALEARES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto 10/2000, de 4 febrero, fija provisionalmente y con carácter de extrema urgencia, la selección y vertido de residuos de la construcción y demolición.</li> <li>- Orden de 28 de febrero 2000, medidas transitorias para la autorización de instalaciones de valorización y eliminación de residuos de la construcción y demolición.</li> <li>- Resolución de 26 de febrero 2001. RESIDUOS. Aplicación de la disposición adicional de la Orden de la Conselleria de Medio Ambiente de 28-2-2000 (LIB 2000\69), sobre las medidas transitorias para la autorización de instalaciones de valorización y eliminación de residuos de la construcción y demolición</li> </ul>
<b>CANTABRIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto 72/2010, de 28 octubre, regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad Autónoma de Cantabria.</li> </ul>
<b>CATALUÑA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto núm. 89/2010, de 29 de junio, aprueba el Programa de gestión de residuos de la construcción de Cataluña (PROGROC), se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición, y el canon sobre la deposición controlada de los residuos de la construcción.</li> </ul>
<b>COMUNIDAD VALENCIANA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto 200/2004, de 1 de octubre, del Consell de la Generalitat, por el que se regula la utilización de residuos inertes adecuados en obras de restauración, acondicionamiento y relleno, con fines de construcción.</li> </ul>
<b>EXTREMADURA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto 20/2011, de 25 febrero. Establece el régimen jurídico de la producción, posesión y gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad Autónoma de Extremadura.</li> </ul>
<b>GALICIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ley 174/2005, de 9 de junio, por el que se regula el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos y el Registro General de Productores y Gestores de Residuos de Galicia. <i>Esta ley ha derogado el Decreto 352/2002 por el que se regulaba la producción de los residuos de la construcción y la demolición.</i></li> <li>- Orden del 15 de junio de 2006, por la que se desarrolla el Decreto 174/2005, del 9 de junio, por el que se regula el régimen jurídico de la producción y gestión de residuos y el Registro General de Productores y Gestores de Residuos de Galicia</li> <li>- Orden de 20 de julio de 2009, por la que se regula la construcción y la gestión de los vertederos en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Galicia.</li> </ul>
<b>COMUNIDAD DE MADRID</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orden 2726/2009, de 16 julio, por la que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad de Madrid.</li> </ul>
<b>C. FORAL DE NAVARRA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto Foral 23/2011, de 28 marzo, regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el ámbito territorial de la Comunidad Foral de Navarra.</li> </ul>
<b>PAÍS VASCO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decreto 112/2012, de 26 junio. Regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.</li> <li>- Decreto 49/2009, de 24 de febrero, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.</li> </ul>

**Tabla 3. Legislación autonómica específica para RCD**

En la **Tabla 4** se recoge legislación minera autonómica en materia de restauración y protección de espacios afectados por la actividad extractiva.

CCAA	Legislación minera autonómica
ARAGÓN	- Decreto 98/1994, de 26 de abril, de la Diputación General de Aragón sobre normas de protección del medio ambiente de aplicación a las actividades extractivas en la Comunidad Autónoma de Aragón
ISLAS BALEARES	- Ley 10/2014, de 1 de octubre, de ordenación minera de las Illes Balears
CASTILLA-LEÓN	- Decreto 329/1991, de 14 de noviembre, sobre restauración de Espacios Naturales afectados por actividades mineras.
CATALUÑA	- Ley 12/1981. Protección de los espacios de especial interés natural afectados por actividades extractivas (modificada Decreto Legislativo 14/1994, de 26 de julio). - Decreto 343/1983 Normas de protección del medio ambiente de aplicación a las actividades extractivas.
COMUNIDAD VALENCIANA	- Decreto 82/2005, de 22 de abril, del Consell de la Generalitat de Ordenación Ambiental de Explotaciones Mineras en Espacios Forestales de la Comunidad Valenciana
GALICIA	- Ley 3/2008, de 23 de mayo, de ordenación de la minería de Galicia

**Tabla 4. Legislación minera autonómica en materia de restauración y protección de espacios afectados por actividades extractivas**

### 1.3. Diagnóstico del uso de RCD en restauraciones mineras en España

En los últimos años, coincidiendo con la crisis económica y de la construcción, la generación de RCD en nuestro país se ha visto reducida de forma significativa. De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el periodo 2007-2012 se constató una reducción del 34% de la producción en peso (t) de RCD, pasando de 42 millones de toneladas en 2007 a 27,7 millones de toneladas en 2012 (PEMAR, 2016-2022).

La información del INE y del Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos sobre valorización o tratamiento de los RCD, relativa al año 2012 (últimos datos oficiales disponibles), y recogida en la **Tabla 5**, mostraba lo siguiente:

- La mayor parte de los RCD generados en dicho período fueron catalogados como “No Peligrosos”, es decir, el 99,8% del total de RCD en peso (t). Mientras que sólo un 0,2% de la producción fueron considerados “Peligrosos”.
- Los RCD destinados a valorización (reciclaje) representaban el 68,2% del total generado en peso.



- Mientras que el 15,7% en peso de la producción total de RCD fue eliminada en vertedero.

Estos datos estadísticos oficiales muestran una sobrevaloración del porcentaje de RCD sometido a operaciones de valorización, lejos de la realidad del sector. En el año 2013, la Federación Española de Gestores de RCD estimó que tan solo se recicló el 38% de la producción, y un 26% de la misma se depositó en vertederos de inertes. Dicha fuente señalaba además que el 36% de los residuos fueron vertidos de forma incontrolada (FERCD, 2015). Estos vertidos incontrolados se han realizado aprovechando en muchas ocasiones antiguos huecos mineros abandonados.

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)				
	Producción (t)	Reciclados (t)	Operaciones de relleno (t)	Depósito en vertedero (t)
<b>No Peligrosos</b>	27.637.698	19.007.146	4.328.999	4.301.553
<b>Peligrosos</b>	66.156	3.878	0	62.278
<b>Total</b>	27.703.854	19.011.024	4.328.999	4.363.831

**Tabla 5. Generación y gestión de residuos de construcción y demolición en 2012. (INE y PEMAR 2016-2022).**

Por otra parte, no existe una estadística oficial que nos permita poder evaluar de forma precisa el uso de RCD en restauraciones mineras. No obstante, se puede deducir que el 15,6% (4.328.999 t) de la producción de RCD destinada a operaciones de relleno en 2012, reseñada en la estadística de residuos del INE (**Tabla 5**), están relacionadas en gran medida con la restauración y el relleno de huecos mineros.

Tampoco existe una estadística oficial ni un inventario a nivel nacional, que permita evaluar el volumen de huecos mineros de explotaciones abandonadas y/o activas existentes en nuestro país. No obstante, se ha realizado una estimación, *grosso modo*, del volumen de huecos generado a partir de la “Estadística Minera” del Ministerio de Industria, Energía y Turismo sobre producción minera (<http://www.minetur.gob.es/ENERGIA/MINERIA/ESTADISTICA/Paginas/Consulta.aspx>), en el año 2012 (último período con datos disponibles). Para ello, se ha asignado un valor estándar de densidad a cada uno de los recursos mineros producidos que son considerados en dicha estadística con el objeto de transformar los valores de

producción en valores volumétricos ( $m^3$ ), pudiéndose estimar de esta manera el volumen de hueco mínimo implícito asociado a dicha producción minera, que ha resultado ser de unos 157.915.135  $m^3$ . Por otra parte, la producción total de RCD no peligrosos fue en ese mismo año, según datos del INE, de 27.637.698 t (**Tabla 5**); si se le asigna a dicho material una densidad media de 2,3  $t/m^3$  (CEDEX, 2014), se obtiene un volumen total de residuo en torno a 12.016.390  $m^3$ . Es evidente que el volumen de huecos mineros generado permite acoger la producción anual de RCD. A pesar de que la estimación es muy grosera, sin embargo se pone en evidencia el potencial que representa el relleno de los huecos mineros para la valorización de una parte importante de la producción actual de RCD, especialmente de aquella que es difícil de comercializar.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Revisiones bibliográficas internacionales**

La revisión de la bibliografía científico-técnica internacional relativa a la restauración de explotaciones mineras con RCD ha puesto de manifiesto la escasez de documentos técnicos y de investigación, que aborden dicho tema específicamente. Por el contrario, la mayoría de la documentación existente hace referencia fundamentalmente a aspectos técnicos, de diseño y condicionantes ambientales relacionados con vertederos de residuos. A continuación, se describe brevemente aquellas referencias bibliográficas de mayor interés para esta Guía.

De entre todas las publicaciones consultadas, cabe destacar el documento *“Use of Mine Reclamation Clean Fill Material at Active Mine Sites”* (Pennsylvania Department of Environmental Protection. Bureau of Mining and Reclamation, 2007). En el mismo, se considera expresamente el uso de RCD para la restauración de espacios afectados por actividades mineras. En un primer apartado, se expone el trasfondo de la cuestión relativa a la utilización de este tipo de residuos para la rehabilitación de espacios mineros, siendo el objetivo último de este documento garantizar que el material de relleno sea limpio y adecuado. Aborda la problemática partiendo de la base de dos

principios: 1) que los grandes huecos mineros pueden acomodar gran cantidad de materiales que puede conllevar impactos ambientales acumulativos, en especial en lo referente a las aguas superficiales y subterráneas; 2) que las minas pueden contener agua y que, aunque el ideal sería mantener el material de relleno “alto y seco” esto no siempre va a ser posible. En el documento se describen también los procedimientos necesarios para permitir el relleno de material limpio en minas activas, distinguiendo dos tipologías de relleno:

- Relleno incidental para la restauración minera: estableciéndose los límites de 750 toneladas por año para grandes minas y minas de carbón, y de 125 toneladas por año para el resto de minas y que implica requisitos menos restrictivos; si bien no se permiten vertidos por debajo de la lámina de agua
- Relleno estándar para la restauración minera: para valores de vertido superiores a los valores mencionados siempre que sean debidamente autorizados tanto por la administración minera y el propietario de los terrenos, y sea consistente con el uso territorial propuesto tras el cese de la actividad minera. Adicionalmente, para este tipo de relleno se especifican los materiales inaceptables, aceptables a depositar por debajo de la zona de saturación y aceptables por encima de la zona de saturación; así como determinados requisitos, tanto para asegurar que el material esté limpio como para la inspección y monitoreo de los vertidos.

El documento incluye los requisitos para la restauración, entre los que cabe destacar la necesidad de establecer de antemano la cantidad de materiales a depositar, evitar que dichos materiales sean acopiados antes de su vertido y la elaboración de secciones transversales que muestren el avance del mismo, entre otros. Finalmente, recoge un apartado dedicado exclusivamente al monitoreo del agua subterránea, especificando los parámetros químicos a considerar (diversos contenidos tanto de materiales orgánicos como inorgánicos especificados en el segundo de los anexos que contiene) junto a la frecuencia de muestreo. Cabe destacar que estos valores, al menos en lo que a inorgánicos se refiere, muestran dos umbrales diferentes en función de si el vertido se realiza por encima o por debajo del nivel freático.

La publicación *“Use of Reclamation Clean Fill at Active Non Coal Sites”* (Pennsylvania Department of Environmental Protection. Bureau of Mining Programs, 2013), con la misma referencia documental, puede considerarse una actualización del documento descrito anteriormente. En la misma, se hace hincapié, en que el proyecto de relleno sea acorde con el plan de restauración. En esta ocasión, respecto a los volúmenes incidentales, se establece un límite de volumen de 3000 yardas cúbicas por año (que equivalen a 5400 toneladas por año) y se mantiene el límite de 125 toneladas por año para la minería de pequeña entidad, sin hacer referencia al “relleno estándar”. La aprobación del vertido para restauración dependerá de:

- 1) La aprobación de la ubicación del vertedero. Para ello, se establecen determinadas prescripciones, destacando las asociadas al vertido por debajo de la lámina de agua subterránea (caracterización hidrogeológica, plan de monitoreo de aguas subterráneas y demostración de que el depósito de material minimizará las afecciones sobre el balance hidrológico).
- 2) La aprobación de la fuente de los residuos; en este caso, cabe destacar que el grado de evaluación o grado de exigencia para la aprobación del proyecto va a estar en función del volumen de vertido estimado. En este apartado se realiza una breve descripción del procedimiento de aprobación.

En el Anexo A del documento se establecen los criterios de análisis del material de relleno para uso en la restauración, y valores límite para contenidos de componentes químicos u orgánicos que son expuestos en tablas, así como valores umbral para diversos escenarios (por ejemplo en función de la posición relativa vertical del nivel freático respecto al material de relleno: 1,2 m por encima o por debajo de dicho nivel). Respecto a la anterior publicación, se han observado diferencias significativas en los valores límite establecidos así como la inclusión de nuevos escenarios. Por último, la publicación dedica un apartado a las “Mejores Prácticas Disponibles” haciéndose hincapié en la necesidad de que el operador las adopte en aquellos aspectos en que le sea posible (muestreo, monitoreo, registro, etc).

El resto de las referencias bibliográficas consultadas desarrollan todas ellas diversos aspectos relacionados con los vertederos de residuos de construcción y demolición, u

otro tipo de residuos, sin hacer referencia expresa a la restauración minera. Entre las publicaciones seleccionadas destacan las siguientes guías:

- *“A guideline on the regulatory and approval requirements for new or expanding landfilling sites”* (Government of Ontario, 2012)

Se trata de una guía de aplicación del marco normativo existente en esta materia para el estado de Ontario (Canadá). En este documento se expone una serie de estándares a cumplir para el caso de nuevos vertederos, o ampliación de vertederos ya existentes, de obligado cumplimiento. Su aplicación se circunscribe a aquellos depósitos que aceptan residuos municipales, siempre que no sean considerados pequeños (<40.000 m<sup>3</sup>). Aunque habla de residuos municipales en general, también hace referencia explícita a los RCD. Las prescripciones o requerimientos contemplados en dicha guía son clasificados en:

- Requerimientos de diseño, respecto a:
  - Especificaciones de diseño
  - Áreas de protección
  - Evaluación hidrogeológica
  - Evaluación de aguas superficiales
  - Criterios de diseño para la protección de aguas subterráneas
  - Sistemas de protección de aguas subterráneas
  - Planes de emergencia para lixiviados
  - Control del agua superficial
  - Migración sub-superficial de gas de vertedero
  - Emisiones atmosféricas del vertedero
  - Criterios de diseño para las instalaciones
  - Criterios de diseño para el ruido
  - Procedimientos operativos y de mantenimiento
- Garantías financieras (para planes de emergencia y para el periodo de clausura y post-clausura)
- Operacionales (Informe de ubicación, mantenimiento de registros, informe de operaciones anual, etc.)

- *"A Guide to the management of cleanfills"* (Ministry of Environment, 2002)

Se trata nuevamente de una guía en la que se establecen las líneas base para la gestión de vertederos que se consideren "limpios" (*cleanfills*) para el territorio de Nueva Zelanda, entendiendo como tales aquellos provenientes de actividades de construcción y demolición, que generalmente vienen constituidos por suelos, roca, hormigón, ladrillos y material inerte similar. El contenido de este documento contempla los siguientes apartados: definición de un vertedero "limpio" (*cleanfills*); marco regulatorio; criterios de aceptación de los residuos; ubicación y diseño del mismo; control de la erosión y sedimentación, así como las operaciones a desarrollar y el mantenimiento del mismo.

En primer lugar el documento realiza una definición más precisa de lo que se entiende por un residuo limpio, advirtiendo que los materiales limpios han de estar libres de material combustible, putrefactable, degradable o generador de lixiviado. Además no debe tratarse de sustancias peligrosas o materiales derivados de tratamiento, estabilización o depósito de residuos peligrosos. También quedan excluidos de la definición de residuos limpios todos aquellos productos que supongan un riesgo a la salud humana o animal, así como los residuos líquidos.

A continuación el documento se centra en los requisitos inherentes a la ubicación de un vertedero limpio, especificando la necesidad de elaboración de estudios relativos al proceso de selección de la ubicación del vertedero y a los criterios a seguir (usos del territorio, suelos, estabilidad geotécnica, aguas superficiales, topografía, etc.). Se destacan también aspectos relativos al diseño del vertedero limpio (accesos, instalación, volúmenes de acogida de material, etc.) y a las operaciones de gestión a realizar (aceptación del residuo, personal, accesos, control del agua, control de posibles impactos ambientales, etc.). Cabe destacar que un apartado completo está exclusivamente dedicado al control de los procesos erosivos y sedimentarios, algo que resulta bastante novedoso para este tipo de proyectos que suelen quedar centrados en aspectos relacionados con la producción de lixiviados.

- *“Review of the regulatory framework for the management of construction and demolition and inert waste in Australian jurisdictions”* (Waste Authority of Western Australia, 2011)

Tras una breve definición del trasfondo del alcance del documento, este pasa a centrarse en el análisis, por los diferentes ámbitos territoriales australianos, de la situación relativa a los siguientes aspectos: legislación; definición y categorización de residuos; regulación de los residuos de construcción y demolición; usos finales y productos permitidos; gravámenes al vertido; y requisito para el vertido de asbestos

Cabe destacar de este documento que, en el apartado dedicado a la definición y categorización de residuos, dedica una tabla a la definición de residuo de RCD (*C&D waste*), residuo inerte (*inert waste*), vertido limpio (*clean fill*), residuos de asbestos (*waste asbestos*) y material natural excavado (*virgin excavated natural material or VENM*).

- *“Environmental Permitting Regulations: Inert waste guidance”* (Environmental Agency, 2009)

Esta guía de la Agencia Ambiental británica surge con el objetivo de definir los requisitos necesarios para proceder tanto al depósito de residuos inertes en tierra como a la recuperación de los mismos.

Un primer requisito pasa por la elaboración de un diseño ambiental de instalación y establecimiento (ESID), en el que se define el modelo conceptual del emplazamiento, los riesgos potenciales, y especialmente centrado en las condiciones hidrogeológicas del establecimiento.

A continuación se exponen los requisitos de aceptación de materiales, donde se destaca la necesidad de control de materiales de entrada y la caracterización de los residuos, distinguiendo entre residuos controlados (generados por una misma

infraestructura o caracterizados en detalle) y residuos generados de manera irregular. Este apartado implica además la necesidad de realización de ensayos sobre los residuos, explicando en qué casos es necesaria la realización de los mismos. En los dos siguientes apartados se considera la evaluación de riesgos y se establecen medidas de protección sobre el suelo y el agua. Por último la guía describe las técnicas propuestas de control de la contaminación de tipo financiero, ingenieriles, y otras medidas relacionadas con la aceptación de los residuos, cierre y vigilancia, emisión de sustancias, ruido y vibraciones, monitoreo y registros. Cabe destacar la inclusión de un Apendice A1 en el que se habla de los requerimientos previstos para el establecimiento de una barrera geológica para vertidos de relleno con materiales inertes.

- *“Construction and demolition waste landfills”* (EPA, 1995)

Este documento elaborado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos incluye una caracterización de los residuos de construcción y demolición y de los lixiviados susceptibles de ser generados, dedicando un capítulo exclusivamente a las analíticas de carácter cualitativo de potenciales lixiviados. En el mismo, se recogen también las regulaciones y requisitos exigidos para vertidos de relleno con RCD, y se realiza un estudio comparativo según los distintos estados, distinguiéndose las siguientes casuísticas: estados en los que los requisitos de vertidos de RCD se asimilan a los de vertederos sanitarios; estados en los que los requisitos de vertidos de RCD se tratan de manera separada de los vertederos sanitarios; estados con requisitos diferentes para el caso de vertidos para relleno on-site y off-site; y estados para los que los RCD quedan exentos de regulación.

De forma similar, se describen los requerimientos para el monitoreo de aguas subterráneas y se realiza también un análisis comparativo de los mismos entre los distintos estados, observándose distintos escenarios: estados sin requisitos de monitoreo para el agua subterránea; estados que “podrían” requerir monitoreo de aguas subterráneas (basados en la discreción de la autoridad regulatoria); estados con requisitos de monitoreo menos estrictos que la normativa EPA (MSWLF); y estados con



requisitos de monitoreo similares a la normativa EPA (MSWLF). En dicho documento técnico, se recogen otros aspectos y prescripciones relativos a acciones correctivas y otros requisitos estatales.

- *“Standars for landfills in Alberta”* (Government of Alberta, 2010)

Se trata nuevamente de un documento que hace referencia a cualquier clase de vertedero, distinguiéndose tres clases: I (vertederos de residuos peligrosos), II (vertederos de residuos no peligrosos) y III (vertederos de residuos inertes). Tras una primera sección dedicada al marco regulatorio, el documento entra de lleno en los requisitos implícitos al establecimiento y desarrollo de un relleno por vertido. Un primer aspecto que contempla es el denominado “separación del entorno natural” o zona de seguridad cuya distancia (entre 100 y 300 metros) puede incrementarse en función de la existencia de riesgo de deslizamiento o la proximidad de cuerpos de agua naturales o artificiales. Además se expone la necesidad, dependiendo del caso, del establecimiento de una determinada barrera geológica. Se incluye la elaboración de un programa técnico de investigación específico del vertedero y su entorno, además de un programa de monitorización de aguas subterráneas, y la necesidad de reflejar los resultados en un informe detallado en el mismo.

La tercera sección del documento recoge todo lo relativo a las especificaciones en cuanto al diseño y construcción, en base al tipo de vertedero (Clase I, Clase II o Clase III). En cualquier caso, todos los proyectos de vertederos (independientemente de su clase) deben cumplir con una serie de requisitos entre los que destacan: descripción de la cantidad y tipo de material vertido; una evaluación del potencial de lixiviación; una descripción de los sistemas de monitoreo; un plan de cierre preliminar; planos ingenieriles de diseño: Mapas topográficos, secciones, componentes estructurales, sistemas de control del agua de lluvia, sistemas de monitoreo del agua subterránea, etc.

La cuarta sección del documento se centra en las operaciones de vertido y relleno (certificación del operador, aceptación de residuos, aspectos operacionales, gestión

del lixiviado, etc.). La quinta sección recoge los sistemas de monitoreo, análisis de incidentes y las acciones correctivas, incluyendo planes de monitoreo tanto del relleno por vertido como de las aguas subterráneas, aguas superficiales y de los posibles lixiviados que se generen. Las últimas secciones del documento se centran en los planes de clausura y post-clausura y en el mantenimiento de sistemas de registro, etc.

- *Draft Environmental Guidelines. Solid Waste Landfills. Environmental Protection Authority. (Waste Management Branch. 2015)*

Esta guía engloba los requerimientos exigidos para todo tipo de vertedero de residuos sólidos en el estado de Nueva Gales del Sur (Nueva Zelanda). En función del tipo de residuo almacenado, se establece la siguiente clasificación de vertederos: de residuo sólido general con material putrescible; de residuo sólido general con material no putrescible; de residuo sólido restringido; de residuos especiales; de residuos peligrosos; y de residuos líquidos.

El documento define tres pilares básicos de actuación en lo relativo a la minimización de los efectos perjudiciales de un vertido: restricciones relativas a la ubicación del vertedero, requisitos relativos a la evaluación de impacto ambiental y preparación de informes técnicos.

En la “parte B” de la guía se recogen los requisitos mínimos estándar para los vertederos, y que quedan clasificados en:

- Sistema de barrera para lixiviados (en el que se encuentran requisitos relativos al diseño del sistema de barrera, sistemas de revestimiento de membrana flexible, revestimientos de capas granulares geosintéticas, capas drenantes de grava, sistemas colectores de tubería, protección mediante geotextiles y georedes, extracción de lixiviados y sistemas de control, y por último sistemas de almacenamiento en celdas).

- Almacenamiento de lixiviados y vertido (donde se dan requisitos relativos al tratamiento del lixiviado y su depósito y procedimientos para la modelización del balance de aguas).
- Gestión de aguas pluviales (con requisitos en lo referente al control erosivo y control de la sedimentación).
- Monitoreo de la calidad del agua (donde se distingue entre el monitoreo del lixiviado, del agua pluvial, de las aguas superficiales, y de las aguas subterráneas).
- Gestión y monitoreo de los gases de vertedero (en el que se recogen requisitos relativos al monitoreo de gases superficiales de vertedero, gases sub-superficiales de vertedero, y control a través de medición de gases en el medio receptor, entre otros)
- Parámetros recreativos (olor, polvo, ruido, desechos y control de incendios)
- Aceptación de residuos y procedimientos de seguridad
- Cobertura del vertido (en lo referente a recubrimiento diario, cobertera intermedia, etc.)
- Recubrimiento y vegetación final (donde se exponen os requisitos relativos a la cobertura final, y justificación de coberturas alternas en caso de darse)
- Clausura (donde se recogen los requisitos referentes al plan de clausura, certificación del cierre y futuros desarrollos en vertederos clausurados )
- Control de calidad (Plan de control de calidad e informe de control de calidad de la infraestructura).

Todas estas prescripciones son de aplicación a cualquiera de los tipos de vertederos enunciadas, incluidos los de RCD.

- *“Environmental Standars for Construction and Demolition Waste Disposal Sites”*  
(Government Newfoundland & Labrador, 2010)

Se definen estándares para la construcción, operación y clausura de depósitos de residuos de construcción y demolición con el objeto final de minimizar los impactos, y ofrecer un elevado nivel de protección ambiental al entorno a lo largo del ciclo de vida completo de dichos residuos. Dichos estándares son clasificado en:

- Ambientales (Selección del lugar; investigación del lugar: hidrología, aguas superficiales y subterráneas; localización y diseño de la infraestructura de depósito de residuos)
- Constructivos
- Control/aseguramiento de la calidad
- Recepción de material (Áreas de recepción; inspección y monitoreo; medición de los residuos; aceptabilidad del material; manejo de materiales peligrosos o sospechosos)
- Operaciones de vertido de RCD (equipos; asentamiento, compactación y recubrimiento; aseguramiento del reciclado, etc.)
- Planes operativos (Operaciones y mantenimiento; planes de emergencia)
- Registros y requisitos documentales
- Seguridad
- Monitoreo ambiental (Agua de escorrentía; gestión de los lixiviados; monitoreo del agua superficial; monitoreo del agua subterránea; gestión de los gases/olores; calidad del aire, polvo y ruido; etc.)
- Clausura (Rehabilitación; monitoreo y mantenimiento post-clausura)
  
- *“Landfill Manuals. Landfill site design”* (Ireland EPA, 2000)

Este manual de la Agencia de Protección Ambiental irlandesa es uno de los más completos y específicos de cara a los objetivos de la presente Guía. En el mismo, y tras el apartado introductorio en el que se hace referencia a la Directiva 75/422/CE, se exponen diversos aspectos que deben ser considerados en el diseño de los vertederos, tales como:

- Naturaleza y cantidad de residuos
- Control de las aguas
- Protección de suelos y aguas
- Gestión de lixiviados
- Control de gas

- Afecciones ambientales
- Estabilidad
- Apariencia visual y paisaje
- Requisitos operacionales y de restauración
- Requisitos de monitoreo
- Costes estimados de la instalación
- Usos posteriores a la explotación
- Construcción
- Evaluación de riesgos

En el documento recogen diferentes alternativas posibles para el desarrollo del proyecto de vertedero, así como las infraestructuras necesarias para llevarlo a cabo. Asimismo, son especialmente relevantes los siguientes apartados que son descritos a continuación:

- El apartado 5 se centra en la gestión del agua superficial y subterránea para este tipo de proyectos, para lo que aporta diferentes opciones para el control de aguas superficiales y la consideración de diferentes escenarios en lo referente a las aguas freáticas.
- El apartado 6 desarrolla los requisitos relativos a un sistema de barrera para los vertederos, especificándose la necesidad de una capa natural de 1 m de espesor con una conductividad inferior a  $10^{-7}$  m/s o artificial de 0.5 m para vertederos de residuos inertes. Además, se exponen las diferentes alternativas en lo referente a la selección del material natural impermeable y geo-membranas utilizables.
- El apartado 7 expone información relativa a requisitos relacionados con el control de lixiviados, haciendo un repaso por los constituyentes esperables de un lixiviado más significativos (amoníaco, fósforo, metales, sulfatos, etc.), así como la necesidad de estimar volúmenes y composición del mismo. Además, se añade información relativa a sistemas de recogida y retirada del lixiviado en vertederos.
- El apartado 8 recoge de manera extensa requisitos y diferentes técnicas relativas a posibles tratamientos a realizar sobre el lixiviado (pretratamiento, tratamientos

físico-químicos, tratamientos biológicos, métodos avanzados de tratamiento, gestión de residuos).

- El apartado 9 recoge de manera extensa requisitos y técnicas a emplear para el control de la emisión de gases en este tipo de proyectos.
- El apartado 10 lo dedica al diseño y construcción de la cobertera, definiendo los sistemas de cobertera recomendados, asentamientos, estabilidad, etc.

## **2.2. Revisión bibliográfica nacional**

En nuestro país, son escasos los documentos, guías o manuales que aborden específicamente la restauración de huecos mineros con residuos de construcción y demolición. Entre ellos, podemos destacar la “Guía Metodológica para la Tramitación de Actividades Extractivas en la Comunidad Foral de Navarra y Guía de Buenas Prácticas” del Gobierno de Navarra (Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local, 2014), que establece los criterios ambientales y contenidos mínimos exigibles en la redacción de los Estudios de Impacto Ambiental que han de acompañar a los proyectos mineros para su tramitación ambiental, y propone además algunas directrices para los planes de explotación y restauración de actividades mineras a cielo abierto. En la misma, se contempla la recuperación topográfica del hueco de explotación mediante rellenos con materiales no mineros sin que se considere un vertedero de inertes. En este caso, sólo se admite el uso tierras y piedras limpias de excavación o RCD que hayan sido sometidos a un tratamiento con objeto de aprovechar como mínimo los materiales pétreos, y tras haberles sido retirada la totalidad de los residuos peligrosos y residuos no peligrosos que no son inertes, salvo que en el proyecto de restauración aprobado se especifiquen los tipos y características de los residuos inertes que pueden ser utilizados. Además, el proyecto de restauración deberá garantizar la impermeabilidad del terreno y el promotor de la actividad extractiva se deberá constituir en Gestor de Residuos de acuerdo con el Decreto Foral 23/2011, de 28 de marzo, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el ámbito territorial de la Comunidad Foral de Navarra. Otro aspecto importante que recoge dicha Guía, desde el punto de vista de los RCD, es que se debe garantizar la disponibilidad del material de relleno en

el momento de la tramitación de la actividad extractiva. De no confirmarse ésta, se considera la restauración como inviable, o al menos sin garantía. En dicha Guía, se proponen algunas directrices relacionadas con las operaciones de restauración de dichos huecos mineros, independientemente de si se utilizan materiales propios de la explotación, tierra de excavación o RCD como: la forma y secuencia del relleno en tongadas bien compactadas de 1-2 m de altura depositadas de abajo hacia arriba, y el tipo de remodelación o pendientes finales de los taludes en caso de rellenos parciales. Se señala la necesidad de garantizar una pendiente del terreno restituído que favorezca la evacuación de las aguas superficiales, así como la construcción de nuevos sistemas de drenaje de fondo y perimetrales. Y otras medidas relacionadas con la restitución del suelo y la revegetación con especies propias de la zona que favorezca su integración paisajística.

La “Guía para la tramitación ambiental de las actividades mineras en la Comunidad Autónoma de Extremadura” (Pajares *et al.*, 2011) dedica su Anexo IV a la “Restauración mediante RCD’s”. En él se establece que para las actividades de restauración, acondicionamiento y relleno deberán usarse residuos, según la clasificación del Decreto 20/2011 que regula los RCD en Extremadura, de: categoría III (RCD limpios, seleccionados en origen y entregados de forma separada tanto del grupo de hormigones, morteros, piedras y áridos naturales mezclados, como del de ladrillos, azulejos y otros cerámicos) y IV (residuos inertes derivados de procesos de reciclado o rechazos, pero que son aptos para restauración). Excepcionalmente, la Consejería competente en materia ambiental podrá aceptar para esta actividad residuos de la Categoría II (RCD sucios, entendiendo como tales los no seleccionados en origen y que aparecen en forma de mezcla heterogénea de residuos inertes), previa solicitud motivada. Tanto si se trata de la solicitud de autorización de una nueva explotación como de explotaciones ya autorizadas, la guía obliga a la inclusión del uso de estos materiales para relleno del hueco, o modificación según corresponda, en el correspondiente Plan de Restauración que deberá ser aprobado por el órgano competente en minería, previo informe vinculante de la Consejería responsable de medio ambiente. La solicitud para que el órgano ambiental competente apruebe el uso de RCD para el relleno de huecos deberá incluir, además de los datos identificativos y

administrativos del solicitante: la fuente y origen de los residuos, categoría según Decreto 20/2011, volúmenes, cantidades, datos sobre la composición y código LER de los mismos; ubicación y descripción del uso; estudio hidrogeológico y de permeabilidad del suelo en caso del uso de residuos de categoría II; duración de la actuación; y documento ambiental para la ejecución de la misma (Decreto 54/2011, de 29 de abril, por el que se aprueba el reglamento de evaluación ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura). Además, será necesario, solicitar por parte de los interesados la declaración de operación de valorización a dicho órgano ambiental. La Consejería competente en materia ambiental del Gobierno de Extremadura es la responsable del reconocimiento de la restauración como una operación de valorización, y de la emisión sobre la resolución de la idoneidad del residuo pudiendo imponer condiciones y medidas de control necesarias para garantizar la protección ambiental. En esta guía se vuelve a hacer hincapié en que estos materiales deben proceder de gestores de RCD. En el estudio de EIA se deberán contemplar los efectos del uso de estos materiales sobre los suelos, aguas superficiales y subterráneas y el paisaje. En la selección de estos residuos se tendrá en cuenta el uso original del suelo, la pérdida de carga agrológica en el caso de suelos agrícolas o la dificultad que pueda suponer para la revegetación el empleo de estos materiales. Para evitar el contacto de las aguas superficiales con estos residuos se propone la selección de áreas distantes a masas de agua superficiales y la inclusión de un análisis de inundabilidad en el estudio de EIA. Para la protección de la aguas subterráneas, el relleno con RCD se propone en áreas donde el nivel freático se encuentre a una profundidad suficiente, como para garantizar que sea improbable que éste pueda entrar en contacto con los residuos; es por ello, que en residuos de categoría II se debe acompañar un estudio hidrogeológico y de permeabilidad del suelo, realizado por laboratorio acreditado. La restauración con RCD debe garantizar además la integración paisajística.

Algunos manuales sobre restauración minera contemplan el uso de RCD para el acondicionamiento, relleno e integración paisajística de los huecos de las explotaciones mineras. Podemos destacar los realizados por ANEFA: “Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto” (ANEFA, 2007) y el “Manual de Restauración de Explotaciones Mineras a Cielo Abierto de Aragón” (ANEFA, 2008a). En ambos



documentos se señala la posibilidad del uso de RCD inertes, no aptos para ser reciclados, procedentes de plantas de tratamiento mecánico, con una densidad superior a  $1,4 \text{ t/m}^3$  y contenido en humedad inferior al 70% en peso. Se hace hincapié además en el control de dichos materiales por parte del explotador, a fin de evitar el vertido de residuos no inertes. En ambos manuales, se consideran materiales inertes adecuados para la restauración los siguientes RCD: hormigón (código LER 170101), ladrillos (LER 170102), tejas y materiales cerámicos (LER 170103), mezclas de todos ellos sin presencia de sustancias peligrosas (LER 170107), vidrio (LER 170202), y tierras y piedras de excavación (LER 170504). En ANEFA (2008a) se indica además que el material inerte apto para restauración, deberá ser aprobado por la Autoridad competente, y deberá consignarse en documento los siguientes aspectos: (1) Fuente y origen del residuo. (2) Código conforme a la Lista Europea de Residuos. (3) Cantidades previstas a utilizar en la restauración. (4) Utilización prevista del material secundario, indicando además ubicación, duración de la actuación, volúmenes y cantidades de residuo a emplear. (5) Autorizaciones o licencias urbanísticas que sean de aplicación en la utilización prevista. (6) Contenido de humedad expresado en porcentaje sobre el peso total del material. Densidad y aspecto (color, forma física). (7) Aptitud geotécnica del residuo para la utilización solicitada mediante justificación firmada por técnico competente. (8) Precauciones adicionales que deben tomarse en la utilización del residuo. (9) Comprobación de la imposibilidad de reciclado o valorización del residuo de acuerdo con las mejores técnicas disponibles. Algunos de los criterios señalados anteriormente, quedan recogidos también en la guía técnica sobre “Gestión de residuos en explotaciones mineras a cielo abierto” (ANEFA, 2008b).

Resultan de gran interés las aportaciones de Flores Martínez *et al.* (2010) para la rehabilitación de espacios mineros con rellenos procedentes de la gestión de RCD. Estos especialistas justifican el uso de este tipo de residuos en las restauraciones mineras por varias razones: permite restituir el perfil del terreno adecuando y mejorando las formas geométricas y la estabilidad en general, ayuda a reducir la erosión y facilita la revegetación; contribuye a la valorización de residuos no mineros y reduce la necesidad de vertederos; y por el bajo coste de estos materiales. Estos autores realizan una clasificación de los RCD aptos para el relleno de huecos mineros,

que serían difícilmente valorizables como áridos por no cumplir con las correspondientes prescripciones técnicas (PG3), distinguiendo por un lado las tierras y piedras de origen natural de cualquier tamaño a las que incluyen en el Tipo 0. Y por otro, el material clasificado previamente (precibado) tipo zahorra, con un tamaño máximo de 30 cm, procedente de la gestión de RCD que es agrupado en: Tipo 1 constituido por hormigón en masa; Tipo 2 formado por ladrillos, tejas y materiales cerámicos; y Tipo 3 compuesto de aglomerados. En la **Tabla 6** especifican la composición y prescripciones que deben de cumplir dichos materiales para su uso en la recuperación de los huecos generados por la actividad extractiva. Además en la **Tabla 7**, dichos autores proponen el uso de cada una de estas tipologías en función de las características geológicas de la zona donde se ubica la explotación minera, y de la profundidad a la que se encuentra el nivel freático. En el caso de tierras y piedras de origen natural procedente de excavaciones y desmontes (Tipo 0) consideran que no existe ningún tipo de restricción para su uso en cualquier circunstancia; asimismo, recomiendan que los 0,5 metros superiores del relleno se realicen siempre con dicha tipología de material.

COMPOSICIÓN TIPOLOGÍAS DE RCD PARA RELLENOS MINEROS				
CONTENIDO DE:	TIPO 0	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Sb y Se	0	0	0	0
PCB	0	0	0	0
BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos	0	0	< 0,001 g/kg	< 0,001 g/kg*
Metales, plástico, materiales orgánicos, materia y caucho. (Nunca materiales peligrosos)	0	0	< 15 g/kg en total* Los fragmentos de tamaño ≤ 3 cm	< 30 g/kg en total*
Yesos ( <i>en terrenos yesíferos masivos no habrá limitación</i> )	0	0	< 10% en peso	< 10 % en peso
Contenido Orgánico Total	0	0	< 30 g/kg	< 40 g/kg
Vidrio	0	0	< 0,1% en peso	< 0,1% en peso

\*Decisión 2009/359/CE, de 30 de abril de 2009, por la que se completa la definición de residuos inertes en aplicación del artículo 22, apartado 1, letra f), de la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas.

**Tabla 6. Composición y restricciones de las tipologías de materiales de RCD para rellenos mineros (Flores Martínez *et al.*, 2010)**

PERFIL GEOLÓGICO	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO	TIPO DE RCD RECOMENDADA		
Gravas y arenas limpias	≤ 3m	--	--	--
	>3m y ≤ 10m	TIPO 1	--	--
	>10 m	TIPO 1	TIPO 2	
	Gravas secas <i>Sin nivel freático en las gravas. Se atenderá a las condiciones de las rocas subyacentes</i>	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Gravas y arenas con matriz limo-arcillosa	≤ 0,5m	--	--	--
	>0,5m y ≤ 3m	TIPO 1		
	>3m y ≤ 10m	TIPO 1	TIPO 2	
	>10 m	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Arcillas y limos arcillosos Rocas masivas no karstificadas (esquistos, pizarras, margas, calizas no karstificadas).	≤ 0,5m	--	--	--
	>0,5m y ≤ 3m	TIPO 1	TIPO 2	
	>3m	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Yesos masivos no karstificados	≤ 0,5m	--	--	--
	>0,5m	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Calizas y yesos karstificados (con cavidades y huecos bien desarrollados, grietas abiertas)	≤ 10m	TIPO 1	--	--
	>10 m	TIPO 1	TIPO 2	--
Calizas débilmente karstificadas y fisuradas	≤ 1m	--	--	--
	>1m y ≤ 5m	TIPO 1	--	--
	>5 m	TIPO 1	TIPO 2	

Tabla 7. Recomendación de uso de RCD en rellenos mineros en función de las características geológicas y posición del nivel freático en la zona ocupada por la explotación minera (Flores Martínez *et al.*, 2010).

Flores Martínez *et al.* (2010) proponen también el uso de estos materiales para la rehabilitación de pistas mineras y accesos, así como para operaciones destinadas a la integración paisajística (adecuación de formas geométricas, etc.), estabilidad de taludes y desvío de escorrentías superficiales; y su aplicación para rellenos superficiales o medidas para evitar la erosión (cubrimientos, etc.).

La posibilidad del uso de RCD para el relleno del hueco de explotación se contempla, cada vez más, en muchos planes de restauración. De hecho, existen bastantes ejemplos de restauraciones en graveras o canteras en nuestro país con este tipo de residuos, muchas de ellas localizadas en las proximidades de grandes ciudades, como los recogidos en Rubio Navas *et al.*, 2007. Los modelos de restauración ambiental para el establecimiento de usos agrarios, que acompañaba a la propuesta de "Ordenación Minero-Ambiental del Sector de los Áridos en la Zona Occidental de la Ribera del Ebro

(Navarra)” llevada a cabo por el IGME para el Gobierno de Navarra (Arranz González *et al.* 2009) contemplaba, entre los modelos de restauración que se proponían, el relleno total o parcial de los huecos residuales de las graveras con RCD inertes, realizado de abajo hacia arriba mediante una adecuada compactación. También se consideraba el uso de tierras y piedras procedentes de la excavación o desmontes realizados en construcción y obra civil. Estos rellenos presentan por lo general una alta variabilidad en sus propiedades físicas y químicas, en función del tipo y características de los materiales disponibles en cada momento y fase de relleno. Por ello se recomendaba, en los casos en que el uso final proyectado fuera agrícola, que por debajo de los materiales edáficos o tierra vegetal se reservara un metro de espesor para residuos procedentes de las plantas de tratamiento y rechazos de los frentes de explotación. Siendo ideal, la mezcla de ambos tipos de residuos.

“La Guía Técnica para el Relleno de Canteras con Materiales Naturales de Excavación” (IHOVE, 2005), es tal vez, uno de los documentos técnicos de mayor interés. En el mismo, se definen criterios para determinar la aptitud de canteras abandonadas para operaciones de relleno y restauración con tierras y rocas procedentes de excavaciones, desmontes, movimientos de tierra, etc. Entre los criterios que se consideran destacan: la accesibilidad, capacidad y geometría de los huecos, características geotécnicas y de riesgos, factores hidrológicos e hidrogeológicos, medioambientales y paisajísticos. Además se describe el procedimiento técnico del proyecto de relleno: fase preparatoria que incluye todos los aspectos relacionados con el acondicionamiento del hueco y la construcción de infraestructuras de acceso, impermeabilización y drenajes; fase operacional en la que se describe los criterios de admisión y control del material de relleno, estableciéndose que únicamente los materiales naturales de excavación son admisibles para operaciones de relleno, quedando excluidos otros RCD. Se describe la secuencia de relleno y se proponen ensayos geotécnicos; y fase de sellado y recuperación paisajística. Se contempla también un plan de vigilancia y control mediante indicadores ambientales. Este documento junto con el desarrollo técnico del R.D. 1481/2001 (Subdirección General de Calidad Ambiental, 2003), son importantes referentes en la presente “Guía para Rehabilitación de Huecos Mineros con RCD”.

### 3. CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LOS RCD PARA RESTAURACIÓN MINERA

El R.D. 975/2009 permite en las restauraciones mineras, tal y como se ha señalado anteriormente, el uso de RCD inertes para el acondicionamiento y relleno de los huecos de explotación, de acuerdo con las prescripciones del R.D. 1481/2001 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Esta última normativa define los residuos inertes como: *“aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas”* (art. 2 b).

Los RCD se caracterizan por su gran heterogeneidad, pues incluye una amplia variedad de materiales de diferente naturaleza (PNRCD, 2001-2006): el 75% en peso respecto a la producción total está constituido por escombros (ladrillos, azulejos y cerámicas (54%), hormigón (12%), piedras (5%) y arena, grava y otros áridos (4%)). El 25% en peso restante está integrado por materiales diversos (basura (7%), asfalto (5%), madera (4%), metales (2,5%), vidrios (0,5%), plásticos (1,5%), papel (0,3%), y otros materiales (4%)). La composición varía en función de la procedencia del residuo (tipo de infraestructura o edificación, etc.) y refleja en sus componentes mayoritarios, además, el tipo y distribución porcentual de las materias primas que utiliza el sector (Romero, 2006), por lo que puede existir cierta variabilidad según las características de los recursos geológico-mineros utilizados en las diferentes regiones como material de construcción. En el año 2013, el 46% de los RCD generados procedían de obras de rehabilitación, un 21% de obras de ingeniería civil y el resto de obra nueva (18% de obras no residenciales y un 15% de obras residenciales) (FERCD, 2015).

La mayoría de las plantas de reciclaje autorizadas como “gestores recicladores de RCD” con emplazamiento fijo presentan dos líneas de producción de áridos reciclados dependiendo de los materiales: hormigón y escombros mixto o cerámicos. Estos últimos suelen proceder de la demolición de estructuras de edificación o de obras menores de reparación domiciliaria, siendo común que lleguen mezclados sin haber sido sometidos a una separación selectiva en origen. En ambas líneas de producción, en la fase de precibado de finos, proceso previo al de trituración y clasificación, se produce un rechazo de material (tamaño entre 0-20 mm o 0-40 mm), de calidad inferior a la zahorra que se obtiene tras el proceso de trituración (GERD, 2012), y que difícilmente puede ser comercializado y es, por lo general, eliminado en vertedero o en algunos casos acopiado en las plantas de tratamiento. El volumen de material rechazado en la línea de producción mixto-cerámicos es muy elevado, se estima *grosso modo* que se encuentra en torno al 50% del total de este tipo de RCD que ingresa en las plantas de reciclaje, tal y como señalan la mayoría de los gestores de RCD consultados. Por el contrario, el rechazo de la línea de hormigón suele ser significativamente más bajo. La valorización de estos materiales mediante su empleo en la restauración, acondicionamiento y relleno de huecos mineros es el objetivo fundamental de la presente Guía.

### **3.1. Criterios y ensayos para la determinación del carácter inerte de los RCD**

Los criterios, procedimiento y pruebas a realizar para la determinación de la idoneidad y carácter inerte de los RCD susceptibles de ser utilizados en restauración minera serán los propuestos en la Orden AAA/661/203, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, y en donde se establecen los criterios de admisión o requisitos que deben cumplir los residuos para ser admitidos en vertederos de inertes (art. 2.1). La caracterización básica de los RCD para el relleno de huecos mineros tendrá por objeto asegurar el carácter inerte de los mismos para dicho fin. Dicha caracterización incluye información relativa a: la fuente y origen del residuo, información del proceso que genera el residuo, grado de homogeneidad, aspecto, composición química y lixiviabilidad si procede o la fracción en peso de los componentes cuando se trata de mezclas de residuos inertes, u otro tipo de datos que

les sean de aplicación, tal y como se describe en el apartado 1 de dicha orden, o en algunas de las Guías o manuales reseñados en la revisión bibliográfica. En cualquier caso, al igual que los residuos depositados en vertedero, la humedad de los RCD utilizados en restauración deberá ser inferior al 65% en peso y la temperatura por debajo de 50 °C.

RCD Código LER	Descripción	Restricciones
17 01 01	Hormigón	Solamente residuos seleccionados de construcción y demolición*
17 01 02	Ladrillos	Solamente residuos seleccionados de construcción y demolición*
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	Solamente residuos seleccionados de construcción y demolición*
17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos	Solamente residuos seleccionados de construcción y demolición*
17 02 02	Vidrio	
17 05 04**	Tierra y piedras	Excluidas la tierra vegetal, la turba y la tierra y las piedras de terrenos contaminados.

\*Residuos seleccionados de la construcción y demolición con bajo contenido en materiales de otros tipos (como metales, plástico, residuos orgánicos, madera, caucho, etc.). El origen del residuo debe ser conocido.

-Ningún residuo de la construcción demolición contaminado con sustancias orgánicas o inorgánicas peligrosas a consecuencia de procesos de producción en la construcción, contaminación del suelo, almacenamiento y uso de plaguicidas u otras sustancias peligrosas, salvo si se deja claro que la construcción derribada no estaba contaminada de forma significativa.

-Ningún residuo de la construcción y demolición tratado, revestido o pintado con materiales que contengan sustancias peligrosas en cantidades significativas.

\*\*No están incluidas en el objetivo de alcanzar el 70% en peso de valorización de la producción de RCD en 2020 en la Directiva Marco de Residuos. Asimismo, no le es de aplicación lo dispuesto en el R.D. 105/2008.

**Tabla 8. Lista de Residuos de Construcción y Demolición inertes según la Orden AAA/661/203**

De acuerdo con lo establecido en la Orden AAA/661/203 se consideran inertes, sin necesidad de realizar ningún tipo de prueba, los RCD presentes en la lista recogida en la **Tabla 8**, siempre y cuando hayan sido previamente seleccionados, procedan de un flujo único (única fuente) de un único tipo de residuo, y no existan evidencias de contaminación con sustancias peligrosas (ya sea tras una inspección visual, ya sea por el origen del residuo). Los residuos que figuran en dicha lista podrían ser admitidos conjuntamente siempre que procedan de la misma fuente (art. 2.1.1).

En el caso de RCD que no estén incluidos en la lista (**Tabla 8**), o bien, no cumplan las condiciones establecidas en la misma o existan dudas sobre el carácter inerte de los residuos será necesaria: la realización de pruebas o ensayos de laboratorio para la

caracterización de la lixiviabilidad de los residuos y la determinación del contenido total de ciertos parámetros orgánicos, para su posterior comparación con los umbrales o valores límite establecidos en dichos ensayos para los residuos inertes.

<b>Componente</b>	<b>Ensayo de lixiviación UNE-EN 12457-4 L/S = 10 l/kg (mg/kg de materia seca)</b>	<b>Ensayo de percolación prEN 14405 C<sub>0</sub> (mg/l)</b>
As	0,5	0,06
Ba	20	4
Cd	0,04	0,02
Cr Total	0,5	0,1
Cu	2	0,6
Hg	0,01	0,002
Mo	0,5	0,2
Ni	0,4	0,12
Pb	0,5	0,15
Sb	0,06	0,01
Se	0,1	0,04
Zn	4	1,2
Cloruro	800	450
Fluoruro	10	2,5
Sulfato	1000*	1500
Índice de fenol	1	0,3
COD**	500	160
STD**	4000	--

\*Aunque el residuo no cumpla este valor correspondiente al sulfato, podrá considerarse que cumple los criterios de admisión si la lixiviación no supera ninguno de los siguientes valores: 1500 mg/l en C<sub>0</sub> con una relación entre líquido y sólido (L/S) igual a 0,1 l/kg y 6000 mg/kg con una relación L/S = 10 l/kg. Será necesario utilizar el ensayo de percolación para determinar el valor límite con una relación L/S = 0,1 l/kg en las condiciones iniciales de equilibrio, mientras que el valor con una relación L/S = 10 l/kg se podrá determinar, bien mediante una prueba de lixiviación por lotes, bien mediante un ensayo de percolación en condiciones próximas al equilibrio local.

\*\*Si el residuo no cumple estos valores de carbono orgánico disuelto (COD) con su propio PH, podrá alternativamente probarse con una relación L/S = 10 l/kg y un pH entre 7,5 y 8. El residuo podrá considerarse conforme a los criterios de admisión de COD si el resultado de esta determinación no es superior a 500 mg/kg. (Existe un proyecto de método basado en la prEN 14429).

\*\*\*Los valores de sólidos totales disueltos (STD) podrán utilizarse como alternativa a los valores de sulfato y cloruro.

**Tabla 9. Valores límite de lixiviación para residuos inertes establecidos en la Orden AAA/661/203**



La Orden AAA/661/203 establece valores límite de lixiviación de determinados componentes obtenidos mediante el método de ensayo UNE-EN 12457-4:2003 “*Caracterización de residuos. Lixiviación. Ensayo de conformidad para la lixiviación de residuos granulares y lodos. Parte 4: Ensayo por lotes de una etapa con una relación líquido-sólido de 10 l/kg para materiales con un tamaño de partícula inferior a 10 mm (con o sin reducción de tamaño)*”. Dichos valores están expresados en mg/kg de materia seca, y se muestran en la **Tabla 9**. En ocasiones, por decisión del órgano ambiental competente de la comunidad autónoma o cuando se supere el valor límite de lixiviación establecido en el anterior ensayo para los sulfatos por ejemplo, se deberán considerar además los valores límite de lixiviación establecidos mediante el método prEN 14405 “*Prueba de comportamiento de lixiviación: ensayo de percolación del flujo ascendente (ensayo de percolación del flujo ascendente para componentes inorgánicos)*”, para la columna C<sub>0</sub> (primer eluato del ensayo de percolación con una relación líquido sólido de 0,1 l/kg). Estos valores límite están expresados en mg/l, y se recogen en la **Tabla 9**.

Los RCD para ser considerados inertes deberán tener además contenidos totales de COT (Carbono orgánico total), BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos), PCB (Policlorobifenilo, 7 congéneres), aceite mineral (C10 a C40) y HPA (Hidrocarburos policíclicos aromáticos, 16 congéneres) por debajo de los valores límite recogidos en la **Tabla 10**.

Parámetro	Valor límite (mg/kg de materia seca)
COT (Carbono orgánico total)	30000*
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos)	6
PCB (Policlorobifenilo, 7 congéneres)	1
Aceite mineral (C10 a C40)	500
HPA (Hidrocarburos policíclicos aromáticos, 16 congéneres)**	55

\*En el caso de la tierra, previa conformidad del órgano ambiental competente de la comunidad autónoma podrá aplicarse un valor límite más alto siempre que el carbono orgánico disuelto (COD) alcance un valor máximo de 500 mg/Kg a L/S = 10 l/kg, bien con el pH propio del residuo o con un pH situado entre 7,5 y 8.

\*\*Suma de las siguientes sustancias: Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)Fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-c,d)pireno, Naftaleno y Pireno.

**Tabla 10. Valores límite de contenido total de parámetros orgánicos para residuos inertes establecidos en la Orden AAA/661/203**

Para la determinación de algunos de los parámetros orgánicos, la Orden AAA/661/203 propone los siguientes métodos de ensayo:

- UNE-EN 13137. Caracterización de residuos. Determinación del carbono orgánico total (COT) en residuos, lodos y sedimentos.
- UNE-EN 15308. Caracterización de residuos. Determinación de bifenilos policlorados (PCB) seleccionados en residuos sólidos utilizando cromatografía gaseosa capilar con detección por captura de electrones o espectrometría de masas.
- UNE-EN 15527. Caracterización de residuos. Determinación de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) en residuos por cromatografía en fase gaseosa/espectrometría de masas (CG/EM)

En relación con las pruebas y análisis para las que todavía no se disponga de métodos aprobados según una norma EN, se podrán utilizar el proyecto de norma CEN cuando se disponga en formato prEN, o bien otras normas y procedimientos que garanticen la obtención de resultados equivalentes a los métodos citados, previa aprobación por los órganos ambientales competentes de las Comunidades Autónomas.

### **3.2. Caracterización de muestras de RCD: lixiviabilidad y contenido total de parámetros orgánicos.**

Con el objeto de llevar a cabo una caracterización básica de los materiales finos de rechazo obtenidos en la fase de pretratamiento o precibado (GERD, 2012), se han realizado en laboratorios acreditados los ensayos propuestos en la Orden AAA/661/203, sobre diez muestras obtenidas *in situ* en plantas de reciclaje de varios gestores autorizados de RCD de la Comunidad de Madrid (**Figuras 1 a 4**). Los componentes que definen la lixiviabilidad de dichos materiales han sido determinados mediante el ensayo de lixiviación UNE-EN 12457-4 en los Laboratorios del IGME, así como el carbono orgánico total (COT) mediante el ensayo UNE-EN 13137; los resultados obtenidos quedan reflejados en la **Tabla 11**.



Planta de Tratamiento de RCD de Colmenar Viejo (Madrid)



GEDESMA, SA. Complejo de Tratamiento Integrado de RCD de Navalcarnero (Madrid)



GEDESMA, SA. Complejo de Tratamiento Integrado de RCD de El Molar (Madrid)



Planta de Tratamiento y Vertedero de RCD de Las Mulas (Fuenlabrada, Madrid)



Planta de Tratamiento de RCD de TEC-REC SL (Madrid)



Planta de Tratamiento y Vertedero de RCD de Salmedina (Madrid)

**Figura 1. Material de rechazo (precibado) mixto-cerámico para determinación de la lixiviabilidad**



Planta de Tratamiento de RCD de TEC-REC SL (Madrid). Precibado Hormigón.



GEDESMA, SA. Tratamiento Integrado de RCD de El Molar (Madrid). Precibado Mezcla Hormigón-Cerámico

**Figura 2. Material de precibado de hormigón y mezcla hormigón-cerámicos para caracterización de la lixiviabilidad**



Planta de Tratamiento de RCD de Colmenar Viejo (Madrid)



GEDESMA, SA. Complejo de Tratamiento Integrado de RCD de Navalcarnero (Madrid)



GEDESMA, SA. Complejo de Tratamiento Integrado de RCD de El Molar (Madrid)



Planta de Tratamiento y Vertedero de RCD de Las Mulas (Fuenlabrada, Madrid)



Planta de Tratamiento de RCD de TEC-REC SL (Madrid)



Planta de Tratamiento y Vertedero de RCD de Salmedina (Madrid)

**Figura 3. Toma de muestras de material de rechazo (precibado) mixto-cerámico para determinación de contenidos totales de parámetros orgánicos (BTEx, PCB, aceites minerales y HPA)**



Planta de Tratamiento de RCD de TEC-REC SL (Madrid). Precibado Hormigón.



GEDESMA, SA. Tratamiento Integrado de RCD de El Molar (Madrid). Precibado Mezcla Hormigón-Cerámico

**Figura 4. Toma de muestras de material de rechazo (precibado) de hormigón y mezcla hormigón-cerámicos para determinación de parámetros orgánicos (BTEx, PCB, aceites minerales y HPA)**

ENSAYO DE LIXIVIACIÓN UNE-EN 12457-4 Orden AAA/661/203		MATERIAL DE PRECRIBADO (RECHAZO)									
		HORMIGÓN (mg/kg)		MIXTO-CERÁMICOS (mg/kg)							MEZCLA HORMIGÓN-CERÁMICOS (mg/kg)
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	TEC-REC SL <sup>1</sup>	GEDESMA SA Navalcarnero <sup>2</sup>	TEC-REC SL <sup>1</sup>	SALMEDINA <sup>2</sup>	LAS MULAS <sup>2</sup>	GEDESMA SA Navalcarnero <sup>2</sup>	COLMENAR VIEJO <sup>1</sup>	GEDESMA SA El Molar <sup>2</sup>	GEDESMA SA Moralzarzal <sup>1</sup>	GEDESMA SA El Molar <sup>2</sup>
As	0,5	0,028	0,063	0,091	0,035	0,0793	0,1	0,103	0,183	0,042	0,197
Ba	20	0,725	0,0429	0,403	0,504	0,449	0,442	0,112	0,198	0,45	0,402
Cd	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cr Total	0,5	0,067	0,0571	0,043	0,244	0,0393	0,064	0,054	0,0417	0,04	0,0848
Cu	2	0,12	0,0517	0,039	0,146	0,0447	0,19	0,05	0,873	0,05	0,0575
Hg	0,01	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*
Mo	0,5	0,043	0,0334	0,112	0,0695	0,0265	0,022	0,023	0,0241	0,039	0,0255
Ni	0,4	0,058	<0,05*	<0,05*	0,234	<0,05*	<0,05*	0,072	0,063	0,176	0,119
Pb	0,5	<0,02*	<0,02*	<0,02*	<0,02*	<0,02*	<0,02*	<0,02*	<0,02*	<0,02*	<0,02*
Sb	0,06	0,023	0,0125	0,029	<b>0,0632</b>	0,0176	0,019	0,008	0,0167	0,015	0,0311
Se	0,1	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	<0,05*	0,0547
Zn	4	0,14	0,182	0,425	0,249	0,712	0,269	0,264	0,644	0,721	0,263
Cloruro	800	50	10	140	90	10	310	10	10	40	20
Fluoruro	10	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5*	<0,5*
Sulfato	1000	<b>8840</b>	280	<b>18700</b>	<b>15100</b>	<b>6079</b>	<b>7520</b>	<b>2796</b>	<b>1169</b>	<b>13793</b>	<b>13696</b>
Índice Fenol	1	0,07	0,08	0,07	0,06	0,10	0,14	0,07	0,10	0,09	0,11
COD	500	165	64	82	121	54	112	83,90	78	66	71
STD	4000	<b>14655,8</b>	1310,00	<b>24797,70</b>	<b>21237,60</b>	<b>10780,30</b>	<b>13078,00</b>	<b>5478,30</b>	3040,40	<b>21165,70</b>	<b>17927,50</b>

Gestores de RCD: <sup>1</sup> Planta de Tratamiento <sup>2</sup> Planta de Tratamiento y Vertedero \*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica

Tabla 11. Caracterización de la lixiviabilidad (ensayo UNE-EN 12457-4) de muestras de precribado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de la Comunidad Autónoma de Madrid

Orden AAA/661/203		MATERIAL DE PRECRIBADO (RECHAZO)									
		HORMIGÓN (mg/kg)			MIXTO-CERÁMICOS (mg/kg)						MEZCLA HORMIGÓN-CERÁMICOS (mg/kg)
PARÁMETROS ORGÁNICOS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	TEC-REC SL	GEDESMA SA Navalcarnero	SALMEDINA	TEC-REC SL	SALMEDINA	LAS MULAS	GEDESMA SA Navalcarnero	COLMENAR VIEJO	GEDESMA SA El Molar	GEDESMA SA El Molar
COT <sup>1</sup>	30000	6300	6900	***	3700	5100	17200	10100	7272,27	8144,87	5676,37
BTEX <sup>2</sup>	6	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**
PCB <sup>3</sup>	1	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*
Aceite mineral <sup>4</sup>	500	93	99,9	<b>648,3</b>	<40	<40	<40	41,7	64,8	145,4	243,2
HPA <sup>5</sup>	55	0,279	0,381	17,4	0,233	1,320	0,380	0,259	<0,08	<0,08	<0,08

<sup>1</sup>COT (Carbono orgánico total); <sup>2</sup>BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos). <sup>3</sup>PCB (Policlorobifenilo, suma de 10 congéneres). <sup>4</sup>Aceite mineral (C10 a C40).  
<sup>5</sup>HPA (Hidrocarburos policíclicos aromáticos, Suma de las siguientes sustancias: Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)Fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(k)fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-c,d)pireno, Naftaleno y Pireno.)

\*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica \*\*Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica < 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y < 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor < 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.

\*\*\* No se recogió muestra para COT

**Tabla 12. Contenido total de parámetros orgánicos en muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de la Comunidad Autónoma de Madrid.**

Los ensayos para la determinación de los contenidos totales de hidrocarburos fueron realizados por LABAQUA Madrid, (acreditación ENAC nº 109/LE446) aplicando los siguientes métodos: MAD-C-PE-0235 (hidrocarburos/cromatografía de gases/espectrometría de masas o HC/CG/MS) para BTEX; MAD-C-P-0098 (cromatografía líquida de alta eficacia/ultravioleta/fluorescencia o HPLC/UV/F) para HPA; MAD-C-PE-064 (cromatografía de gases con detector de captura de electrones o GC/ECD) y MAD-C-PE-0180 (cromatografía de gases/ionización de llama o CG/FID) para aceite mineral (C10-C40). Los valores resultantes se muestran en la **Tabla 12**.

Un análisis preliminar de los resultados obtenidos, a la espera de la determinación de los parámetros propuestos en la anterior Orden sobre el total de las 30 muestras contempladas en el presente proyecto, pone de manifiesto lo siguiente:

- Casi todas las muestras analizadas presentan contenidos totales de COT (Cárbono Orgánico Total), BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos), PCB (Policlorobifenilo, 7 congéneres), HPA (Hidrocarburos policíclicos aromáticos, 16 congéneres) y aceite mineral (C10 a C40) por debajo de los valores límite establecidos por la Orden AAA/661/2013. A excepción de una única muestra que ha registrado contenidos en aceite mineral por encima del umbral asignado a este parámetro orgánico, aunque dentro de un mismo orden de magnitud (648,3 frente a los 500 mg/kg establecido por la norma).
- Las concentraciones de metales pesados y metaloides en el lixiviado obtenido en todas las muestras se encontraban por debajo del valor máximo establecido por la anterior Orden, salvo una única muestra que presentaba en el caso del antimonio (Sb) un valor ligeramente superior (0,063 frente al valor de 0,06 mg/kg marcado para dicho elemento). Hay que señalar, además, que la técnica aplicada en los Laboratorios del IGME para la determinación del Hg presenta un límite de detección de 0,05 mg/kg, por encima del valor límite asignado a este metal (0,01 mg/kg).
- Los lixiviados de todas las muestras presentan también contenidos de cloruros dentro de los límites establecidos por la norma.

- Un aspecto a destacar es la presencia en el lixiviado de casi todas las muestras, salvo en un solo caso, de concentraciones de sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ) muy por encima del valor límite de 1000 mg/kg que la Orden AAA/661/2013 ha marcado para este componente. Este hecho es significativo, puesto que además de incumplir los límites normativos, existen algunos estudios que demuestran que ante la presencia de materia orgánica pueden desencadenar la formación de sulfuro de hidrógeno  $\text{H}_2\text{S}$  (Eun *et al.*, 2005), gas que se añadiría a las emisiones típicas existentes en vertederos de RCD (López y Lobo, 2014). El contenido en sulfatos puede, por tanto, condicionar la caracterización de estos residuos de construcción y demolición como inertes para su uso en la restauración de huecos mineros. Por otra parte, estas altas concentraciones de sulfatos justifican que los valores de sólidos totales disueltos (STD) se encuentren, en casi todas las muestras, por encima de los valores límite establecidos por la normativa.



#### 4. BIBLIOGRAFÍA

ANEFA. 2007. *Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto*. Gobierno de la Rioja. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial. Dirección General de Política Territorial. 167 p.

<http://www.asogravas.org/Portals/0/Agregados/restauracionminasca.pdf>

ANEFA. 2008a. *Manual de Restauración de Explotaciones Mineras a Cielo Abierto de Aragón*. ANEFA y Gobierno de Aragón. 135 p.

<http://www.asogravas.org/Portals/0/Agregados/restauracionaragon7.pdf>

ANEFA. 2008b. *Gestión de Residuos en Explotaciones Mineras a Cielo Abierto*. Gobierno de la Rioja. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial. Dirección General de Política Territorial y ANEFA. Logroño. 95 p.

<https://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=456440&IdDoc=471608>

Arranz González, J.C., Alberruche del Campo, E. Martínez Plédel, B. 2009. Documento nº 4. Definición de Modelos y Fórmulas de Restauración Ambiental y de Criterios para el Establecimiento de Usos Agrarios sobre Zonas Explotadas. Proyecto *Ordenación Minero-Ambiental del Sector de los Áridos en la Zona Occidental de la Ribera del Ebro (Navarra)*. Acuerdo Específico de Colaboración entre la Administración de la Comunidad Foral de Navarra y el IGME para el Desarrollo de Actuaciones Vinculadas con el Plan Director de Actividades Mineras en la Comunidad Foral de Navarra Año 2008. 62 p. Centro Documentación del IGME.

CEDEX. 2014. *Ficha Técnica Residuos de Construcción y Demolición*. Catálogo de Residuos Utilizables en Construcción. 50 p.

<http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/35/residuos-de-construccion-y-demolicion/>

Consejería de Medio Ambiente (Gobierno de Cantabria). 2010. *Guía Práctica. Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición en Cantabria*. Guía Práctica. 75 p.

[www.euresp-plus.net/sites/default/files/uploads/Guia%20RCDs.pdf](http://www.euresp-plus.net/sites/default/files/uploads/Guia%20RCDs.pdf)

Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local. 2014. *Guía Metodológica para la Tramitación Ambiental de las Actividades Extractivas en la Comunidad Foral de Navarra y Guía de Buenas Prácticas*. Gobierno de Navarra. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local. Servicio de Calidad Ambiental. Sección de Evaluación Ambiental. Abril 2014. 38 p.

<http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/93A1CA91-48C2-4C0A-BA12-1A2E1AF846B0/320782/Guiatramiatacionactividadesextractivas1.pdf>

Environment Agency. 2009. *Environmental Permitting Regulations: Inert Waste Guidance. Standars and Measures for the Deposit of Inert Waste on Land*. U.K. 2009. 32 p.

[http://www.wamitab.org.uk/useruploads/files/waste/waste\\_resources/ea\\_documents/environmental\\_permitting\\_regulations\\_inert\\_waste\\_guidance.pdf](http://www.wamitab.org.uk/useruploads/files/waste/waste_resources/ea_documents/environmental_permitting_regulations_inert_waste_guidance.pdf)

Environmental Protection Agency. 1995. *Construction and Demolition Waste Landfills*. PB95-208906 530-R-95-018. U.S. Office of Solid Waste. February, 1995. 40 p.

<http://www3.epa.gov/epawaste/hazard/generation/sqg/const/cdrpt.pdf>.

Environmental Protection Authority. Waste Management Branch. 2015. *Draft Environmental Guidelines. Solid Wates Landfills*. New South Walles (Australia). March, 2015. 85 p.

<http://www.epa.nsw.gov.au/resources/waste/150111env-guide-solid-waste-landfills.pdf>

Eun, S., Reinhart., D.R., Cooper, D., Townsend, T., Faour, A. 2007. Hydrogen sulfide flux measurements from construction and demolition debris (C&D) landfills. *Waste Management* 27 (2007): 220-227.

FERCD (Federación Española de Gestores de Residuos de Construcción y Demolición). 2015. Informe de Producción y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en España, Periodo 2009-2013). Madrid, 15 de febrero de 2015. 50 p.

[http://www.fercd.es/images/documents/INFORME%20RCD%202015%20\(2\).pdf](http://www.fercd.es/images/documents/INFORME%20RCD%202015%20(2).pdf)

Flores Martínez, F., Alegría, A., Lamata, J., Mallada, M.J., Martínez, A., De Miguel, P., García, S.L. 2010. Rehabilitación de espacios mineros con rellenos procedentes de la gestión de RCDs. Presentación Power Point. *Jornada Técnica sobre Sostenibilidad y Minería en la Rioja*. Logroño, 22 de Junio de 2010.

[https://www.larioja.org/npRioja/cache/documents/524900\\_2-Rehabilitacion-FERNANDO.pdf?idtab=456440](https://www.larioja.org/npRioja/cache/documents/524900_2-Rehabilitacion-FERNANDO.pdf?idtab=456440)

GERD. 2012. *Guía Española de Áridos Reciclados procedentes de RCD*. Fueyo Editores. 292 p.

Government of Alberta. 2010. *Standars for Landfills in Alberta*. Canada. February, 2010. 38 p.

<http://environment.gov.ab.ca/info/library/7316.pdf>

Government of Newfoundland and Labrador. 2010. *Environmental Standars for Construction and Demolition Waste Disposal Sites*. Guidance Document. GD-PPD-050.3. Canada. May, 2010. 20 p.

[http://www.env.gov.nl.ca/env/env\\_protection/waste/constructdemo.pdf](http://www.env.gov.nl.ca/env/env_protection/waste/constructdemo.pdf)

Government of Ontario. 2012. *A Guideline on the Regulatory and Approval Requirements for New or Expanding Landfilling Sites*. Canada. January 2012. 100 p.

<https://dr6j45jk9xcmk.cloudfront.net/documents/1111/66-landfill-standards-fr.pdf>

IHOVE. 2015. *Guía Técnica para el Relleno de Canteras con Materiales Naturales de Excavación*. (Ley I/2005 para prevención y corrección de la contaminación). Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. 324 p.

Ireland EPA (Environmental Protection Agency) 2000. *Landfill Manuals. Landfill Site Design*. Ireland. December, 2000. 138 p.

[https://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA\\_landfill\\_site\\_design\\_guide.pdf](https://www.epa.ie/pubs/advice/waste/waste/EPA_landfill_site_design_guide.pdf)

López, A., Lobo, A. 2014. Emissions of C&D refuse in landfills: A European case. *Waste Management* 34 (2014): 1446-1454. April 2014.

MAGRAMA. 2015. *Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022*. Versión inicial. 01.06.2015. 149 p.

<http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/Planes-y-Programas.aspx#para2>

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. 2008. *II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2008-2015 (II PNRC)*. PNIR 2007-2015. Versión Preliminar. Anexo 6. 441 p.

Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. 2008. *Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015*. Memoria. 781 p.

Ministry of Environment. *A Guide to the Management of Cleanfills*. New Zealand. January, 2002. 65 p.

<https://mfe.govt.nz/sites/default/files/cleanfills-guide-jan02.pdf>

Pajares Olmo, J.M., Navarro Santa Mónica, R.M., Moreno Pérez, J., Pérez Fernández, M.A. 2011. *Guía para la Tramitación Ambiental de las Actividades Mineras en la Comunidad Autónoma de Extremadura*. Consejería de Industria y Medio Ambiente (Junta de Extremadura). 200 p.

[http://extremambiente.gobex.es/files/biblioteca\\_digital/Guia%20Tramitacion%20Ambiental%20Actividades%20Mineras\\_p eq.pdf](http://extremambiente.gobex.es/files/biblioteca_digital/Guia%20Tramitacion%20Ambiental%20Actividades%20Mineras_p eq.pdf)

Pennsylvania Department of Environmental Protection. Bureau of Mining Programs. 2013 *Use of Reclamation Fill at Active Non-coal Sites*. Document No. 563-2000-301. U.S. November, 2013. 28 p.

<http://www.elibrary.dep.state.pa.us/dsweb/Get/Document-97484/563-2000-301%20CR.pdf>

Pennsylvania Department of Environmental Protection. Bureau of Mining and Reclamation. 2007. *Use of Mine Reclamation Clean Fill Material at Active Mine Sites*. Draft Minig Clean Fill TGD. Document number 563-2000-301. U.S. October, 2007. 23 p.

[https://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/document/1613202/technical\\_guidance\\_use\\_of\\_reclamation\\_fill\\_at\\_active\\_noncoal\\_sites\\_pdf](https://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/document/1613202/technical_guidance_use_of_reclamation_fill_at_active_noncoal_sites_pdf).

Romero, E. 2006. Residuos de Construcción y Demolición. Máster de Ingeniería Ambiental 2006-2007. 25 p

[www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf](http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf)

Rubio Navas, J., Baltuille Martín, J.M., Alberruche del Campo, E., Bel-lan Ballester, A., Corral Lledó, M.M., Marchán Sanz, C., Pérez Cerdán, F. 2007. Libro Blanco de la Minería de Aragón. Departamento de Industria, Comercio y Turismo. Dirección General de Energías y Minas. Servicio de Ordenación Minera (Gobierno de Aragón) e IGME. 581 p.

Subdirección General de Calidad Ambiental. 2003. Desarrollo Técnico del R.D. 1481/2001 (Anexo I y III). Rv. 07. Documento de Trabajo. Setiembre 2003. 36 p.

Waste Authority of Western Australia. *Review of the Regulatory Framework for the Management of Construction and Demolition and Inert Waste in Australian Jurisdictions*. Australia. November 2011. 69 p.

[http://www.wasteauthority.wa.gov.au/media/files/documents/Review\\_of\\_the\\_Regulatory\\_Framework\\_for\\_the\\_Management\\_of\\_CD\\_and\\_Inert\\_Waste\\_2011.pdf](http://www.wasteauthority.wa.gov.au/media/files/documents/Review_of_the_Regulatory_Framework_for_the_Management_of_CD_and_Inert_Waste_2011.pdf)

## **5. ANEXO. ENSAYOS DE LABORATORIO**



## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709166

**ANÁLISIS Nº:** 2732294

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO 0-40 CERAMICO TECREC

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 20/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 20/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	12.3 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.233 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.017 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.017 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.014 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.026 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.016 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.022 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.024 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.046 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.015 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.036 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	<25	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	7 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	7 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	6 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709166

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	< 40.0 ±35.4%	mg/Kg m.s.

**INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE**

**FECHA DE TOMA:** 20/10/2015

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015



## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709168

**ANÁLISIS Nº:** 2732296

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO 0-40 HORMIGÓN SALMEDINA

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 20/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 20/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	9.8 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	17.40 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.180 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.014 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.226 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	1.030 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	1.640 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.454 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	1.570 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.776 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	1.690 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	1.020 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	1.460 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	3.040 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.096 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	1.080 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.212 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	2.870 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709168

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	648.3 ±35.4%	mg/Kg m.s.

**INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE**

**FECHA DE TOMA:** 20/10/2015

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015

## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709167

**ANÁLISIS Nº:** 2732295

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO 0-40 HORMIGÓN TECREC

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 20/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 20/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	9.9 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.279 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.024 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.022 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.018 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.028 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.016 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.030 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.024 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.046 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.016 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.015 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.040 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709167

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	93.0 ±35.4%	mg/Kg m.s.

**INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE**

**FECHA DE TOMA:** 20/10/2015

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015

## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709165

**ANÁLISIS Nº:** 2732293

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO 0-40 MIXTO MULAS

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 20/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 20/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	7.3 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.380 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.044 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.028 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.026 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.040 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.024 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.034 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.015 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.030 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.060 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.017 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.014 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.048 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709165

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	< 40.0 ±35.4%	mg/Kg m.s.

**INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE**

**FECHA DE TOMA:** 20/10/2015

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015

## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709164

**ANÁLISIS Nº:** 2732292

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO 0-40 MIXTO SALMEDINA

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 20/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 20/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	14.2 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	1.320 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.014 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.021 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.126 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.102 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.078 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.120 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.058 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.102 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.060 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.112 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.212 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.019 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.098 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.015 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.180 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709164

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	< 40.0 ±35.4%	mg/Kg m.s.

**INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE**

**FECHA DE TOMA:** 20/10/2015

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015



## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709173

**ANÁLISIS Nº:** 2732301

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO CERAMICO EL MOLAR

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 21/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 21/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	8.7 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.080 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709173

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	145.4 ±35.4%	mg/Kg m.s.

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015

## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709169

**ANÁLISIS Nº:** 2732297

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO HORMIGON ZAHORRA NAVALCARNERO

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 21/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 21/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	9.7 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.381 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.013 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.018 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.028 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.019 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.020 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.026 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.014 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.036 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.022 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.058 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.050 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.024 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.013 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.040 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709169

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	99.9 ±35.4%	mg/Kg m.s.

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015

## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709171

**ANÁLISIS Nº:** 2732299

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO MIXTO COLMENAR VIEJO

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 21/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 21/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	11.3 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.080 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709171

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	64.8 ±35.4%	mg/Kg m.s.

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015

## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709170

**ANÁLISIS Nº:** 2732298

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO MIXTO EL MOLAR

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 21/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 21/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	10.6 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.080 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709170

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	243.2 ±35.4%	mg/Kg m.s.

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015



## Informe de análisis

### DATOS GENERALES

**INFORME Nº:** 1709172

**ANÁLISIS Nº:** 2732300

**MUESTRA REMITIDA POR:** INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**DOMICILIO:** C/ RIO ROSAS, 23

**POBLACION:** 28003-MADRID

**DENOMINACIÓN MUESTRA:** PRECRIBADO MIXTO ZAHORRA NAVALCARNERO

**DESCRIPCIÓN MUESTRA:** Vidrio topacio 1 L(1), conteniendo residuos

**FECHA RECEPCIÓN:** 21/10/2015

**FECHA FINALIZACIÓN Y EMISIÓN:** 5/11/2015

Análisis realizado por LABAQUA Madrid. Acreditado por ENAC nº 109/446;-LABAQUA, S.A. con sede en C/Santa Leonor, 39 1ª planta, 28037 Madrid- Tel. 913589611 - Fax 913589482:

Fecha inicio análisis 21/10/2015.

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
<b>Caracteres Físico-Químicos</b>			
Humedad	MAD-G-PE-0128 (Gravimetría)	9.9 ±17%	%
<b>BTEXs</b>			
Benceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±32%	µg/g m.s.
Etilbenceno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±28%	µg/g m.s.
Tolueno	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.01 ±29%	µg/g m.s.
Xilenos (Sumatorio)	MAD-C-PE-0235 (HC/CG/MS)	< 0.02 ±39%	µg/g m.s.
<b>Hidrocarburos aromaticos policiclicos</b>			
Suma de 16 PAHs	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.259 ±129%	µg/g m.s.
Acenafteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.024 ±32.0%	µg/g m.s.
Acenaftileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±35.5%	µg/g m.s.
Antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±34.9%	µg/g m.s.
Benzo-(g,h,i)-perileno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.013 ±33.3%	µg/g m.s.
Benzo-a-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.019 ±33.2%	µg/g m.s.
Benzo-a-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.016 ±33.9%	µg/g m.s.
Benzo-b-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.016 ±31.6%	µg/g m.s.
Benzo-k-fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.013 ±31.6%	µg/g m.s.
Criseno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.024 ±33.2%	µg/g m.s.
Dibenzo-(a,h)-antraceno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±31.6%	µg/g m.s.
Fenantreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.026 ±31.6%	µg/g m.s.
Fluoranteno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.034 ±32.9%	µg/g m.s.
Fluoreno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.024 ±34.6%	µg/g m.s.
Indeno-(1,2,3-c,d)-pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	< 0.010 ±33.1%	µg/g m.s.
Naftaleno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.014 ±35.6%	µg/g m.s.
Pireno	MAD-C-PE-0098 (HPLC/UV/F)	0.036 ±31.6%	µg/g m.s.
<b>Bifenilos policlorados (PCBs,congeneres)</b>			
Suma10 congéneres de PCB	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 25.00	ng/g m.s.
PCB-101	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.9%	ng/g m.s.
PCB-118	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-138	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-153	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.3%	ng/g m.s.
PCB-180	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-20	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±34.7%	ng/g m.s.
PCB-28	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.8%	ng/g m.s.
PCB-35	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.

**DATOS GENERALES**

**INFORME Nº:** 1709172

PARÁMETROS	MÉTODOS	RESULTADOS	UNIDADES
PCB-52	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
PCB-8	MAD-C-PE-0064 (CG/ECD)	< 5 ±33.7%	ng/g m.s.
<b>Hidrocarburos (C6-C40)</b>			
TPH - aceite mineral (C10-C40)	MAD-C-PE-0180 (CG/FID)	41.7 ±35.4%	mg/Kg m.s.

Este informe sólo afecta a la muestra analizada. Sólo podrá reproducirse parcialmente con la autorización por escrito del laboratorio.

Aprobado en Labaqua Madrid por Técnico Superior: Inmaculada Simón De Pablo, Director Técnico: Blanca San Vicente De La Riva.

Documento firmado electrónicamente en su formato digital. Autenticidad verificable utilizando el certificado raíz de la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre.

Emitido en MADRID, 6 de Noviembre de 2015