

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

## ACTIVIDAD 3

ABRIL 2017



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA  
Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
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 3. Estudio de los condicionantes geológicos, litológicos, geotécnicos, hidrogeológicos y ambientales de las distintas tipologías de huecos mineros para la recepción de los RCD. Análisis de 20 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, María Ángeles Perucha Atienza, Julio César Arranz González, Virginia Rodríguez Gómez, Almudena de la Losa Román, Carlos Baquedano Estévez, Roberto Rodríguez Pacheco y Lucas Vadillo Fernández



# ÍNDICE

	Pág.
<b>1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RCD PARA LA REHABILITACIÓN DE HUECOS MINEROS</b>	1
<b>1.1. Selección y recogida de muestras de RCD de gestores autorizados</b>	2
<b>1.2. Criterios y ensayos para la determinación del carácter inerte de los RCD</b>	5
<b>1.3. Caracterización básica de los RCD: lixiviabilidad y parámetros orgánicos</b>	10
1.3.1.Lixiviabilidad de las muestras de RCD	10
1.3.1.1. <i>Metales pesados y metaloides</i>	15
1.3.1.2. <i>Salas y sólidos totales disueltos (STD)</i>	16
1.3.1.3. <i>Índice Fenol y Carbono Orgánico Disuelto</i>	18
1.3.2.Parámetros orgánicos de las muestras de RCD	18
1.3.3.Determinación de la concentración de elementos traza en los RCD con Fluorescencia de Rayos X (FRX)	21
<b>1.4. Caracterización geotécnica de los RCD</b>	28
1.4.1.Caracterización de los RCD como relleno (PG-3)	28
1.4.2.Ensayo de compactación PROCTOR Normal.	33
1.4.3.Composición mineralógica (DRX)	35
<b>1.5. Conclusiones</b>	37
<b>2. ANÁLISIS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES PARA LA REHABILITACIÓN DE HUECOS MINEROS CON RCD EN EXPLOTACIONES PILOTO</b>	40
<b>2.1. Selección de explotaciones piloto</b>	40
<b>2.2. Factores condicionantes en las explotaciones de arcilla de la Comarca de la Sagra</b>	40
2.2.1.Marco geológico y litoestratigrafía	42
2.2.2.Hidrogeología e hidrología	50
2.2.3.Estado erosivo de los taludes del hueco y/o presencia de inestabilidades	60
2.2.4.Caracterización geotécnica de los huecos para el relleno con RCD	63
2.2.5.Viabilidad de la rehabilitación de los huecos seleccionados en función del coste del transporte y suministro de RCD	66
2.2.6.Calidad ambiental y del paisaje y accesibilidad visual de los huecos mineros	69
2.2.7.Valoración de la Idoneidad de los huecos seleccionados para su rehabilitación con RCD	70
<b>3. BIBLIOGRAFÍA</b>	73
<b>4. ANEXO I. INVENTARIO DE MUESTRAS DE RCD</b>	81
<b>5. ANEXO II. ENSAYOS GEOTÉCNICOS <i>IN SITU</i> EN EXPLOTACIONES DE ARCILLAS DE LA SAGRA (TOLEDO)</b>	203

# ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Composición de los residuos de construcción y demolición (%)	2
<b>Figura 2.</b> Plantas de reciclaje de gestores autorizados donde se han recogido muestras de RCD y área de influencia (50 km)	5
<b>Figura 3.</b> Acopios de material de precibado de hormigón y mezcla hormigón-cerámicos de donde se han recogido muestras para la caracterización de la lixiviabilidad y la realización de otros ensayos	10
<b>Figura 4.</b> Acopios de material de precibado mixto-cerámicos de donde se han recogido las muestras para la caracterización de la lixiviabilidad y la realización de otros ensayos	11
<b>Figura 5.</b> Diagrama de cajas para la representación de la distribución de las concentraciones (mg/kg) de los metales lixiviados de las muestras de precibado de RCD analizadas	16
<b>Figura 6.</b> Toma de muestras de material de rechazo (precibado) mixto-cerámico para determinación de contenidos totales de parámetros orgánicos (BTEX, PCB, aceites minerales y HPA)	19
<b>Figura 7.</b> 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)	19
<b>Figura 8.</b> Criterios para la clasificación de suelos para rellenos tipo terraplén según criterios del PG-3	28
<b>Figura 9.</b> Empleo de tipos de suelos según las distintas zonas de un relleno tipo terraplén (PG-3)	31
<b>Figura 10.</b> Valor de los índices CBR calculados (AASHTO) para todas las muestras de RCD	32
<b>Figura 11.</b> Resultados del ensayo de compactación PROCTOR Normal en muestras de RCD	34
<b>Figura 12.</b> Análisis comparativo de la humedad de las muestras de RCD y la humedad óptima de compactación que se debe alcanzar según el ensayo PROCTOR Normal	34
<b>Figura 13.</b> Curvas de compactación del ensayo PROCTOR Normal de algunas de las muestras de RCD analizadas, obtenidas de gestores autorizados de la Comunidad de Madrid (Anexo 1)	35
<b>Figura 14.</b> Composición mineralógica del precibado de residuos de RCD mixto-cerámicos y de hormigón determinada por Difracción de Rayos X (análisis semicuantitativo)	36
<b>Figura 15.</b> Huecos de las explotaciones de arcilla: Valanzana (izquierda) y La Paloma II (derecha)	41
<b>Figura 16.</b> Proximidad de la Comarca de La Sagra a la capital madrileña	41
<b>Figura 17.</b> Mapa de unidades litoestratigráficas (Fuente: Cartografía Geológica Digital continua a escala 1:50000. GEODE. IGME)	45
<b>Figura 18.</b> Detalle de uno de los cortes de la cantera Valanzana en la que se aprecian las unidades diferenciadas U1, U2, U3 y U4	46
<b>Figura 19.</b> Columna estratigráfica sintética de la cantera Valanzana	46

	Pág.
<b>Figura 20.</b> Alternancia de niveles métricos de arenas masivas y de niveles de limos y arcillas de colores anaranjados y verdosos (la escala mide 2 m) correspondientes a las unidades U1, U2 y U3	47
<b>Figura 21.</b> Aspecto de los niveles superiores de la serie, en donde se observa la estructura prismática del paleosuelo en el tramo oscuro lutítico y los nódulos carbonatados en el tramo arenoso infrayacente (U4). El nivel superior corresponden a un nivel arcósico antropizado	48
<b>Figura 22.</b> Columna estratigráfica sintética de la cantera La Paloma II y aspecto de los niveles lutíticos aflorantes (la escala mide 2m)	49
<b>Figura 23.</b> Unidad hidrogeológica y masa de agua subterránea de la demarcación hidrográfica del Tajo donde se localizan los huecos de explotación seleccionados	50
<b>Figura 24.</b> Modelización del flujo de las aguas subterráneas (mapa de isopiezas) en torno a los huecos mineros seleccionados, a partir de niveles piezométricos en sondeos y calicatas (AITEMIN, 2003).	53
<b>Figura 25.</b> Captaciones de agua (pozos) en el entorno de los huecos mineros seleccionados según la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales de los municipios de Toledo (EIEL, 2016)	54
<b>Figura 26.</b> Profundidades del nivel freático en sondeos y calicatas (AITEMIN, 2003)	55
<b>Figura 27.</b> Caracterización hidroquímica de las aguas extraídas de dos pozos situados en el Coto Minero de La Sagra (Diagramas de Piper). Período 1997-2002.	56
<b>Figura 28.</b> Ensayos para la determinación de la conductividad hidráulica <i>in situ</i> en el fondo de los huecos de las canteras Valanzana y La Paloma II por el método de Hatt & Le Coustumer (2008)	57
<b>Figura 29.</b> Izquierda: hueco inundado y parcialmente relleno con tierras de excavación de la cantera Valanzana. Derecha: Hueco inundado de la cantera La Paloma II	58
<b>Figura 30.</b> Izquierda: vegetación freatófita en el frente sur del hueco de explotación en la Paloma II Derecha: vegetación freatófita al pie de las bermas de dicho frente	58
<b>Figura 31.</b> Localización de los cursos fluviales más próximos a los huecos mineros seleccionados	59
<b>Figura 32.</b> Estado erosivo e inestabilidades de los taludes del hueco de explotación de la cantera Valanzana	61
<b>Figura 33.</b> Erosión de los frentes de avance de la explotación de arcilla en la cantera La Paloma II	62
<b>Figura 34.</b> Estado erosivo e inestabilidades de los taludes del hueco de explotación de la cantera La Paloma II	62
<b>Figura 35.</b> Localización de los puntos donde se han realizado los ensayos geotécnicos <i>in situ</i> en las canteras Valanzana (arriba) y La Paloma II (abajo)	63
<b>Figura 36.</b> Ensayos de resistencia a la compresión simple con penetrómetro de bolsillo de hasta 5 dNa/cm <sup>2</sup> (izquierda) y de resistencia al corte con vane test (derecha) en condiciones no drenadas	64
<b>Figura 37.</b> Municipios de la Comunidad de Madrid y Toledo localizados en un radio de 30 km en torno a los huecos de las canteras Valanzana y La Paloma II clasificados según de tamaño de población	68
<b>Figura 38.</b> Localización de las canteras Valanzana y La Paloma II respecto a las principales vías de comunicación por carretera	68
<b>Figura 39.</b> Localización de las canteras Valanzana y La Paloma II respecto a las principales vías de comunicación por carretera	69

# ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Número de plantas de gestores autorizados y muestras recogidas de RCD	4
<b>Tabla 2.</b> Lista de Residuos de Construcción y Demolición inertes según la Orden AAA/661/2013	7
<b>Tabla 3.</b> Valores límite de lixiviación para residuos inertes establecidos en la Orden AAA/661/203	8
<b>Tabla 4.</b> Valores límite de contenido total de parámetros orgánicos para residuos inertes establecidos en la Orden AAA/661/203	9
<b>Tabla 5.</b> Caracterización de la lixiviabilidad (ensayo UNE-EN 12457-4) de muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de la Comunidad Autónoma de Madrid	12
<b>Tabla 6.</b> Caracterización de la lixiviabilidad (ensayo UNE-EN 12457-4) de muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de las comunidades autónomas de Andalucía, Extremadura, Cantabria y País Vasco	13
<b>Tabla 7.</b> Caracterización de la lixiviabilidad (ensayo UNE-EN 12457-4) de muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de las comunidades autónomas de Castilla y León, Comunidad Valenciana, Región de Murcia y Cataluña	14
<b>Tabla 8.</b> Contenido total de parámetros orgánicos en muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de la Comunidad Autónoma de Madrid	20
<b>Tabla 9a.</b> Determinación de la concentración de algunos elementos traza en los RCD (ppm) mediante FRX y su comparación con Niveles Genéricos de Referencia (NGR) en suelos para la protección de la salud humana y los ecosistemas	25
<b>Tabla 9b.</b> Determinación de la concentración de algunos elementos traza en los RCD (ppm) mediante FRX y su comparación con Niveles Genéricos de Referencia (NGR) en suelos para la protección de la salud humana y los ecosistemas	26
<b>Tabla 9c.</b> Determinación de la concentración de algunos elementos traza en los RCD (ppm) mediante FRX y su comparación con Niveles Genéricos de Referencia (NGR) en suelos para la protección de la salud humana y los ecosistemas	27
<b>Tabla 10.</b> Clasificación de las muestras de RCD para rellenos tipo terraplén según criterios del PG-3	29
<b>Tabla 11.</b> Valores medios de resistencia a la compresión simple no drenada ( $q_u$ ) en Kg/cm <sup>2</sup>	64
<b>Tabla 12.</b> Valores medios de resistencia al esfuerzo cortante no drenado ( $S_u$ ) en kg/cm <sup>2</sup>	65
<b>Tabla 13.</b> Valores de cohesión $C_u$ calculados por el método de Bucchi (1972) y el valor de resistencia al esfuerzo cortante ( $S_u$ ) obtenido del ensayo vane test	66
<b>Tabla 14.</b> Valoración del índice de idoneidad del hueco de Valanzana para su rehabilitación con RCD	71
<b>Tabla 15.</b> Valoración del índice de idoneidad del hueco de La Paloma II para su rehabilitación con RCD	72

## 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RCD PARA LA REHABILITACIÓN DE HUECOS MINEROS

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, en su artículo 13.1.d, permite en las restauraciones mineras el uso de *residuos de procedencia no minera*, incluidos los RCD, para el acondicionamiento y relleno de los huecos de explotación de acuerdo con las prescripciones del R.D. 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) se caracterizan por su gran heterogeneidad, pues incluye una amplia variedad de materiales de diferente naturaleza (**Figura 1**), tal y como se recoge en el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (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 de la construcción (Romero, 2006). Es posible, por lo tanto, cierta variabilidad en la composición de los RCD en función de las características de los recursos geológico-mineros utilizados como materiales de construcción, según las diferentes regiones.

En cuanto al origen de este tipo de residuos, 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).

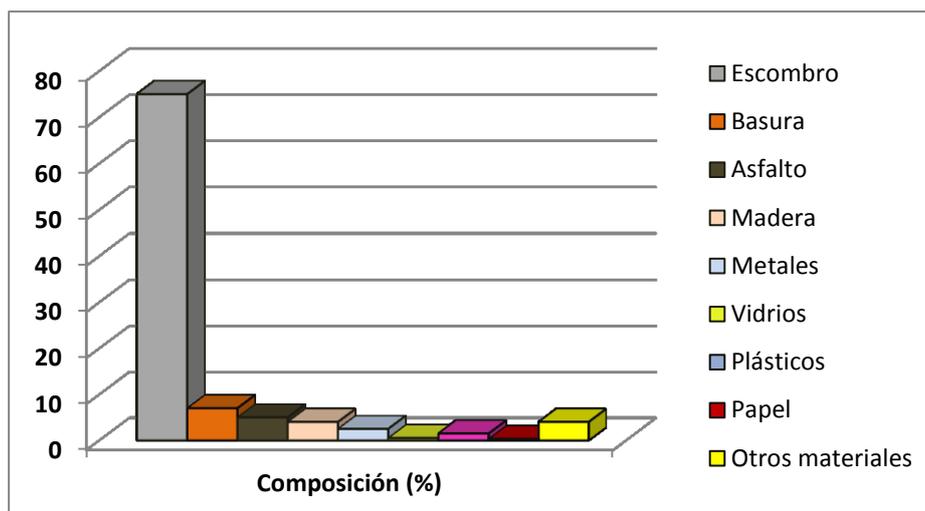


Figura 1.- Composición de los residuos de construcción y demolición (%)

### 1.1. Selección y recogida de muestras de RCD de gestores autorizados

La mayoría de las plantas de reciclaje autorizadas como “gestores recicladores de RCD” con emplazamiento fijo presentan generalmente una o dos líneas de producción de áridos reciclados dependiendo de los materiales o RCD procesados: hormigón y escombros mixtos 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 España, al igual que en otros países mediterráneos (De Brito *et al.*, 2005), el mayor volumen de RCD generados pertenecen a esta categoría. 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 pétreo (tamaño entre 0-20 mm o 0-40 mm), de calidad inferior a la zahorra que se obtiene tras el proceso de trituración por el alto contenido de tierra y arena (GERD, 2012). Este material es difícilmente comercializable y es, por lo general, eliminado en vertedero o en algunos casos acopiado en las plantas de tratamiento. El volumen de material pétreo rechazado en la línea de producción de áridos reciclados 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 consultados próximos a núcleos urbanos con una elevada producción de RCD. Por el contrario, el rechazo de la línea de hormigón suele ser muy bajo y en la mayoría de los

casos suele comercializarse en su totalidad. 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.

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/661/2013, 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, sobre 30 muestras obtenidas *in situ* en plantas de reciclaje de diversos gestores autorizados de RCD distribuidos por todo el territorio español. En la **Tabla 1** se muestra: el número de plantas, muestras recogidas en cada una de ellas y su tipología (hormigón, mixto o cerámicos y hormigón-mixto), así como el municipio y la CCAA en la que se ubican. Los rechazos pétreos de las plantas de tratamiento proceden mayoritariamente del precibado de residuos mixto-cerámicos, tal y como se ha comentado. Por ello, el ochenta y siete por ciento de las muestras recogidas han sido de dicho material. Mientras que los rechazos de la línea de reciclado del hormigón suelen ser escasos y tienen un carácter muy marginal, de ahí que representen tan solo el diez por ciento de las muestras analizadas. En la **Figura 2** se muestra de forma gráfica la localización de las instalaciones de reciclaje visitadas.

La caracterización geotécnica de dichos materiales granulares para su uso en el relleno y remodelación topográfica de huecos mineros, se ha realizado teniendo en consideración los resultados obtenidos en algunos de los ensayos propuestos en el *Pliego de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes* o PG-3 para rellenos (Orden FOM/1382/2002), el ensayo de compactación PROCTOR normal y otras pruebas complementarias.

Por último, se ha elaborado un inventario del conjunto de muestras estudiadas integrado por una serie de fichas que recogen toda la información relativa a dicha caracterización básica y geotécnica, así como información gráfica de las plantas de reciclaje y acopios de dónde se han obtenido cada una de las muestras (Anexo I).

CCAA/Municipio	Nº Plantas	Nº Total Muestras	TIPOLOGÍA		
			Hormigón	Mixto cerámicos	Hormigón/Mixto
<b>ANDALUCÍA</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	
Almonte (Huelva)	1	1		1	
<b>ARAGÓN</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	
Zaragoza (Zaragoza)	1	1		1	
<b>CANTABRIA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	
Meruelo	1	1		1	
Cacicedo de Camargo	1	1		1	
Revilla de Camargo	1	1		1	
<b>CASTILLA Y LEÓN</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	
Burgos (Burgos)	2	2		2	
<b>CATALUÑA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	
Arenys de Munt (Barcelona)	1	1		1	
Les Franqueses del Vallès (Barcelona)	1	1		1	
Barcelona (Barcelona)	1	1		1	
<b>COMUNIDAD VALENCIANA</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	
Alicante (Alicante)	1	1		1	
Monforte del Cid (Alicante)	1	1		1	
San Vicente de Raspeig (Alicante)*	1	1		1	
<b>COMUNIDAD DE MADRID</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>1</b>
Colmenar Viejo	1	1		1	
Fuenlabrada	1	1		1	
Madrid	2	3	1	2	
Molar (El)	1	2		1	1
Moralzarzal	1	1		1	
Navalcarnero	1	2	1	1	
<b>EXTREMADURA</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	
Mérida (Badajoz)	1	1	1	1	
Almaraz (Cáceres)	1	1		1	
Navalmoral de la Mata (Cáceres)	1	1		1	
<b>MURCIA</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	
Cartagena (Murcia)	1	1		1	
<b>PAÍS VASCO</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	
Erandio (Vizcaya)	1	1		1	
Ortuella (Vizcaya)	1	1		1	
*Planta móvil	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>26</b>	<b>1</b>

Tabla 1. Número de plantas de gestores autorizados y muestras recogidas de RCD

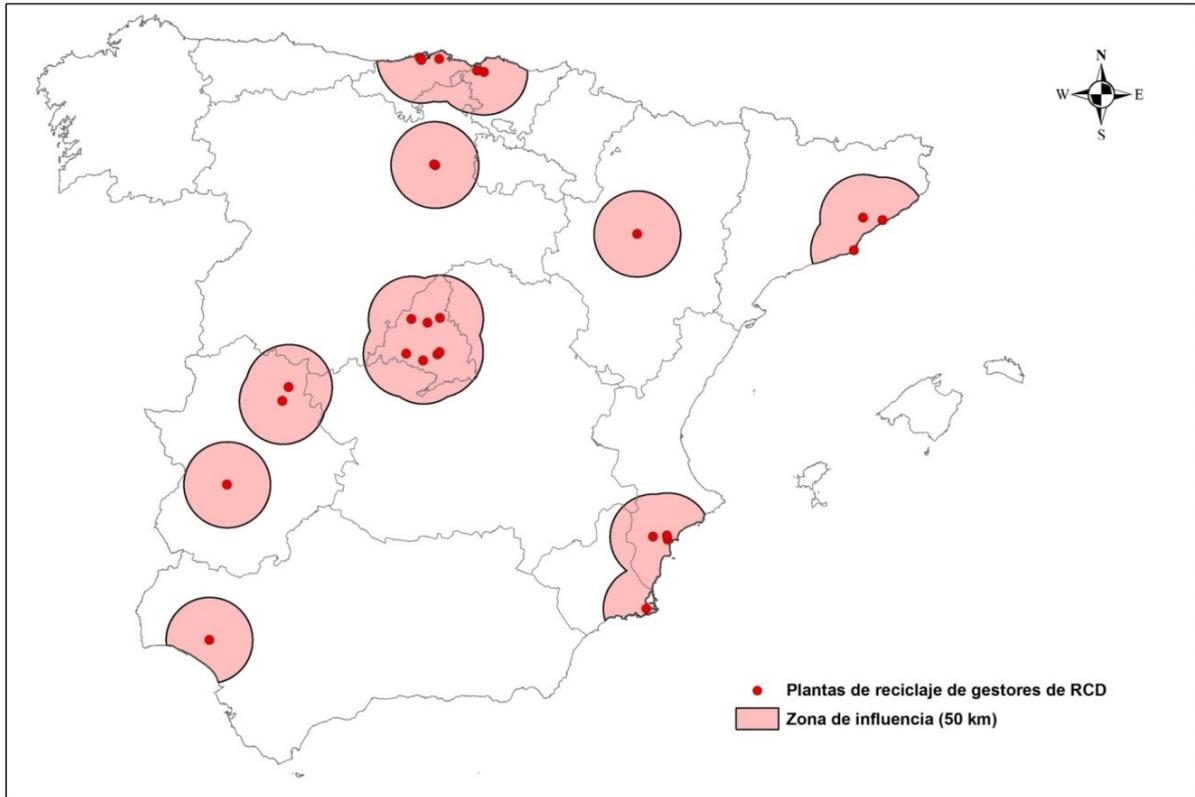


Figura 2. Plantas de reciclaje de gestores autorizados donde se han recogido muestras de RCD y área de influencia (50 km)

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

El R.D. 1481/2001 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 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/661/2013, 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 (Anexo II, apartado 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.

De acuerdo con lo establecido en la Orden AAA/661/2013 se consideran inertes, sin necesidad de realizar ningún tipo de prueba, los RCD presentes en la lista recogida en la **Tabla 2**, 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 (Anexo II, apartado 2.1.1). Hay que señalar que la Directiva Marco de Residuos no incluye los RCD con el código LER 17 05 04 (tierras y piedras que no contienen sustancias peligrosas) en el objetivo de alcanzar el 70% en peso de valorización de la producción de RCD en 2020.

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.

**Tabla 2. Lista de residuos de construcción y demolición inertes según la Orden AAA/661/2013**

En el caso de RCD que no estén incluidos en la lista (**Tabla 2**), 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.

La Orden AAA/661/2013 establece valores límite de lixiviación de determinados componentes obtenidos mediante el método de ensayo UNE-EN 12457-4 “*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 3**. 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 3**.

Componente	Ensayo de lixiviación UNE-EN 12457-4 L/S = 10 l/kg (mg/kg de materia seca)	Ensayo de percolación prEN 14405 C <sub>0</sub> (mg/l)
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	1.000*	1.500
Índice de fenol	1	0,3
COD**	500	160
STD***	4.000	--

\*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 prenorma prEN 14429).

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

**Tabla 3. Valores límite de lixiviación para residuos inertes establecidos en la Orden AAA/661/2013**

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 4.**

Parámetro	Valor límite (mg/kg de materia seca)
COT (carbono orgánico total)	30.000*
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 4. Valores límite de contenido total de parámetros orgánicos para residuos inertes establecidos en la Orden AAA/661/2013**

Para la determinación de algunos de los parámetros orgánicos, la Orden AAA/661/2013 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.

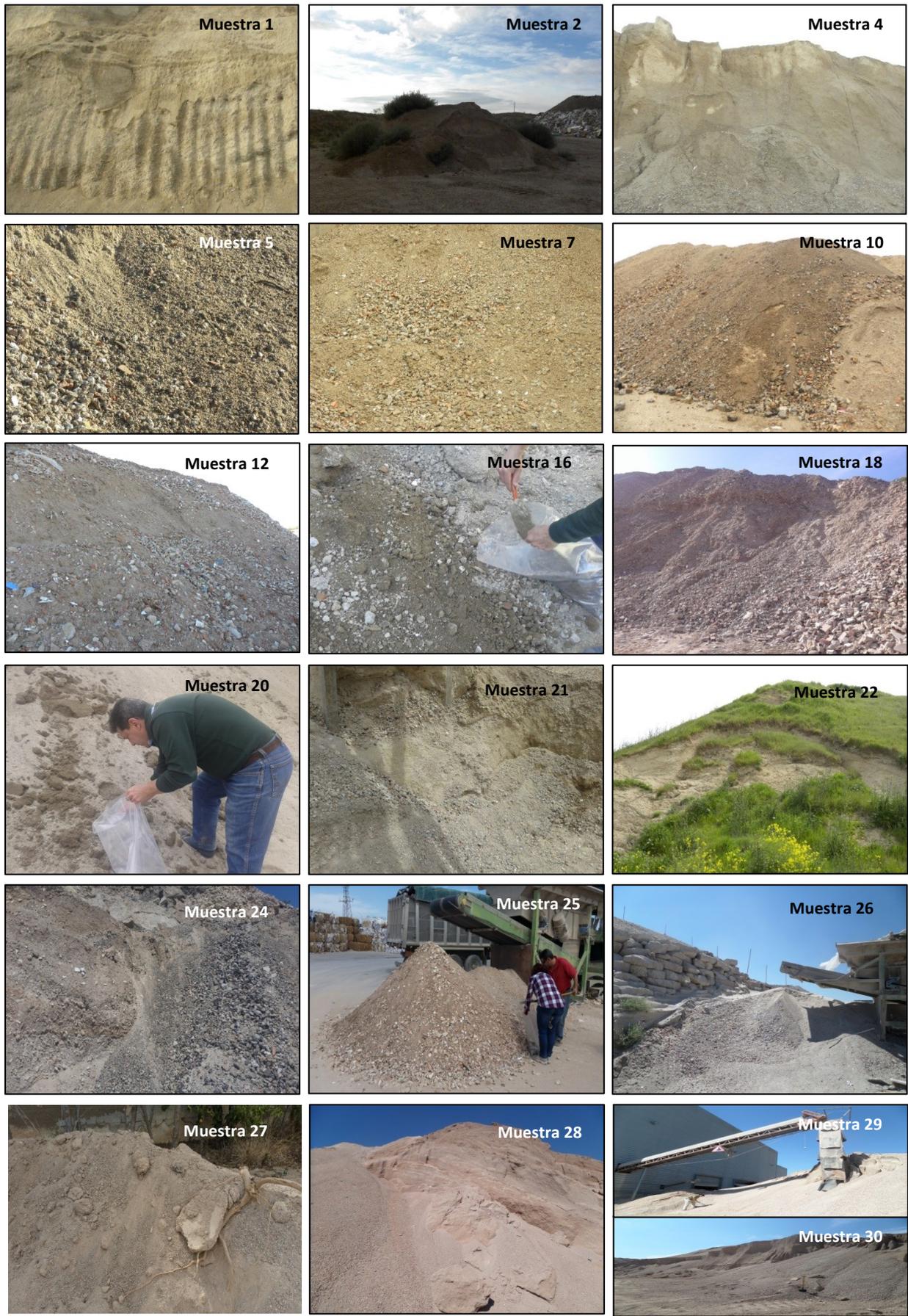
### 1.3. Caracterización básica de los RCD: lixiviabilidad y parámetros orgánicos (Orden AAA/661/2013)

#### 1.3.1. Lixiviabilidad de las muestras de RCD

La lixiviabilidad ha sido determinada mediante el ensayo de lixiviación UNE-EN 12457-4. La determinación de las concentraciones en mg/kg de materia seca de los componentes considerados en la Orden AAA/661/2013 para residuos inertes (**Tabla 3**), que pudieran estar presentes en los lixiviados generados en dicha prueba, se ha llevado a cabo aplicando diversos métodos normalizados. Todos estos ensayos han sido realizados en los Laboratorios del IGME, y han sido sometidos a controles de calidad internos. El análisis de lixiviabilidad se ha llevado a cabo sobre la totalidad de las muestras recogidas, mostrándose en las **Figuras 3 y 4** algunos de los acopios de donde se han obtenido las mismas. Por último, los resultados obtenidos quedan reflejados en las **Tablas 5 a 7**, siendo descritos a continuación.



Figura 3. Acopios de material de precibado de hormigón y mezcla hormigón-cerámicos de donde se han recogido muestras para la caracterización de la lixiviabilidad y la realización de otros ensayos.



**Figura 4. Acopios de material de prebido mixto-cerámicos de donde se han recogido las muestras para la caracterización de la lixiviabilidad y la realización de otros ensayos**

ENSAYO DE LIXIVIACIÓN UNE-EN 12457-4 Orden AAA/661/2013		COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID									
		MATERIAL DE PRECRIBADO (RECHAZO)									
		HORMIGÓN (mg/kg)		MIXTO-CERÁMICOS (mg/kg)							
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	MUESTRA 3	MUESTRA 6	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 7	MUESTRA 9	MUESTRA 10	MUESTRA 8
As	0,5	0,028	0,063	0,035	0,091	0,0793	0,1	0,183	0,042	0,103	0,197
Ba	20	0,725	0,0429	0,504	0,403	0,449	0,442	0,198	0,45	0,112	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	0,244	0,043	0,0393	0,064	0,0417	0,04	0,054	0,0848
Cu	2	0,12	0,0517	0,146	0,039	0,0447	0,19	0,873	0,05	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	0,0695	0,112	0,0265	0,022	0,0241	0,039	0,023	0,0255
Ni	0,4	0,058	<0,05	0,234	<0,05	<0,05	<0,05	0,063	0,176	0,072	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	0,06	0,029	0,0176	0,019	0,0167	0,015	0,008	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	0,249	0,425	0,712	0,269	0,644	0,721	0,264	0,263
Cloruro	800	50	10	90	140	10	310	10	40	10	20
Fluoruro	10	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfato	1.000	<b>8.840</b>	280	<b>15.100</b>	<b>18.700</b>	<b>6.079</b>	<b>7.520</b>	<b>1.169</b>	<b>13.793</b>	<b>2.796</b>	<b>13.696</b>
Índice Fenol	1	0,07	0,08	0,06	0,07	0,10	0,14	0,10	0,09	0,07	0,11
COD	500	165	64	121	82	54	112	78	66	84	71
STD	4.000	<b>14.655,8</b>	1.310	<b>21.237,6</b>	<b>24.797,7</b>	<b>10.780,3</b>	<b>13.078</b>	3.040,4	<b>21.165,7</b>	<b>5.478,3</b>	<b>17.927,5</b>
TIPO DE RESIDUO		No Peligroso	Inerte	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso

Tabla 5. Caracterización de la lixiviabilidad (ensayo UNE-EN 12457-4) de muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de la Comunidad Autónoma de Madrid

ENSAYO DE LIXIVIACIÓN UNE-EN 12457-4 Orden AAA/661/2013		MATERIAL DE PRECRIBADO (RECHAZO)									
		HORMIGÓN (mg/kg)		MIXTO-CERÁMICOS (mg/kg)							
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	EXTREMADURA	ANDALUCÍA	EXTREMADURA			CANTABRIA			PAÍS VASCO	
		MUESTRA 13	MUESTRA 11	MUESTRA 12	MUESTRA 14	MUESTRA 15	MUESTRA 16	MUESTRA 17	MUESTRA 18	MUESTRA 19	MUESTRA 20
As	0,5	0,042	0,048	0,043	0,041	0,023	0,007	0,007	0,013	0,019	0,035
Ba	20	0,235	0,381	0,464	0,089	0,038	0,342	0,650	0,501	0,374	0,860
Cd	0,04	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Cr Total	0,5	0,090	0,009	0,212	0,060	0,145	0,041	0,050	0,098	0,039	0,088
Cu	2	0,043	0,065	0,023	0,033	0,034	0,069	0,134	0,099	0,013	0,170
Hg	0,01	< 0,005	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,01	< 0,005	< 0,01
Mo	0,5	0,043	0,226	0,068	0,020	0,045	0,065	0,168	0,059	0,037	0,113
Ni	0,4	0,005	0,010	0,012	0,007	< 0,005	0,006	0,021	0,014	< 0,005	0,044
Pb	0,5	0,004	0,011	0,008	0,002	< 0,002	< 0,002	0,003	< 0,004	< 0,002	0,005
Sb	0,06	0,025	0,026	0,021	0,031	0,046	<b>0,147</b>	0,047	<b>0,074</b>	<b>0,070</b>	<b>0,097</b>
Se	0,1	<0,005	<0,01	0,011	<0,005	<0,005	0,009	0,017	<0,01	0,008	0,024
Zn	4	0,065	0,186	0,178	0,043	0,020	<0,01	0,013	<0,02	<0,01	0,153
Cloruro	800	362	362	<b>1.780</b>	<b>988</b>	362	64,8	152	281	104	194
Fluoruro	10	<b>41</b>	3	<b>40</b>	<b>26</b>	<b>41</b>	0,66	0,64	0,66	0,96	0,64
Sulfato	1.000	24	62	416	90	24	<b>1.170</b>	205	104	<b>2.440</b>	268
Índice Fenol	1	1,66	0,76	0,55	<0,5	1,66	0,005	0,005	0,006	<0,005	<0,005
COD	500	17	23	17	10	17	40	68	43	19	13
STD	4.000	595,2	545,2	2.421	1.195	595,2	1.596	340,4	423,4	2.500,6	402,2
TIPO DE RESIDUO		No Peligroso	Inerte	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso	Inerte	No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso

Tabla 6. Caracterización de la lixiviabilidad (ensayo UNE-EN 12457-4) de muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de las comunidades autónomas de Andalucía, Extremadura, Cantabria y País Vasco

ENSAYO DE LIXIVIACIÓN UNE-EN 12457-4 Orden AAA/661/2013		MATERIAL DE PRECRIBADO (RECHAZO)									
		MIXTO-CERÁMICOS (mg/kg)									
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	CASTILLA Y LEÓN		COMUNIDAD VALENCIANA			ARAGÓN	R. MURCIA	CATALUÑA		
		MUESTRA 21	MUESTRA 22	MUESTRA 23	MUESTRA 24	MUESTRA 25	MUESTRA 26	MUESTRA 27	MUESTRA 28	MUESTRA 29	MUESTRA 30
As	0,5	0,013	0,041	0,012	0,011	0,012	0,013	0,050	0,010	0,012	0,028
Ba	20	0,752	0,876	0,445	0,860	1,128	1,020	1,428	0,971	1,140	0,551
Cd	0,04	<0,004	<0,004	<0,002	<0,002	<0,004	<0,004	<0,002	<0,002	<0,002	<0,004
Cr Total	0,5	0,176	0,009	0,106	0,010	0,226	0,423	0,037	0,414	0,201	0,155
Cu	2	0,061	0,051	0,074	0,020	0,107	0,204	0,032	0,026	0,081	0,165
Hg	0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01
Mo	0,5	0,068	0,050	0,274	0,083	0,220	0,067	0,106	0,101	0,094	0,161
Ni	0,4	0,018	<0,01	<0,005	<0,005	0,010	0,018	0,008	<0,005	0,013	0,018
Pb	0,5	<0,004	<0,004	<0,002	0,003	0,004	0,006	0,005	<0,002	<0,002	<0,004
Sb	0,06	0,007	0,038	<b>0,177</b>	0,022	0,049	0,003	0,047	0,017	0,022	<b>0,222</b>
Se	0,1	<0,01	<0,01	0,007	0,004	0,014	0,012	0,005	0,009	0,009	0,019
Zn	4	<0,02	0,366	<0,01	0,065	0,086	<0,02	0,242	<0,01	<0,01	0,032
Cloruro	800	<1	8	3	41	40	19	26	26	30	27
Fluoruro	10	<0,5	<0,5	0,76	1,66	0,55	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfato	1.000	<b>1.500</b>	<b>2.130</b>	362	362	<b>1.780</b>	<b>1.690</b>	988	552	730	<b>1.520</b>
Índice Fenol	1	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,09	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
COD	500	66	37	46	20	<b>1416</b>	210	324	47	48	61
STD	4.000	2.402,6	1.733,6	545,2	595,2	2.421	2.581	1.195	837,2	1.114,8	2.175,6
TIPO DE RESIDUO		No Peligroso	No Peligroso	No Peligroso	Inerte	Peligroso	No Peligroso	Inerte	Inerte	Inerte	No Peligroso

Tabla 7. Caracterización de la lixiviabilidad (ensayo UNE-EN 12457-4) de muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de las comunidades autónomas de Castilla y León, Comunidad Valenciana, Aragón, Región de Murcia y Cataluña

#### 1.3.1.1. Metales pesados y metaloides

Las concentraciones de metales pesados y metaloides: arsénico (As), bario (Ba), cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se), antimonio (Sb) y cinc (Zn) en el lixiviado obtenido de las muestras de RCD, tras aplicar el ensayo de lixiviación UNE-EN 12457-4, se han determinado mediante un análisis multielemental con ICP-MS (*Espectrometría de Plasma Acoplado Inductivamente-Espectrometría de Masas*). En muestras con elevadas concentraciones de sólidos totales disueltos (STD) ha sido necesaria una mayor dilución para el análisis por ICP-MS. Debido a ello, esta técnica ha presentado un límite de detección para el mercurio (Hg) de 0,05 mg/kg en todas las muestras de la Comunidad de Madrid, por encima del valor límite normativo de 0,01 mg/kg para este metal en residuos inertes. Por lo tanto, en estos casos no ha sido posible realizar un análisis comparativo.

Las concentraciones de metales y metaloides en los lixiviados de todas las muestras analizadas, considerados en la Orden AAA/661/2013, se encuentran por debajo de los valores límite establecidos por dicha norma para los residuos inertes. A excepción del antimonio (Sb) que presenta en algunas muestras de RCD del País Vasco, Cantabria, Cataluña y Comunidad Valenciana concentraciones entre 0,07 y 0,22 mg/kg, por encima del valor de 0,06 mg/kg establecido para ese elemento (**Tablas 5 a 7**). Como consecuencia de ello, estas últimas muestras deben ser calificadas como *residuos no peligrosos*. No obstante, dichas concentraciones de Sb no son muy elevadas, y están lejos de superar el umbral de 0,7 mg/kg a partir del cual se considerarían residuos peligrosos por la anterior normativa.

El análisis estadístico del rango intercuartil ( $Q_1 - Q_3$ ) que, en este caso, expresa la diferencia entre los valores que representan el 25% ( $Q_1$ ) y 75% ( $Q_3$ ) de los valores de concentración medidos de un determinado metal en los lixiviados del conjunto de muestras de precibado analizadas, y que en el diagrama de caja y bigotes queda reflejado por el tamaño de ésta (**Figura 5**), pone de relieve la mayor variabilidad de las concentraciones de bario (Ba) y cinc (Zn) en los RCD estudiados con respecto al resto de metales y metaloides que han sido considerados en el análisis.

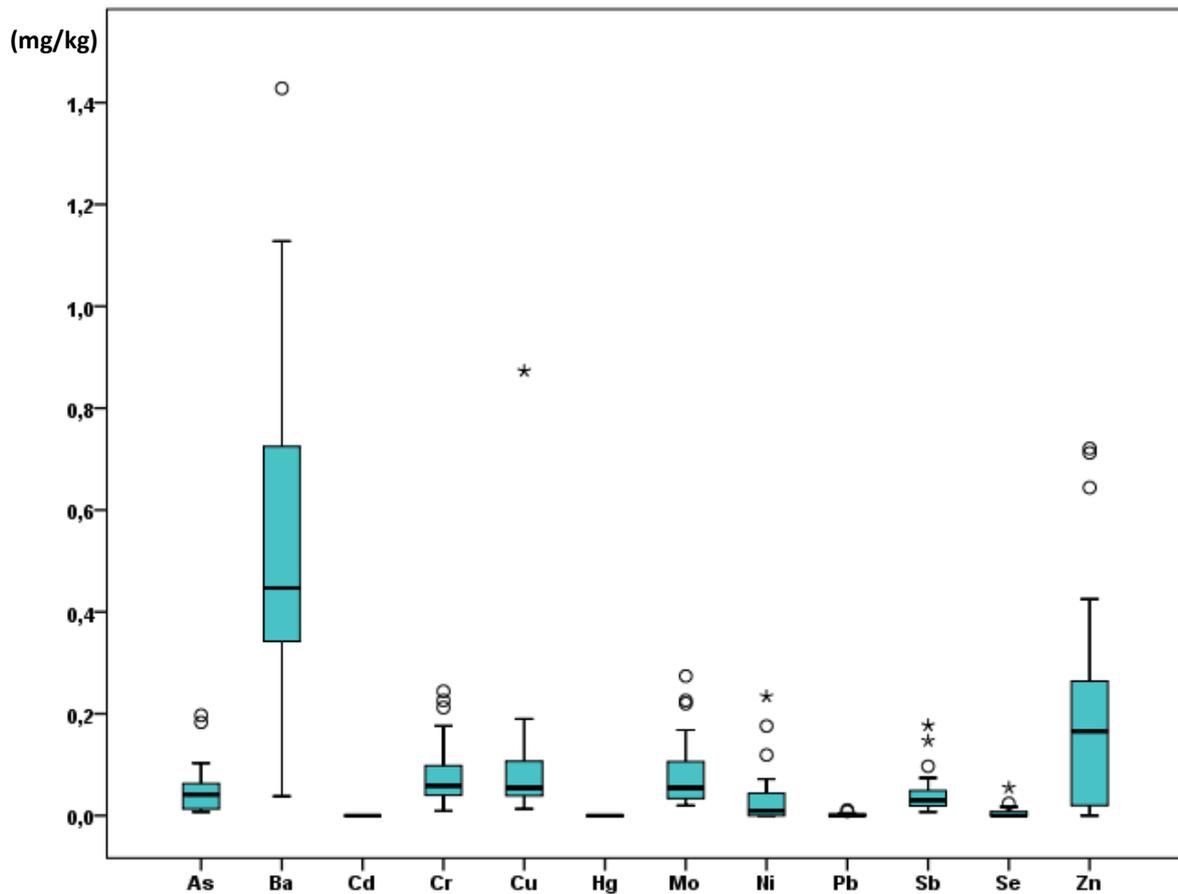


Figura 5. Diagrama de cajas para la representación de la distribución de las concentraciones (mg/kg) de los metales lixiviados de las muestras de precibado de RCD analizadas

### 1.3.1.2. Sales y sólidos totales disueltos (STD)

La determinación de las concentraciones de aniones como cloruros, sulfatos y fluoruros en el lixiviado obtenido tras el ensayo de lixiviación UNE-EN 12457-4, se ha realizado mediante: *Espectrofotometría de Absorción Ultravioleta-Visible (UV-Vis)* en el caso de cloruros y sulfatos; y *Cromatografía Iónica con un Electrodo Selectivo de Iones* en el caso de los fluoruros.

En líneas generales, los eluatos de la mayoría de las muestras presentaban contenidos de cloruros (Cl<sup>-</sup>) y fluoruros (F<sup>-</sup>) dentro de los límites establecidos por la norma para materiales de carácter inerte (800 mg/kg y 10 mg/kg, respectivamente), si exceptuamos las muestras recogidas en las plantas de reciclaje de Extremadura. En todas ellas se superaban las concentraciones fijadas para los fluoruros, y en algunos casos las establecidas para los cloruros (**Tabla 6**), por lo que son calificadas como

*residuos no peligrosos*. No obstante, dichas concentraciones de fluoruros (entre 26 y 41 mg/kg) se encontraban muy por debajo del umbral de 150 mg/kg, por encima del cual, los residuos son considerados como *peligrosos*.

En cuanto a los sulfatos, casi la mitad de las muestras de RCD estudiadas tenían concentraciones de  $\text{SO}_4^-$  en los lixiviados por encima del umbral normativo fijado para residuos inertes (1000 mg/kg). Tal vez lo más significativo, es que la mayoría de estas muestras eran material de precibado mixto-cerámico y procedían de gestores autorizados de la Comunidad de Madrid (30% del total de muestras), tal y como puede observarse en las **Tablas 5 a 7**. Por este motivo, se ha realizado un análisis estadístico mediante el programa SPSS 22.0 con el fin de detectar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el contenido de sulfatos de las muestras, en función de su distribución geográfica o comunidad autónoma en la que se obtuvieron; para ello, se ha utilizado la prueba de análisis de la varianza (ANOVA) utilizando la distribución de Fisher (F). El análisis muestra que las diferencias observadas en el contenido de sulfatos en los residuos mixto-cerámicos son estadísticamente significativas para ( $F= 3,250$   $p=0,026$ ), presentando los residuos de la Comunidad de Madrid los valores más altos y claramente diferenciados con respecto al resto.

La presencia de elevadas concentraciones de sulfatos en los RCD es la principal causa de que este tipo de residuos no sean calificados como *inertes*, y sean considerados por el contrario como *no peligrosos*. Existen además estudios que demuestran que ante la presencia de materia orgánica, elevadas concentraciones de sulfatos pueden desencadenar la formación de sulfuro de hidrógeno  $\text{H}_2\text{S}$  (Eun *et al.*, 2005), gas que se añadiría a las otras emisiones típicas existentes en vertederos de RCD (López y Lobo, 2014).

Las concentraciones de sólidos totales disueltos (STD) se han obtenido mediante *Determinación Gravimétrica por secado a 180°C*. Las altas concentraciones de sulfatos justifican que los valores de sólidos totales disueltos (STD) se encuentren, en los lixiviados de muchas de las muestras de la Comunidad Autónoma de Madrid, por

encima del valor límite (4000 mg/kg) establecido por la normativa para residuos de carácter inerte.

#### 1.3.1.3. Índice Fenol y Carbono Orgánico Disuelto

El Índice Fenol y el Carbono Orgánico Disuelto (COD) se han determinado por *Espectrofotometría de Absorción UV-Vis con un Autoanalizador de flujo continuo*. Tanto los fenoles como el COD se encuentran en los lixiviados de todas las muestras por debajo del valor límite para residuos inertes, salvo la muestra nº 25 obtenida en la Comunidad Valenciana que presenta un valor de COD excepcionalmente elevado para este parámetro que lo califica como un *residuo peligroso* (**Tabla 7**). Se trata de un valor atípico para este tipo de RCD que podría deberse a una contaminación fortuita; la muestra fue obtenida del rechazo del precibado de finos mixto-cerámicos de una planta móvil, localizada en una instalación en la que se reciclaban diversos tipos de residuos (plásticos, RCD, etc.) con un continuo tránsito de maquinaria.

#### 1.3.2. Parámetros orgánicos de las muestras de RCD

La presencia de compuestos orgánicos sólo fue analizada en un total de 10 muestras de RCD, obtenidas todas ellas en plantas de gestores autorizados de la Comunidad Autónoma de Madrid (**Anexo 1**). En las **Figuras 6 y 7** se puede observar la recogida de algunas de las muestras para el análisis de parámetros orgánicos. El carbono orgánico total (COT) se determinó mediante el ensayo UNE-EN 13137 en los Laboratorios del IGME. Mientras que los ensayos para la determinación de los contenidos totales de hidrocarburos fueron realizados por LABAQUA Madrid, aplicando los siguientes métodos acreditados: 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 resultados obtenidos quedan recogidos en la **Tabla 8**.



**Figura 6. Toma de muestras de material de rechazo (precibado) mixto-cerámico para determinación de contenidos totales de parámetros orgánicos (BTEX, PCB, aceites minerales y HPA)**



**Figura 7. 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)**

Orden AAA/661/2013		MATERIAL DE PRECRIBADO (RECHAZO)									
		HORMIGÓN (mg/kg)			MIXTO-CERÁMICOS (mg/kg)						
PARÁMETROS ORGÁNICOS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	Muestra 3	Muestra 6	Muestra 31	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 7	Muestra 10	Muestra 8
<b>COT<sup>1</sup></b>	30000	6300	6900	***	5100	3700	17200	10100	8144,87	7272,27	5676,37
<b>BTEX<sup>2</sup></b>	6	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**	< 0,05**
<b>PCB<sup>3</sup></b>	1	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*	< 0,025*
<b>Aceite mineral<sup>4</sup></b>	500	93	99,9	<b>648,3</b>	<40	<40	<40	41,7	145,4	64,8	243,2
<b>HPA<sup>5</sup></b>	55	0,279	0,381	17,4	1,320	0,233	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 8. Contenido total de parámetros orgánicos en muestras de precibado (rechazo) obtenidas de gestores de RCD de la Comunidad Autónoma de Madrid.**

Prácticamente todas las muestras analizadas presentaban 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).

### 1.3.3. Determinación de la concentración de elementos traza en los RCD con Fluorescencia de Rayos X (FRX)

Se ha determinado mediante Fluorescencia de Rayos X (FRX) la concentración de algunos elementos traza (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Tl, Pb, U) en los RCD, para los que se han establecido Niveles Genéricos de Referencia (NGR) para la evaluación de suelos contaminados, en algunas de las comunidades autónomas (CCAA) dónde se han obtenido muestras. En el caso del mercurio (Hg) se ha aplicado la norma EPA 7471 “Mercurio en residuos sólidos o semisólidos”, y se han medido en el eluato obtenido las concentraciones totales de dicho elemento con *Espectrometría de Absorción Atómica (Técnica de Vapor Frío)*.

El R.D. 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, define como NGR la concentración de una sustancia contaminante en el suelo que no conlleva un riesgo superior al máximo aceptable para la salud humana o los ecosistemas (art. 2). Por otra parte, tal y como se señala en la Guía de aplicación del anterior R.D. 9/2005 (Ministerio de Medio Ambiente, IGME e INIA, 2007) las concentraciones de metales en suelos no contaminados dependen fuertemente del ámbito geológico en los que éstos se localicen. Por ello, junto a otras razones (variedad de formas de especiación con distintos grados de biodisponibilidad, etc.), no es posible establecer unos NGR para metales aplicable a todo el ámbito nacional. Por lo tanto, son las comunidades

autónomas (el órgano competente) las que determinarán los mismos de aplicación en su territorio. Si las concentraciones de dichos elementos en el suelo son iguales o inferiores a sus correspondientes NGR, se considerará que éste no está contaminado. Sin embargo, en el caso de que se superen estos niveles no significa necesariamente que exista un problema de contaminación en el suelo, si no que éste debe ser objeto de una valoración detallada de riesgos tanto para la protección de la salud humana como de los ecosistemas que confirme o no la existencia de un suelo contaminado. Para la protección de la salud humana, además, de acuerdo con el R.D. 9/2005, se consideran NGR al menos para tres escenarios genéricos de usos del suelo: industrial, urbano y otros usos que engloban actividades agrícolas, forestales y ganaderas.

La mayor parte de las CCAA en las que se han recogido muestras de RCD disponen actualmente de Niveles Genéricos de Referencia para metales con vistas a la protección de la salud humana, a excepción de las comunidades de Castilla-León, Comunidad Valenciana y Región de Murcia (**Tablas 9a, 9b, 9c**). Por otra parte, únicamente Cataluña y Extremadura han determinado NGR para metales y metaloides orientados a la protección de los ecosistemas.

En la Región de Murcia, Martínez Sánchez *et al.* (2007) han propuesto unos niveles genéricos de referencia para elementos traza, aunque sin realizar distinciones entre usos del suelo, para diversas zonas según el contexto geológico (**Tabla 9c**). Los NGR adoptados en esta Guía se refieren a los propuestos por dichos autores para la zona 3, en dónde se localiza la planta de reciclaje de la que se obtuvo la correspondiente muestra de RCD.

A continuación, se describen los resultados del análisis comparativo de las concentraciones totales de dichos metales o metaloides en los RCD, con los NGR en suelos de las correspondientes CCAA.

La totalidad de las muestras de RCD recogidas en gestores autorizados de la Comunidad de Madrid presentan concentraciones totales de los elementos traza por debajo de los NGR establecidos, desde el punto de vista de la protección de la salud

humana, para los usos “urbano” e “industrial”. Sin embargo, la mitad de ellas (muestras 1, 2, 3, 7 y 8) presentan concentraciones de uno o varios metales (vanadio, arsénico, antimonio y plomo) por encima de los NGR determinados para “otros usos”: agrícola, forestal y ganadero (**Tabla 9a**).

La muestra de RCD obtenida de un gestor autorizado de la comunidad autónoma de Andalucía presentaba concentraciones de elementos traza por debajo de los NGR que se han establecido para la protección de la salud humana, en los suelos de la región (**Tabla 9a**).

Las muestras de residuos de construcción y demolición recogidas en Extremadura mostraban concentraciones de metales pesados por debajo de los NGR para la protección de la salud humana, a excepción de la muestra 12 respecto al NGR del plomo para los usos “urbano” y “otros usos” (**Tabla 9b**). Respecto a la protección de ecosistemas sensibles y prioritarios, dicha muestra presentaba además concentraciones de cinc, estaño, plomo y mercurio por encima de sus correspondientes NGR

Las concentraciones de elementos metálicos en muestras obtenidas en plantas de reciclaje de RCD de Cantabria se encuentran por debajo de los NGR de los suelos regionales en cuanto a la protección de la salud humana, a excepción de la muestra 18 que presenta una concentración de cinc y plomo respecto al NGR para “otros usos” ligeramente superior (**Tabla 9b**).

Respecto a los residuos de RCD procedentes de gestores del País Vasco, sólo la muestra 20 tiene una concentración de plomo algo superior al nivel de referencia (VIE-B) para los usos del suelo: áreas de juegos infantiles, agrícola, forestal y ganadero (**Tabla 9b**).

La muestra obtenida en Aragón, muestra concentraciones de metales pesados por debajo de los NGR para la protección de la salud humana, a excepción del NGR del plomo para “otros usos” (**Tabla 9c**).

Respecto a los RCD recogidos en la región de Murcia, éstos presentan concentraciones por encima de los NGR establecidos por Martínez Sánchez *et al.* (2007) para el cobre, cinc, arsénico, plomo y antimonio (**Tabla 9c**).

Las muestras que han sido recogidas en plantas de tratamiento de RCD de Cataluña tienen todas ellas concentraciones, en uno o varios elementos traza (arsénico, bario y plomo), superiores a los NGR de alguno de los escenarios genéricos considerados (urbano, industrial y “otros usos”) para la protección de la salud humana. Asimismo, presentan concentraciones de algunos metales y metaloides (cinc, arsénico, bario y plomo) por encima de los NGR establecidos para la protección de los ecosistemas, cuando este tipo de protección se considere prioritaria (**Tabla 9c**).

Finalmente, para una mejor interpretación de los resultados obtenidos, no hay que olvidar, por un lado, que este análisis relaciona las concentraciones de metales presentes en un “residuo” con respecto a concentraciones de referencia de dichos elementos en un “suelo”, cuya comparación no es exactamente equiparable. Y por otro, que el contacto directo con dichos residuos va a ser improbable en la generalidad de los casos porque éstos van a estar cubiertos por tierra u otros materiales que faciliten la restauración de los huecos mineros. No obstante, los datos obtenidos ponen de relieve que por lo general las concentraciones de estos metales en los RCD suelen estar por debajo de los NGR en la mayoría de los elementos traza considerados; y en los que se superan dichos niveles suele ser en un rango relativamente bajo y normalmente para un escenario de uso de carácter agrícola, forestal y agropecuario o áreas de juegos infantiles, y en menor medida urbano o industrial; así como en los casos de conservación ecológica de espacios naturales sensibles. Por todo ello, no parece que este tipo de residuos pueda representar un problema importante de contaminación de suelos.

CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA EN LOS RCD (ppm) DETERMINADA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX) Y NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA EN SUELOS (ppm)																		
MUESTRA	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Tl	Pb	U	Hg*
<b>COMUNIDAD DE MADRID</b>																		
Muestra 1	25,2	19,8	6,5	15,6	59,3	121,1	6,2	<1	<1	<6	<10	14,0	4,3	341,2	<1,6	72,8	2,4	0,12
Muestra 2	24,6	12,8	4,1	21,9	16,8	111,9	9,3	<1	<1	<6	<10	6,8	<2,37	367,5	<1,6	104,1	3,2	0,10
Muestra 3	23,8	12,1	<2,41	<1,01	24,2	57,5	6,7	<1	2,0	<6	<10	6,5	4,0	254,4	<1,6	35,3	2,5	0,10
Muestra 4	20,7	10,7	2,4	3,8	7,5	42,1	4,0	<1	1,4	<6	<10	27,6	<2,37	401,1	1,8	30,6	1,6	0,10
Muestra 5	25,0	14,6	5,0	5,5	28,3	51,9	5,6	<1	1,2	<6	<10	16,4	<2,37	439,2	2,0	42,7	2,9	0,05
Muestra 6	36,9	19,6	6,2	14,1	12,8	50,6	2,9	<1	1,3	<6	<10	6,0	<2,37	456,1	<1,6	23,9	1,9	0,03
Muestra 7	56,3	37,1	7,1	17,8	14,4	63,5	28,0	<1	<1	<6	<10	6,8	<2,37	482,8	<1,6	28,0	2,6	0,20
Muestra 8	49,2	31,5	6,8	19,9	17,8	58,7	20,6	<1	<1	<6	<10	7,5	<2,37	517,0	<1,6	30,0	2,3	0,01
Muestra 9	33,5	14,6	5,0	3,3	18,0	70,8	8,2	<1	<1	<6	<10	7,8	<2,37	444,5	<1,6	39,6	3,6	0,02
Muestra 10	22,0	13,8	<2,41	10,0	11,8	44,3	13,2	<1	<1	<6	<10	10,6	<2,37	612,5	<1,6	26,4	2,7	0,02
<b>NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA</b>																		
NGR INDUSTRIAL	3.700	2.300	1.500	15.600	8.000	100.000	40	3.900	1.500	500	300	100.000	80	100.000	30	2.700	-	15
NGR URBANO	370	230	150	1.560	800	11.700	24	390	150	50	30	46.730	8	15.200	3	270	-	7
NGR OTROS USOS	37	90	15	405	80	1.170	24	85	15	5	3	46.730	0,8	4.200	2	75	-	5
Orden 2770/2006, de 11 de agosto, del Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se procede al establecimiento de niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos contaminados de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M nº 204, de 28 de agosto de 2006).																		
Orden 761/2007, de 2 de abril, del Consejero de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, por la que se modifica la Orden 2770/2006, de 11 de agosto, por la que se establecen niveles genéricos de referencia de metales pesados y otros elementos traza de suelos contaminados de la Comunidad de Madrid (B.O.C.M. nº 98, de 26 de abril de 2007)																		
<b>ANDALUCÍA</b>																		
Muestra 11	31,14	18,40	3,26	8,12	20,19	61,73	5,36	<1	1,72	<6	<10	3,40	<2,37	152,25	<1,6	19,13	<1,2	0,05
<b>NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA</b>																		
NGR INDUSTRIAL	3.650	10.000	250	10.000	10.000	10.000	40	3.900	3.900	-	750	10.000	4.700	10.000	2,3	2.750	-	250
NGR URBANO	365	10.000	25	1.530	3.130	10.000	36	390	390	-	75	10.000	470	10.000	0,23	275	-	25
NGR OTROS USOS	50	10.000	24	1.530	595	10.000	36	370	115	-	25	10.000	90	10.000	0,23	275	-	25
Decreto 18/2015, de 27 de enero, por el que se aprueba el reglamento que regula el régimen aplicable a los suelos contaminados (B.O.J.A. nº 38, de 25 de febrero de 2015)																		

\*El Hg se ha determinado con Espectrometría de Absorción Atómica: Técnica de Vapor Frío

Tabla 9a. Determinación de la concentración de algunos elementos traza en los RCD (ppm) mediante FRX y su comparación con Niveles Genéricos de Referencia (NGR) en suelos para la protección de la salud humana y los ecosistemas

CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA EN LOS RCD (ppm) DETERMINADA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX) Y NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) EN SUELOS (ppm)																		
MUESTRA	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Tl	Pb	U	Hg*
<b>EXTREMADURA</b>																		
Muestra 12	49,97	36,62	8,16	15,87	22,60	302,01	10,1	<1	1,36	<6	<10	20,29	<2,37	348,36	<1,6	348,2	2,13	0,22
Muestra 13	42,22	59,80	5,61	13,26	15,38	43,42	13,1	<1	1,18	<6	<10	4,19	<2,37	209,82	<1,6	36,36	<1,2	0,08
Muestra 14	39,29	21,54	3,68	9,24	11,71	53,26	8,18	<1	<1	<6	<10	4,60	<2,37	349,90	<1,6	25,94	3,11	0,04
Muestra 15	37,96	18,77	4,07	10,24	8,15	50,02	9,18	<1	1,22	<6	<10	4,31	<2,37	376,38	<1,6	26,29	3,15	0,01
NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA																		
NGR INDUSTRIAL	10.000	640	580	7.450	7.750	10.000	61	3.750	3.500	-	350	10.000	200	-	-	2.600	-	15
NGR URBANO	10.000	100	90	745	775	10.000	61	375	350	-	35	10.000	20	-	-	260	-	6
NGR OTROS USOS	1.835	95	33	460	180	1.835	61	135	35	-	4	10.000	2	-	-	110	-	3
NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS																		
NGR	116	95	33	56	67	281	61	0,5	3,7	-	0,35	2,1	1	-	-	48	-	0,10
R.D. 49/2015 de 30 de marzo, por el que se regula el régimen jurídico de los suelos contaminados en la Comunidad Autónoma de Extremadura (DOE nº 64, de 6 de abril de 2015)																		
<b>CANTABRIA</b>																		
Muestra 16	57,3	36,7	7,5	19,8	16,5	64,8	6,7	<1	<1	<6	<10	<2,1	<2,37	175,0	<1,6	21,1	<1,2	0,09
Muestra 17	23,2	18,8	1,9	7,5	13,4	152,0	6,6	<1	1,2	<6	<10	<2,1	<2,37	88,7	<1,6	21,7	<1,2	0,05
Muestra 18	52,7	53,2	8,9	17,7	18,0	281,0	11,5	<1	1,2	<6	<10	5,4	<2,37	266,0	<1,6	59,5	<1,2	0,10
NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA																		
NGR INDUSTRIAL	3.410	2.020	220	5.200	3.400	10.000	38	-	300	60	100	-	290	-	-	2.620	-	14
NGR URBANO	341	202	22	520	340	2.720	38	-	30	6	10	-	29	-	-	262	-	2
NGR OTROS USOS	147	118	20	52	34	272	38	-	3	0,6	1	-	3	-	-	58	-	0,2
Proyecto Decreto por el que se regula el régimen jurídico de los suelos contaminados en la Comunidad Autónoma de Cantabria y se crea el inventario de Suelos Contaminados <a href="http://medioambientecantabria.es/doc_exposicion_publica/ampliar.php?id_contenido=63550&amp;id_tipo=0">http://medioambientecantabria.es/doc_exposicion_publica/ampliar.php?id_contenido=63550&amp;id_tipo=0</a>																		
<b>PAÍS VASCO</b>																		
Muestra 19	163,0	61,3	17,1	25,9	17,5	104,0	13,2	<1	<1	<6	<10	3,0	<2,37	185,0	<1,6	63,8	<1,2	0,12
Muestra 20	43,6	47,1	6,1	16,2	31,4	194,0	13,7	<1	1,1	10,4	<10	16,8	<2,37	345,0	<1,6	143,0	<1,2	0,19
NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA																		
VIE-B INDUSTRIAL	-	550	-	800	-	-	200	-	750	-	50	-	-	-	-	1.000	-	40
VIE-B PARQUE PÚBLICO	-	400	-	500	-	-	30	-	250	-	25	-	-	-	-	450	-	15
VIE-B URBANO	-	200	-	150	-	-	30	-	75	-	8	-	-	-	-	150	-	4
VIE-B ÁREA DE JUEGO INFANTIL	-	90	-	110	-	-	30	-	75	-	5	-	-	-	-	120	-	4
VIE-B OTROS USOS	-	200	-	110	-	-	30	-	75	-	5	-	-	-	-	120	-	4
VIE-B: Valor indicativo de Evaluación B (valor de referencia similar al NGR). Ley 4/2015, de 25 de junio, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo (BOE nº 176, de 24 de julio de 2015)																		

\*El Hg se ha determinado con Espectrometría de Absorción Atómica: Técnica de Vapor Frío

Tabla 9b. Determinación de la concentración de algunos elementos traza en los RCD (ppm) mediante FRX y su comparación con Niveles Genéricos de Referencia (NGR) en suelos para la protección de la salud humana y los ecosistemas

CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA EN LOS RCD (ppm) DETERMINADA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX) Y NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) EN SUELOS (ppm) PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA																		
MUESTRA	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	Tl	Pb	U	Hg*
<b>CASTILLA Y LEÓN*</b>																		
Muestra 21	31,2	27,1	3,8	10,1	16,2	64,0	8,2	<1	<1	<6	<10	1,8	<2,37	184,0	<1,6	227,0	<1,2	0,08
Muestra 22	26,9	31,4	4,1	8,1	27,8	49,8	8,7	<1	<1	<6	<10	3,4	<2,37	169,0	<1,6	60,1	<1,2	0,30
<b>COMUNIDAD VALENCIANA*</b>																		
Muestra 23	17,3	11,6	4,00	6,78	40,2	36,4	6,06	<1	1,5	15	<10	<2,1	<2,37	101	<1,6	19,0	<1,2	0,05
Muestra 24	29,8	22,3	3,96	10,2	13,5	29,3	6,07	<1	<1	<6	<10	<2,1	<2,37	134	<1,6	9,46	<1,2	0,09
Muestra 25	31,8	18,0	7,17	10,8	37,4	66,0	7,74	<1	1,4	<6	<10	<2,1	<2,37	166	<1,6	29,5	<1,2	0,03
<b>ARAGÓN</b>																		
Muestra 26	26,9	208,0	4,6	7,6	10,4	57,9	5,8	<1	<1	<6	<10	3,3	<2,37	216,0	<1,6	166,0	<1,2	<0,1
NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA																		
NGR INDUSTRIAL	10.000	-	1.500	4.000	2.800	10.000	260	-	300	100	100	10.000	300	10.000	20	2.700	450	250
NGR URBANO	1.000	-	150	400	280	4.200	26	-	30	10	10	10.000	30	8.900	2	270	45	25
NGR ÁREA INFANTIL	1.000	-	150	400	280	4.200	26	-	30	10	10	10.000	30	8.900	0,5	270	45	20
NGR OTROS USOS	100	-	15	40	28	420	26	-	3	1	1	3.185	3	890	0,08	45	7	0,36
Orden de 5 de mayo de 2008, del Departamento de Medio Ambiente, por la que se procede al establecimiento de los niveles genéricos de referencia para la protección de la salud humana de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad Autónoma de Aragón.																		
<b>REGIÓN DE MURCIA</b>																		
Muestra 27	59,0	40,1	8,51	20,2	38,6	336	21,8	<1	3,0	<6	<10	6,11	10,3	337	<1,6	383	<1,2	0,32
NGR	-	58	19	34	23	53	11	1,6	-	-	0,4	-	1	-	0,2	38	-	0,9
Martínez Sánchez <i>et al.</i> , 2007.																		
<b>CATALUÑA</b>																		
Muestra 28	62,9	52,1	8,4	24,0	26,4	166,0	37,5	<1	1,1	<6	<10	6,2	<2,37	826,0	<1,6	603,0	<1,2	<0,1
Muestra 29	50,7	56,7	8,4	31,1	20,5	77,5	7,8	<1	<1	<6	<10	3,9	<2,37	455,0	<1,6	67,7	<1,2	<0,1
Muestra 30	51,5	28,5	4,8	16,0	34,5	141,0	11,1	<1	1,3	<6	<10	6,3	5,1	1616	<1,6	89,2	<1,2	0,18
NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA																		
NGR INDUSTRIAL	1.000	-	90	1.000	1.000	1.000	30	70	70	-	55	1.000	30	1.000	45	550	-	30
NGR URBANO	190	-	45	470	310	650	30	7	7	-	5,5	1.000	6	880	4,5	60	-	3
NGR OTROS USOS	135	-	25	45	90	170	30	0,7	3,5	-	2,5	50	6	500	1,5	60	-	2
NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR) PARA LA PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS																		
RESTO	135	-	25	45	55	110	30	0,5	3,5	-	0,6	7	6	270	1,5	60	-	2
ZONA AGROPECUARIA-Y FORESTAL	135	-	25	45	90	170	30	0,7	3,5	-	2,5	50	6	500	1,5	60	-	2
<a href="http://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/sols_contaminats/nivells_generics_de_referencia_ngr/">http://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/sols_contaminats/nivells_generics_de_referencia_ngr/</a>																		

\*El Hg se ha determinado con Espectrometría de Absorción Atómica: Técnica de Vapor Frío

Tabla 9c. Determinación de la concentración de algunos elementos traza en los RCD (ppm) mediante FRX y su comparación con Niveles Genéricos de Referencia (NGR) en suelos para la protección de la salud humana y los ecosistemas

## 1.4. Caracterización geotécnica de los RCD

### 1.4.1. Caracterización de los RCD como relleno (PG-3)

Para la caracterización de los RCD como material de relleno se han utilizado los criterios establecidos por el *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)* en terraplenes (Orden FOM/1382/2002). Esta caracterización está orientada a rellenos para la construcción de carreteras y obras de ingeniería civil tipo terraplén y, por lo tanto, se debe considerar que tiene un carácter meramente orientativo respecto al uso de estos materiales en el relleno de huecos mineros.

En líneas generales, y de acuerdo con el PG-3, todas las muestras analizadas obtenidas de los rechazos pétreos del precibado de finos de RCD son equiparables desde el punto de vista granulométrico al tipo de suelo que puede utilizarse en terraplenes (**Figura 8**). Todas ellas presentan un cernido o material que pasa por el tamiz 20 UNE mayor del 70% en peso, según UNE 103101 (**Tabla 10**). Asimismo, el tamaño máximo de material no supera en ningún caso los 100 mm, presentando dichos rechazos un tamaño zahorra de 0 a 20 mm, o bien, de 0 a 40 mm.

SUELO MARGINAL	SUELO TOLERABLE	SUELO ADECUADO	SUELO SECCIONADO		G R A N U L O M E T R I A
Todos los suelos para Terraplén deben cumplir #20>70% ó #0,08≥35%				#n =% en peso que pase por el tamiz "n" UNE	
-	-	#máx ≤ 100 mm	#máx ≤100 mm	Tamaño máximo (#máx)	
-	-	#2<80%	#0,4<15% ó (1) (1)#0,40<75% (1)#2<80%	Otras condiciones	
-	-	#0,080<35%	(1)#0,080<25%	Finos (#0,080)	
LL<90	LL<65 si LL>40(3)	LL<40 si LL>30 (2)	(1)LL<30	Límite Líquido (LL)	
IP>0,73·(LL-20)	(3)IP>0,73·(LL-20)	(2)IP>4	(1)IP<10	Índice de Plasticidad (IP)	
MO<5%	MO<2%	MO<1%	MO<0,2%	Materia Orgánica (MO)	
-	YESO<5% OTRAS SS<1%	SS<0,2%	SS<0,2%	Sales Solubles (SS)	
-	AC<1%	-	-	Asiento de Colapso (AC)	
HL<5%	HL<3%	-	-	Hinchamiento Libre (HL)	

Figura 8. Criterios para la clasificación de suelos para rellenos tipo terraplén según criterios del PG-3

Muestra	GRANULOMETRÍA (mm) UNE 103101				PLASTICIDAD		CONTENIDO (% en peso)			Suelo Colapsable <sup>5</sup>	Suelo Expansivo <sup>6</sup>	Clasificación del suelo
	CERNIDO (% en peso)									Índice colapso (%)	Hinchamiento libre (%)	
	# 20	#2	#0,4	#0,08	LL <sup>1</sup>	IP <sup>1</sup>	Materia orgánica <sup>2</sup>	Sales Solubles <sup>3</sup>	Yesos <sup>4</sup>			
Muestra 1	>70	55	36	16	No plástico		0,88	2,12	1,51	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 2	>91	69	42	28	No plástico		0,56	2,48	1,87	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 3	>86	51	31	22	No plástico		1,12	1,47	0,88	0,1	No hincha	TOLERABLE
Muestra 4	>94	75	42	25	No plástico		0,97	1,08	0,61	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 5	>92	70	38	21	No plástico		0,85	1,31	0,75	0	No hincha	TOLERABLE
Muestra 6	>88	61	30	15	No plástico		0,60	0,13	0,03	0,1	No hincha	ADECUADO
Muestra 7	>88	66	42	22	No plástico		1,57	0,30	0,12	0,3	No hincha	TOLERABLE
Muestra 8	>72	47	27	15	No plástico		1,03	1,79	1,37	0,1	No hincha	TOLERABLE
Muestra 9	>78	59	32	18	No plástico		0,78	2,12	1,38	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 10	>71	42	22	12	No plástico		0,73	0,55	0,28	0,5	No hincha	TOLERABLE
Muestra 11	100	82	61	22	No plástico		0,56	1,27	0,00	0,1	No hincha	MARGINAL
Muestra 12	100	63	37	17	No plástico		0,20	1,29	0,04	0,2	No hincha	MARGINAL
Muestra 13	100	61	36	20	No plástico		0,72	0,28	0,00	0,1	No hincha	TOLERABLE
Muestra 14	100	64	33	19	No plástico		0,39	0,15	0,01	0,2	No hincha	ADECUADO
Muestra 15	100	60	32	18	No plástico		1,13	0,22	0,00	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 16	100	68	50	36	No plástico		1,40	0,34	0,12	0,4	No hincha	TOLERABLE
Muestra 17	100	67	43	23	No plástico		1,31	0,42	0,02	0,4	No hincha	TOLERABLE
Muestra 18	100	78	61	40	No plástico		1,28	0,16	0,01	0,3	No hincha	TOLERABLE
Muestra 19	100	57	39	30	No plástico		0,81	0,40	0,24	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 20	100	92	61	34	No plástico		1,98	2,50	0,03	0,2	No hincha	MARGINAL
Muestra 21	100	71	61	53	No plástico		0,97	1,73	0,15	0,4	No hincha	MARGINAL
Muestra 22	100	76	51	29	No plástico		0,91	2,40	0,21	0,2	No hincha	MARGINAL
Muestra 23	100	75	52	29	No plástico		0,44	0,55	0,04	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 24	100	66	45	32	27,8	12,7	0,28	0,60	0,04	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 25	100	72	56	47	No plástico		0,72	2,42	0,18	0,1	No hincha	MARGINAL
Muestra 26	100	74	40	13	No plástico		0,85	0,26	0,17	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 27	100	78	49	30	No plástico		0,91	1,20	0,10	0,3	No hincha	MARGINAL
Muestra 28	100	42	19	14	No plástico		0,50	0,84	0,06	0,2	No hincha	TOLERABLE
Muestra 29	100	59	25	12	No plástico		0,77	1,11	0,07	0,2	No hincha	MARGINAL
Muestra 30	100	68	41	24	No plástico		0,90	2,18	0,15	0,2	No hincha	MARGINAL

<sup>1</sup>LL: Límite Líquido (UNE 103103); IP: Índice de Plasticidad (UNE 103104)

<sup>2</sup>UNE 103204

<sup>3</sup>NLT 114/99

<sup>4</sup>UNE 103201 Y UNE 103201 ERRATUM equivalente a NLT 120/72. Yeso soluble determinado a partir del contenido total de sulfatos solubles. Puede ocurrir que solo una parte del sulfato esté formando yeso

<sup>5</sup>Suelo colapsable: aquél en que una muestra remoldeada del mismo, compactada con la densidad y humedad óptima del ensayo PROCTOR Normal, sufre un asiento superior al 1% de la altura inicial de la muestra, con una presión de ensayo de 0,2 MPa. UNE 103406

<sup>6</sup>Suelo expansivo: aquél en que una muestra remoldeada del mismo, compactada con la densidad y humedad óptima del ensayo PROCTOR Normal, experimenta un hinchamiento libre de más de un 3%. UNE 103601

**Tabla 10. Clasificación de las muestras de RCD para rellenos tipo terraplén según criterios del PG-3**

En dicho pliego de prescripciones se clasifican los materiales para terraplenes, de mejor a peor aptitud, en suelos: seleccionados, adecuados, tolerables, marginales e inadecuados en función de sus características intrínsecas. Dichas características son definidas según diversos criterios como: el contenido de materia orgánica, sales solubles y yesos; granulometría; plasticidad del material; colapsabilidad o expansividad del suelo, entre otros, tal y como se recoge en el artículo 330.3 del PG-3 (**Tabla 10**). De acuerdo con dichos criterios, las muestras de RCD analizadas pueden clasificarse como suelos tolerables (63%) o marginales (30%), según los casos, debido fundamentalmente al contenido de sales solubles (incluidos yesos) cuyo porcentaje en peso supera el límite que se exige en un suelo seleccionado o adecuado (<0,2%); y sólo dos muestras pueden calificarse como suelos adecuados (7%). Esta clasificación queda reflejada en la **Tabla 10**, y en las correspondientes fichas descriptivas de las características geoquímicas y geotécnicas de cada una de las treinta muestras recogidas (**Anexo I**).

En los rellenos tipo terraplén, el PG-3 distingue diversas zonas (**Figura 9**) y en función de éstas condiciona el empleo de uno u otro tipo de suelo, estableciendo además determinadas condiciones respecto a: la capacidad portante del material de relleno, expresada a través del índice CBR (California Bearing Ratio); el porcentaje de sales solubles o yesos presentes en el mismo o el contenido en materia orgánica, entre otros. Estos condicionantes son mucho más restrictivos en la coronación del relleno dónde sólo se admiten suelos adecuados y seleccionados, con un índice CBR correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra  $\geq 5$  y un contenido en materia orgánica inferior al 1%; y en el cimientado en el que se permiten todos los tipos de suelos salvo los marginales y un índice CBR  $\geq 3$ . En ambas zonas, el contenido en sales solubles no debe superar el 0,2%. Aunque en el núcleo del relleno se aconseja el uso de suelos y un índice CBR similares a los propuestos en el cimientado. Sin embargo, es posible el empleo en el mismo de: suelos marginales o con contenidos en sales solubles o materia orgánica por encima de lo recomendado en las anteriores zonas; o bien, suelos con un índice CBR inferior a tres siempre y cuando se justifique mediante un estudio especial y sea aprobado por el Director de Obras, conforme al apartado 330.4.4 del PG-3. En aquellos casos en que los materiales del núcleo

presenten contenidos en sulfatos solubles superiores al 2%, se deberá evitar la infiltración de agua desde la coronación o los espaldones utilizando el propio material o aplicando medidas complementarias. Por último, los suelos colapsables y expansivos no podrán ser utilizados en ningún caso en coronación y espaldones, y su uso en otras zonas deberá ser justificado y acorde con lo dispuesto en los apartados 330.4.4.1 y 330.4.4.2 del PG-3.

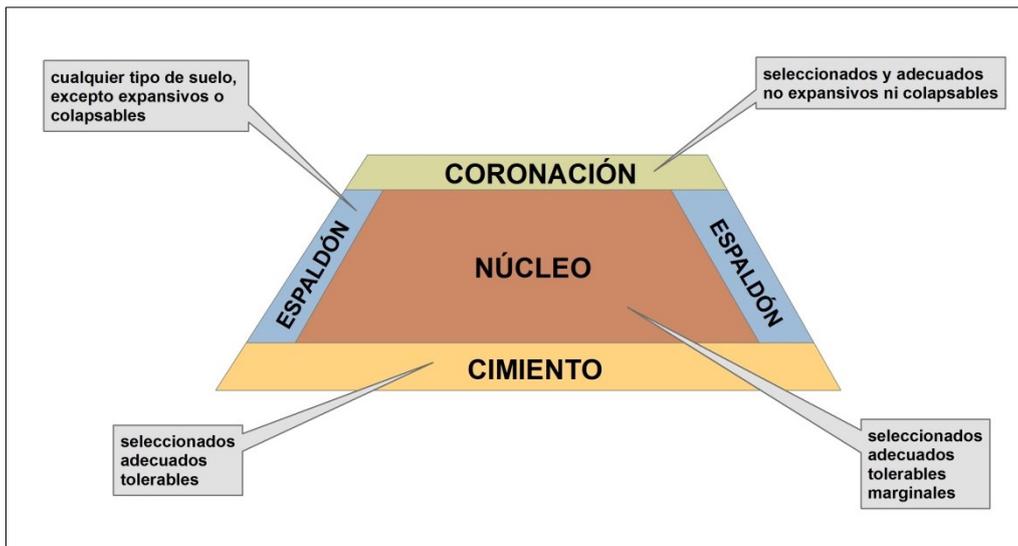


Figura 9. Empleo de tipos de suelos según las distintas zonas de un relleno tipo terraplén (PG-3)

Aunque no se ha determinado la capacidad portante de las muestras evaluadas mediante la realización de los correspondientes ensayos CBR. No obstante, se ha podido inferir dicho índice a partir de algunas propiedades del suelo como la granulometría y la plasticidad aplicando una fórmula empírica propuesta por la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), para materiales no plásticos (índice de plasticidad igual a 0) (NCHRP, 2001):

$$\text{CBR} = 28,09 (D_{60})^{0,358}$$

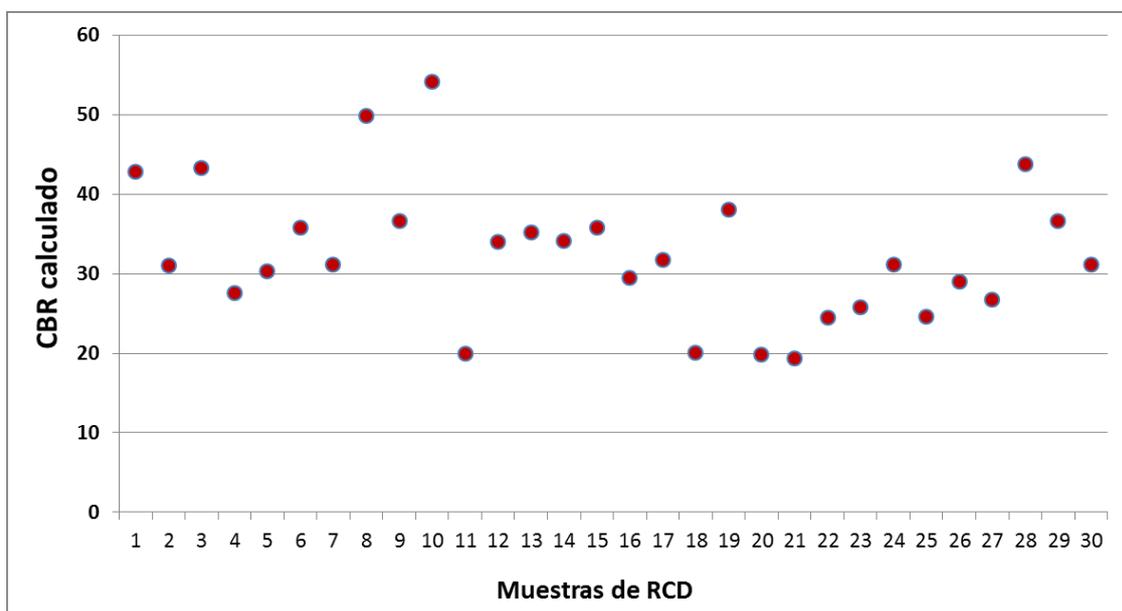
Donde,

$D_{60}$  = Diámetro o tamaño de grano (mm) que se corresponde con el cernido del 60%

Excepciones: si  $D_{60}$  es menor de 0,01 mm, CBR = 5; y si  $D_{60}$  es > 30 mm, CBR = 95

El rango de valores CBR calculados han sido de 19 a 54 para las muestras de RCD mixto-cerámicos, y de 35 a 43 para las de hormigón (**Figura 10**), siendo el valor medio

de 32 y 38 respectivamente. Los valores obtenidos se aproximan a los resultados de algunos ensayos CBR sobre áridos reciclados mixto-cerámicos (Etxeberría *et al.*, 2016). Sin embargo, son muchos otros los estudios en los que estos ensayos han asignado valores mucho más elevados para este tipo de áridos (IHOBE-CEDEX, 2011; Universidad de Córdoba, 2015; etc.). En cualquier caso, estos materiales parecen presentar una capacidad portante aceptable para su uso en rellenos de huecos mineros, y más que suficiente para su empleo en terraplenes ( $\geq 5$  en la coronación, y  $\geq 3$  para núcleo y cimiento).



**Figura 10. Valor de los índices CBR calculados (AASHTO) para todas las muestras de RCD**

Hay que destacar que los ensayos de colapso en suelo (UNE 103406) y del hinchamiento libre de un suelo en edómetro (UNE 103601) ponen de relieve que: casi todas las muestras analizadas son materiales equiparables a suelos no colapsables, ni expansivos (**Tabla 10**). Ambas características geomecánicas contribuyen a una mayor estabilidad geotécnica de los rellenos que pudieran realizarse con dicho material, tanto mineros como de tipo terraplén.

Las sales solubles presentes en los RCD, además de disminuir la calidad del material, condicionan su empleo en la rehabilitación de huecos excavados o la construcción de terraplenes. A excepción de tres muestras: 6, 14 y 18, el resto de las muestras

presentaban un contenido de sales solubles superior al 0,2% en peso (**Tabla 10**). Por ello, estos suelos tolerables y/o marginales sólo podrían ser utilizados en los núcleos de los rellenos tipo terraplén. Por otra parte, el 23% del total de muestras tenían un porcentaje de sulfatos (UNE 103201) y yesos (valor calculado según NLT 120/72) solubles, superior al 2%. En estos casos, según el PG-3, sería necesaria la aplicación además de medidas de control de la infiltración del agua en el núcleo, desde la coronación y los espaldones.

El contenido en materia orgánica (MO) es muy bajo en estos RCD, inferior al 1% en la mayoría de las muestras. Y algo más de la cuarta parte del total de muestras de RCD de precibado tienen un porcentaje de entre < 2% y 1% de MO.

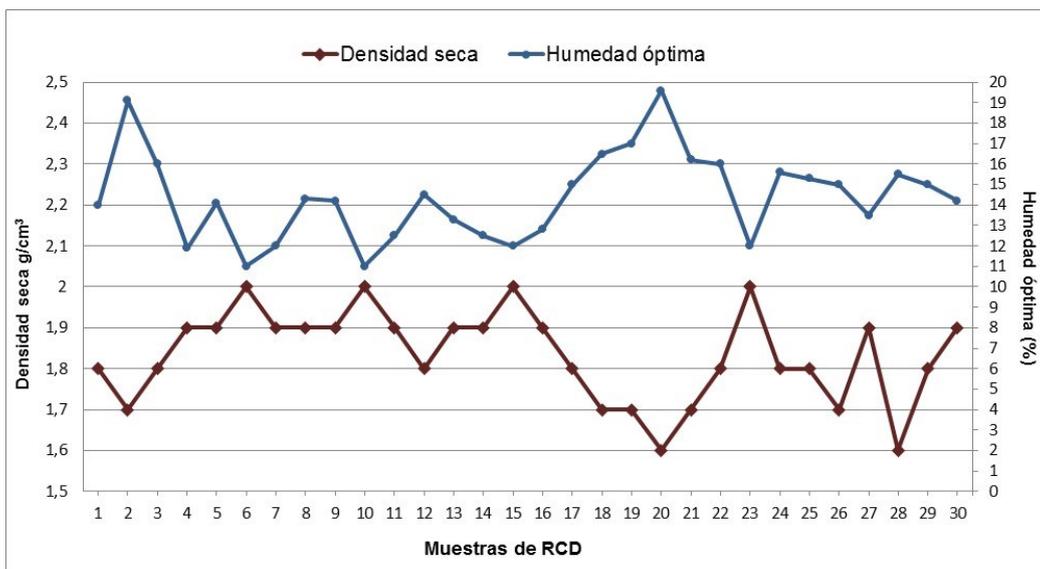
#### 1.4.2. Ensayo de compactación PROCTOR Normal

La bibliografía científico-técnica aconseja que el relleno de los huecos de excavación con RCD debe realizarse por tongadas, depositadas de abajo a arriba con espesores que pueden variar entre 1-2 m (IHOBE, 2015; Departamento de Desarrollo rural, Medio Ambiente y Administración Local, 2014; ANEFA, 2007 y 2008a; Arranz *et al.*, 2009, etc.). Este método permite una mejor compactación y, por lo tanto, una mayor estabilidad geotécnica del relleno ya que cuánto más compacto y denso sea un suelo, mayor será su resistencia al corte y su capacidad portante (Sanz Llano, 1975).

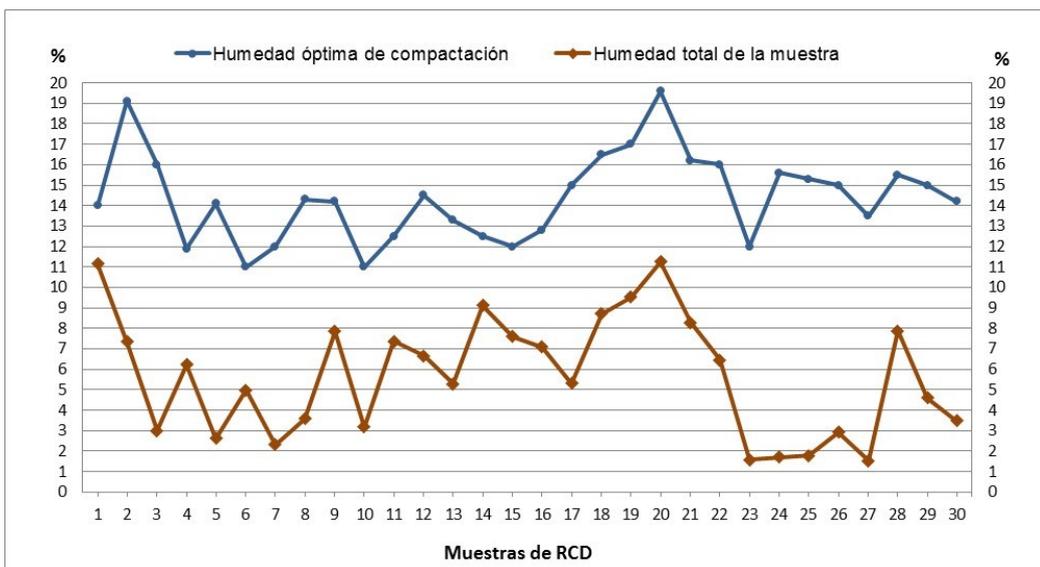
El ensayo PROCTOR permite determinar la humedad óptima para que un suelo alcance su máxima compacidad para una energía dada de compactación (0,583 J/cm<sup>3</sup> en el ensayo PROCTOR Normal).

Los resultados del ensayo PROCTOR Normal realizado sobre las muestras de RCD según la norma UNE 103500, ponen de relieve que: se pueden alcanzar por compactación densidades secas entre 1,6 y 2 g/cm<sup>3</sup> en dicho material, con humedades óptimas que pueden oscilar entre 11 y 19,6% (**Figura 11** y **Anexo 1**). A modo de referencia, hay que señalar que la densidad real, esto es, de la fase sólida de los RCD analizados, está en torno a un promedio de 2,65 g/cm<sup>3</sup>. Otro aspecto destacable es que la humedad total

de las muestras analizadas varía entre el 1,5% y el 11,3%, por lo que será necesario en la mayoría de los casos incrementar la humedad de estos materiales de relleno para poder alcanzar dichas densidades de compactación, tal y como puede observarse en la **Figura 12**. Por último, en la **Figura 13** se muestran además algunos ejemplos ilustrativos de las curvas de compactación de algunas de las muestras de RCD analizadas, encontrándose todas ellas recogidas en las correspondientes fichas de inventario (**Anexo 1**)



**Figura 11. Resultados del ensayo de compactación PROCTOR Normal en muestras de RCD**



**Figura 12. Análisis comparativo de la humedad de las muestras de RCD y la humedad óptima de compactación que se debe alcanzar según el ensayo PROCTOR Normal**

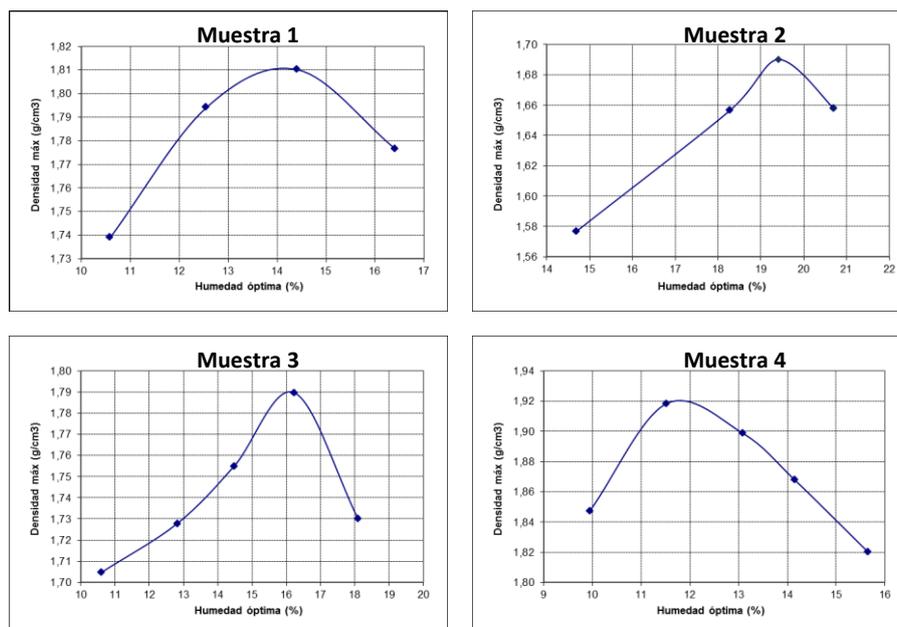


Figura 13. Curvas de compactación del ensayo PROCTOR Normal de algunas de las muestras de RCD analizadas, obtenidas de gestores autorizados de la Comunidad de Madrid (Anexo 1)

#### 1.4.3. Composición mineralógica (DRX)

Se han determinado además las fases minerales cristalinas presentes en las muestras de RCD por Difracción de Rayos X (DRX), mediante una estimación semicuantitativa por el método de los poderes reflectantes. Aunque, en algunos casos, sólo ha sido posible un análisis cualitativo.

Los RCD mixto cerámicos de precibado (incluyendo mezclas de cerámicos y hormigón) suelen presentar la siguiente composición mineralógica: feldespato potásico (microclina), cuarzo, plagioclasa (albita), filosilicatos (moscovita, y en algunas ocasiones clorita) y en menor medida yesos, presentando dolomita algunas de las muestras (**Figura 14**). Algunos de estos componentes han sido también identificados por otros autores en RCD y en áridos reciclados mixto-cerámicos (García González, 2016; Mejía *et al.*, 2015; Medina *et al.*, 2015; Asensio *et al.*, 2013; Calvo Pérez *et al.*, 2002; IHOBE-CEDEX, 2011; etc.). Por otra parte, hay estudios que relacionan el fuerte peso de los feldespatos con el contenido cerámico, ya que en este tipo de materiales se utilizan frecuentemente las fases de aluminosilicatos (Limbachiya *et al.*, 2007;

García González, 2016). La presencia de yesos está asociada fundamentalmente al enlucido de las paredes de mampostería cerámica (ladrillos) con dicho material, práctica común en las edificaciones. Las elevadas concentraciones de sulfatos asociados a los yesos en estos RCD, imposibilita que estos materiales puedan ser calificados como inertes en muchos casos; o que el porcentaje de sales solubles condicione el uso de los mismos en rellenos tipo terraplén según el PG-3.

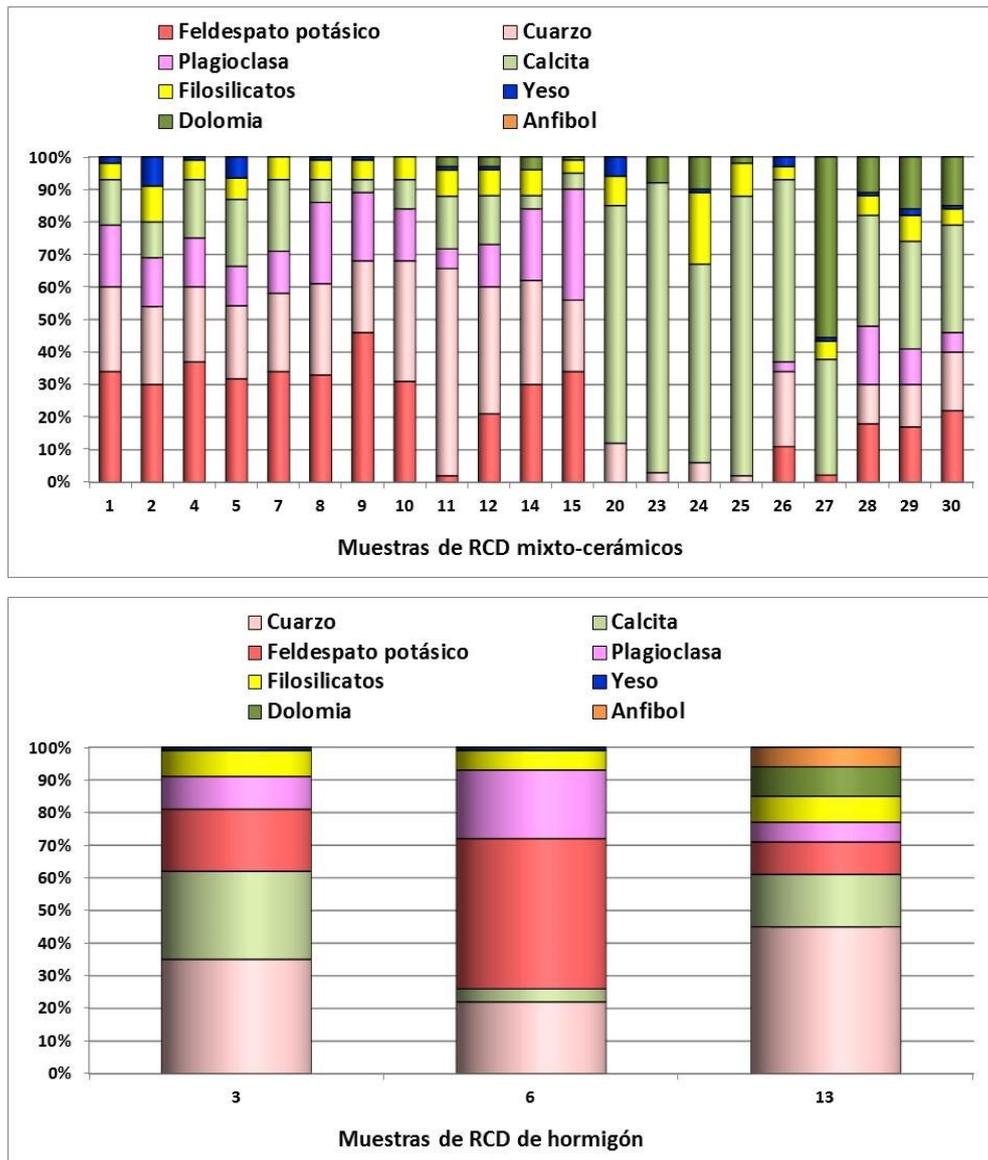


Figura 14. Composición mineralógica del precibado de residuos de RCD mixto-cerámicos y de hormigón determinada por Difracción de Rayos X (análisis semicuantitativo)

Las muestras de RCD de hormigón presentan los mismos componentes, aunque con un peso mayor de cuarzo y calcita (Figura 14). Esta composición es similar a la de los

áridos reciclados de RCD de hormigón o con un alto contenido de mortero adherido (García González, 2016; Vegas *et al.*, 2011; etc.). Asimismo, la alta proporción de calcita puede estar relacionada con el uso de áridos naturales calizos en la elaboración del hormigón, tal y como señalan algunos autores. Limbachiya *et al.* 2007, consideran además que el proceso de carbonatación que puede experimentar el hormigón primario durante su periodo de vida útil puede contribuir también a incrementar su presencia.

### 1.5. Conclusiones

Esta Guía tiene como uno de sus principales objetivos la valorización del material pétreo que es rechazado en el precibado de finos al que son sometidos los RCD, en la mayoría de las plantas de reciclaje como tratamiento previo al de trituración y clasificación, mediante su uso en la rehabilitación de huecos mineros. Este material de precibado presenta por lo general un tamaño granulométrico de 0-20 mm o 0-40 mm, de calidad inferior a la zahorra reciclada por el alto contenido de tierra y arena. El volumen de estos residuos es muy elevado, siendo fundamentalmente de tipo mixto-cerámico. Su salida comercial es muy limitada por lo que la mayor parte de este material es enviado a vertedero o acopiado en las plantas de reciclaje de RCD.

Con el objeto de llevar a cabo una caracterización de estos residuos para su uso en rellenos mineros, se han recogido 30 muestras de gestores autorizados de RCD de varias comunidades autónomas que han sido sometidas a diversos ensayos en laboratorios acreditados. Los resultados obtenidos se resumen a continuación:

- **Caracterización básica** (Orden AAA/261/2013). Aunque el análisis de lixiviabilidad pone de manifiesto que en algunos casos estos residuos pueden considerarse *inertes*. Sin embargo, la mayor parte de las muestras de este tipo de RCD han sido calificadas como *residuos no peligrosos* debido a que sus lixiviados han presentado: un alto contenido en sulfatos y sólidos totales disueltos, especialmente en los rechazos de precibado de las plantas de reciclaje de la Comunidad de Madrid; una concentración de antimonio por encima del valor límite establecido por la

normativa para los residuos inertes, en muestras obtenidas de gestores autorizados del País Vasco, Cantabria, Comunidad Valenciana y Cataluña; y un contenido de cloruros y fluoruros por encima del umbral límite para inertes en los residuos recogidos en plantas de tratamiento de Extremadura.

Por otra parte, los 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) en los RCD de la Comunidad de Madrid han sido inferiores, salvo excepciones, al valor límite para residuos inertes establecido por la norma para cada uno de dichos parámetros orgánicos.

- **Contaminación de suelos.** Las concentraciones totales de metales en estos residuos de precibado suelen estar por debajo de los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) para la protección de la salud humana; y en los que se superan dichos niveles suele ser en un rango relativamente bajo y normalmente para un escenario de uso de carácter agrícola, forestal y agropecuario (“otros usos”) o áreas de juegos infantiles, y en menor medida urbano o industrial. En cuanto a la protección de los ecosistemas, en algunos casos pueden superar los NGR establecidos para la conservación ecológica de espacios considerados vulnerables o prioritarios. Hay que señalar que valores por encima de los NGR establecidos por las comunidades autónomas no significa que un suelo este contaminado. No obstante, no parece que este tipo de residuos pueda representar un problema importante de contaminación de suelos
  
- **Caracterización geotécnica para el relleno de huecos mineros.** De acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), este tipo de RCD es equiparable, desde el punto de vista granulométrico, a los rellenos tipo terraplén. Asimismo, según diversos criterios como: el contenido de materia orgánica, sales solubles y yesos; granulometría; plasticidad del material; colapsabilidad o expansividad del suelo, entre otros, estos materiales de rechazo pueden ser clasificados como suelos tipo terraplén: “tolerables” o “marginales”,

según los casos, debido fundamentalmente al contenido de sales solubles. No obstante, alguna de las muestras pueden ser calificadas también como suelos “adecuados” para este tipo de rellenos.

Por otra parte, el índice CBR calculado mediante la fórmula empírica propuesta por la AASHTO (NCHRP, 2001), ha dado valores entre 19 y 54 para los RCD de precibado mixto-cerámicos, y entre 35 y 43 para los de hormigón. Estos valores CBR indican una capacidad portante de estos materiales aceptable para su uso en rellenos de huecos mineros y terraplenes. Estos residuos son, además, no colapsables ni expansivos. Según el ensayo PROCTOR Normal se puede alcanzar en dichos materiales densidades secas por compactación de entre 1,6 y 2 g/cm<sup>3</sup>, con una humedad óptima que puede oscilar entre el 11% y el 19,6%. Todas estas características geotécnicas resultan favorables para la estabilidad geomecánica de los rellenos realizados con este tipo de RCD.

- **Composición mineralógica.** Los RCD mixto cerámicos de precibado (incluyendo mezclas de cerámicos y hormigón) suelen presentar la siguiente composición mineralógica: feldespato potásico (microclina), cuarzo, plagioclasa (albita), filosilicatos (moscovita, y en algunas ocasiones clorita) y en menor medida yesos; en algunas muestras se ha observado la presencia de dolomita. Los rechazos del precibado de hormigón presentan los mismos componentes, aunque con un peso mayor de cuarzo y calcita.

## **2. ANÁLISIS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES PARA LA REHABILITACIÓN DE HUECOS MINEROS CON RCD EN EXPLOTACIONES PILOTO**

### **2.1. Selección de explotaciones piloto**

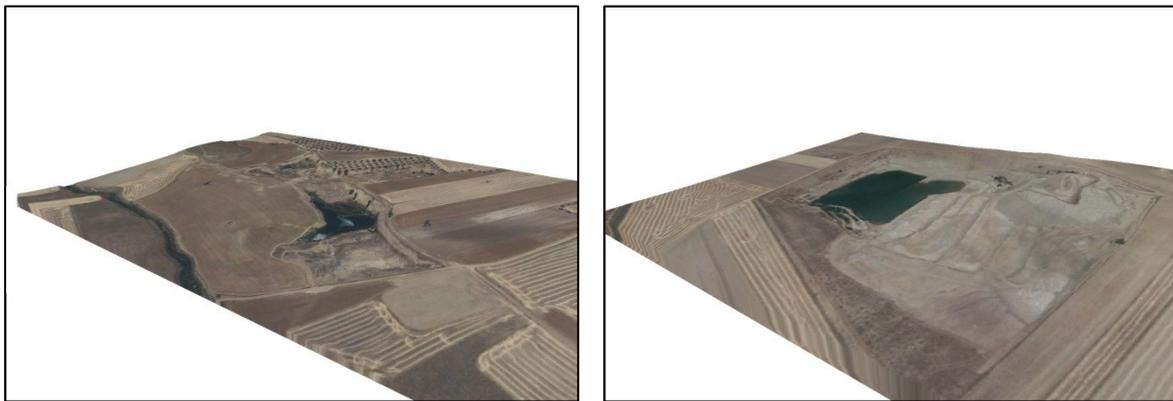
Una vez establecidos los criterios para una evaluación preliminar de la idoneidad de un hueco minero para su rehabilitación con RCD, y con el objeto de poder llevar a cabo una valoración de la metodología así como un análisis más detallado de los principales factores que condicionan el uso de estos residuos como material de relleno en la restauración minera, se han seleccionado de entre todas las tipologías varios huecos mineros de explotaciones de arcilla, considerados *a priori* los más idóneos para este fin, localizados ambos en la comarca de La Sagra (Toledo).

### **2.2. Factores condicionantes en las explotaciones de arcilla de la Comarca de la Sagra**

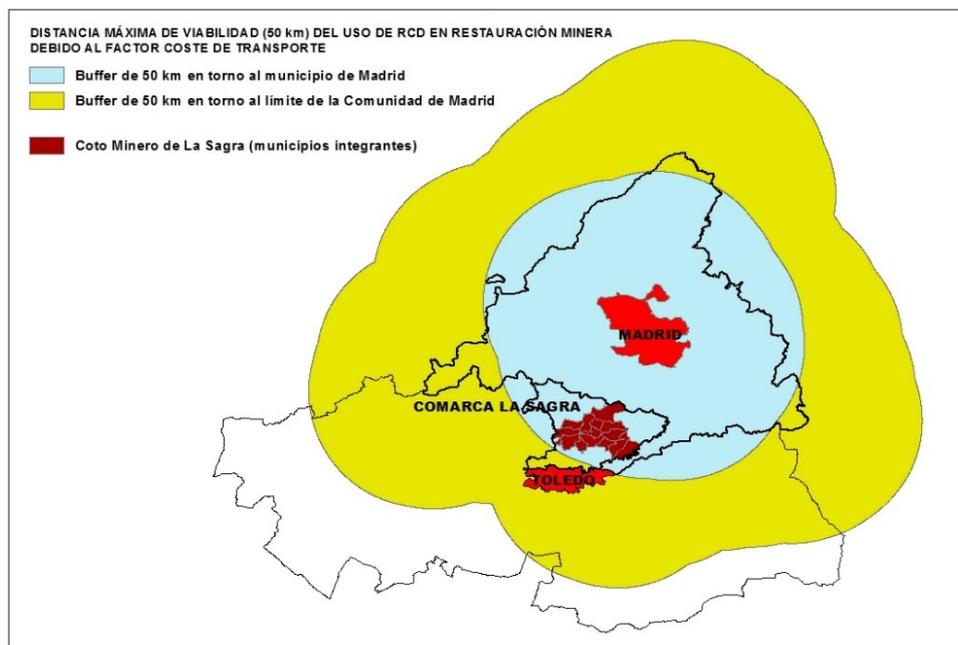
La comarca de La Sagra es uno de los principales centros de producción de arcilla para la fabricación de ladrillo, tejas y bovedillas a nivel autonómico y nacional, con una fuerte concentración de explotaciones. Asimismo, la importancia histórica de este sector en la región queda patente en la existencia de numerosos huecos de canteras antiguas abandonadas sin ningún tipo de restauración. Por otra parte, la comarca se encuentra a menos de 50 km de la capital madrileña y su área metropolitana (**Figura 16**) generadores de una producción muy elevada de RCD, por lo que la viabilidad económica debido a los costes de transporte y la disponibilidad de material para las labores de restauración están garantizadas. Todas estas razones, han sido determinantes para la selección de los huecos de explotación de las canteras Valanzana y La Paloma II como ejemplos ilustrativos (**Figura 15**), localizándose ambas en el Coto Minero de La Sagra (Resolución de 2 de marzo de 2004 de la Consejería Industria y Trabajo de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha), en los municipios de Illescas y Pantoja respectivamente.

La cantera Valanzana presenta tres huecos diferenciados, estimándose una capacidad máxima conjunta de 397.148 m<sup>3</sup>. Actualmente la empresa propietaria dispone de autorización como gestor de residuos para la recuperación ambiental de un espacio

degradado con tierras y piedras limpias (código LER 170504) y minerales como arenas y piedras (código LER 191209). Con dichos materiales se ha rellenado parcialmente parte de uno de los huecos (**Figura 15**). La cantera La Paloma II se encuentra en estos momentos inactiva; por lo tanto presenta diversos frentes todavía sin explotar, y un hueco residual cubierto por una lámina de agua en la zona más profundamente excavada (**Figura 15**). A continuación se describen los principales condicionantes geológicos, litológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, geotécnicos, además de otros factores de viabilidad económica o de prioridad por razones ambientales que deben considerarse, en cada una de ellas, para el uso de los RCD de precibado en el relleno de los huecos residuales.



**Figura 15. Huecos de las explotaciones de arcilla: Valanzana (izquierda) y La Paloma II (derecha)**



**Figura 16. Proximidad de la Comarca de La Sagra a la capital madrileña**

### **2.2.1. Marco geológico y litoestratigrafía**

Las canteras de Valanzana y La Paloma II se ubican en los materiales terciarios de la zona suroccidental de la Cuenca de Madrid, en la Cuenca del Tajo. La Cuenca de Madrid es una depresión intraplaca formada durante la orogenia alpina (Vegas y Banda, 1982), y está rellena de materiales sedimentarios terciarios de origen continental. La Cuenca de Madrid está limitada al Noroeste por el Sistema Central, al Sur por los Montes de Toledo y al Este por la Sierra de Altomira, que la separa de la Cuenca de Loranca o Depresión Intermedia.

La tectónica alpina hace que durante el Terciario la Cuenca de Madrid funcione de forma diferente en cada uno de sus bordes. En el límite oriental, la Sierra de Altomira se emplaza definitivamente durante el Oligoceno superior-Mioceno inferior, formando una franja de materiales mesozoicos y paleógenos plegados y cabalgantes hacia el Oeste. El límite meridional de los Montes de Toledo muestra una mayor actividad tectónica durante el Mioceno inferior, se estructura mediante fallas inversas y presenta un depósito discontinuo de materiales eocenos y oligocenos (Rodas *et al.*, 1991). En el Sistema Central existen muestras de intensa actividad tectónica a lo largo de casi todo el Mioceno, y principalmente durante el Aragoniense medio-superior (Calvo *et al.*, 1991). Durante la mayor parte del Mioceno la cuenca estuvo ocupada por orlas de abanicos aluviales coalescentes que alimentaban los sistemas lacustres del centro de la cuenca y que la fueron rellenando con una potente sucesión de sedimentos.

Los sondeos profundos realizados en la Cuenca del Tajo para la exploración de hidrocarburos, han puesto de manifiesto la existencia de materiales mesozoicos sobre el basamento paleozoico en el sector oriental de la cuenca. También se ha observado en los mismos la existencia de una marcada asimetría en el relleno sedimentario en sentido NO-SE, de tal forma que en las proximidades del Sistema Central los materiales terciarios alcanzan espesores cercanos a los 4000 m y disminuyen hasta menos de 1000 m en el borde meridional de la cuenca (Megías *et al.*, 1983; Racero, 1988). El relleno continental terciario tiene buena continuidad estratigráfica, comenzando con

depósitos paleógenos que aparecen orlando la cuenca de forma discontinua; sobre éstos yace discordante y subhorizontal la serie neógena que constituye la mayoría de los afloramientos. Los materiales del Neógeno aflorantes corresponden a los depósitos de relleno de una cuenca endorreica. Abarcan desde las facies detríticas groseras, de borde de cuenca, a las facies centrales, con precipitación de materiales evaporíticos, y las facies de transición o intermedias entre las de borde y las centrales, constituidas por sedimentos detríticos finos y de precipitación química. Sobre ellos, localmente, hay recubrimientos del Cuaternario constituidos por los depósitos aluviales y las terrazas asociadas a los ríos y arroyos, especialmente en las proximidades del arroyo Guatén y el río Tajo.

En la zona afloran fundamentalmente materiales del Mioceno. El relleno mioceno de la Cuenca de Madrid ha sido dividido en tres unidades tectosedimentarias mayores: Unidad Inferior, Unidad Intermedia y Unidad Superior (Junco y Calvo, 1983; Alonso-Zarza *et al.*, 2004). Los materiales correspondientes a las Unidades Inferior e Intermedia se distribuyen según el esquema sedimentario clásico de una cuenca continental endorreica, mientras que la Unidad Superior indica la existencia de una red fluvial y, por tanto, el cambio a condiciones exorreicas en la cuenca. La Unidad Inferior (de edad Ramblense-Aragoniense medio) tiene un espesor máximo de 800 m y está formada por depósitos detríticos en los bordes de la cuenca que hacia el centro de la misma van disminuyendo su granulometría hasta evolucionar a sedimentos evaporíticos en los sectores centrales. La Unidad Intermedia (de edad Aragoniense medio-Vallesiense) presenta un predominio de sedimentos carbonatados en los sectores centrales de la cuenca y de los sedimentos detríticos en el borde noroccidental; se subdivide en dos ciclos separados con una discontinuidad estratigráfica consistente en un marcado incremento en la granulometría (Alonso Zarza *et al.*, 1986 y 1990). El ciclo inferior presenta un predominio de las facies carbonatadas frente a las detríticas, mientras que en el ciclo superior predominan las facies detríticas arcósicas con cambios laterales de facies a granulometrías más finas hacia el sureste. La Unidad Superior miocena (de edad Vallesiense-Turoliense) presenta espesores inferiores a los 60 m; su base está constituida por depósitos detríticos de origen fluvial (conocidos como “red fluvial intramiocena”) sobre los que se disponen un conjunto

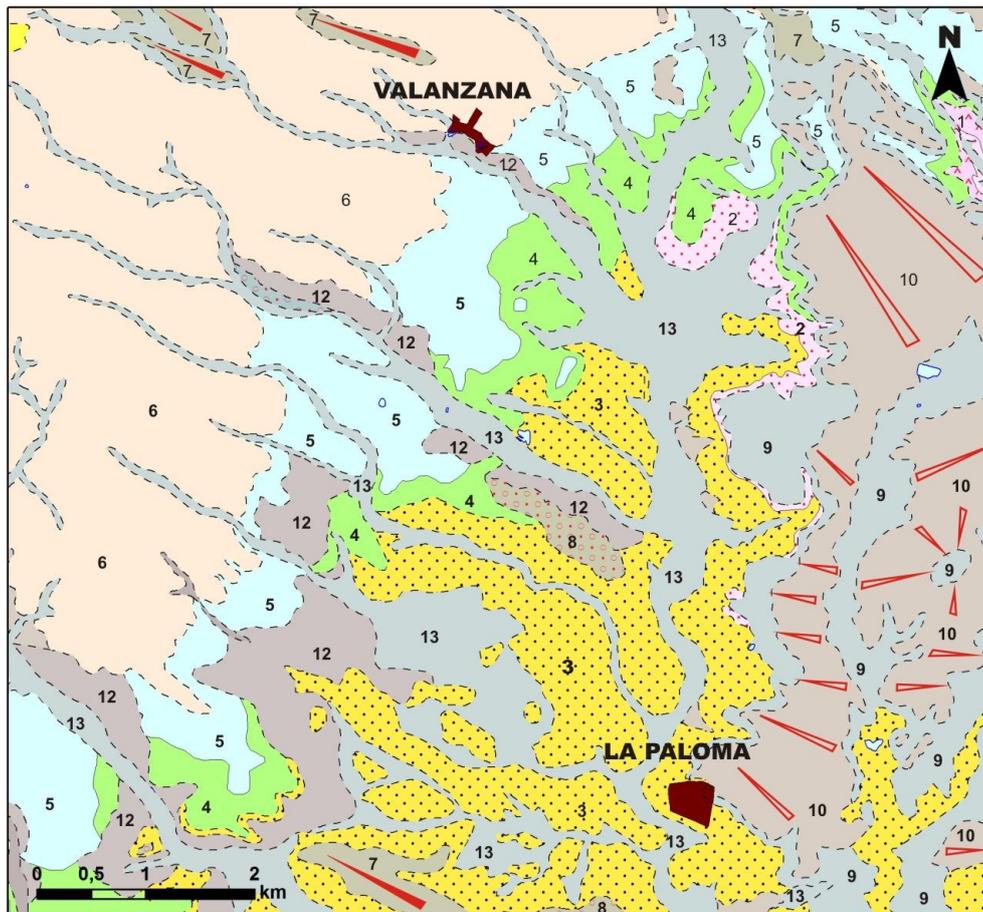
calcáreo denominado tradicionalmente “calizas del Páramo” o calizas Pontieneses. Durante el Plioceno se establece un complejo sedimentario fluvial que culmina con la formación de una unidad de paleosuelos carbonáticos (Sanz-Montero, 1996).

A continuación, se describen las principales características litoestratigráficas de los materiales presentes en cada una de las explotaciones mineras seleccionadas:

#### **a) Litoestratigrafía de la cantera Valanzana**

La explotación Valanzana se ubica en los depósitos detríticos del ciclo superior de la Unidad Intermedia miocena (Aragoniense superior), concretamente en una unidad de arcosas con intercalaciones de lutitas (unidad 6) (Díaz de Neira y López Olmedo, 1999), tal y como puede observarse en la **Figura 17**, que puede llegar a tener un espesor máximo de 70 m en otras zonas. En general, esta unidad presenta niveles arenosos de potencia métrica (1-5 m), generalmente masivos, con intercalaciones lutíticas de espesores métricos (1-2 m) con tonalidades más oscuras, normalmente rojizas, y con abundantes rasgos edáficos. Los niveles arenosos se organizan en secuencias granodecrecientes con base erosiva y presentan estratificación cruzada a mediana y gran escala.

Se ha elaborado una columna estratigráfica sintética a partir de levantamientos parciales en varios puntos de la cantera debido a la inexistencia de un afloramiento completo de la serie. Además, existen variaciones laterales en la granulometría y la potencia de los sedimentos que, si bien no son importantes, hacen que la potencia y la granulometría representadas sean orientativas. Se han diferenciado 4 unidades estratigráficas (**Figura 18**) individualizadas por existir un marcado cambio en la granulometría o discordancias erosivas.



- 13 Gravas y cantos poligénicos, arenas, limos y arcillas. Carbonatos. (Fondos de valle) (Holoceno)
- 12 Cantos, gravas, arenas y arcillas. (Coluviones) (Holoceno)
- 11 Gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo. Arenas, limos y arcillas arenosas. (Terrazas bajas) (Pleistoceno Superior)
- 10 Arenas, gravas y cantos, ocasionalmente limos y arcillas; localmente cementado. (Glacis) (Pleistoceno Superior)
- 9 Arenas arcósicas y limos arenosos. (Terrazas medias) (Pleistoceno medio)
- 8 Gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo. Arenas, limos y arcillas arenosas. Carbonatos.(Terrazas altas) (Pleistoceno Inferior)
- 7 Arenas con gravas y cantos, ocasionalmente limos y arcillas. (Glacis antiguo) (Pleistoceno Inferior)
- 6 Arcosas blancas y lutitas ocre o rojizas (Aragoniense superior)
- 5 Carbonatos alternando con lutitas verdes, ocre y rojas o con margas (Aragoniense superior)
- 4 Arenas arcósicas finas, arenas micáceas y lutitas verdosas y ocre (Aragoniense medio)
- 3 Lutitas rojas con intercalaciones verdosas, con niveles de areniscas y edafizaciones (Ramblense-Aragoniense medio)
- 2 Lutitas rojas, pardorojizas, verdes y grises, localmente nódulos de yeso y niveles de areniscas. Alternancias de yesos y lutitas. (Ramblense-Aragoniense inferior)
- 1 Yesos tabulares y nodulares intercalados entre arcillas verdes, grises, marrones y rojas. (Ramblense-Aragoniense medio)

**Figura 17. Mapa de unidades litoestratigráficas (Fuente: Cartografía Geológica Digital continua a escala 1:50000. GEODE. IGME)**

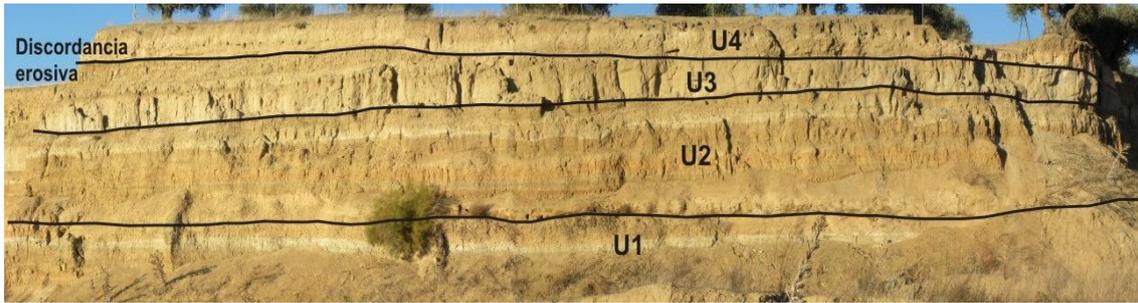


Figura 18. Detalle de uno de los cortes de la cantera Valanzana en la que se aprecian las unidades diferenciadas U1, U2, U3 y U4

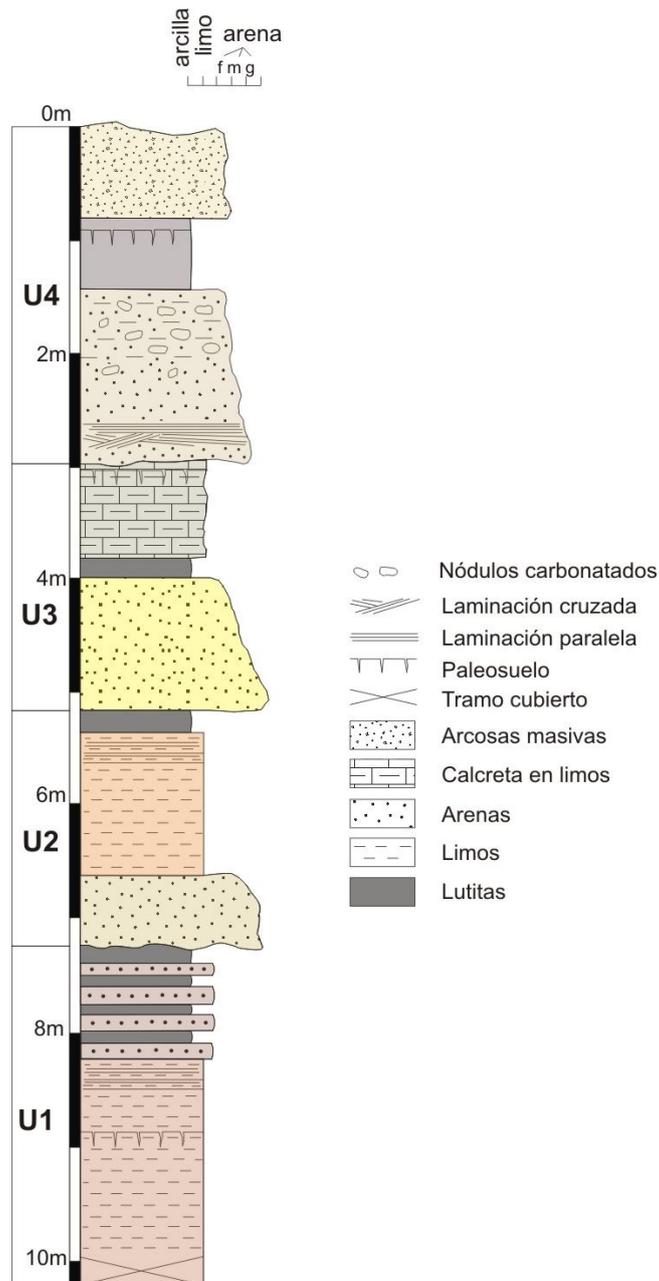
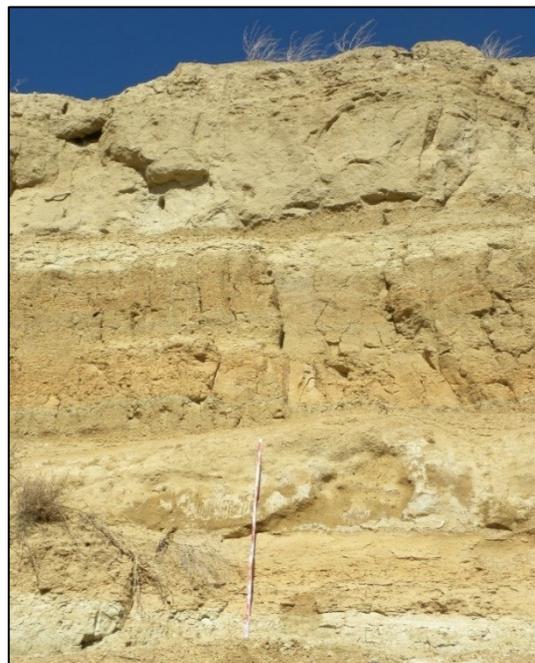


Figura 19. Columna estratigráfica sintética de la cantera Valanzana

De muro a techo la serie comienza por una unidad fundamentalmente limosa, U1 (**Figura 19**), de más de 3 m de potencia, de colores ocres y rojizos, con algunos niveles finamente laminados; se observan rasgos edáficos en algunos niveles más arcillosos; hacia techo aparecen niveles de lutitas gris-verdosas y limos arenosos ocre finamente laminados (**Figura 20**). Por encima se distingue una unidad U2, de unos 2 m de potencia, formada por dos secuencias granodecipientes que comienzan con un nivel de arenas de grano muy grueso a fino, masivas, de color beige claro, que pasan a techo a niveles de limos y lutitas pardos, verdosos y grises; el nivel limo-arcilloso situado a techo presenta desarrollo de calcretas. El paso a la unidad U3 (**Figura 19**) está marcado por un aumento en la granulometría, comenzando con un nivel de arenas de 1,5 m de potencia que hacia techo pasa a arenas finas y limos con nódulos de carbonato, con laminación cruzada planar a gran escala; esta unidad aumenta considerablemente de potencia hacia el Oeste debido a la existencia de una discordancia erosiva que elimina los niveles superiores de la serie hacia el Este, llegando casi a desaparecer. La unidad superior U4 (**Figura 21**) presenta una potencia variable, se trata de una secuencia granodeciciente de arenas de grano grueso, medio y fino, fundamentalmente masivas, aunque en algunos puntos se observa laminación paralela y cruzada planar, que pasan a techo a limos y lutitas pardo negruzcas con rasgos edáficos.



**Figura 20.** Alternancia de niveles métricos de arenas masivas y de niveles de limos y arcillas de colores anaranjados y verdosos (la escala mide 2 m) correspondientes a las unidades U1, U2 y U3.



Figura 21. Aspecto de los niveles superiores de la serie, en donde se observa la estructura prismática del paleosuelo en el tramo oscuro lutítico y los nódulos carbonatados en el tramo arenoso infrayacente (U4). El nivel superior corresponden a un nivel arcósico antropizado.

#### b) Litoestratigrafía de la cantera La Paloma II

La cantera de La Paloma II está excavada en una unidad de lutitas rojas con intercalaciones verdosas perteneciente a la Unidad Inferior miocena (Ramblense-Aragoniense medio) (unidad 3) (Mediavilla y Rubio, 2010). Estos materiales pertenecen a la Formación Arcillas Rojas de La Sagra, que constituye la base de la industria cerámica de la región. Se trata de sucesiones con carácter marcadamente arcilloso, homogéneas, con abundante bioturbación y tonalidades pardo-rojizas principalmente, correspondientes a un medio de deposición de tipo llanura fangosa lacustre. En ella aparecen ocasionalmente intercalaciones de arenas micáceas finas. La Formación Arcillas de La Sagra presenta tránsitos laterales hacia el Sur a depósitos procedentes de la erosión de los Montes de Toledo (Formación “Arenas Gruesas Rojas”), hacia el Oeste a sedimentos de orla distal de abanicos aluviales procedentes de la erosión del sector más occidental del Sistema Central (Formación “Arenas Finas con Sepiolita, Sílex y Carbonatos”)(García Romero *et al.*, 1990), y hacia el Este a las evaporitas del centro de la cuenca.

En la cantera se observa una potente serie de más de 35 m de potencia (**Figura 22**), subhorizontal, con bastante continuidad lateral, muy monótona, en la que alternan

niveles de limos verdosos y ocre-rojizos, de 50 cm a 1 m de potencia, con niveles lutíticos pardo-verdosos, rojizos y pardo-rojizos decimétricos a métricos. Los niveles más bajos que se pueden observar en la cantera corresponden a niveles de lutitas pardo-negruczas, bien estratificadas, en bancos de 50 a 70 cm de espesor, con una textura granulosa y en bloques.

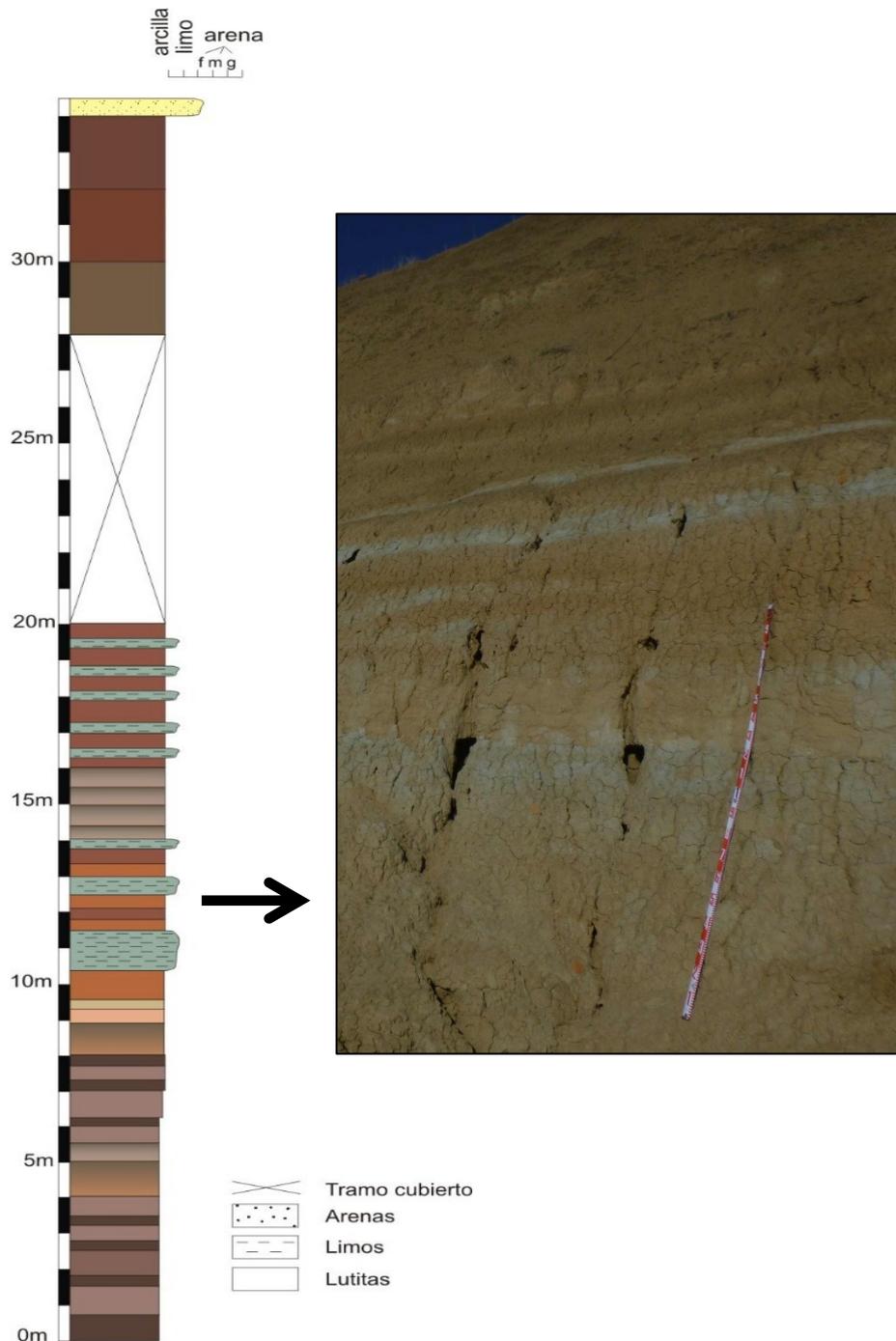


Figura 22. Columna estratigráfica sintética de la cantera La Paloma II y aspecto de los niveles lutíticos aflorantes (la escala mide 2m).

## 2.2.2. Hidrogeología e hidrología.

Los huecos de explotación de las canteras Valanzana y La Paloma II se localizan en el límite de la unidad hidrogeológica 03.05 “Madrid-Talavera”, y en la unidad 99 que engloba acuíferos dispersos de interés local o de baja transmisividad y almacenamiento, respectivamente (**Figura 23**). Dichas unidades hidrogeológicas quedaron definidas en el primer Plan Hidrológico de cuenca del Tajo (Orden de 13 de agosto de 1999). Asimismo, y de acuerdo con la Directiva Marco del Agua, ambos huecos se ubican en la masa de agua subterránea 030.015 “Talavera” (**Figura 23**).

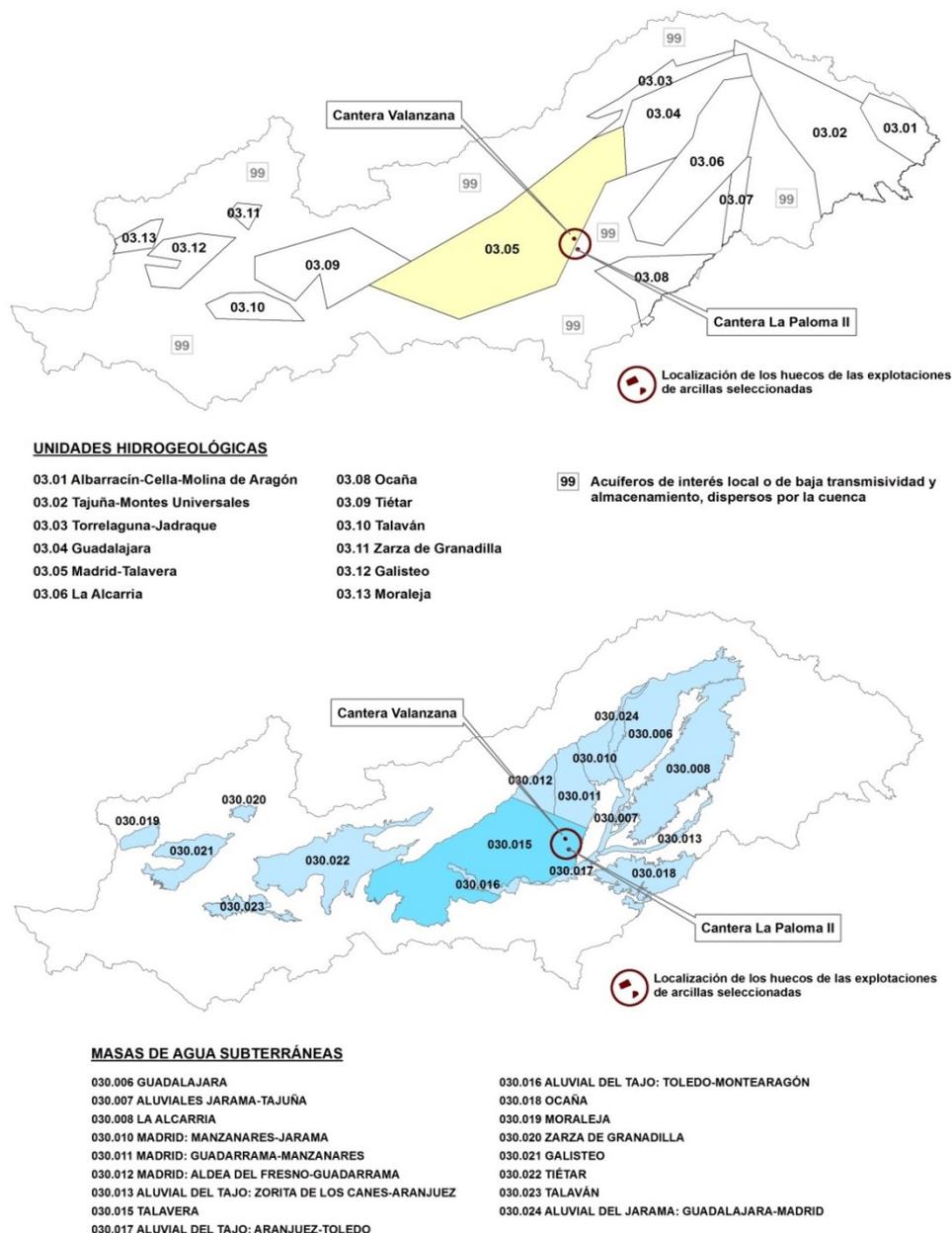


Figura 23. Unidad hidrogeológica y masa de agua subterránea de la demarcación hidrográfica del Tajo donde se localizan los huecos de explotación seleccionados

La unidad hidrogeológica 03.05 Madrid-Talavera y la masa de agua subterránea “Talavera” están integradas en la subunidad Madrid-Toledo del Sistema Acuífero nº 14 “Terciario Detrítico Madrid-Toledo-Cáceres”, definida por López Vílchez y Ruiz Celáa (1983). Esta subunidad está constituida por materiales terciarios, de carácter detrítico, que rellenan la fosa tectónica del Tajo. Se encuentra limitada: al Norte y al Sur por las formaciones paleozoicas impermeables del Sistema Central y las estribaciones de los Montes de Toledo; al Este por las facies centrales miocenas químico-evaporíticas de la cuenca; y al Oeste por la Subunidad Tiétar, perteneciente al mismo sistema acuífero (Porrás *et al.*, 1985). Estos materiales detríticos terciarios constituyen, a nivel regional, un sistema acuífero heterogéneo y anisótropo formado por un conjunto de lentejones de gravas y arenas arcillosas que dan lugar a acuíferos multicapa distribuidos aleatoriamente, en una matriz de arcillas arenosas de muy baja permeabilidad (Porrás *et al.*, 1985; Navarro *et al.*, 1993; Yélamos y Villarroya, 2007). La recarga del mismo se realiza por infiltración de la lluvia, preferentemente en las zonas de divisoria de cuencas hidrográficas o interfluvios; a partir de estas áreas, se establece un flujo hacia los fondos de valle de los principales ríos que discurren por la zona. La descarga suele tener lugar, a través de los aluviales cuaternarios que actúan como simple by-pass (Porrás *et al.*, 1985; Coletto, I., 1994; Yélamos y Villarroya, 2007). Hay que destacar en este modelo de flujo, la posibilidad de existencia de “zonas de estancamiento” a diferentes profundidades, donde la velocidad del agua es prácticamente nula y el tiempo de residencia podría ser muy elevado (Porrás *et al.*, 1985). Asimismo, la profundidad del nivel freático es muy variable debido a la heterogeneidad de los materiales que lo conforman, el número y distribución de niveles arenosos en el conjunto del sistema acuífero o su localización en una zona de recarga o descarga, etc. Aunque por lo general suele ser poco profundo, debido en gran medida al suave modelado de la topografía de la cuenca, y muy especialmente en las proximidades de los cursos fluviales en que el nivel freático es por lo general inferior a 10 m (Porrás *et al.*, 1985; Navarro *et al.*, 1993). No obstante, en zonas de fuerte concentración de pozos y sondeos pueden registrarse profundidades mayores, incluso de más de 60 m.

Las características hidroquímicas de las aguas de la subunidad Madrid-Toledo del sistema acuífero nº 14 son también muy variables. Debido a la baja permeabilidad y

transmisividad de este sistema (Yélamos y Villarroya, 2007), el flujo del agua subterránea suele ser lento y el tiempo de permanencia en el acuífero es elevado, por lo que el factor litológico va a tener una gran influencia en el grado de mineralización y características geoquímicas del agua (Fernández Uría, 1984). Coletto (1994) encuentra diferencias significativas en las aguas subterráneas de dicho sistema acuífero según discurren por las distintas facies de relleno de la cuenca del Tajo; de tal forma que: en materiales detríticos terciarios de borde de cuenca dominan las aguas bicarbonatadas cálcicas; en las facies de transición, las aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas; y en las facies distales evaporíticas situadas en el centro de la cuenca, las aguas sulfatadas cálcicas y magnésicas con elevada proporción de cloruros. No obstante, la heterogeneidad y anisotropía espacial de los materiales pueden introducir distorsiones y excepciones al modelo hidroquímico descrito (Rubio, 1984; Fernández Uría, 1984).

Los materiales detríticos cuaternarios de origen fluvial presentes en dicha subunidad Madrid-Toledo pueden constituir también acuíferos en aluviales y terrazas, aunque de poca entidad debido al escaso espesor de estas formaciones (inferior a 10 m) (Navarro *et al.*, 1993). Estos acuíferos presentan una transmisividad elevada por lo que son especialmente vulnerables a la contaminación (Porrás *et al.*, 1985).

El estudio hidrogeológico de la comarca de La Sagra (Toledo) realizado por AITEMIN (2003), para complementar el estudio de impacto ambiental del Plan Técnico de las Explotaciones de Arcilla que sirvió de base para la aprobación del Coto Minero de La Sagra, donde se ubican ambos huecos mineros, califica la zona como de escaso interés hidrogeológico. Según dicho trabajo de investigación, la localización de éste en los límites de la unidad hidrogeológica 03.05 "Madrid-Talavera" propicia que, en el mismo, se den unas condiciones hidrogeológicas más parecidas a las de la unidad 99. No hay que olvidar que estas unidades hidrogeológicas representaban unidades básicas de gestión de las aguas subterráneas, por lo que sus límites no se definieron en base a criterios estrictamente hidrogeológicos. La zona, por lo tanto, se caracterizaría por la existencia de pequeños acuíferos colgados dispersos entre sí, de interés local y baja transmisividad, asociados a: lentejones arenosos aislados en las Arcillas de La Sagra consideradas muy impermeables y que son objeto de explotación minera; y a

materiales detríticos de recubrimiento de las mismas, más groseros y de escasa potencia. El estudio hace referencia también a la presencia de acuíferos locales en algunos aluviales y terrazas cuaternarias con suficiente espesor. Por último, el escaso número de pozos y sondeos para la captación de agua en la zona confirmaría, según los autores de dicho estudio, la escasez de agua subterránea y/o la poca entidad e importancia de estos acuíferos de ámbito local.

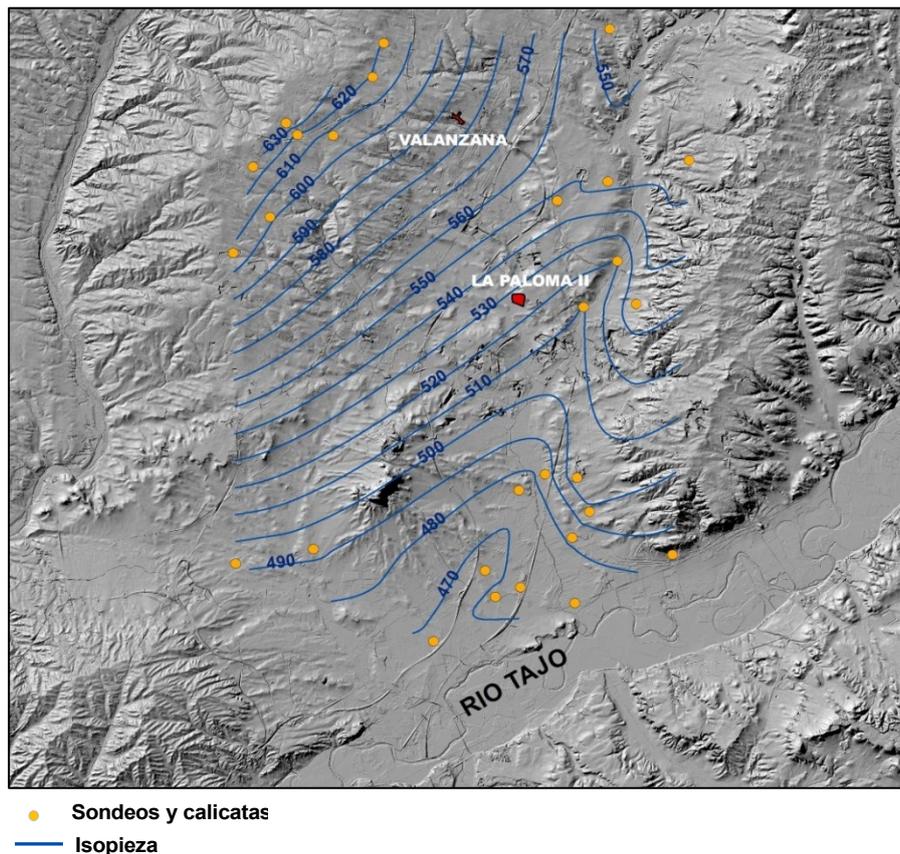


Figura 24. Modelización del flujo de las aguas subterráneas (mapa de isopiezas) en torno a los huecos mineros seleccionados, a partir de niveles piezométricos en sondeos y calicatas (AITEMIN, 2005a,b,c,d,e,f).

Desde un punto de vista puramente teórico, se ha llevado a cabo una modelización del flujo de agua subterránea mediante la elaboración de un mapa de isopiezas (Figura 24), a partir de la posición del nivel freático en un conjunto de sondeos y calicatas realizados en varios permisos de investigación mineros (AITEMIN, 2005a,b,c,d,e,f) aplicando el método de interpolación “natural neighbor” con el SIG ArcGis 10.3. De acuerdo con dicho modelo, el agua tiende a fluir desde los interfluvios y zonas más elevadas hacia los principales cursos fluviales, ríos Guatén y Tajo fundamentalmente.

Sin embargo, es evidente que la baja permeabilidad de la “Formación Arcillas de la Sagra” distorsiona el mismo. Según el estudio hidrogeológico de la comarca de La Sagra (AITEMIN, 2003), el flujo de agua subterránea es divergente desde el Alto de Illescas, si bien el efecto “barrera” de dichas arcillas favorece que éste se oriente finalmente hacia el oeste y suroeste, en dirección al río Guadarrama. La Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales (EIEL), año 2016, muestra cómo en esa zona se concentra la mayor parte de las captaciones o pozos existentes en la comarca; todos estos pozos explotan el sistema acuífero nº 14 (**Figura 25**). Por el contrario, en el entorno de los huecos de explotación seleccionados y donde afloran las Arcillas de La Sagra no aparece registrada ninguna captación de agua. Por lo tanto, el modelo hidrogeológico en esta área parece responder al propuesto por AITEMIN (2003) y que ha sido descrito anteriormente.

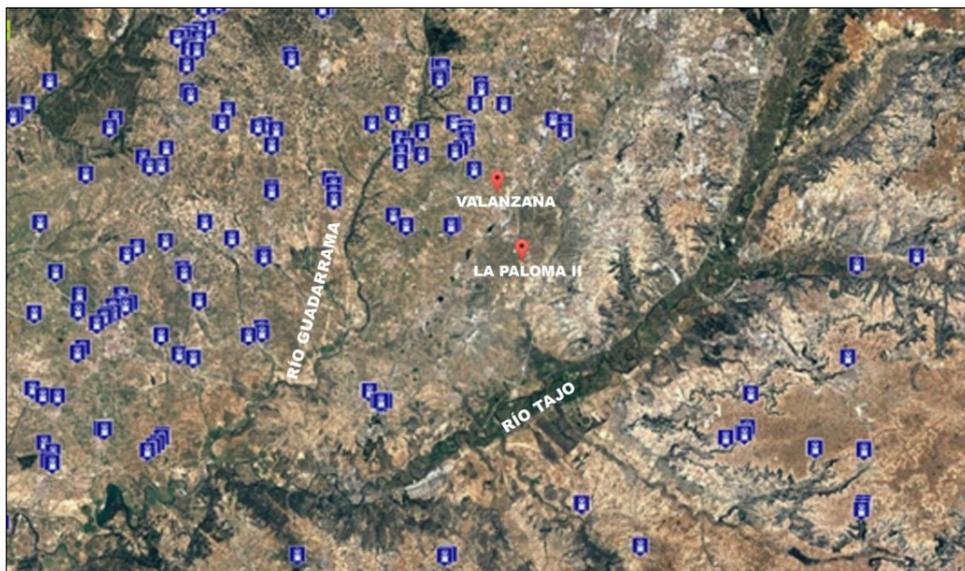


Figura 25. Captaciones de agua (pozos) en el entorno de los huecos mineros seleccionados según la Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales de los municipios de Toledo (EIEL, 2016). <http://eiel.diputoledo.es/>

La profundidad del nivel freático de los sondeos y calicatas considerados para la elaboración del anterior modelo de flujo ha sido muy variable, tal y como se puede observar en la **Figura 26**. Aunque en general, éste se encuentra en casi todos los casos por encima de los 3 m, salvo excepciones (recubrimientos detríticos de poco espesor y próximos a cauces, fundamentalmente). Las formaciones litológicas en las que se ha localizado dicho nivel freático han sido: arenas de grano grueso a fino, sueltas o en una

matriz limosa; y arcillas (arenosas, limosas, yesíferas, etc.). En este último caso, la profundidad del nivel freático ha sido por lo general superior a 10 m, y en algunos casos por encima de 20 m (profundidad máxima de penetración de dichos sondeos). No hay que olvidar que las arcillas, a pesar de su baja permeabilidad, pueden llegar a almacenar agua hasta alcanzar incluso la saturación; sin embargo, no permiten la transmisión de la misma (acuicludo) o bien la transmiten muy lentamente (acuitardo), por lo que en caso de una posible afección al nivel freático es probable que el agua fluya a un ritmo extraordinariamente lento. Respecto a la posición de la superficie freática en los huecos de explotación seleccionados, al no disponer de datos piezométricos en los mismos, se han tomado como referencia los resultados obtenidos en los anteriores sondeos (AITEMIN, 2005a,b,c,d,e,f).

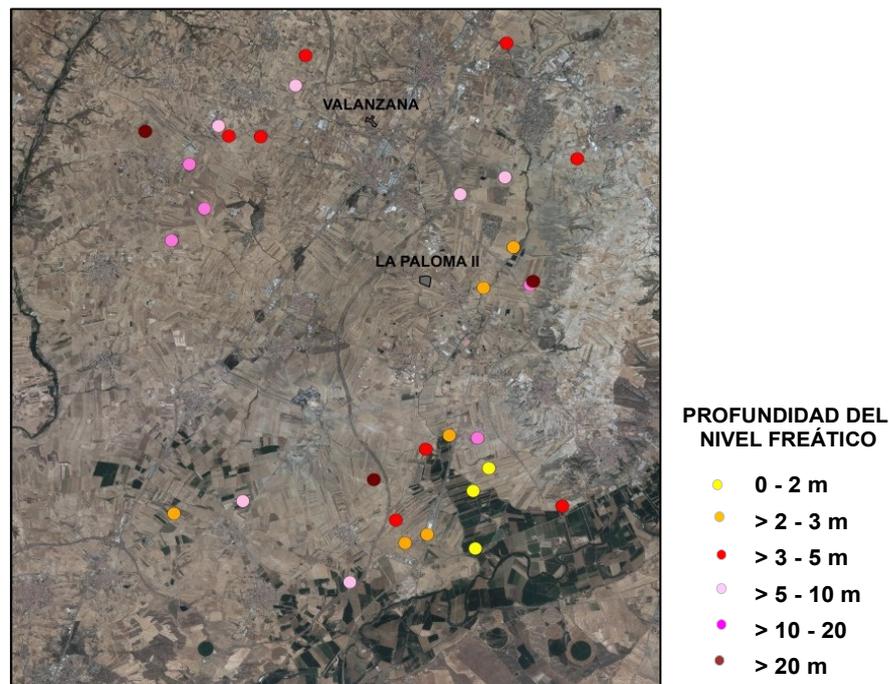
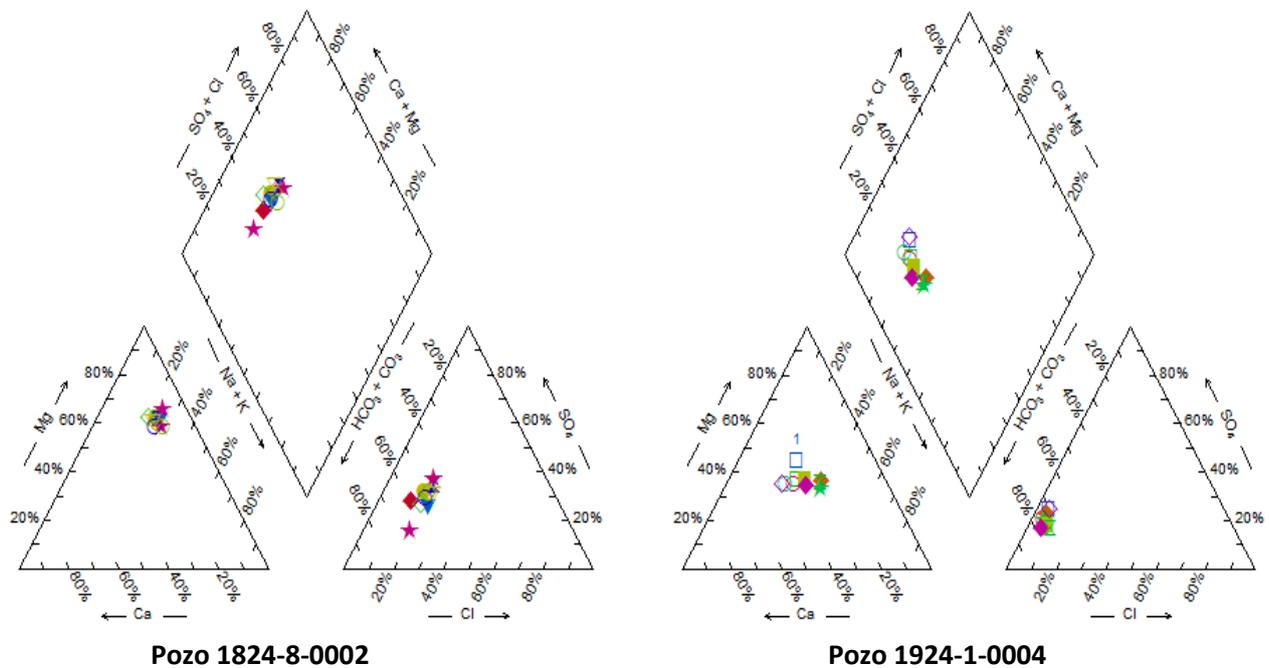


Figura 26. Profundidades del nivel freático en sondeos y calicatas (AITEMIN, 2005a,b,c,d,e,f)

La caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas que pudieran verse afectadas presenta cierto grado de incertidumbre, debido a que sólo existen en la zona dos pozos con datos hidroquímicos: códigos de identificación 1824-8-0002 y 1924-1-0004 de la Base de Datos de Puntos de Agua del IGME, situados a varios kilómetros de distancia de las explotaciones seleccionadas, en los núcleos urbanos de Villaluenga de la Sagra e Illescas. Las muestras de agua analizadas en ambos pozos, a lo largo de una

serie temporal de varios años (1997-2002), son de los tipos bicarbonatado magnésico y bicarbonatado cálcico-magnésico respectivamente (**Figura 27**), característicos de aguas que fluyen en las facies de transición de los materiales de relleno de la cuenca del Tajo (Coletto, 1994).



**Figura 27.** Caracterización hidroquímica de las aguas extraídas de dos pozos situados en el Coto Minero de La Sagra (Diagramas de Piper). Período 1997-2002. <http://info.igme.es/BDAguas/>

Para garantizar la protección de las aguas subterráneas, de acuerdo con el R.D. 1481/2001 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertederos, y el Desarrollo Técnico de los Anexos I y III del mismo (Subdirección General de Calidad Ambiental, 2003), se exige que en el emplazamiento de los huecos mineros exista una barrera geológica natural que tenga unas condiciones de permeabilidad y espesor cuyo efecto combinado, sea equivalente a un valor de permeabilidad ( $k$ ) que, como mínimo, sea igual a  $1 \times 10^{-7}$  m/s en un espesor de 1 m, si los RCD para el relleno de los mismos son de carácter inerte, tal y como se ha señalado en anteriores ocasiones. Con objeto de parametrizar la permeabilidad del sustrato y valorar el grado de adecuación a la normativa, se han llevado a cabo varios ensayos para la determinación de la conductividad hidráulica *in situ* de los materiales aflorantes en el fondo de los huecos de las canteras seleccionadas (**Figura 28**), aplicando el método de Hatt & Le Coustumer (2008) que utiliza un único cilindro bajo carga de agua

constante. El resultado obtenido es una conductividad hidráulica saturada en campo de  $4,5 \times 10^{-8}$  y  $2,1 \times 10^{-8}$  m/s para las explotaciones Valanzana y La Paloma II, respectivamente. Estos valores de permeabilidad cumplen con lo establecido por la normativa respecto a los vertederos de residuos inertes. Sin embargo, tal y como se ha señalado en apartados anteriores, los materiales de rechazo o precibado de RCD mixtos o cerámicos deberían ser calificados en muchos casos como *residuos no peligrosos* de acuerdo con la Orden AAA/661/2013, por presentar concentraciones de sulfatos por encima de los límites establecidos para residuos inertes.



Figura 28. Ensayos para la determinación de la conductividad hidráulica in situ en el fondo de los huecos de las canteras Valanzana y La Paloma II por el método de Hatt & Le Coustumer (2008)

Para los vertederos de residuos no peligrosos, la norma exige una barrera geológica natural con una permeabilidad como mínimo de  $1 \times 10^{-9}$  m/s en un metro de espesor. Por lo tanto, en ambos huecos de explotación sería necesaria la instalación de una barrera geológica artificial (capa mineral de un espesor no inferior a 0,5 m) y un revestimiento geosintético de impermeabilización, a pesar de la baja permeabilidad del sustrato. Todo ello, incrementaría notablemente el coste económico de los trabajos de acondicionamiento de los huecos excavados para su relleno con RCD no peligrosos. No obstante, la normativa contempla la posibilidad de reducir o modificar dichos requisitos, así como la exigencia de recogida de lixiviados, por parte del órgano competente en medio ambiente de la Comunidad Autónoma si el nivel de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, superficiales y el suelo es considerado aceptable (Anexo I del RD 1481/2001). En los casos concretos de las explotaciones Valanzana y La Paloma II, debido a la ausencia de sondeos o pozos que nos permita

conocer la litología existente bajo la lámina de agua y/o la posición real del nivel freático, se ha considerado de *modo hipotético*, que la litología del sustrato son arcillas y que constituye una barrera geológica natural con un nivel de impermeabilidad suficiente para garantizar la protección de las aguas subterráneas. Esta elevada incertidumbre exigiría un estudio de las condiciones hidrogeológicas más detallado.



Figura 29. Izquierda: hueco inundado y parcialmente relleno con tierras de excavación de la cantera Valanzana. Derecha: Hueco inundado de la cantera La Paloma II



Figura 30. Izquierda: vegetación freatófita en el frente sur del hueco de explotación en la Paloma II Derecha: vegetación freatofita al pie de las bermas de dicho frente

El carácter impermeable de estos materiales propicia que los huecos de las explotaciones de arcilla abandonados en la Comarca de La Sagra aparezcan por lo general inundados con aguas pluviales, y en algunos casos con aguas freáticas, al igual que los huecos seleccionados (Figura 29). Es por ello que será necesario el desagüe de los mismos, como trabajo de acondicionamiento previo para el relleno con RCD. Además, en el caso de La Paloma II, es posible que la vegetación freatófita existente en el frente sur del hueco (Figura 30) se deba a la presencia de un nivel freático colgado

en materiales de recubrimiento, cuyas aguas deberán ser reconducidas o drenadas hacia el exterior del hueco o aplicar otras medidas de impermeabilización.

En cuanto a las aguas superficiales, ambas explotaciones se encuentran localizadas en la cuenca del arroyo de Gansarinos, tributario del río Guatén; éste último es afluente del río Tajo. El hueco actual de la explotación Valanzana se encuentra situado a una distancia de entre 100 y 200 m del arroyo de Dos Villas; curso fluvial de cabecera de carácter intermitente y fuertemente estacional (**Figura 31**), cuyas aguas fluyen hacia el arroyo Gansarinos. El hueco de explotación de La Paloma II se encuentra a unos 150-300 m de este último arroyo (**Figura 31**), incluido en la masa de agua superficial denominada Arroyo de Guatén y Arroyo de Gansarinos (ES030MSPF0628021) según el Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo (R.D. 1/2016). De acuerdo con dicho plan, se adscribe a la tipología de ríos manchegos, cuya naturaleza es calificada de muy modificada por la acción antrópica. El estado ecológico de esta masa de agua, evaluado en dicho instrumento de planificación a partir de diversos indicadores biológicos (macroinvertebrados, diatomeas y macrófitos), físico-químicos e hidromorfológicos (forma del cauce y estructura de la vegetación de ribera), es calificado como deficiente. El estado químico de la misma no alcanza el buen estado, por lo que la valoración del estado final de dicha masa de agua es considerada como “peor que bueno” (CHT, 2015).



**Figura 31. Localización de los cursos fluviales más próximos a los huecos mineros seleccionados**

Hay que señalar, además, que no existen captaciones de agua subterránea para abastecimiento en el entorno de los huecos de explotación seleccionados; ni

captaciones en masas de agua superficial destinadas a dicho uso aguas abajo de los mismos, en los arroyos de: Dos Villas, Gansarinos, y Guatén que estén incluidas en el Registro de Zonas Protegidas de acuerdo con la Directiva Marco del Agua (DMA) y el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA); así como ninguna otra tipología de zona protegida: especies acuáticas de interés económico, masas de agua de uso recreativo incluidas zonas de baño, zonas húmedas, reservas fluviales, espacios protegidos y Red Natura 2000 asociados al medio acuático, perímetros de protección de aguas minerales y termales, etc.

### **2.2.3. Estado erosivo de los taludes del hueco y/o presencia de inestabilidades.**

Ya se ha señalado en este manual cómo el grado de erosión de los taludes del hueco y/o la presencia de inestabilidades pueden incrementar significativamente los costes económicos del acondicionamiento y saneado del mismo, para poder llevar a cabo el relleno con RCD en condiciones de seguridad y garantizar la estabilidad geotécnica tras la restauración. De acuerdo con la clasificación de estados erosivos de los taludes de depósitos de residuos mineros abandonados (Alberruche *et al.*, 2014), la explotación Valanzana presenta por lo general frentes o taludes verticales o subverticales, afectados por una erosión hídrica de tipo laminar y en regueros fundamentalmente, con algunas cárcavas pequeñas (de 30 cm a 1 m de profundidad) asociadas muchas de ellas a fenómenos de tubificación (**Figura 32**). Los frentes de mayor altura, con materiales más compactos, presentan algunas grietas verticales que pueden dar lugar a vuelcos de poca entidad. Al pie de estos frentes, se acumulan derrubios de material (**Figura 32**). Respecto a la cantera La Paloma II, actualmente inactiva, hay que distinguir: por un lado, los taludes de los frentes de avance de la explotación de arcilla que muestran una fuerte erosión hídrica con numerosos regueros y cárcavas, y erosión por sufusión (piping); así como el desprendimiento de pequeños bolos de arcilla erráticos que quedan depositados al pie de los mismos (**Figura 33**). Y, por otro lado, los taludes del hueco de la cantera subverticales que presentan una erosión laminar y en regueros con algunas cárcavas poco profundas, así como algunos fenómenos de tubificación (**Figura 34**). De forma muy puntual, se observa en cabecera algún pequeño deslizamiento muy superficial y de escasa significación. El frente sur muestra un perfil

escalonado con rezume de agua en los taludes de las bermas en el momento de la visita de campo, posiblemente asociado a un nivel freático colgado en materiales de recubrimiento. El agua es recogida en canales para evacuación de la escorrentía excavados al pie de los mismos, sobre bermas con una cubierta vegetal freatofita (juncos, *Tamarix*, etc.); y es drenada hacia el hueco de la explotación que está cubierto por una lámina de agua (Figuras 33 y 34).

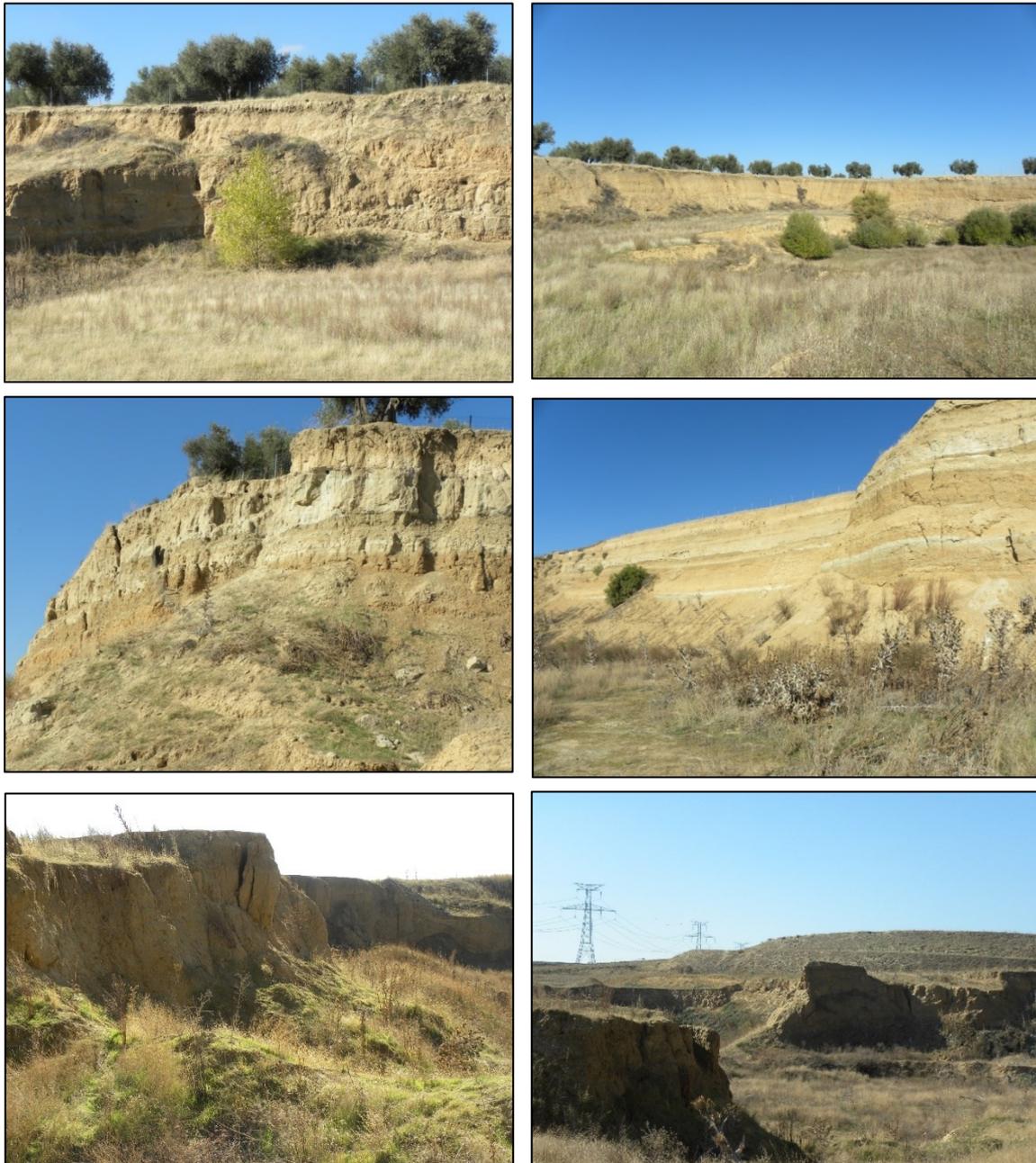
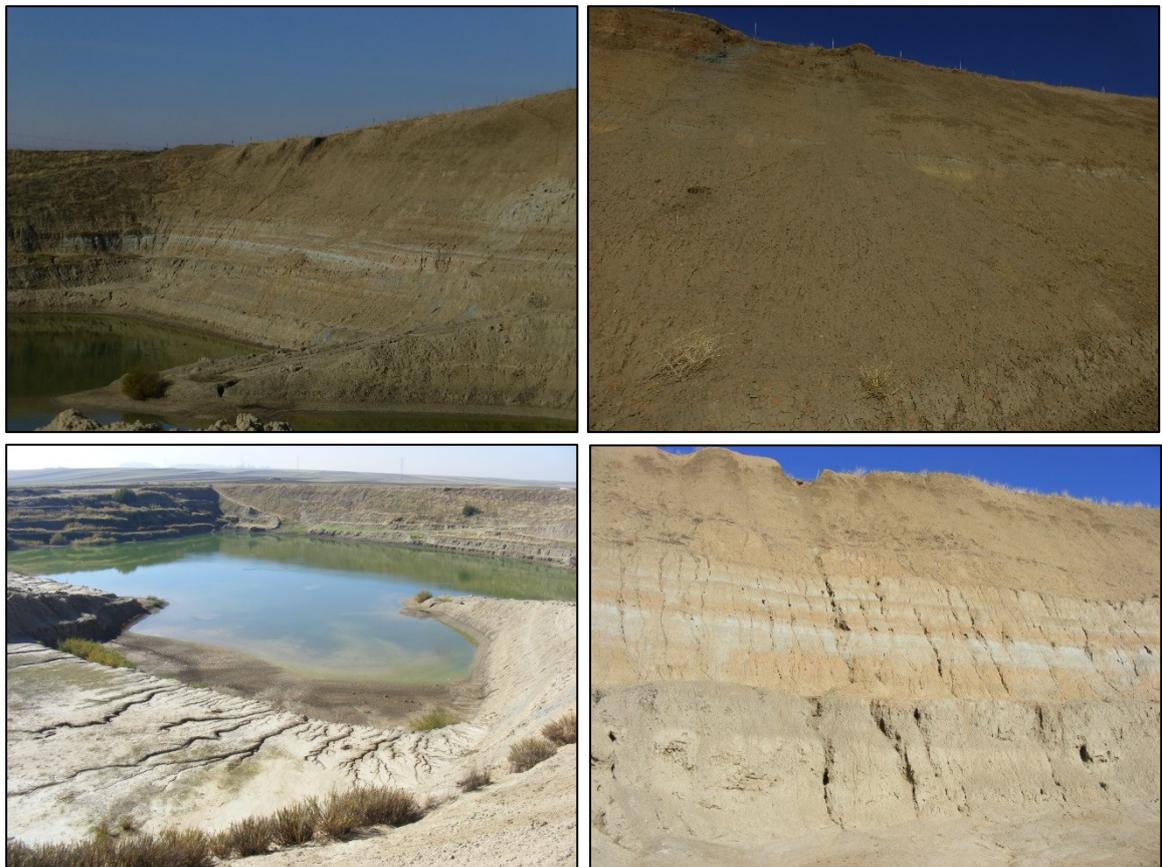


Figura 32. Estado erosivo e inestabilidades de los taludes del hueco de explotación de la cantera Valanzana



**Figura 33. Erosión de los frentes de avance de la explotación de arcilla en la cantera La Paloma II**



**Figura 34. Estado erosivo e inestabilidades de los taludes del hueco de explotación de la cantera La Paloma II**

#### 2.2.4. Caracterización geotécnica de los huecos para el relleno con RCD

La caracterización geotécnica de los huecos de explotación, en una evaluación de carácter preliminar, ha tenido como objetivo realizar una *estimación* rápida de la capacidad portante del terreno y problemas de estabilidad asociados al relleno de los mismos con RCD. Para ello, se han realizado ensayos *in situ* de resistencia a la compresión simple y resistencia al esfuerzo cortante en condiciones no drenadas en taludes y en la base de cada uno de los huecos de las explotaciones Valanzana y La Paloma II (Figura 35).



Figura 35. Localización de los puntos donde se han realizado los ensayos geotécnicos *in situ* en las canteras Valanzana (arriba) y La Paloma II (abajo)

El ensayo de resistencia a la compresión simple no drenada ( $q_u$ ) se ha realizado con un penetrómetro de bolsillo, marca Geotester, de hasta 5,5 dNA/cm<sup>2</sup> de doble escala, obteniéndose directamente el valor  $q_u$  en kilogramos fuerza por cm<sup>2</sup> (**Figura 36**). La determinación de la resistencia al corte sin drenaje ( $S_u$ ) se ha obtenido mediante un ensayo Vane Test, equipo Torvane, de 1,1 kg/cm<sup>2</sup> por revolución (**Figura 36**). En el **Anexo 2**, se realiza una descripción detallada de dichos ensayos.



**Figura 36.** Ensayos de resistencia a la compresión simple con penetrómetro de bolsillo de hasta 5 dNA/cm<sup>2</sup> (izquierda) y de resistencia al corte con vane test (derecha) en condiciones no drenadas.:

En cada ensayo se han realizado sistemáticamente varias medidas, tanto de resistencia a la compresión simple como de resistencia al esfuerzo cortante, recogidas todas ellas en el **Anexo 2**. Mientras que en las **Tablas 11 y 12** se muestran los valores medios de  $q_u$  y  $S_u$  de los ensayos realizados en cada punto o emplazamiento seleccionado para el análisis geotécnico de las explotaciones estudiadas.

RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE ( $q_u$ ) NO DRENADA DE CAMPO CON PENETRÓMETRO (kg/cm <sup>2</sup> )								
CANTERA VALANZANA								
P1 Base	P1 Talud	P2 Base	P2 Talud	P3 Base	P4 Base	P5 Base	P6 Talud Limos	P6 Talud Arenas
2,11	3,91	5,35	5,07	1,43	4,76	2,28	5,45	4,88
CANTERA LA PALOMA II								
P1		P2		P3		P4 (Talud)		P5
5,24		1,66		3,75		5,45		4,05

**Tabla 11.** Valores medios de resistencia a la compresión simple no drenada ( $q_u$ ) en Kg/ cm<sup>2</sup>

RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA ( $S_u$ ) EN CAMPO CON VANE TEST ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )								
CANTERA VALANZANA								
P1 Base	P1 Talud	P2 Base	P2 Talud	P3 Base	P4 Base	P5 Base	P6 Talud Limos	P6 Talud Arenas
0,36	0,18	0,28	0,16	0,52	0,27	0,21	0,34	0,20
CANTERA LA PALOMA II								
P1	P2		P3		P4 (Talud)		P5	
0,55	0,45		0,74		0,96		0,51	

**Tabla 12. Valores medios de resistencia al esfuerzo cortante no drenado ( $S_u$ ) en  $\text{kg}/\text{cm}^2$**

De acuerdo con la clasificación de Hunt (1984) (citado en IGME, 1987), los valores obtenidos de resistencia a la compresión simple sin drenaje, permite clasificar el material del sustrato entre las dos categorías de consistencia más elevadas, esto es, “muy rígida” y “dura”, aunque es mucho más representativa esta última categoría. Por lo tanto, la capacidad portante del terreno parece ser suficiente para acoger la sobrecarga que representa el relleno con RCD.

Aunque el análisis de la resistencia al esfuerzo cortante no permite su interpretación directa en un valor de consistencia del sustrato, como en el caso anterior. Sin embargo, su obtención permite la determinación del valor de la cohesión no drenada ( $C_u$ ), parámetro clave en lo que al comportamiento geotécnico de las arcillas se refiere, dado que para este tipo de materiales y en condiciones no drenadas comúnmente se asume la equivalencia  $S_u=C_u$ . Alternativamente se ha aplicado también una metodología específica para la obtención de la cohesión en arcillas saturadas a partir del valor de  $q_u$  del penetrómetro, aplicando la metodología de Bucchi (Bucchi, 1972). Los resultados de la aplicación de ambas metodologías se resumen en la **Tabla 13**. En el caso de la cantera Valanzana, los resultados obtenidos aplicando uno u otro método han sido similares. Mientras que en La Paloma II, las diferencias han sido mayores. En cualquier caso, los valores de cohesión resultantes en ambos métodos son de un mismo orden de magnitud, quedando la mayoría de ellos comprendidos entre los 30 y los 70 kPa.

No obstante, los valores de  $C_u$  obtenidos se han contrastado con la clasificación de Karol en la que se clasifican los tipos de suelo en base a su valor de cohesión (Karol, 1960). En base a la misma (previa conversión de las unidades de kPa a libras por pie

cuadrado) se ha observado que prácticamente todos los ensayos realizados sobre los materiales de ambas explotaciones mineras harían que estos quedaran clasificados en el rango entre “firme” (*firm*) y “rígido” (*stiff*) de dicha clasificación

	Resistencia a la compresión simple $q_u$ (kPa) - Penetrómetro	Resistencia al esfuerzo cortante $S_u$ (kPa) ó Cohesión $C_u$ (kPa) - vane-test	Cohesión $C_u$ (kPa) - Bucchi (1972)
<b>VALANZANA</b>			
Base P1	513.69	53.53	69.32
Base P2	163.20	44.60	22.02
Base P3	367.88	72.30	49.65
Talud P4	535.09	94.24	72.21
Base P5	397.31	47.12	53.62
<b>LA PALOMA II</b>			
P1 Base	206.90	35.75	27.92
P1 Talud	383.93	17.99	51.81
P2 Base	524.39	26.98	70.77
P2 Talud	497.19	15.65	67.10
P3 Base	140.46	50.90	18.96
P4 Base	466.87	26.62	63.00
P5 Base	223.40	20.91	30.15
P6 Talud Limos	535.09	33.32	72.21
P6 Talud Arenas	478.91	19.42	64.63

**Tabla 13. Valores de cohesión  $C_u$  calculados por el método de Bucchi (1972) y el valor de resistencia al esfuerzo cortante ( $S_u$ ) obtenido del ensayo vane test**

Como conclusión, de todo lo expuesto, no parece que puedan producirse problemas geotécnicos significativos con respecto al relleno de los huecos con RCD, en ambas explotaciones mineras estudiadas.

### **2.2.5. Viabilidad de la rehabilitación de los huecos seleccionados en función del coste del transporte y suministro de RCD**

Entre los factores más importantes que pueden condicionar la viabilidad del uso de los RCD en la restauración minera, hay que destacar: por un lado, el coste del transporte; y por otro, la disponibilidad de un volumen de residuos suficiente para garantizar la restitución topográfica. El coste del transporte va a depender de la distancia a la que se encuentren las instalaciones de gestión o de transferencia de RCD, o bien los centros de producción, considerándose los 30 km como una distancia crítica tal y como se ha señalado en esta Guía. Es evidente que las condiciones de accesibilidad y calidad

de las vías de comunicación pueden influir sobre dicho coste. Asimismo, la producción de RCD está estrechamente ligada al crecimiento urbano y tamaño de población. Teniendo en consideración todos estos aspectos, se han identificado y clasificado los municipios localizados en un radio de 30 km en torno a los huecos de las canteras Valanzana y La Paloma II, en función de la población de derecho registrada en cada uno de ellos de acuerdo con la revisión de los padrones municipales a 1 de enero de 2016 (INE) (**Figura 37**). Hay que señalar que dentro de esta distancia se localizan algunos de los municipios del área metropolitana de Madrid más populosos: Getafe (176.659 hab.), Leganés (187.173 hab.), Alcorcón (167.354 hab.), Móstoles (205.614 hab.), Fuenlabrada (194.171 hab.) y Parla (124.661 hab.); conjuntamente estos municipios metropolitanos superan el millón de habitantes. En este radio de influencia se localizan también: Toledo (83.459 hab.) y algunos de los municipios más poblados de la provincia como Illescas (26.672 hab.) y Seseña (22.027 hab.). En el Plan de Gestión Integrada de los Residuos de Construcción y Demolición de la Comunidad de Madrid (2002-2011), se afirmaba que la mayor parte de la producción de RCD de la región se generaba en Madrid capital (3.165.541 hab.) y en la zona sur metropolitana donde se ubican la mayoría de los municipios enunciados.

Respecto al principal productor de RCD de la Comunidad de Madrid, las canteras Valanzana y La Paloma II se encuentran a una distancia por carretera de 39 y 48 km respectivamente de la capital madrileña. Ambas distancias se consideran desde el punto de vista del coste del transporte viables (menos de 50 km), máxime si se tiene en cuenta que la casi totalidad del trayecto se recorre a través de una vía rápida como es la A-42 o Autovía de Toledo. La proximidad de ambas explotaciones a la red pública de carreteras y a vías de comunicación como: la A-42, la autopista de peaje AP-41 (Madrid-Toledo) y la autovía de La Sagra (CM-41 y CM-43) tal y como puede observarse en la **Figura 38**, propicia además unas condiciones de accesibilidad muy favorables.

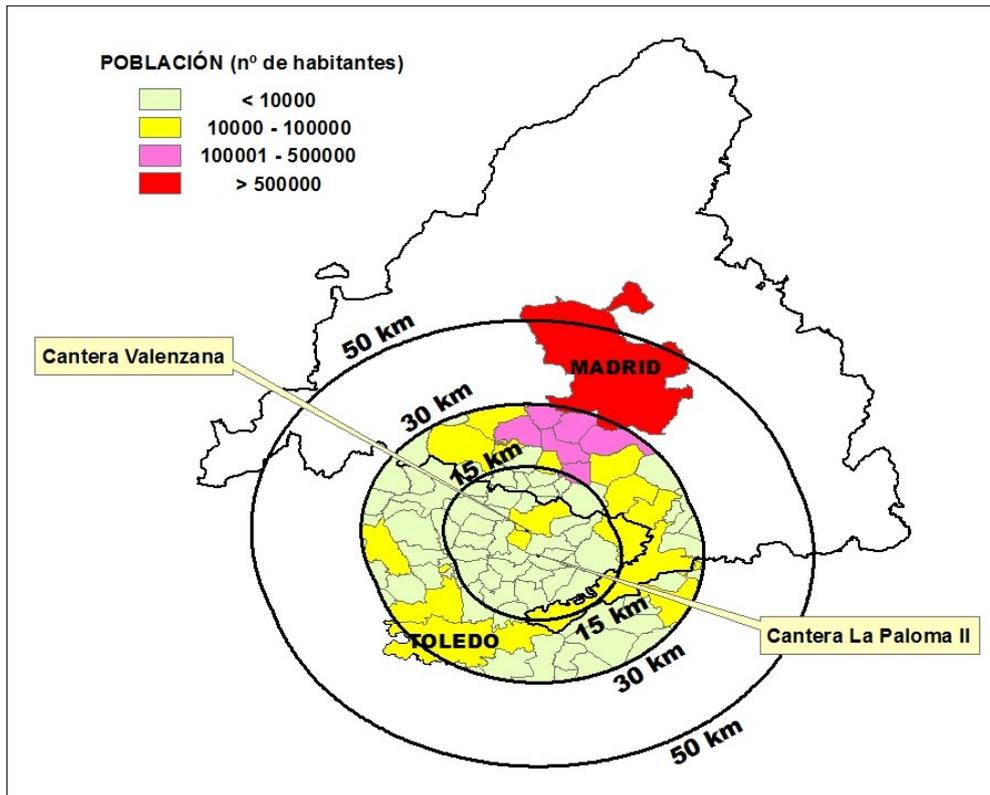


Figura 37. Municipios de la Comunidad de Madrid y Toledo localizados en un radio de 30 km en torno a los huecos de las canteras Valanzana y La Paloma II clasificados según de tamaño de población

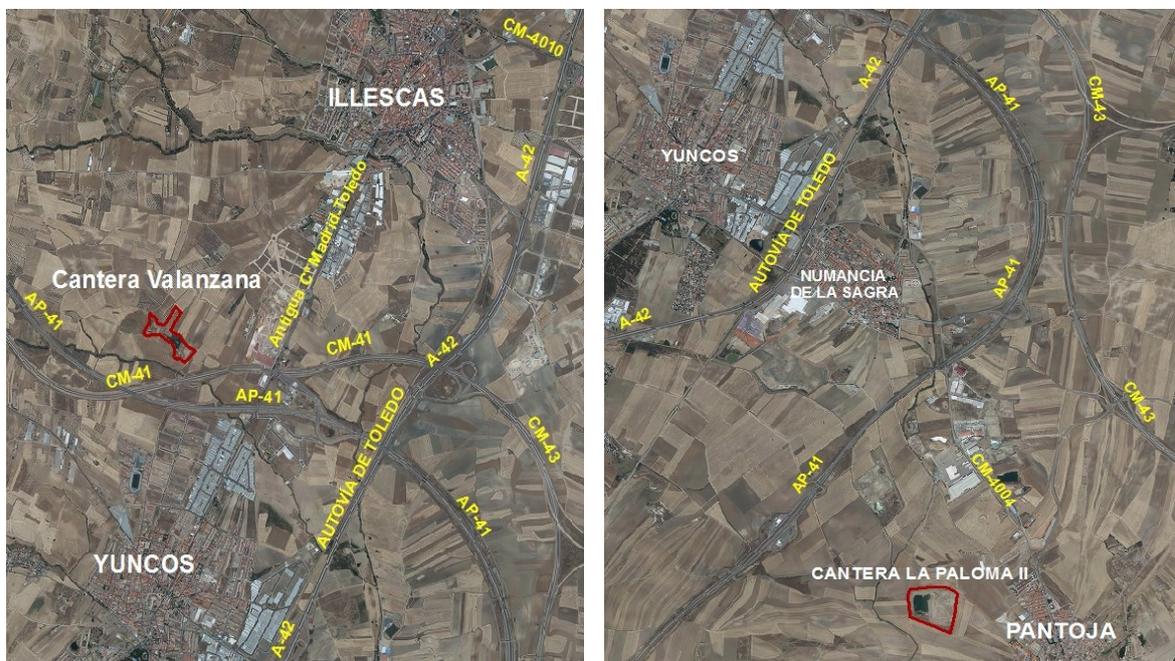


Figura 38. Localización de las canteras Valanzana y La Paloma II respecto a las principales vías de comunicación por carretera

### 2.2.6. Calidad ambiental y del paisaje y accesibilidad visual de los huecos mineros

En cuanto a la calidad ambiental del entorno donde se ubican las explotaciones de arcilla seleccionadas, hay que destacar que no existen elementos naturales o zonas sensibles o vulnerables afectadas por la degradación ambiental asociada a las mismas, tales como: espacios naturales protegidos (ENP) o pertenecientes a la Red Natura 2000, u otras figuras de protección internacionales; hábitats de interés comunitario prioritarios y no prioritarios (Directiva Hábitats), formaciones de vegetación bien conservadas, etc. Asimismo, la calidad paisajística podría calificarse de media, propia de un espacio agrario dominado por los cultivos de cereal y la presencia de algunos olivares.



**Figura 39. Localización de las canteras Valanzana y La Paloma II respecto a las principales vías de comunicación por carretera**

Para la evaluación de la incidencia visual de estos espacios degradados, se ha determinado la visibilidad de los mismos desde las principales vías de comunicación existentes en la zona (**Figura 39**) y los núcleos de población más próximos (Illescas, Yuncos, Numancia de la Sagra, Pantoja, Cobeja, Yuncler y Villaluenga de la Sagra). El modelo de visibilidad se ha elaborado con ArcGis 10.3, de acuerdo con el método descrito en Alberruche *et al.*, (2015); si bien, en este caso, para definir los distintos niveles de accesibilidad visual se han considerado las intensidades medias diarias (IMD) de vehículos que circulan por dichas vías, según los mapas de tráfico del año 2015 elaborados por la comunidad autónoma de Castilla- La Mancha y el Ministerio de

Fomento, y el tamaño de población de los núcleos urbanos como factores de ponderación aplicando los criterios propuestos en esta Guía.

En ambos casos, los huecos de explotación no son accesibles visualmente desde carreteras y zonas habitadas salvo las zonas más elevadas de los frentes que delimitan la zona excavada. La cantera de la Paloma II presenta además una amplia zona, todavía pendiente de explotación, con una accesibilidad visual muy elevada.

Las áreas de las canteras con mayor incidencia visual serán aquellas que son visibles desde las vías más transitadas como la A42 (Autovía de Toledo), que registra una IMD de más de 45.000 vehículos diarios en tramos próximos a las mismas, o desde los núcleos de población de más de 10.000 habitantes (Illescas y Yuncos). En este último caso, se ha aplicado un criterio más conservador que la propia metodología propuesta. Las zonas de la explotación con una accesibilidad visual alta son aquellas que son visibles desde la CM-41 (Autovía de la Sagra) en aquellos tramos que presenta IMD superiores a 5.000 vehículos de tránsito; mientras que las áreas de incidencia visual media son aquellas visibles desde el resto de las vías consideradas, por presentar todas ellas IMD por debajo del umbral anteriormente señalado o desde el resto de los núcleos de población seleccionados, todos ellos, con tamaños de población inferior a 5.000 habitantes.

#### **2.2.7. Valoración de la Idoneidad de los huecos seleccionados para su rehabilitación con RCD**

Finalmente, se ha determinado la idoneidad de cada uno de los huecos seleccionados para su rehabilitación con RCD, aplicando los criterios de la metodología de evaluación preliminar de la misma propuesta en esta Guía. El resultado final de la valoración del índice de idoneidad (ID) de las canteras Valanzana y La Paloma II ha sido “Muy Alto” y “Alto”, respectivamente. En las Tablas **14 y 15** se muestran las valoraciones de los parámetros y del correspondiente ID. Los condicionantes técnico-económicos, de protección ambiental y la proximidad a los centros de producción de RCD son los principales factores que definen una aptitud tan elevada para el uso de estos RCD en los huecos de explotación de arcilla seleccionados.

<b>CANTERA VALANZANA</b>	
<b>CONDICIONANTES TÉCNICO-MINEROS (C<sub>MIN</sub>)</b>	
<b>FACTOR HIDROGEOLÓGICO (AG<sub>SUB</sub>)</b>	
<b>Características hidrogeológicas del hueco de explotación</b>	<b>H<sub>SUB</sub></b>
Permeabilidad muy baja: arcillas. Conductividad hidráulica saturada en campo de $4,5 \times 10^{-8}$ determinada <i>in situ</i> . Se asume hipotéticamente dicha conductividad para el hueco cubierto por la lámina de agua. Si un estudio hidrogeológico confirmara el origen freático de la misma, el valor se reduciría drásticamente.	4
<b>Vulnerabilidad de las masas de agua subterránea</b>	<b>V<sub>SUB</sub></b>
Vulnerabilidad Intrínseca a la contaminación Baja	3
<b>Profundidad del nivel freático</b>	<b>P<sub>NF</sub></b>
> 3 m en litologías impermeables. .	4
<b>Distancia a captaciones de agua para abastecimiento urbano</b>	<b>M<sub>SUB</sub></b>
No existen captaciones de agua para abastecimiento en un radio de 1 km	4
$AG_{SUB} = 0,3 * H_{SUB} + 0,3 * V_{SUB} + 0,3 * P_{NF} + 0,1 * M_{SUB}$	3,7
<b>FACTOR DE PROXIMIDAD A MASAS DE AGUAS SUPERFICIALES (PA<sub>SUP</sub>)</b>	
<b>Distancia del hueco a una masa de agua superficial</b>	<b>PA<sub>SUP</sub></b>
Distancia al arroyo de Dos Villas entre 100 y 200 m	2
<b>GRADO DE EROSIÓN DE LOS TALUDES DEL HUECO Y/O PRESENCIA DE INESTABILIDADES (ER<sub>EST</sub>)</b>	
<b>Huecos excavados en suelos y rocas blandas</b>	<b>ER<sub>EST</sub></b>
Taludes con erosión con regueros frecuentes o abundantes con pocas cárcavas pequeñas (de 30 cm a 1 m de profundidad) asociadas algunas a fenómenos de tubificación. Presencia de grietas de tracción verticales pero con riesgo de vuelcos poco significativos.	3
$C_{MIN} = 0,7 * AG_{SUB} + 0,2 * PA_{SUP} + 0,1 * ER_{EST}$	<b>3,29</b>
<b>FACTOR COSTE DE TRANSPORTE Y SUMINISTRO DE RCD (CT<sub>SUM</sub>)</b>	
<b>Distancia a centros de producción de RCD</b>	<b>D<sub>NUC</sub></b>
Los municipios del área metropolitana se localizan en la franja entre 15-30 km	3
<b>Tamaño de población de los núcleos urbanos</b>	<b>P<sub>NUC</sub></b>
Los municipios del área metropolitana situados a la distancia anterior suman un contingente de población de más de 1.000.000 de habitantes	4
$CT_{SUM} = 0,7 * D_{NUC} + 0,3 * P_{NUC}$	<b>3,3</b>
<b>FACTOR PRIORIDAD DE RESTAURACIÓN DE ESPACIOS DEGRADADOS POR MINERÍA (PR<sub>REST</sub>)</b>	
<b>Calidad ambiental y/o calidad visual del paisaje</b>	<b>C<sub>AMB</sub></b>
Espacio agrario con una calidad visual del paisaje media	2
<b>Accesibilidad visual</b>	<b>A<sub>VIS</sub></b>
Baja. El hueco no es visible, y solo es accesible visualmente las zonas más elevadas de los frentes	1
$PR_{REST} = 0,6 * C_{AMB} + 0,4 * A_{VIS}$	<b>1,6</b>
<b>ÍNDICE DE IDONEIDAD DEL HUECO PARA SU REHABILITACIÓN CON RCD (ID)</b>	
$ID = 0,6 * C_{MIN} + 0,3 * CT_{SUM} + 0,1 * PR_{REST}$	<b>3,12</b>

Tabla 14. Valoración del índice de idoneidad del hueco de Valanzana para su rehabilitación con RCD

<b>CANTERA LA PALOMA II</b>	
<b>CONDICIONANTES TÉCNICO-MINEROS (C<sub>MIN</sub>)</b>	
<b>FACTOR HIDROGEOLÓGICO (AG<sub>SUB</sub>)</b>	
<b>Características hidrogeológicas del hueco de explotación</b>	<b>H<sub>SUB</sub></b>
<b>Permeabilidad muy baja:</b> arcillas. Conductividad hidráulica saturada en campo de $2,1 \times 10^{-8}$ determinada <i>in situ</i> . Se asume hipotéticamente dicha conductividad para el hueco cubierto por la lámina de agua. Si un estudio hidrogeológico confirmara el origen freático de la misma, el valor se reduciría drásticamente.	4
<b>Vulnerabilidad de las masas de agua subterránea</b>	<b>V<sub>SUB</sub></b>
Vulnerabilidad Intrínseca a la contaminación Baja. Sin embargo, el corte de un nivel freático en materiales de recubrimiento obliga a un criterio más conservador, asignándole una vulnerabilidad Media.	2
<b>Profundidad del nivel freático</b>	<b>P<sub>NF</sub></b>
> 3 m en litologías impermeables. .	4
<b>Distancia a captaciones de agua para abastecimiento urbano</b>	<b>M<sub>SUB</sub></b>
No existen captaciones de agua para abastecimiento en un radio de 1 km	4
$AG_{SUB} = 0,3 * H_{SUB} + 0,3 * V_{SUB} + 0,3 * P_{NF} + 0,1 * M_{SUB}$	3,4
<b>FACTOR DE PROXIMIDAD A MASAS DE AGUAS SUPERFICIALES (PA<sub>SUP</sub>)</b>	
<b>Distancia del hueco a una masa de agua superficial</b>	<b>PA<sub>SUP</sub></b>
Distancia al arroyo de Ganserinos entre 150-300 m	2
<b>GRADO DE EROSIÓN DE LOS TALUDES DEL HUECO Y/O PRESENCIA DE INESTABILIDADES (ER<sub>EST</sub>)</b>	
<b>Huecos excavados en suelos y rocas blandas</b>	<b>ER<sub>EST</sub></b>
Taludes del hueco con erosión hídrica en regueros frecuentes con pocas cárcavas pequeñas (de 30 cm a 1 m de profundidad). Algunos fenómenos de tubificación. Deslizamientos muy superficiales en cabecera de frentes poco significativos. Corte de un nivel freático colgado en el frente sur con rezume en taludes de bermas. Al estar inactiva temporalmente la cantera, no se considera el estado erosivo de los frentes de avance de la explotación de arcilla.	2
$C_{MIN} = 0,7 * AG_{SUB} + 0,2 * PA_{SUP} + 0,1 * ER_{EST}$	<b>2,98</b>
<b>FACTOR COSTE DE TRANSPORTE Y SUMINISTRO DE RCD (CT<sub>SUM</sub>)</b>	
<b>Distancia a centros de producción de RCD</b>	<b>D<sub>NUC</sub></b>
Los municipios del área metropolitana se localizan en la franja entre 15-30 km	3
<b>Tamaño de población de los núcleos urbanos</b>	<b>P<sub>NUC</sub></b>
Los municipios del área metropolitana situados a la distancia anterior suman un contingente de población de más de 1.000.000 de habitantes	4
$CT_{SUM} = 0,7 * D_{NUC} + 0,3 * P_{NUC}$	<b>3,3</b>
<b>FACTOR PRIORIDAD DE RESTAURACIÓN DE ESPACIOS DEGRADADOS POR MINERÍA (PR<sub>REST</sub>)</b>	
<b>Calidad ambiental y/o calidad visual del paisaje</b>	<b>C<sub>AMB</sub></b>
Espacio agrario con una calidad visual del paisaje media	2
<b>Accesibilidad visual</b>	<b>A<sub>VIS</sub></b>
Baja. Solo se ha considerado el hueco de excavación que no es visible. Al estar inactiva temporalmente la cantera, no se ha tenido en cuenta los frentes de avance de la explotación de arcilla que actualmente tienen una accesibilidad visual alta y muy alta pero que serán explotados en un futuro	1
$PR_{REST} = 0,6 * C_{AMB} + 0,4 * A_{VIS}$	<b>1,6</b>
<b>ÍNDICE DE IDONEIDAD DEL HUECO PARA SU REHABILITACIÓN CON RCD (ID)</b>	
$ID = 0,6 * C_{MIN} + 0,3 * CT_{SUM} + 0,1 * PR_{REST}$	<b>2,94</b>

Tabla 15. Valoración del índice de idoneidad del hueco de La Paloma II para su rehabilitación con RCD

### 3. BIBLIOGRAFÍA

AITEMIN. 2003. Estudio hidrogeológico de la Comarca de La Sagra (Toledo). AITEMIN-Consorcio Minero de La Sagra, S.L. 29 p. Inédito.

AITEMIN. 2005a. Investigación de Arcillas en La Sagra (Toledo). Permiso “Barriales” (nº 3.913). AITEMIN-Consorcio Minero de La Sagra, S.L. Memoria y Anejos. 44 p. Inédito.

AITEMIN. 2005b. Investigación de Arcillas en La Sagra (Toledo). Permiso “Botanera” (nº 3.821, 1-1-0). AITEMIN-Consorcio Minero de La Sagra, S.L. Memoria y Anejos. 102 p. Inédito.

AITEMIN. 2005c. Investigación de Arcillas en La Sagra (Toledo). Permiso “Cerro Partido” (nº 3.821). AITEMIN-Consorcio Minero de La Sagra, S.L. Memoria y Anejos. 99 p. Inédito.

AITEMIN. 2005d. Investigación de Arcillas en La Sagra (Toledo). Permiso “El León” (nº 3.914). AITEMIN-Consorcio Minero de La Sagra, S.L. Memoria y Anejos. 31 p. Inédito.

AITEMIN. 2005e. Investigación de Arcillas en La Sagra (Toledo). Permiso “Orejuela” (nº 3.915). AITEMIN-Consorcio Minero de La Sagra, S.L. Memoria y Anejos. 51 p. Inédito.

AITEMIN. 2005f. Investigación de Arcillas en La Sagra (Toledo). Permiso “Zarzalejo” (nº 3.916). AITEMIN-Consorcio Minero de La Sagra, S.L. Memoria y Anejos. 49 p. Inédito.

Alberruche, E., Arranz, J.C. Rodríguez, R., Vadillo, L., Rodríguez, V., Fernández, F.J. 2014. Manual para la evaluación de riesgos de instalaciones de residuos de industrias extractivas cerradas o abandonadas. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural e IGME. 318 p.

Alberruche, M.E., Arranz, J.C., Rodríguez, V., Fernández, F.J., Rodríguez, R., Vadillo, L. 2015. Metodología para la evaluación del impacto paisajístico residual de una mina de carbón a cielo abierto en el Valle de Laciana (España). *DYNA* 82 (190), pp 60-69.

Alonso Zarza, A. M., Calvo, J.P., y García del Cura, M.A. (1986). Sedimentología y petrología de los abanicos aluviales y facies adyacentes en el Neógeno de Paracuellos del Jarama (madrid). *Estudios Geológicos*, 42, 79-101.

Alonso Zarza, A.M., Calvo, J.P. y García del Cura, M.A. (1990). Litoestratigrafía y evolución paleogeográfica del Mioceno del borde NE de la Cuenca de Madrid (prov. Guadalajara). *Estudios Geológicos*, 46, 415-432.

Alonso-Zarza, A.M., Calvo, J.P., Silva, P. y Torres, T. (2004). Cuenca del Tajo. En: *Geología de España (Ed. Vera, J.A.)*. SGE-IGME, 556-561.

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>

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.

Asensio, E., Sánchez, M.I., Frías, M., Medina, C. 2013. Diseño de nuevas matrices cementantes basadas en residuos de construcción y demolición. Actas del Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-eficientes. Sevilla. 66-73 pp.

Bucchi, A. 1972. Una determinazione rápida delle componenti “ $\phi$ ” e “C” della resistenza al taglio delle terre. *Inarcos*. Nº 318. Associazione de Ingegneri e Architetti della Provincia de Bologna.

Calvo, J.P., De Vicente, G. y Alonso, A.M. (1991). Correlación entre las deformaciones alpinas y la evolución del relleno sedimentario de la Cuenca de Madrid durante el Mioceno. I Congreso del Grupo Español del Terciario, Actas, 55-58.

Calvo Pérez, B., Parra y Alfaro, J.L., Astudillo Matilla, B., Sanabria Zapata, C.M. Carretón Moreno, R. 2002. Áridos reciclados para hormigones y morteros. Caracterización mineralógica y Química. 10 pp.

CHT. 2015. Inventario de presiones y evaluación del estado de las masas de agua. Anejo 7 de la Memoria del Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del tajo (2015-2021). 127 pp.

Coleto, I. 1994. Modelización de la evolución química de las aguas subterráneas en las facies de transición de la Cuenca de Madrid. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Geológicas. Departamento de Geodinámica. 334 pp.

De Brito, J., Pereira, A.S., Correia, J.R. 2005. Mechanical behaviour of non-structural concrete made with recycled ceramic aggregates. *Cement and Concret Composites* 27(4): 429-433.

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.

Díaz de Neira, J.A. y López Olmedo, F. (1999). Mapa geológico de España a escala 1:50.000, 2ª serie, Villaluenga de la Sagra (604). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Etxeberría, M., González-Corominas, A., Galindo, A. 2016. Estudio de la aplicación del árido reciclado mixto en hormigón poroso y como relleno de zanjas en la ciudad de Barcelona. Informes de la Construcción. Vol. 68. Nº 542. IETcc-CSIC.

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

Fernández Uría, A. 1984. Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas en el sector oriental de la Cuenca de Madrid. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

García González, J. 2016. *Hormigón elaborado con residuos de construcción y demolición mixtos cerámicos: optimización de sus propiedades físicas, mecánicas y durables mediante pre-saturación de los áridos, uso de superplastificantes y precipitación microbiológica de carbonato cálcico*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad de León. Y Magnel Laboratory for Concrete Research. Departamento de Ingeniería Estructural. Universidad de Gante. 438 pp.

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

Hatt & Le Coustumer. 2008. Practice Note 1. *In situ* measurement of hydraulic conductivity. FAWB's Guidelines for Soil Filter Media in Bioretention Systems. Version 2.1. <http://www.monash.edu.au/fawb/publications/index.html>.

IHOBE. 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

IHOBE-CEDEX, 2011. *Uso de áridos reciclados mixtos procedentes de residuos de construcción y demolición. Investigación prenortativa*. IHOBE-CEDEX. 76 pp.

IGME, 1987. Manual de Taludes. Serie Geotecnia. IGME. 455 p.

Junco, F. y Calvo, J.P. (1983). Cuenca de Madrid. En: Libro homenaje a J.M. Ríos, 2, 534-542.

Karol, R. H., 1960. *Soils and Soil Engineering*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 194 p.

Limbachiya, M.C., Marrocchino, E., Koulouris, A. 2007. Chemical-mineralogical characterization of coarse recycled concrete aggregate. *Waste Management*. 27(2): 201-208.

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

López Vilchez, L., Ruiz Celáa, C. 1983. Síntesis hidrogeológica de la Cuenca del Tajo. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, VII, pp 637-648.

Martínez Sánchez, M.J., Pérez Sirvent, C., Tudela Serrano, M.L., Linares Moreno, P., García Lorenzo, M.L., Hernández Córdoba, M., López García, I.F., Molina Ruiz, J., Navarro Hervás, C., Vidal Otón, J., Barberán Murcia, R., Mántilla, W., Tovar Frutos, P.J., Solano Martín, A.M., Marimón Santos, J., Agudo Juan, I., Hernández Pérez, C. 2007. Niveles de fondo y niveles genéricos de referencia de metales pesados en suelos de la Región de Murcia.

Mediavilla, R.M. y Rubio, F.J. 2010. Mapa geológico de España a escala 1:50.000, 2ª serie, Aranjuez (605). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Medina, D., Zhu, W., Howind, T., Frías, M., Sánchez de Rojas, M.I. 2015. Effect of the constituents (asphalt, clay materials, floating particles and fines) of construction and demolition waste on the properties of recycled concretes. *Construction and Building Materials*. 79, 22-33.

Megías, A.G., Ordóñez, S., Calvo, J.P. 1983. Nuevas aportaciones al conocimiento geológico de la cuenca de Madrid. *Revista de Materiales y Procesos Geológicos*, 1, 163-191.

Mejía, E., Osorno, L., Osorio, N.W. 2015. Residuos de construcción: una opción para la recuperación de suelos. *Revista EIA*. Año XII. Vol. 12. Edición especial nº 2. Junio 2015. pp E55-E60.

Ministerio de Medio Ambiente, IGME e INIA, 2007. Guía técnica de aplicación del R.D. 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. 121 pp.

Navarro Alvargonzález, A., Fernández Uría, A., Dobles Domínguez, J.G. 1993. Cuenca del Tajo. En: IGME (Ed). Las aguas subterráneas en España. Capítulo IX. IGME. Madrid pp 217-230.

NCHRP. 2001. Guide for mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures. Final Document. Appendix CC-1: Correlation of CBR values with soil index properties. 204 pp.

Porras, J., Nieto, P., Álvarez-Fernández, C., Fernández Uría, A., Gimeno, M.V. 1985. *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Informe de Síntesis*. Tomo II. Anejos I. Sistemas acuíferos de la Cuenca del Tajo. IGME. pp 53-80.

Racero, A. 1988. Consideraciones acerca de la evolución geológica del margen SW de la Cuenca del Tajo durante el Terciario a partir de los datos del subsuelo. *II Congreso Geológico de España, Simp.*, 213-222.

Rodas, M., Garzón, M.G., Luque, F.J. y Mas, R. 1991. Correlation between the Paleogene detritic facies in the margins of Tajo and Duero basins (central Spain): mineralogical, sedimentological and geomorphical characteristics. *Sci. Geol. Mem*, 88, 43-52.

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, P.L. 1984. Hidrogeoquímica de las aguas subterráneas en el sector occidental de la Cuenca de Madrid. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

Sanz Llano, J.J. 1975. Mecánica de suelos. Reunión de Ingenieros. Editores Técnicos Asociados, SA. Barcelona. 414 p

Sanz Montero, M.E. 1996. Sedimentología de las formaciones neógenas del Sur de la Cuenca de Madrid. CEDEX. Monografías, 52.

Subdirección General de Calidad Ambiental. 2003. Desarrollo técnico del R.D. 1481/2001 relativo a las instalaciones de vertido de residuos. 86 pp.

Universidad de Córdoba. 2015. *Guía de áridos reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) de Andalucía Central*. Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía, Universidad de Córdoba, Unión Europea, CEMOSA, AGRECA. 198 pp.

Vegas, I; Ibañez, J.A., Lisbona, A., Sáez de Cortazar, A., Frías, M. 2011. Pre-normative research on the use of mixed recycled aggregates in unbound road sections. *Construction and Building Materials*. 25(5): 2674-2682.

Vegas, R., Banda, E. 1982. Tectonic framework and Alpine evolution of the Iberian Peninsula. *Earth Evolution Sciences*, no. 4, p. 320-343

Yélamos, J.G., Villarroya Gil, F. 2007. El acuífero terciario detrítico de Madrid: pasado, posibilidades actuales y retos pendientes. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2007. (15.3): 317-324.

# **4. ANEXO I**

## **INVENTARIO DE MUESTRAS DE RCD**



Nº DE MUESTRA: 1



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

PLANTA DE RCD: SALMEDINA

MUNICIPIO: MADRID

PROVINCIA: MADRID

COORDENADAS UTM (ETRS89)

X-UTM: 449301,26

Y-UTM: 4465006,23

Huso: 30



Fuente: Google Map

TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO



Muestra para análisis de la lixiviabilidad



Muestra para parámetros orgánicos

Nº DE MUESTRA: 1



**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,035	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	5.100
Ba	20	0,504	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,244	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	<40
Cu	2	0,146	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	1,320
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b>  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b>  <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.)		
Mo	0,5	0,0695			
Ni	0,4	0,234			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	<b>0,0632</b>			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,249			
Cloruro	800	90			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>15.100</b>			
Índice Fenol	1	0,06			
COD	500	121			
STD	4.000	<b>21.238</b>			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica <b>LABORATORIO DEL IGME</b>					

**COMENTARIOS**

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX														
Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,	0,80	0,39	0,40	0,48
12,0	25,2	19,8	6,5	15,6	59,3	121,1	11,5	1,3	6,2	<LD	1,9	137,7	182,7	14,9
Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0,46	1,00	1,00	6,00	10,00	2,10	2,37	3,95	6,00	8,41	5,08	10,0	6,10	7,23	2,87
114,9	6,5	<LD	<LD	<LD	14,0	4,3	<LD	9,6	341,2	18,4	32,9	14,8	<LD	<LD
Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento							
2,47	2,21	1,60	1,12	1,00	1,50	1,20	Límite de detección (LD)							
<LD	3,9	<LD	72,8	<LD	7,1	2,4	Valor							

Nº DE MUESTRA: 1



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



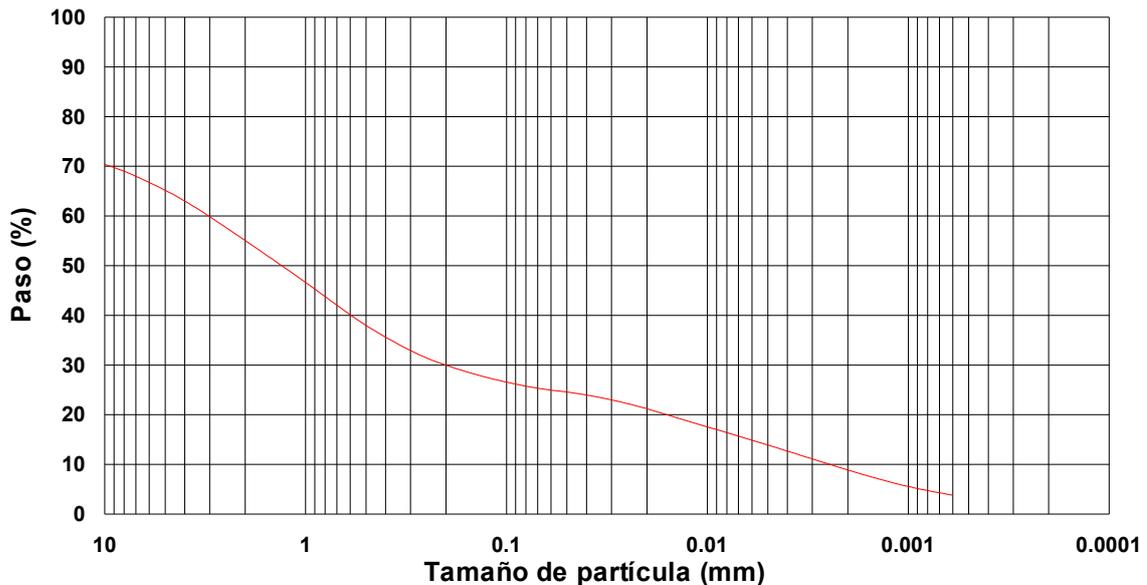
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	>70,37	70,37	55,05	36	16,37

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,88
SALES SOLUBLES (%)	2,12
YESOS (%)	1,51

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 1



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

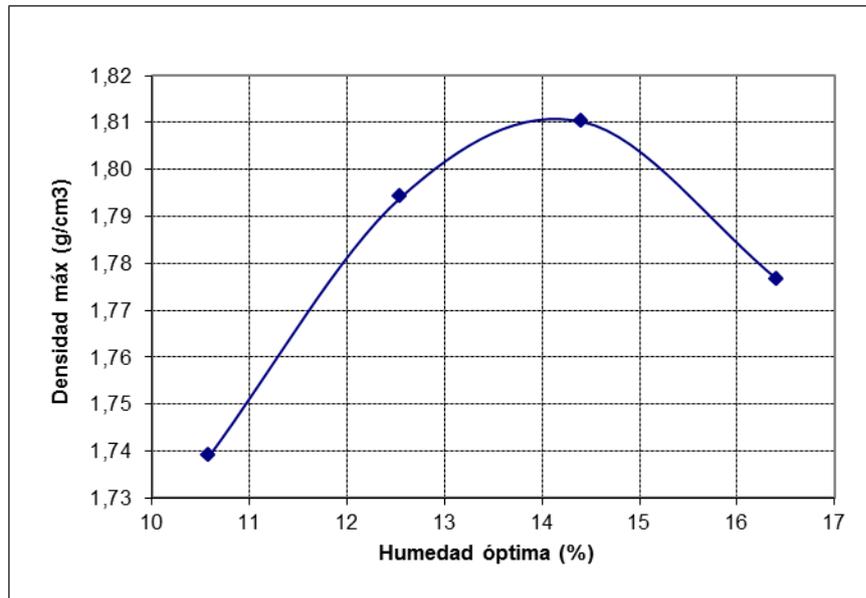
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,63	HUMEDAD TOTAL (%)	11,15
------------------------------------	------	-------------------	-------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,8
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	14



**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

- FELDESPATO POTÁSICO (34%)
- CUARZO (26%)
- PLAGIOCLASA (19%)
- CALCITA (14%)
- FILOSILICATOS (5%)
- YESO (2%)

**Nº DE MUESTRA: 2**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

**PLANTA DE RCD: TECNOLOGÍA Y RECICLADO, S.L (TEC REC)**

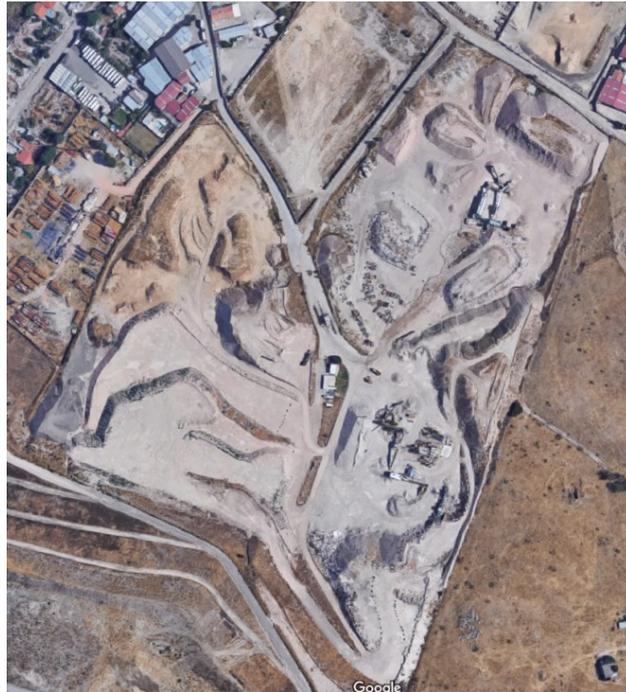
**MUNICIPIO: MADRID**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 451895,70**

**Y-UTM: 4466622,65**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**



**Muestra para parámetros orgánicos**

Nº DE MUESTRA: 2



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,091	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	3.700
Ba	20	0,403	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,043	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	<40
Cu	2	0,039	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	0,233
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,112			
Ni	0,4	<0,05*			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,029			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,425			
Cloruro	800	140			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>18.700</b>			
Índice Fenol	1	0,07			
COD	500	82			
STD	4.000	<b>24.798</b>			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

--

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
13,7	24,6	12,8	4,1	21,9	16,8	111,9	13,0	<LD	9,3	<LD	<LD	151,1	395,6	15,5

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
126,1	7,2	<LD	<LD	<LD	6,8	<LD	<LD	7,9	367,5	11,2	26,4	14,0	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	104,1	<LD	5,8	3,2	Valor

Nº DE MUESTRA: 2



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



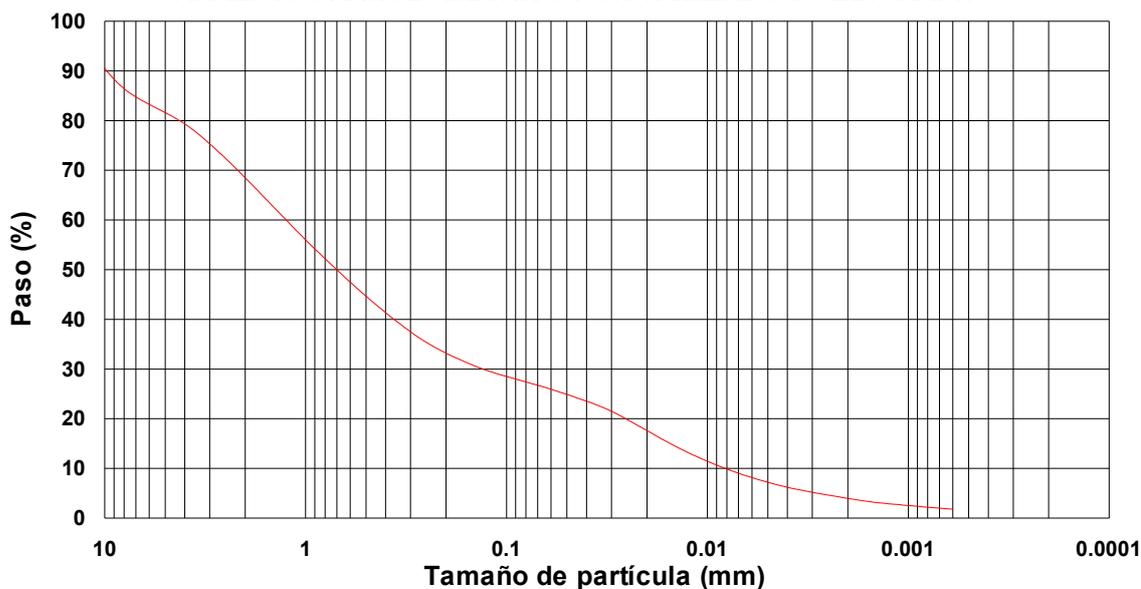
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	>91	91	69	42	28

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,56
SALES SOLUBLES (%)	2,48
YESOS (%)	1,87

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 2



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

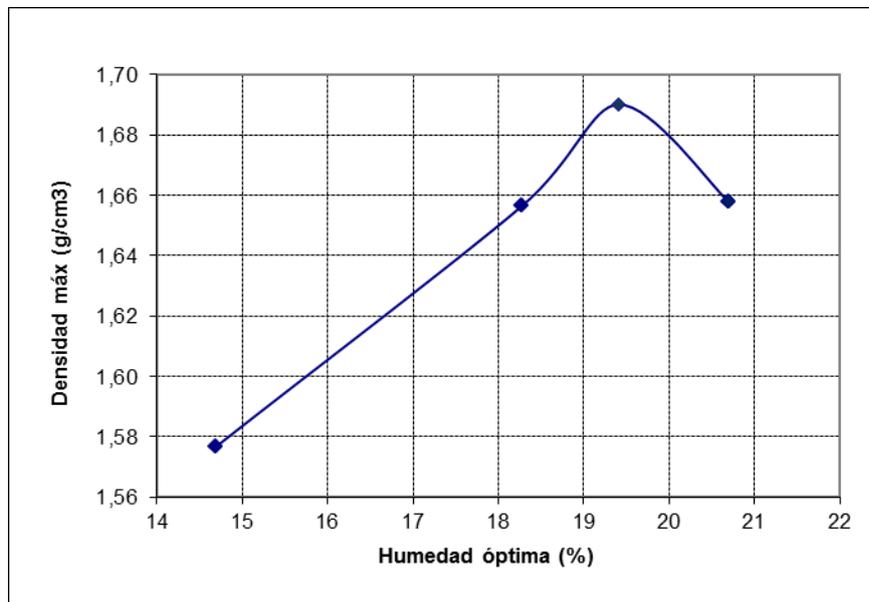
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,60	HUMEDAD TOTAL (%)	7,34
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,7
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	19,1



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

FELDESPATO POTÁSICO (30%),  
CUARZO (24%)  
PLAGIOCLASA (15%)  
CALCITA (11%)  
FILOSILICATOS (11%)  
YESO (9%)

**Nº DE MUESTRA: 3**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

**PLANTA DE RCD: TECNOLOGÍA Y RECICLADO, S.L (TEC REC)**

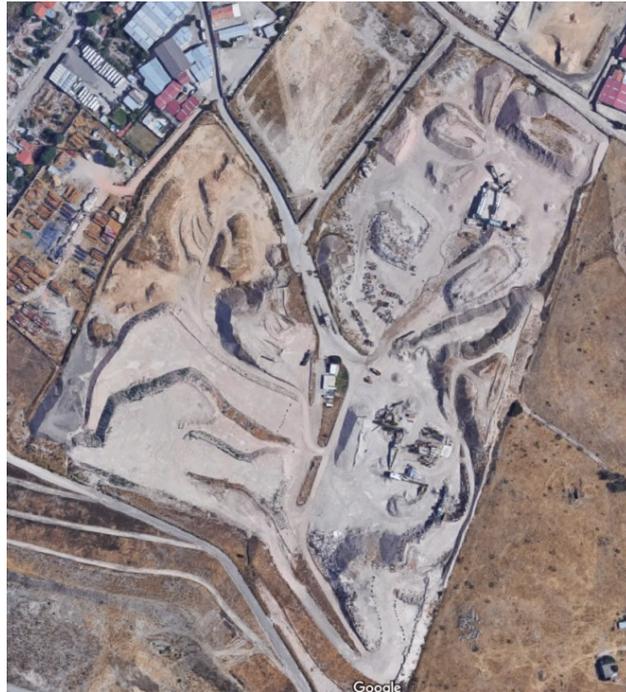
**MUNICIPIO: MADRID**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 451895,70**

**Y-UTM: 4466622,65**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: HORMIGÓN**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**



**Muestra para parámetros orgánicos**

Nº DE MUESTRA: 3



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,028	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	6.300
Ba	20	0,725	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,067	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	93
Cu	2	0,12	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	0,279
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,043			
Ni	0,4	0,058			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,023			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,14			
Cloruro	800	50			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>8.840</b>			
Índice Fenol	1	0,07			
COD	500	165			
STD	4.000	<b>14.656</b>			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX														
Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
15,6	23,8	12,1	<LD	<LD	24,2	57,5	8,3	1,0	6,7	<LD	1,4	99,5	180,3	11,6

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0,46	1,00	1,00	6,00	10,00	2,10	2,37	3,95	6,00	8,41	5,08	10,0	6,10	7,23	2,87
97,0	7,6	2,0	<LD	<LD	6,5	4,0	<LD	6,0	254,4	12,6	26,8	14,5	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2,47	2,21	1,60	1,12	1,00	1,50	1,20	Límite de detección (LD)
<LD	9,1	<LD	35,3	<LD	5,4	2,5	Valor

Nº DE MUESTRA: 3



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



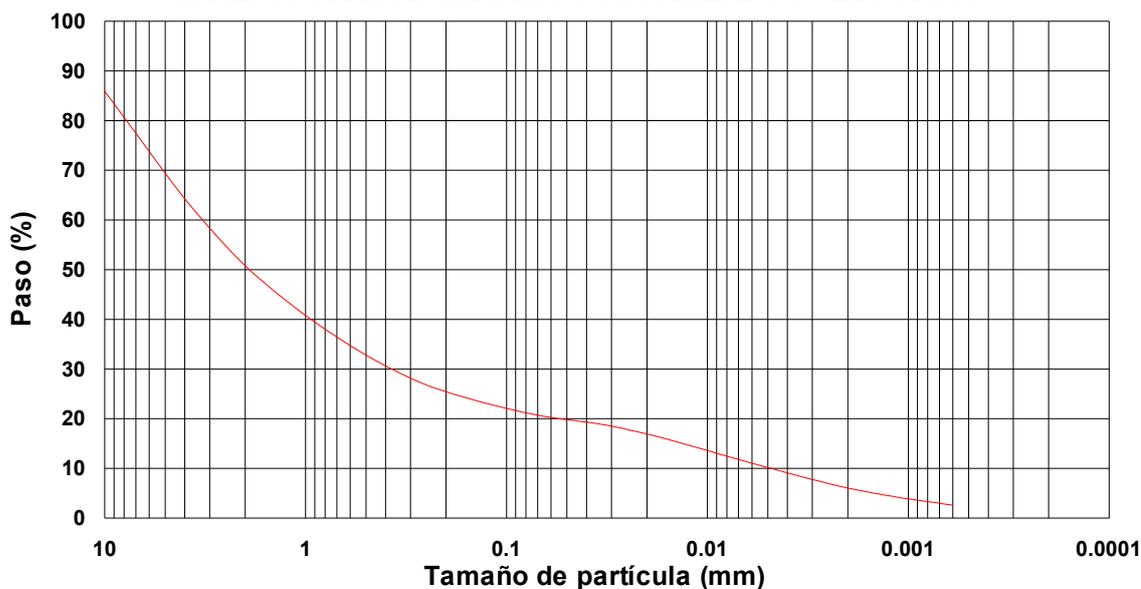
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	>86	>86	51	31	22

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,1	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,1
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	1,12
SALES SOLUBLES (%)	1,47
YESOS (%)	0,88

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 3



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

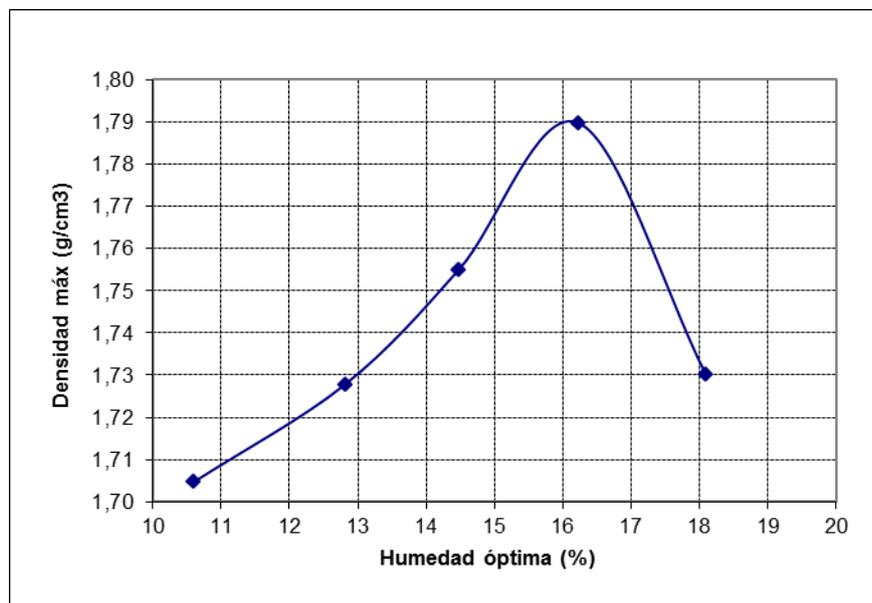
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,63	HUMEDAD TOTAL (%)	3
------------------------------------	------	-------------------	---

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,8
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	16



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO (35%)  
CALCITA (27%)  
FELDESPATO POTÁSICO (19%)  
PLAGIOCLASA (10%)  
FILOSILICATOS (8%)  
YESO (1%)

**Nº DE MUESTRA: 4**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

**PLANTA DE RCD: PLANTA DE TRATAMIENTO Y VERTEDERO DE RCD LAS MULAS**

**MUNICIPIO: FUENLABRADA PROVINCIA: MADRID**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 432667,32**

**Y-UTM: 4456755,68**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE MUESTRA: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**



**Muestra para parámetros orgánicos**

Nº DE MUESTRA: 4



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,0793	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	17.200
Ba	20	0,449	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,0393	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	<40
Cu	2	0,0447	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	0,380
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,0265			
Ni	0,4	<0,05*			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,0176			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,712			
Cloruro	800	10			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>6.079</b>			
Índice Fenol	1	0,10			
COD	500	54			
STD	4.000	<b>10.780</b>			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
LABORATORIO DEL IGME					

**COMENTARIOS**

--

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
8,8	20,7	10,7	2,4	3,8	7,5	42,1	10,7	<LD	4,0	<LD	1,0	126,3	116,2	12,6

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
95,3	16,7	1,4	<LD	<LD	27,6	<LD	<LD	8,6	401,1	14,4	27,7	14,6	8,9	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
24,4	<LD	1,8	30,6	1,2	8,2	1,6	Valor

Nº DE MUESTRA: 4



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



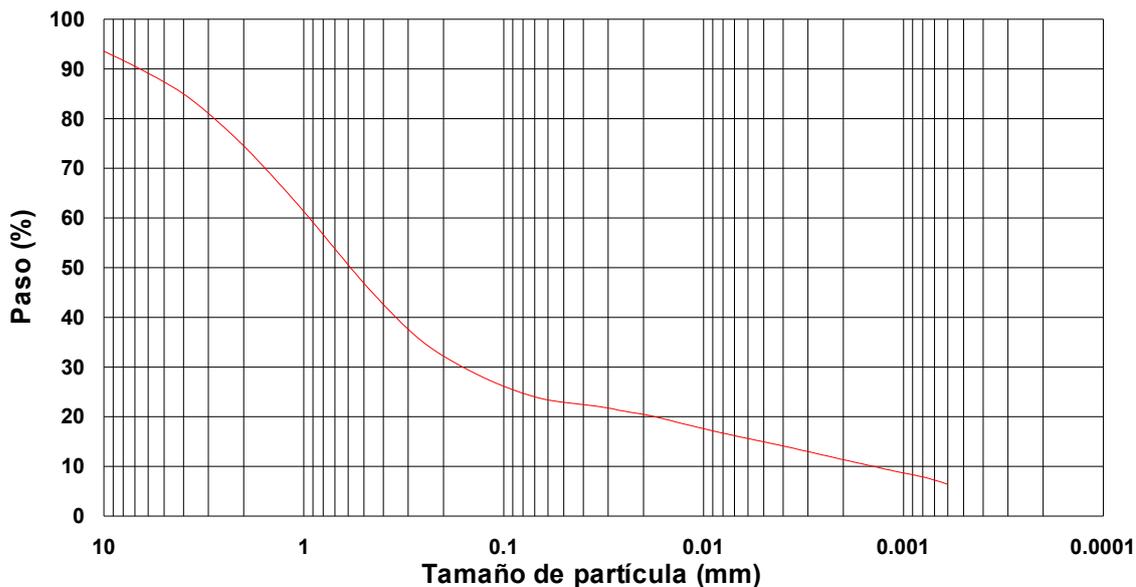
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	>94	94	75	42	25

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,97
SALES SOLUBLES (%)	1,08
YESOS (%)	0,61

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 4



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

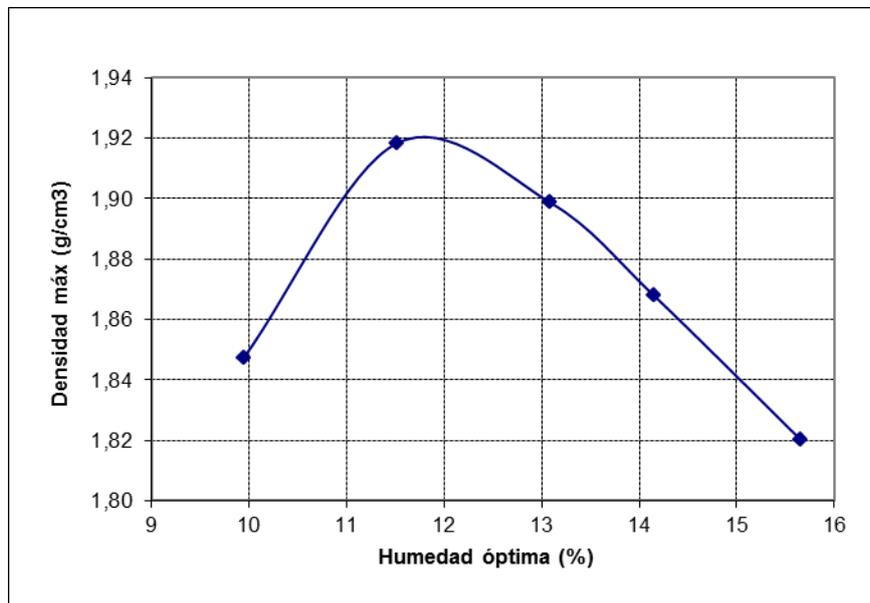
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,61	HUMEDAD TOTAL (%)	6,23
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	11,9



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

FELDESPATO K (37%)  
CUARZO (23%)  
CALCITA (18%)  
PLAGIOCLASA (15%)  
FILOSILICATOS (6%)  
YESO (1%)

Nº DE MUESTRA: 5



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

PLANTA DE RCD: GEDESMA SA, NAVALCARNERO

MUNICIPIO: MADRID

COORDENADAS UTM (ETRS89)

X-UTM: 413376,91

Y-UTM: 4464778,69

Huso: 30



Fuente: Google Map

TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO



Muestra para análisis de la lixiviabilidad



Muestra para parámetros orgánicos

Nº DE MUESTRA: 5



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,1	COT <sup>1</sup>	30.000	10.100
Ba	20	0,442	BTEX <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	PCB <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,064	Aceite mineral <sup>4</sup>	500	41,7
Cu	2	0,19	HPA <sup>5</sup>	55	0,259
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,022			
Ni	0,4	<0,05*			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,019			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,269			
Cloruro	800	310			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>7.520</b>			
Índice Fenol	1	0,14			
COD	500	112			
STD	4.000	<b>13.078</b>			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

--

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
7,7	25,0	14,6	5,0	5,5	28,3	51,9	12,4	1,6	5,6	<LD	2,7	140,2	140,7	14,3

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
104,5	12,2	1,2	<LD	<LD	16,4	<LD	<LD	7,8	439,2	12,3	31,1	11,4	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	2,0	42,7	1,4	7,5	2,9	Valor

Nº DE MUESTRA: 5



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



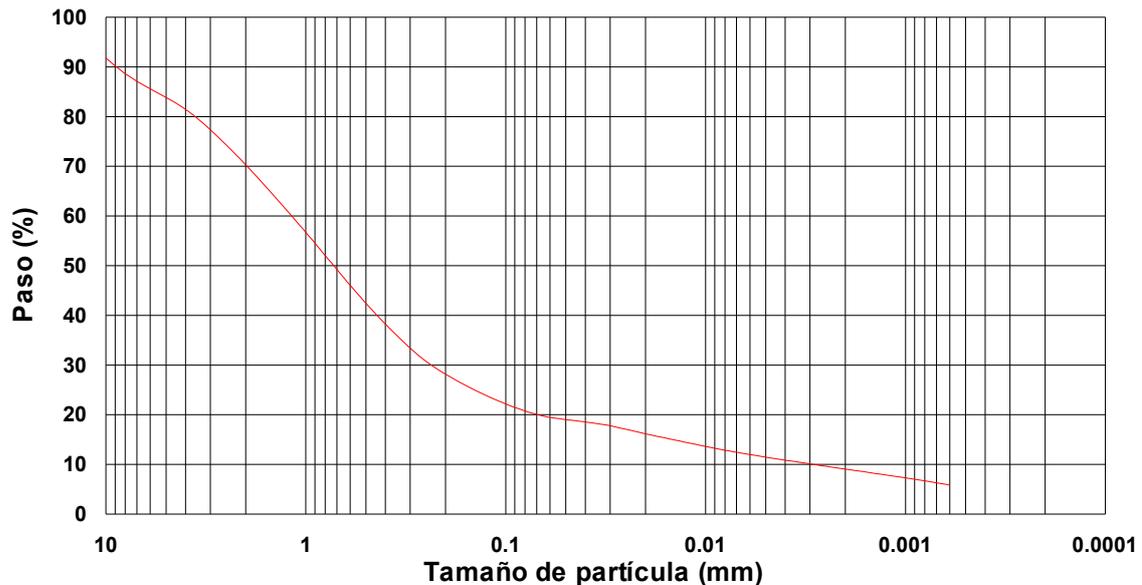
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	>92	92	70	38	21

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (I <sub>p</sub> )	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,0	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,0
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,85
SALES SOLUBLES (%)	1,31
YESOS (%)	0,75

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 5



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

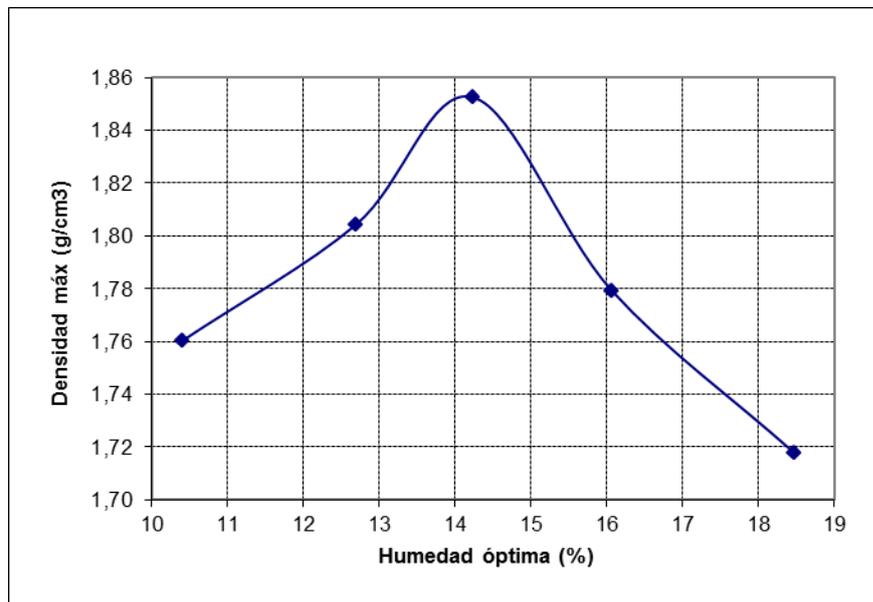
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,60	HUMEDAD TOTAL (%)	2,61
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	14,1



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

FELDESPATO K (34%)  
CUARZO (24%)  
CALCITA (22%)  
PLAGIOCLASA (13%)  
FILOSILICATOS (7%)

**Nº DE MUESTRA: 6**



**GOBIERNO DE ESPAÑA**

**MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD**

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE**



**Instituto Geológico y Minero de España**

**DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL**

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

**PLANTA DE RCD: GEDESMA SA, NAVALCARNERO**

**MUNICIPIO: NAVALCARNERO**

**PROVINCIA: MADRID**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 413376,91**

**Y-UTM: 4464778,69**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE MUESTRA: HORMIGÓN**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**



**Muestra para parámetros orgánicos**

Nº DE MUESTRA: 6	 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD	MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
	 Instituto Geológico y Minero de España		DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)					
LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,063	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	6.900
Ba	20	0,0429	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,0571	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	99,9
Cu	2	0,0517	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	0,381
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b>  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b>  <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.)		
Mo	0,5	0,0334			
Ni	0,4	<0,05*			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,0125			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,182			
Cloruro	800	10			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	280			
Índice Fenol	1	0,08			
COD	500	64			
STD	4.000	1.310			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
<b>LABORATORIO DEL IGME</b>					

COMENTARIOS

INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA														
DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX														
Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
8,1	36,9	19,6	6,2	14,1	12,8	50,6	14,5	1,4	2,9	<LD	<LD	121,6	127,7	14,9

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
147,2	9,2	1,3	<LD	<LD	6,0	<LD	<LD	8,8	456,1	20,4	42,0	17,2	<LD	3,0

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	8,5	<LD	23,9	<LD	9,4	1,9	Valor

Nº DE MUESTRA: 6



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



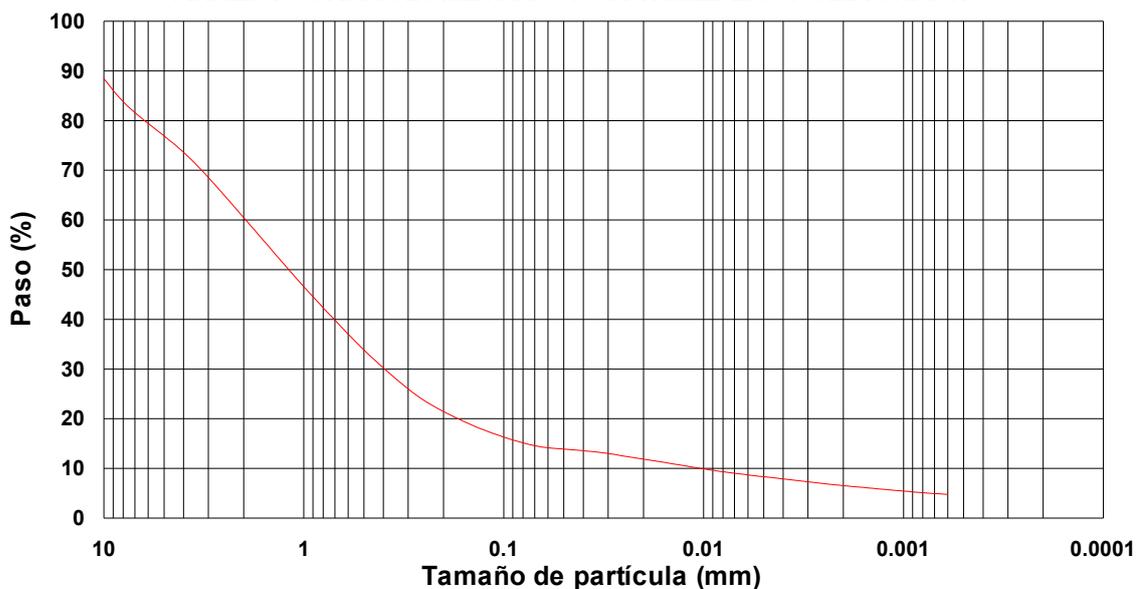
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	>88	88	61	30	15

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (I <sub>p</sub> )	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,1	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,1
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,60
SALES SOLUBLES (%)	0,13
YESOS (%)	0,03

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo adecuado

Nº DE MUESTRA: 6



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

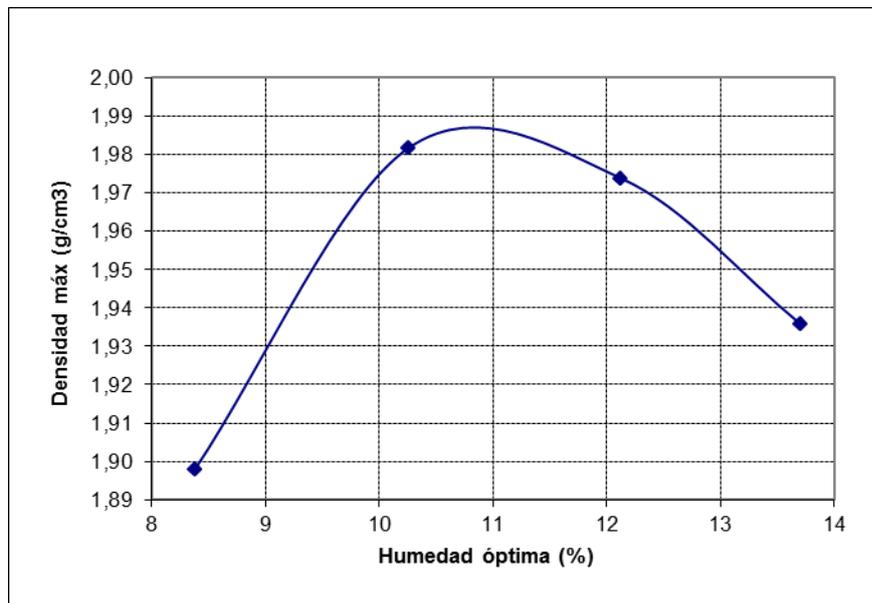
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,64	HUMEDAD TOTAL (%)	4,97
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	2
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	11



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

- FELDESPATO K (46%)
- CUARZO (22%)
- PLAGIOCLASA (21%)
- FILOSILICATOS (6%)
- CALCITA (4%)
- YESO (1%)

**Nº DE MUESTRA: 7**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

**PLANTA DE RCD: GEDESMA SA, EL MOLAR**

**MUNICIPIO: EL MOLAR PROVINCIA: MADRID**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 452014,97**

**Y-UTM: 4506374,14**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**



**Muestra para parámetros orgánicos**

Nº DE MUESTRA: 7



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,183	COT <sup>1</sup>	30.000	8.145
Ba	20	0,198	BTEX <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	PCB <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,0417	Aceite mineral <sup>4</sup>	500	145,4
Cu	2	0,873	HPA <sup>5</sup>	55	<0,08
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,0241			
Ni	0,4	0,063			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,0167			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,644			
Cloruro	800	10			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>1.169</b>			
Índice Fenol	1	0,10			
COD	500	78			
STD	4.000	3.040			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

--

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
13,4	56,3	37,1	7,1	17,8	14,4	63,5	15,2	1,4	28,0	<LD	<LD	131,6	121,2	17,9

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0,46	1,00	1,00	6,00	10,00	2,10	2,37	3,95	6,00	8,41	5,08	10,0	6,10	7,23	2,87
173,3	10,7	<LD	<LD	<LD	6,8	<LD	<LD	10,3	482,8	20,1	34,8	14,4	<LD	3,8

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2,47	2,21	1,60	1,12	1,00	1,50	1,20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	28,0	1,3	10,0	2,6	Valor

Nº DE MUESTRA: 7



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



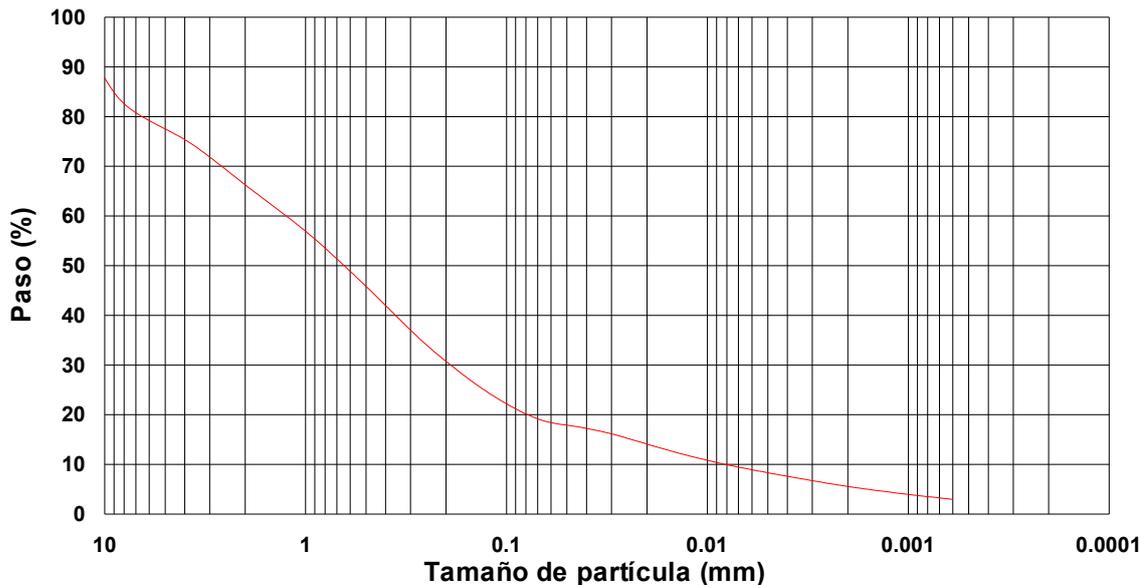
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	>87	87	66	42	22

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,3	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,3
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	SI		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	1,57
SALES SOLUBLES (%)	0,30
YESOS (%)	0,12

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 7



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

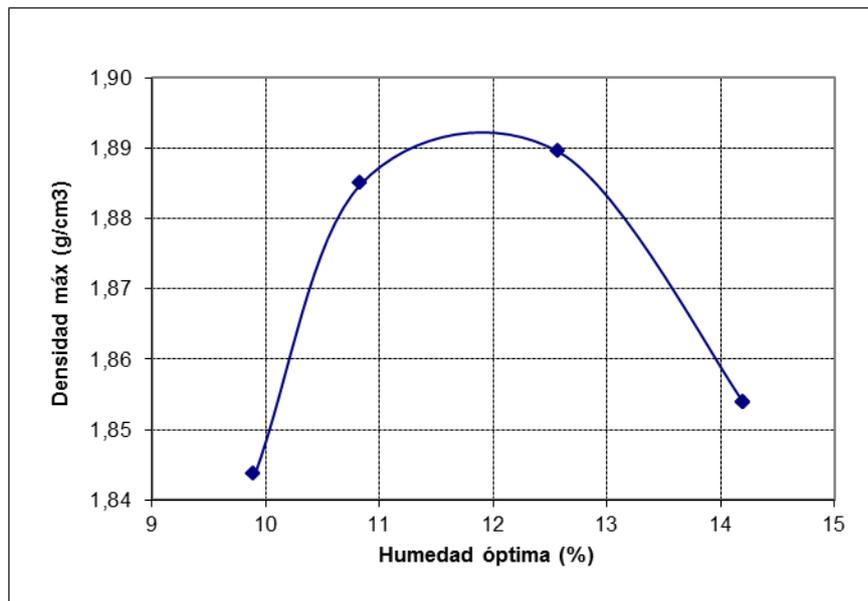
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	HUMEDAD TOTAL (%)	2,31
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	12



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

FELDESPATO POTÁSICO (34%),  
CUARZO (24%)  
CALCITA (22%)  
PLAGIOCLASA (13%)  
FILOSILICATOS (7%)

**Nº DE MUESTRA: 8**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

**PLANTA DE RCD: GEDESMA SA, EL MOLAR**

**MUNICIPIO: EL MOLAR**

**PROVINCIA: MADRID**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 452014,97**

**Y-UTM: 4506374,14**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MEZCLA HORMIGÓN/MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**



**Muestra para parámetros orgánicos**

Nº DE MUESTRA: 8



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,197	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	5.676
Ba	20	0,402	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,0848	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	243,2
Cu	2	0,0575	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	<0,08
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,0255			
Ni	0,4	0,119			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,0311			
Se	0,1	0,0547			
Zn	4	0,263			
Cloruro	800	20			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>13.696</b>			
Índice Fenol	1	0,11			
COD	500	71			
STD	4.000	<b>17.928</b>			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
LABORATORIO DEL IGME					

**COMENTARIOS**

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
11,8	49,2	31,5	6,8	19,9	17,8	58,7	13,1	1,2	20,6	<LD	<LD	127,6	129,9	16,4

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0,46	1,00	1,00	6,00	10,00	2,10	2,37	3,95	6,00	8,41	5,08	10,0	6,10	7,23	2,87
135,4	11,1	<LD	<LD	<LD	7,5	<LD	<LD	8,6	517,0	14,8	38,1	13,3	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2,47	2,21	1,60	1,12	1,00	1,50	1,20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	30,0	1,5	8,9	2,3	Valor

Nº DE MUESTRA: 8



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



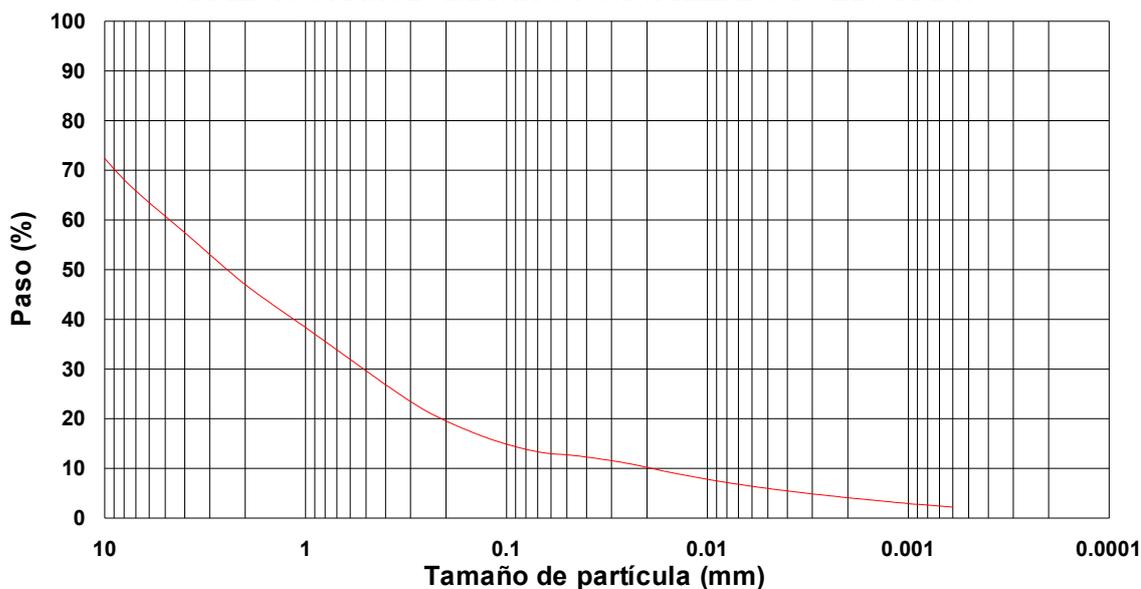
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	>72	72	47	27	15

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,1	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,1
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	1,03
SALES SOLUBLES (%)	1,79
YESOS (%)	1,37

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 8



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

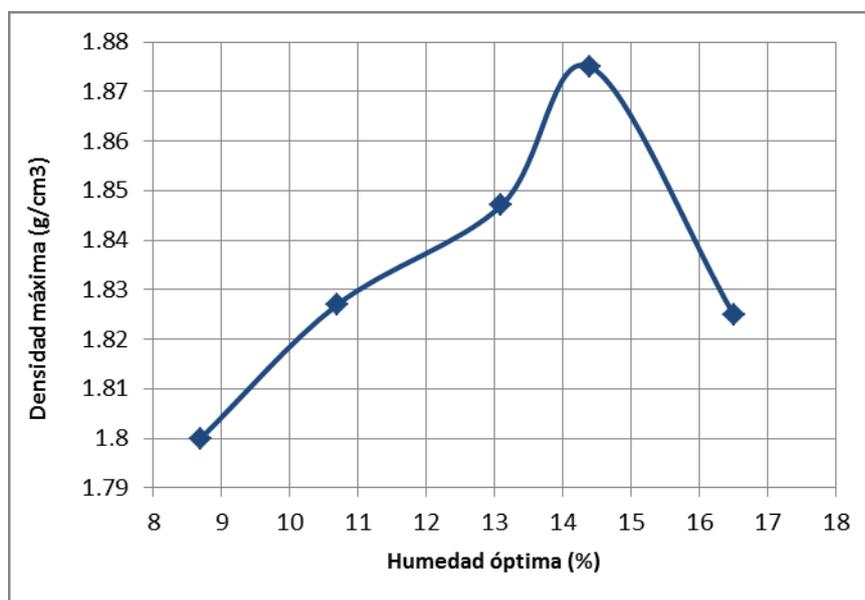
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	HUMEDAD TOTAL (%)	3,59
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	14,3



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

FELDESPATO POTÁSICO (33%)  
CUARZO (28%)  
PLAGIOCLASA (25%)  
CALCITA (7%)  
FILOSILICATOS (6%)  
YESO (1%)

**Nº DE MUESTRA: 9**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**

**PLANTA DE RCD: GEDESMA SA, MORALZARZAL**

**MUNICIPIO: MORALZARZAL**

**PROVINCIA: MADRID**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 419216,77**

**Y-UTM: 450160,20**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad y parámetros orgánicos**

Nº DE MUESTRA: 9



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,042	COT <sup>1</sup>	30.000	4.879
Ba	20	0,45	BTEX <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,02	PCB <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,04	Aceite mineral <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,05	HPA <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,039			
Ni	0,4	0,176			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,015			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,721			
Cloruro	800	40			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>13.793</b>			
Índice Fenol	1	0,09			
COD	500	66			
STD	4.000	<b>21.166</b>			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

No se recogió muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
12,4	33,5	14,6	5,0	3,3	18,0	70,8	14,9	1,4	8,2	<LD	<LD	157,3	220,5	17,9

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0,46	1,00	1,00	6,00	10,00	2,10	2,37	3,95	6,00	8,41	5,08	10,0	6,10	7,23	2,87
116,7	9,9	<LD	<LD	<LD	7,8	<LD	<LD	12,4	444,5	18,6	46,8	21,1	9,1	2,9

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2,47	2,21	1,60	1,12	1,00	1,50	1,20	Límite de detección (LD)
<LD	11,3	1,6	39,6	1,0	9,0	3,6	Valor

Nº DE MUESTRA: 9



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



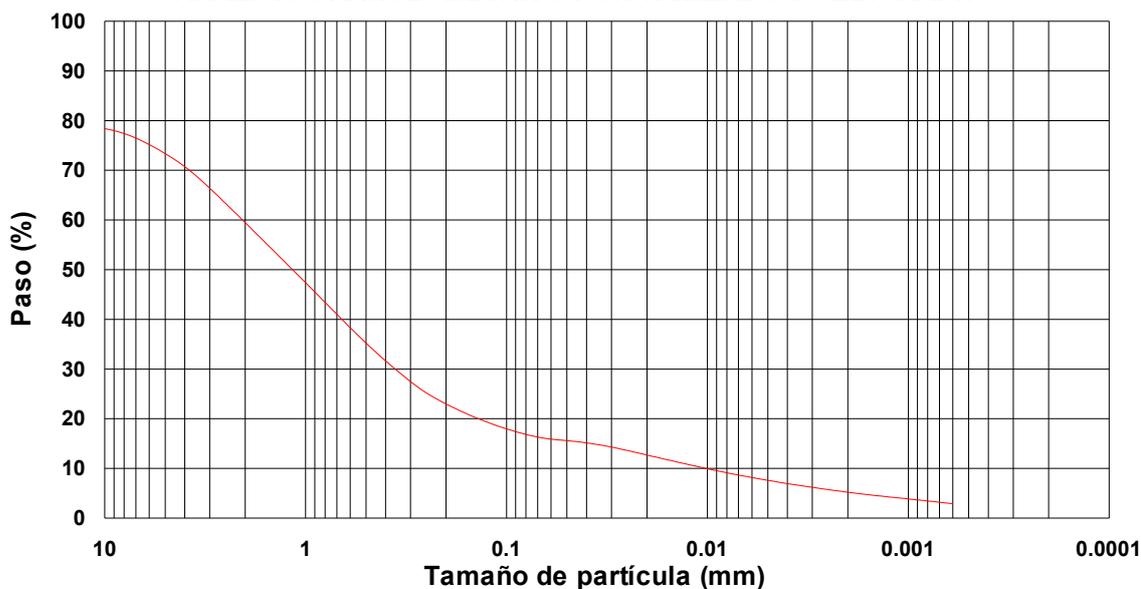
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	>78	78	59	32	18

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	SI		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,78
SALES SOLUBLES (%)	2,12
YESOS (%)	1,38

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 9



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

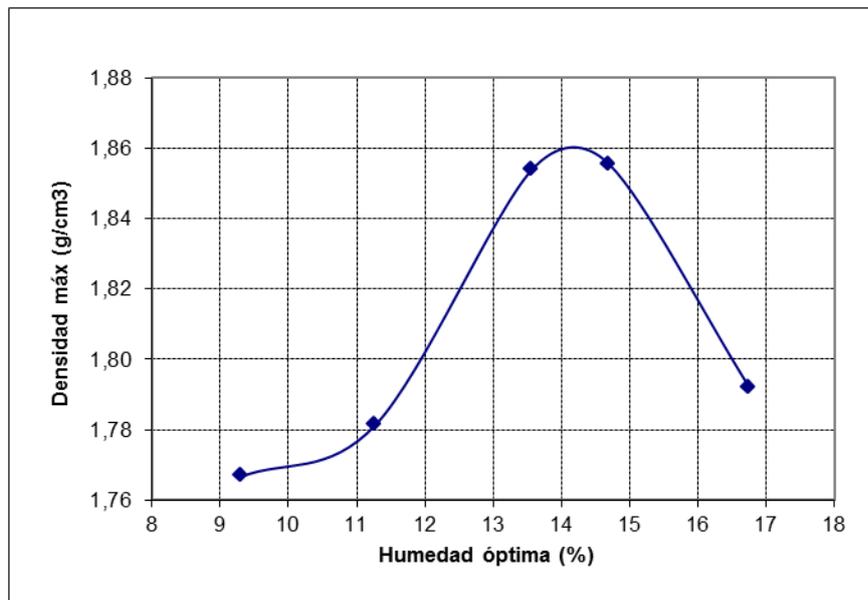
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,63	HUMEDAD TOTAL (%)	7,84
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	14,2



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

FELDESPATO POTÁSICO (46%)  
CUARZO (22%)  
PLAGIOCLASA (21%)  
FILOSILICATOS (6%)  
CALCITA (4%)  
YESO (1%)

**Nº DE MUESTRA: 10**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**  
**PLANTA DE RCD: PLANTA DE TRATAMIENTO DE RCD COLMENAR VIEJO**  
**MUNICIPIO: COLMENAR VIEJO PROVINCIA: MADRID**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 437816,81**

**Y-UTM: 4501081,13**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**



**Muestra para parámetros orgánicos**

Nº DE MUESTRA: 10



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,103	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	7.272
Ba	20	0,112	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	< 0,05**
Cd	0,04	<0,02	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	< 0,025*
Cr Total	0,5	0,054	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	64,8
Cu	2	0,05	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	<0,08
Hg	0,01	<0,05*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,023			
Ni	0,4	0,072			
Pb	0,5	<0,02*			
Sb	0,06	0,008			
Se	0,1	<0,05*			
Zn	4	0,264			
Cloruro	800	10			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>2.796</b>			
Índice Fenol	1	0,07			
COD	500	84			
STD	4.000	<b>5.478</b>			

\*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica  
LABORATORIO DEL IGME

**COMENTARIOS**

--

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
10,3	22,0	13,8	<LD	10,0	11,8	44,3	9,8	<LD	13,2	<LD	<LD	113,7	113,2	14,4

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0,46	1,00	1,00	6,00	10,00	2,10	2,37	3,95	6,00	8,41	5,08	10,0	6,10	7,23	2,87
121,6	7,9	<LD	<LD	<LD	10,6	<LD	<LD	9,8	612,5	17,7	26,1	14,6	7,4	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2,47	2,21	1,60	1,12	1,00	1,50	1,20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	26,4	<LD	7,1	2,7	Valor

Nº DE MUESTRA: 10



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



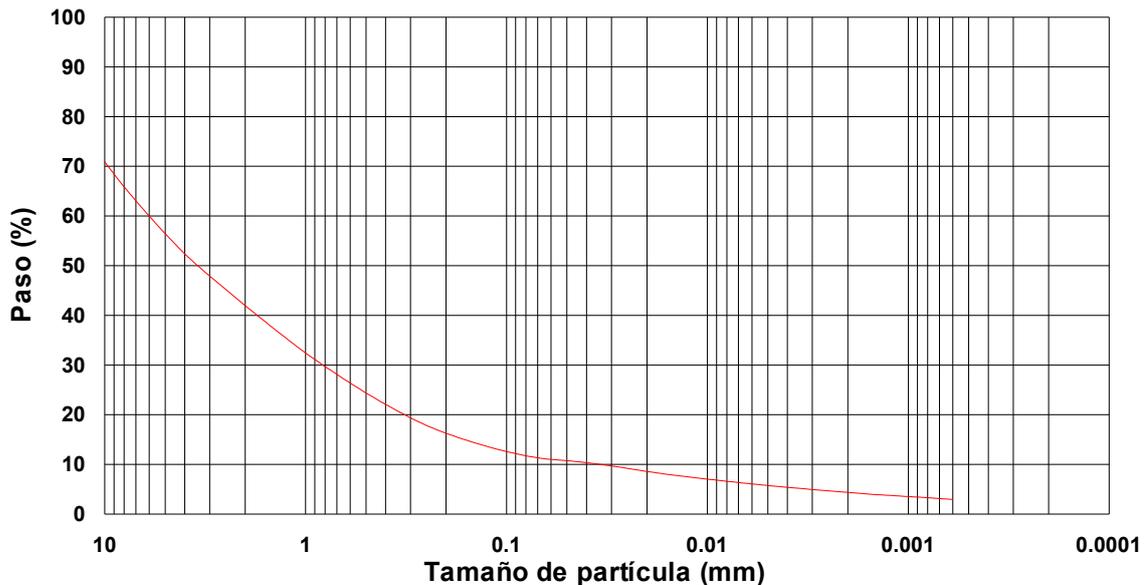
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	>71	71	42	22	12

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,5	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,5
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	SI		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,73
SALES SOLUBLES (%)	0,55
YESOS (%)	0,28

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 10



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

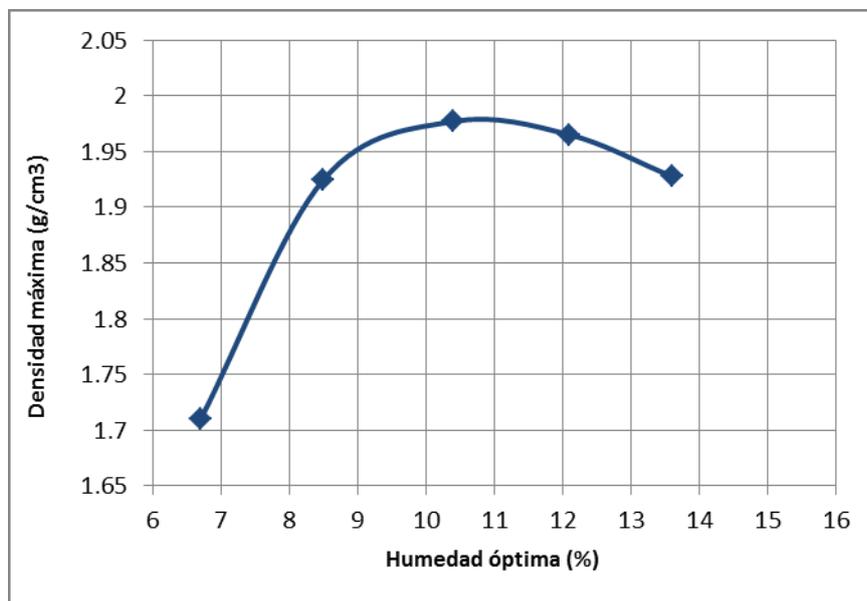
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,61	HUMEDAD TOTAL (%)	3,18
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	2
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	11



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO (37%)  
FELDESPATO POTÁSICO (31%)  
PLAGIOCLASA (16%)  
CALCITA (9%)  
FILOSILICATOS (7%)

**Nº DE MUESTRA: 11**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: ANDALUCÍA**

**PLANTA DE RCD: APROINDO**

**MUNICIPIO: ALMONTE**

**PROVINCIA: HUELVA**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 717615,08**

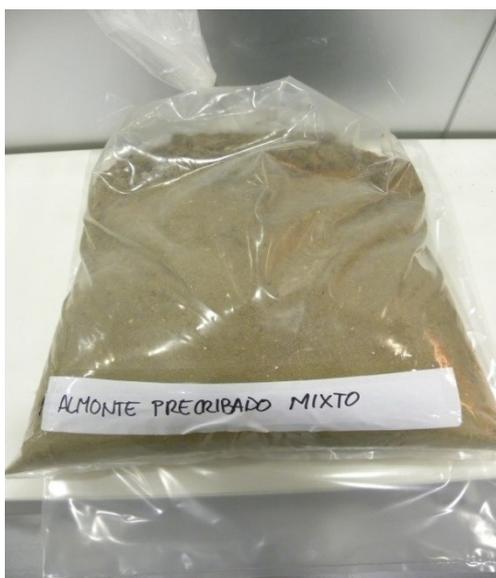
**Y-UTM: 4128574,05**

**Huso: 29**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 11



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,048	COT <sup>1</sup>	30.000	18.000
Ba	20	0,381	BTEX <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,004*	PCB <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,009	Aceite mineral <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,065	HPA <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,001*	<p>*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 &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</p> <p>LABORATORIO DEL IGME</p> <p><sup>1</sup>COT (Carbono orgánico total).</p> <p>LABORATORIO LABAQUA</p> <p><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.)</p>		
Mo	0,5	0,226			
Ni	0,4	0,01			
Pb	0,5	0,011			
Sb	0,06	0,026			
Se	0,1	<0,001*			
Zn	4	0,186			
Cloruro	800	5			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	812			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	23			
STD	4.000	1.266			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica LABORATORIO DEL IGME					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
5,7	31,1	18,4	3,26	8,1	20,2	122,9	3,5	<LD	5,36	<LD	1,40	28,9	102,6	8,9

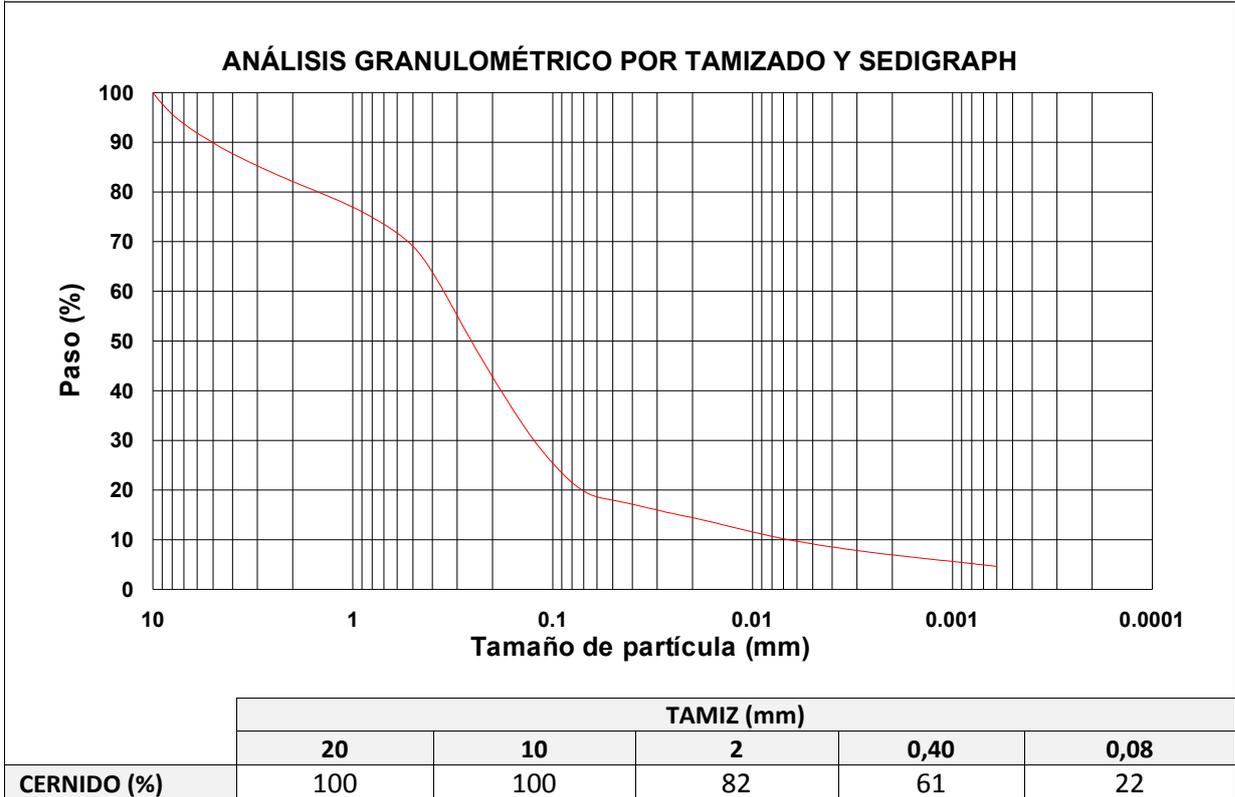
Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
122,9	5,0	1,7	<LD	<LD	3,4	<LD	<LD	<LD	152,3	9,9	20,9	8,2	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	19,1	<LD	2,7	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 11

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**



**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,1	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,1
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	SI		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha		
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO		

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,56		
SALES SOLUBLES (%)	1,27	YESOS (%)	0,00

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

Nº DE MUESTRA: 11



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

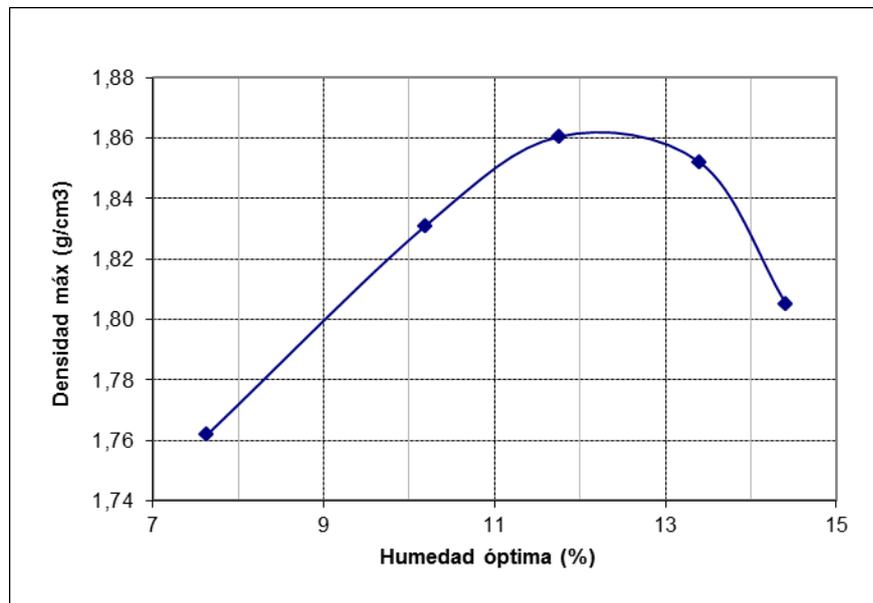
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,67	HUMEDAD TOTAL (%)	7,38
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	12,5



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO (63%)  
CALCITA (16%)  
FILOSILICATOS (8%)  
PLAGIOCLASA (6%)  
DOLOMITA (3%)  
FELDESPATO K (2%)  
YESO (2%)

**Nº DE MUESTRA: 12**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: EXTREMADURA**

**PLANTA DE RCD: RECICLAJES LA GRULLA**

**MUNICIPIO: MÉRIDA**

**PROVINCIA: BADAJOZ**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 726416,16**

**Y-UTM: 4310448,71**

**Huso: 29**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 12



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,043	COT <sup>1</sup>	30.000	6.000
Ba	20	0,464	BTEX <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,004*	PCB <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,212	Aceite mineral <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,023	HPA <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,001*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,068			
Ni	0,4	0,012			
Pb	0,5	0,008			
Sb	0,06	0,02			
Se	0,1	0,011			
Zn	4	0,178			
Cloruro	800	23			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	800			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	17			
STD	4.000	1.285			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica LABORATORIO DEL IGME					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
9,9	50	36,6	8,2	15,9	22,6	92,5	10,8	<LD	10,14	<LD	<LD	90	167,2	18,6

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
302	8,6	1,36	<LD	<LD	20,3	<LD	<LD	<LD	348,4	20,3	40	19,70	<LD	7,8

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	348,2	<LD	8,0	2,13	Valor

Nº DE MUESTRA: 12



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



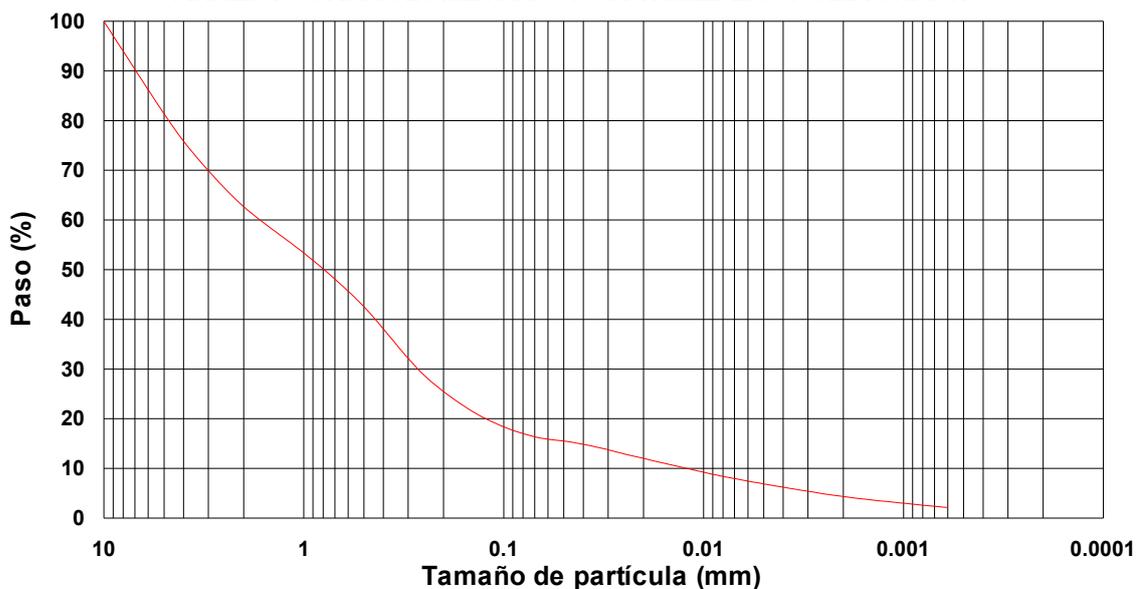
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	100	100	63	37	17

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	SI		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,20
SALES SOLUBLES (%)	1,29
YESOS (%)	0,04

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

Nº DE MUESTRA: 12



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

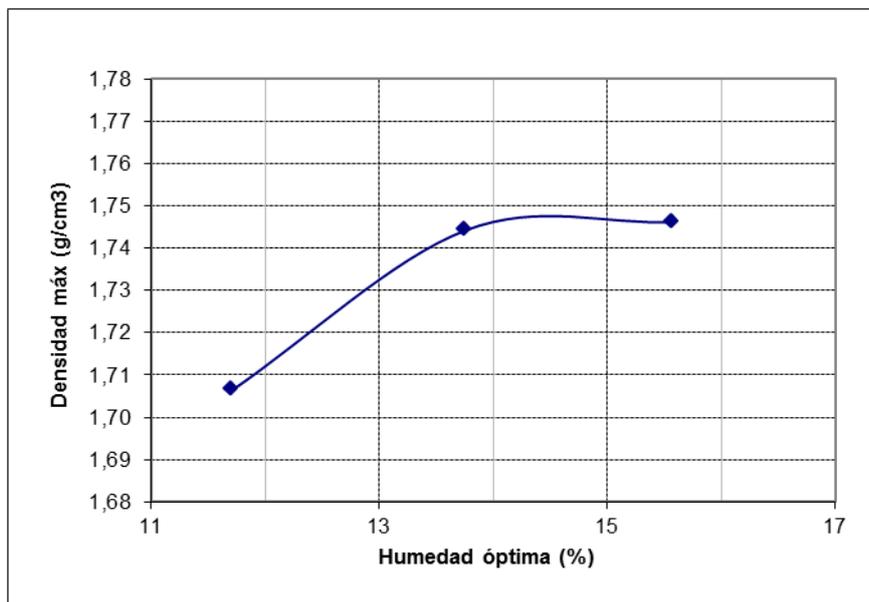
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	HUMEDAD TOTAL (%)	6,66
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,8
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	14,5



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO (39%)  
FELDESPATO K (21%)  
CALCITA (15%)  
PLAGIOCLASA (13%)  
FILOSILICATOS (8%)  
DOLOMITA (3%)  
YESO (1%)

**Nº DE MUESTRA: 13**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: EXTREMADURA**

**PLANTA DE RCD: RECICLAJES LA GRULLA**

**MUNICIPIO: MÉRIDA**

**PROVINCIA: BADAJOZ**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 726416,16**

**Y-UTM: 4310448,71**

**Huso: 29**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: HORMIGÓN**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 13



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,042	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	10.000
Ba	20	0,235	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,089	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,043	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,043			
Ni	0,4	0,005			
Pb	0,5	0,004			
Sb	0,06	0,025			
Se	0,1	<0,005*			
Zn	4	0,006			
Cloruro	800	7			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	129			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	17			
STD	4.000	283			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
<b>LABORATORIO DEL IGME</b>					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
7,9	42,2	59,8	5,6	13,3	15,4	43,4	5,8	<LD	13,1	<LD	1,2	38	115,2	11,1

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
134,1	5	1,2	<LD	<LD	4,19	<LD	<LD	<LD	209,8	14,9	25	13,4	<LD	5

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	35,4	<LD	4,1	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 13



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



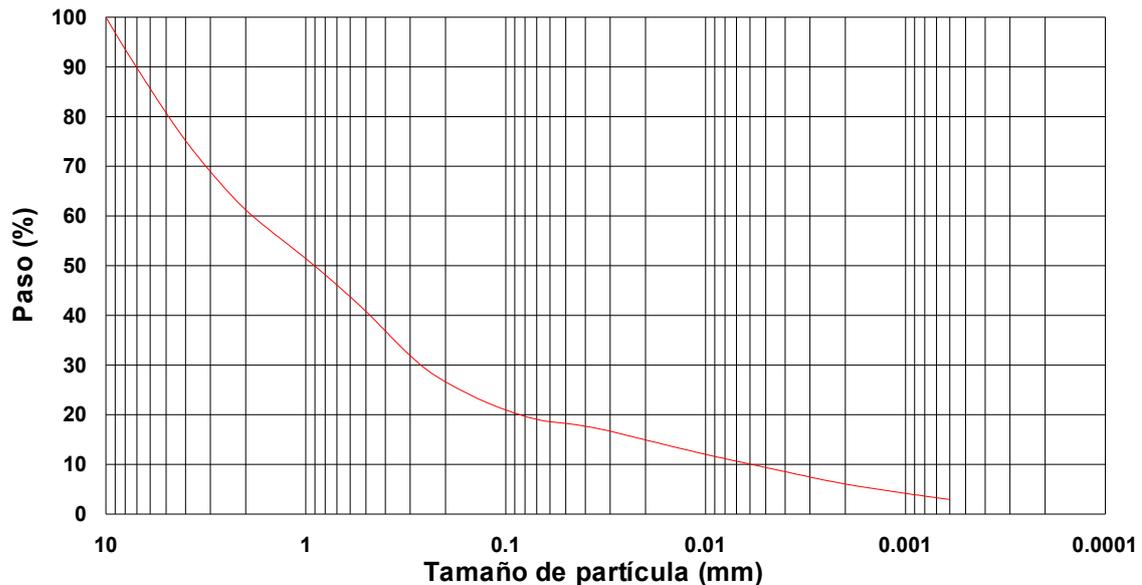
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	61	36	20

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,1	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,1
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,72
SALES SOLUBLES (%)	0,28
YESOS (%)	0,00

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 13



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

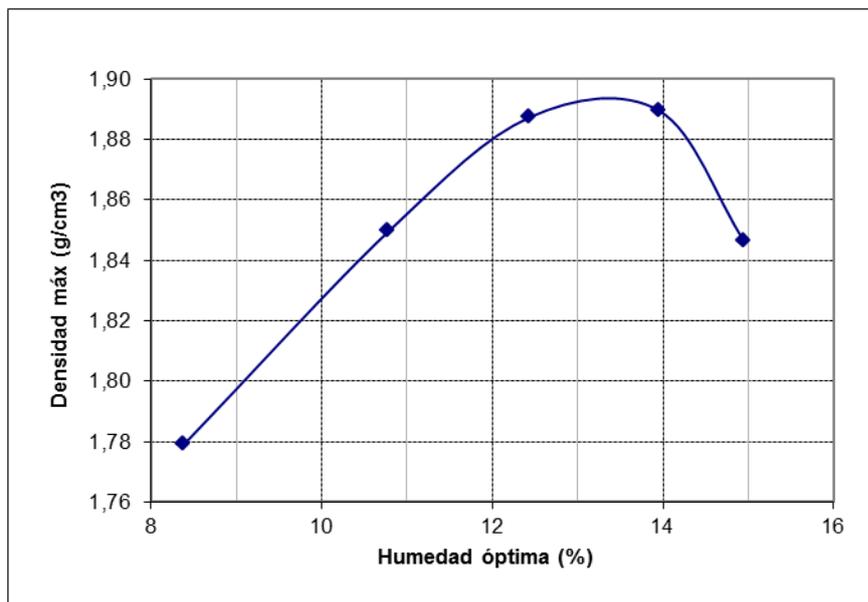
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	HUMEDAD TOTAL (%)	5,28
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	13,3



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

- CUARZO (45%)
- CALCITA (16%)
- FELDESPATO K (10%)
- DOLOMITA (9%)
- FILOSILICATOS (8%)
- PLAGIOCLASA (6%)
- ANFIBOL (6%)

**Nº DE MUESTRA: 14**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: EXTREMADURA**

**PLANTA DE RCD: RCD JINCARO, SL**

**MUNICIPIO: ALMARAZ**

**PROVINCIA: CÁCERES**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 270285,52**

**Y-UTM: 4409910,28**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 14



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,041	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	6.000
Ba	20	0,089	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,06	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,032	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,02			
Ni	0,4	0,007			
Pb	0,5	0,002			
Sb	0,06	0,031			
Se	0,1	<0,005*			
Zn	4	0,043			
Cloruro	800	5			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	69			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	10			
STD	4.000	151			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
LABORATORIO DEL IGME					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
7,3	39,3	21,5	3,7	9,2	11,7	53,3	11,6	<LD	8,2	<LD	0,8	127,9	4,6	15,1

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
174,4	8,4	<LD	<LD	<LD	4,6	<LD	<LD	<LD	349,9	19,8	40	19,1	<LD	5,9

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	25,9	<LD	12,2	3,1	Valor

Nº DE MUESTRA: 14



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



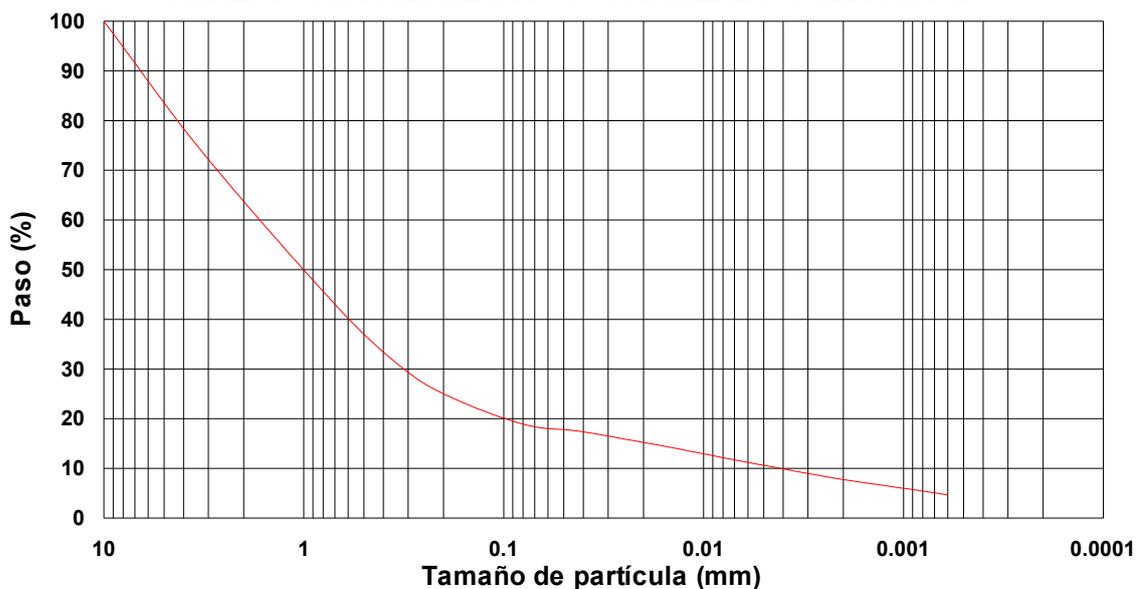
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	64	33	19

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	SI		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,39
SALES SOLUBLES (%)	0,15
YESOS (%)	0,01

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo adecuado

Nº DE MUESTRA: 14



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

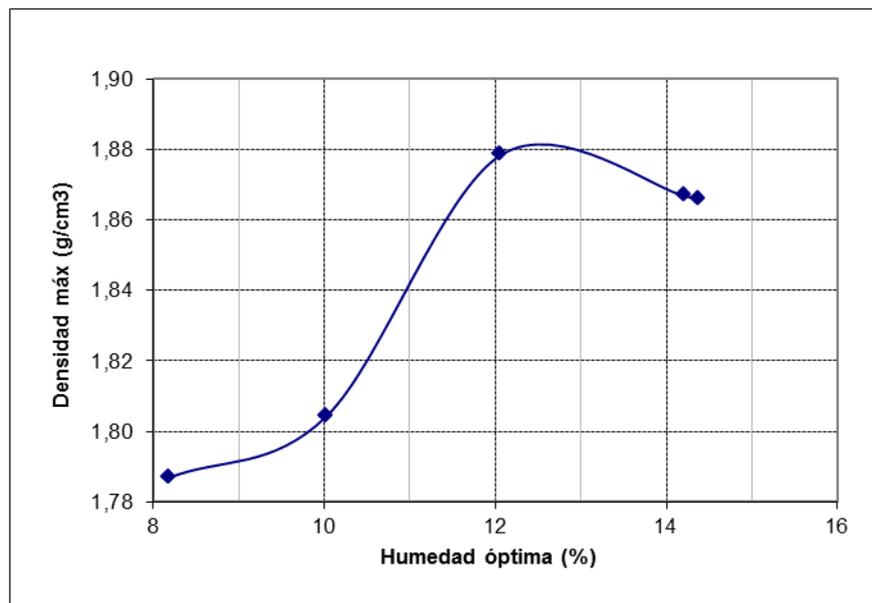
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,68	HUMEDAD TOTAL (%)	9,12
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	12,5



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO (32%)  
FELDESPATO K (30%)  
PLAGIOCLASA (22%)  
FILOSILICATOS (8%)  
CALCITA (4%)  
DOLOMITA (4%)

**Nº DE MUESTRA: 15**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: EXTREMADURA**

**PLANTA DE RCD: ARAPLASA DE RESIDUOS**

**MUNICIPIO: NAVALMORAL DE LA MATA**

**PROVINCIA: CÁCERES**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 277503,3**

**Y-UTM: 4425955,79**

**Huso: 30**



Fuente: IBERPIX

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 15



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,023	COT <sup>1</sup>	30.000	6.000
Ba	20	0,038	BTEX <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	PCB <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,015	Aceite mineral <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,034	HPA <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,045			
Ni	0,4	<0,005*			
Pb	0,5	<0,002*			
Sb	0,06	0,046			
Se	0,1	<0,005*			
Zn	4	0,02			
Cloruro	800	5			
Fluoruro	10	<0,5			
Sulfato	1.000	55			
Índice Fenol	1	<0,005			
COD	500	17			
STD	4.000	220,2			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

Se trata de una Planta de Transferencia. No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
6,4	38	18,8	4,1	10,2	8,2	50	12,6	<LD	9,18	<LD	<LD	153,3	127,2	16,4

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
225,6	9,8	1,2	<LD	<LD	4,3	<LD	<LD	<LD	376,4	26,3	54,8	27,5	<LD	5,8

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	26,3	<LD	19,7	3,2	Valor

Nº DE MUESTRA: 15



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



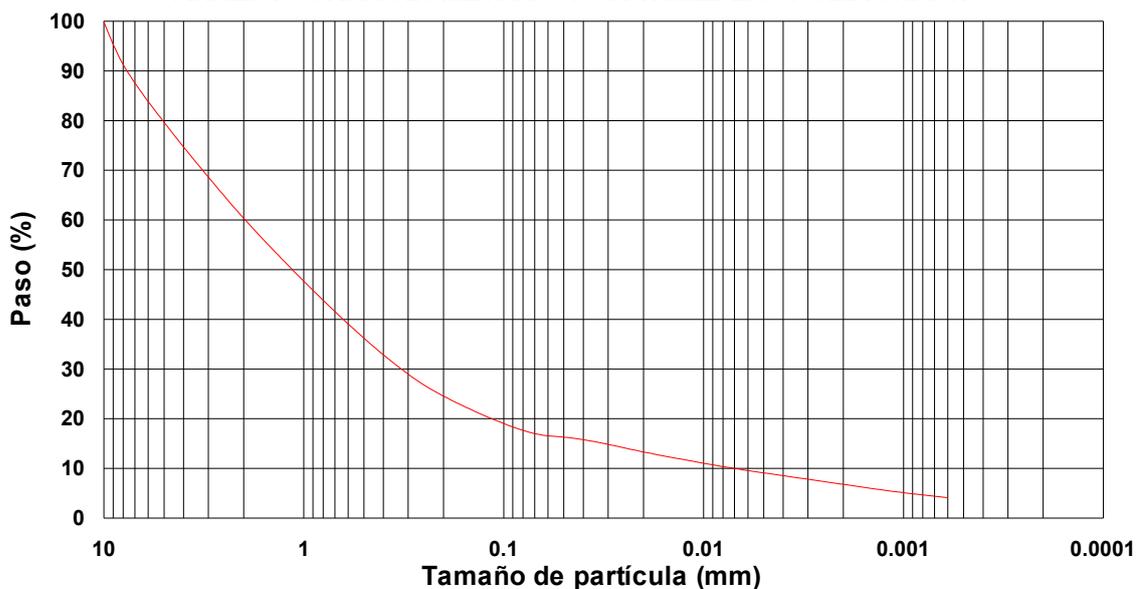
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	60	32	18

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	SI		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	1,13
SALES SOLUBLES (%)	0,22
YESOS (%)	0,00

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 15



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

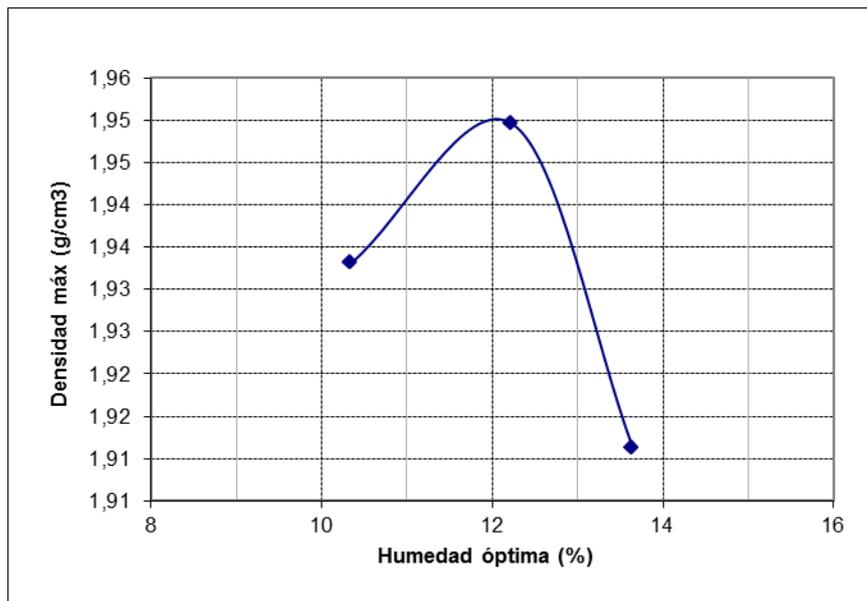
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,64	HUMEDAD TOTAL (%)	7,61
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	2
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	12



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

- PLAGIOCLASA (34%)
- FELDESPATO K (34%)
- CUARZO (22%)
- CALCITA (5%)
- FILOSILICATOS (4%)
- DOLOMITA (1%)

**Nº DE MUESTRA: 16**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: CANTABRIA**

**PLANTA DE RCD: GRUPO EMPRESARIAL SADISA, SL**

**MUNICIPIO: MERUELO**

**PROVINCIA: CANTABRIA**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 451187,12**

**Y-UTM: 4808070,54**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 16



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,007	<b>COT<sup>1</sup></b>	30.000	<b>231.000</b>
Ba	20	0,342	<b>BTEX<sup>2</sup></b>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB<sup>3</sup></b>	1	
Cr Total	0,5	0,041	<b>Aceite mineral<sup>4</sup></b>	500	
Cu	2	0,069	<b>HPA<sup>5</sup></b>	55	
Hg	0,01	< 0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,065			
Ni	0,4	0,006			
Pb	0,5	< 0,002*			
Sb	0,06	<b>0,147</b>			
Se	0,1	0,009			
Zn	4	<0,01*			
Cloruro	800	<1*			
Fluoruro	10	0,64			
Sulfato	1.000	205			
Índice Fenol	1	0,005			
COD	500	40			
STD	4.000	340.4			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. El material tratado (molienda y cribado) no se comercializa, sino que es utilizado para relleno en las obras del grupo empresarial SADISA

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
17,9	57,3	36,7	7,5	19,8	16,5	64,8	6,5	<LD	6,7	<LD	2,5	39,8	284,0	9,7

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
59,8	5,6	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	175,0	18,8	33,9	13,9	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	21,1	<LD	3,7	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 16



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



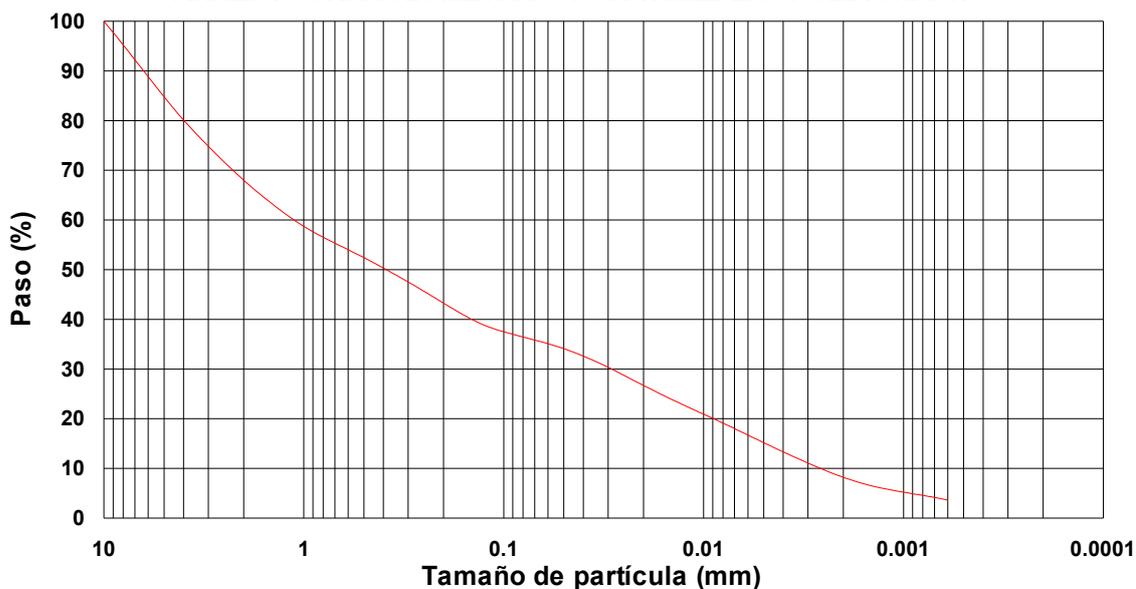
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	100	100	68	50	36

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,4	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,3
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	1,40
SALES SOLUBLES (%)	0,34
YESOS (%)	0,12

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 16



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

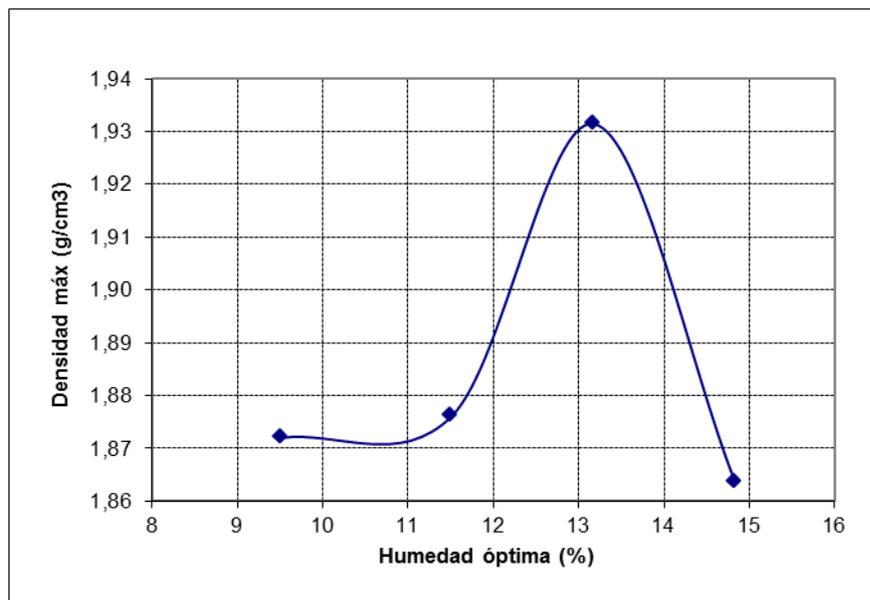
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,68	HUMEDAD TOTAL (%)	7,08
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	12,8



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO  
CALCITA  
FELDESPATOS  
FILOSILICATO  
DOLOMITA/ANKERITA (I)  
YESO (I)  
(I) Indicios.

La composición mineral de la muestra no permite su estimación semicuantitativa, por lo que sólo se presentan los resultados del análisis cualitativo.

**Nº DE MUESTRA: 17**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: CANTABRIA**

**PLANTA DE RCD: VALORIA RESIDUOS, SL**

**MUNICIPIO: CACICEDO DE CAMARGO**

**PROVINCIA: CANTABRIA**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 428954,9**

**Y-UTM: 428954,9**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 17



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,007	<b>COT<sup>1</sup></b>	30.000	<b>371.000</b>
Ba	20	0,650	<b>BTEX<sup>2</sup></b>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB<sup>3</sup></b>	1	
Cr Total	0,5	0,05	<b>Aceite mineral<sup>4</sup></b>	500	
Cu	2	0,134	<b>HPA<sup>5</sup></b>	55	
Hg	0,01	<0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b>  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b>  <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.)		
Mo	0,5	0,168			
Ni	0,4	0,022			
Pb	0,5	0,003			
Sb	0,06	0,046			
Se	0,1	0,016			
Zn	4	0,012			
Cloruro	800	9			
Fluoruro	10	0,66			
Sulfato	1.000	104			
Índice Fenol	1	0,006			
COD	500	68			
STD	4.000	340			

\*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica  
LABORATORIO DEL IGME

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. El hormigón se comercializa todo. En la línea de RCD mixto-cerámicos se quitan los yesos y escayolas a mano. Actualmente la Administración no les permite el relleno de los huecos de las canteras pertenecientes al grupo empresarial con el material de precibado que no pueden comercializar

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
10,0	23,2	18,8	1,9	7,5	13,4	152,0	2,3	<LD	6,6	<LD	3,7	15,9	280,0	5,2

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
109,0	1,9	1,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	88,7	16,7	17,7	7,4	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	21,7	<LD	1,9	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 17



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



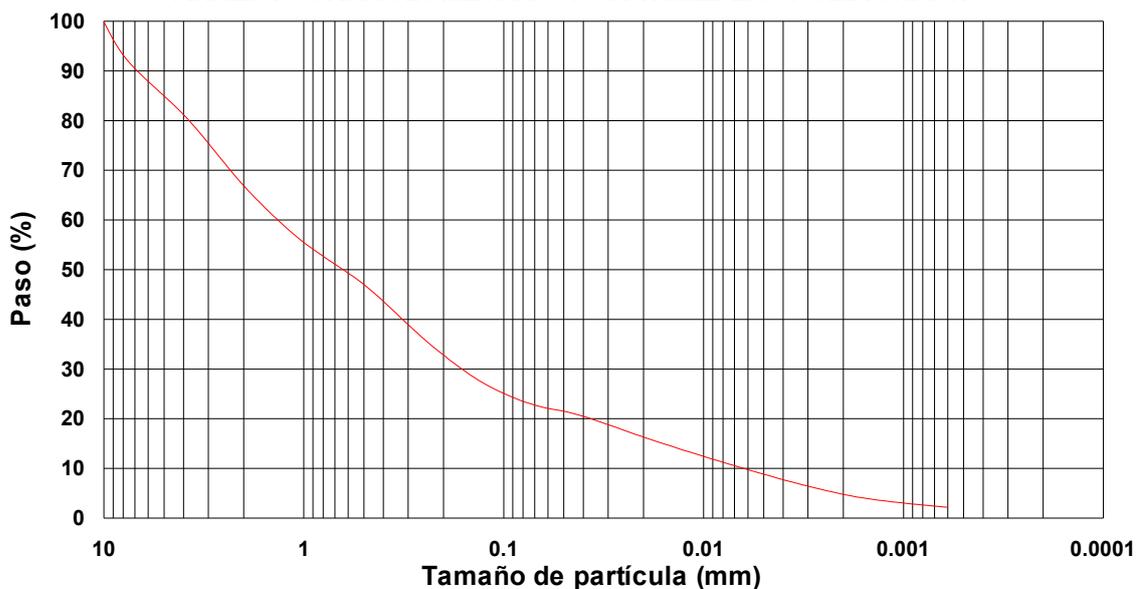
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	67	43	23

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,4	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,4
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	1,31
SALES SOLUBLES (%)	0,42
YESOS (%)	0,02

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 17



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

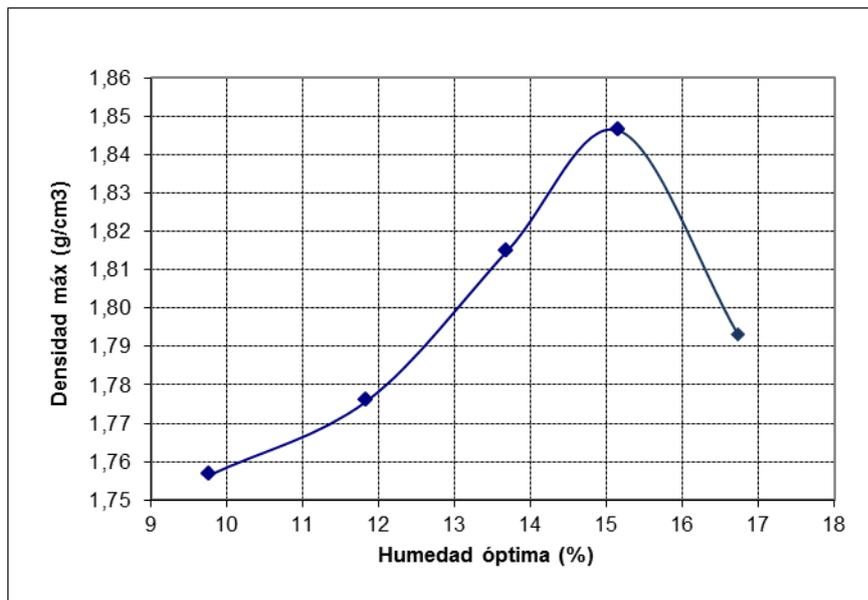
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,66	HUMEDAD TOTAL (%)	5,32
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,8
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	15



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA  
CUARZO  
FEDESPATOS (I)  
HALITA (I)  
(I) Indicios.

La composición mineral de la muestra no permite su estimación semicuantitativa, por lo que sólo se presentan los resultados del análisis cualitativo.

**Nº DE MUESTRA: 18**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: CANTABRIA**

**PLANTA DE RCD: RECICLAJES CAMARGO, SL**

**MUNICIPIO: REVILLA DE CAMARGO**

**PROVINCIA: CANTABRIA**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 430751,17**

**Y-UTM: 4806649,69**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 18



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,013	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	<b>84.000</b>
Ba	20	0,501	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,098	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,099	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	< 0,01*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,059			
Ni	0,4	0,014			
Pb	0,5	< 0,004*			
Sb	0,06	<b>0,074</b>			
Se	0,1	<0,01*			
Zn	4	<0,02*			
Cloruro	800	281			
Fluoruro	10	0,66			
Sulfato	1.000	<b>1.170</b>			
Índice Fenol	1	0,005			
COD	500	43			
STD	4.000	1.596			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
<b>LABORATORIO DEL IGME</b>					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. No tienen línea de hormigón, sólo tratan RCD cerámico-mixtos. Como no tienen espacio en la planta, acopian sus áridos reciclados en la cantera CANDESA (Cantera Santander, SA) que se encargan de su comercialización.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
14,9	52,7	53,2	8,9	17,7	18,0	281,0	7,3	<LD	11,5	<LD	1,9	48,7	368,0	10,3

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
256,0	7,7	1,2	<LD	<LD	5,4	<LD	<LD	<LD	266,0	15,8	45,6	18,3	<LD	7,6

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	59,5	<LD	5,8	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 18



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



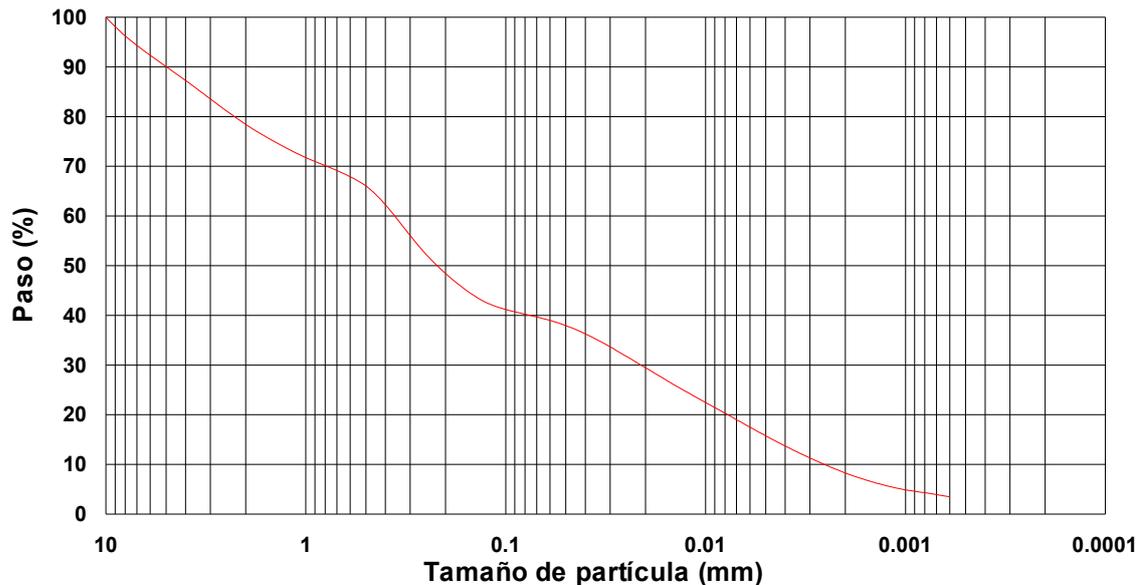
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	78	61	40

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,3	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,3
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	1,28
SALES SOLUBLES (%)	0,16
YESOS (%)	0,01

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

**Nº DE MUESTRA: 18**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

<b>DENSIDAD REAL (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,64	<b>HUMEDAD TOTAL (%)</b>	8,72
---	------	--------------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,7
<b>HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)</b>	16,5

SIN GRÁFICA

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO  
CALCITA  
YESO  
FELDESPATOS  
FILOSILICATOS  
DOLOMITA/ANKERITA (I)  
(I) Indicios.

La composición mineral de las muestra no permite su estimación semicuantitativa, por lo que sólo se presentan los resultados del análisis cualitativo.

**Nº DE MUESTRA: 19**



**GOBIERNO DE ESPAÑA**

**MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD**

**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE**



**Instituto Geológico y Minero de España**

**DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL**

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: PAÍS VASCO**

**PLANTA DE RCD: BIZKAIKO TXINTXOR BERZIKLATEGIA (BTB)**

**MUNICIPIO: ORTUUELA**

**PROVINCIA: VIZCAYA**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 495124,27**

**Y-UTM: 4794232,70**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 19



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,019	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	<b>160.000</b>
Ba	20	0,374	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,039	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,013	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA  <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.)		
Mo	0,5	0,037			
Ni	0,4	<0,005*			
Pb	0,5	<0,002*			
Sb	0,06	<b>0,070</b>			
Se	0,1	0,008			
Zn	4	<0,01			
Cloruro	800	<1*			
Fluoruro	10	0,64			
Sulfato	1.000	<b>2.440</b>			
Índice Fenol	1	<0,005			
COD	500	19			
STD	4.000	402			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. La muestra se ha recogido en un acopio de áridos reciclados tamaño zahorra 0-40 mm de material mixto-cerámico. En la actualidad este acopio lleva unos 2 años sin salida comercial por la caída de la demanda debido a la crisis del sector de la construcción.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
15,4	163,0	61,3	17,1	25,9	17,5	104,0	7,4	<LD	13,2	<LD	1,0	45,9	357,0	10,4

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
534,0	7,0	<LD	<LD	<LD	3,0	<LD	<LD	<LD	185,0	17,6	51,9	18,1	<LD	14,1

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	3,1	<LD	63,8	<LD	6,6	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 19



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



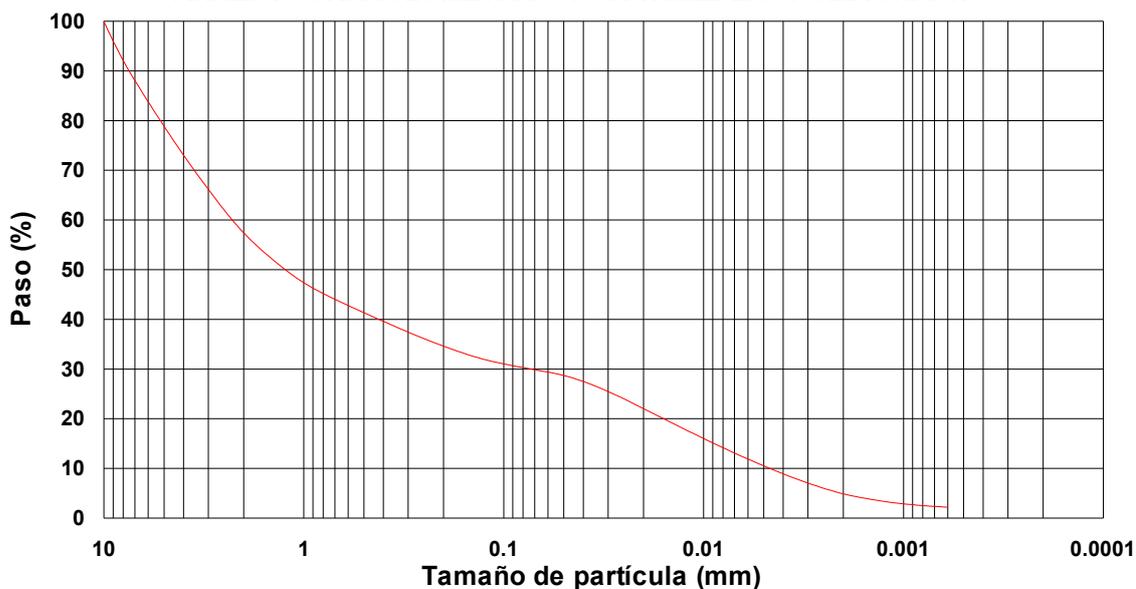
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	57	39	30

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,81		
SALES SOLUBLES (%)	0,40	YESOS (%)	0,24

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 19



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

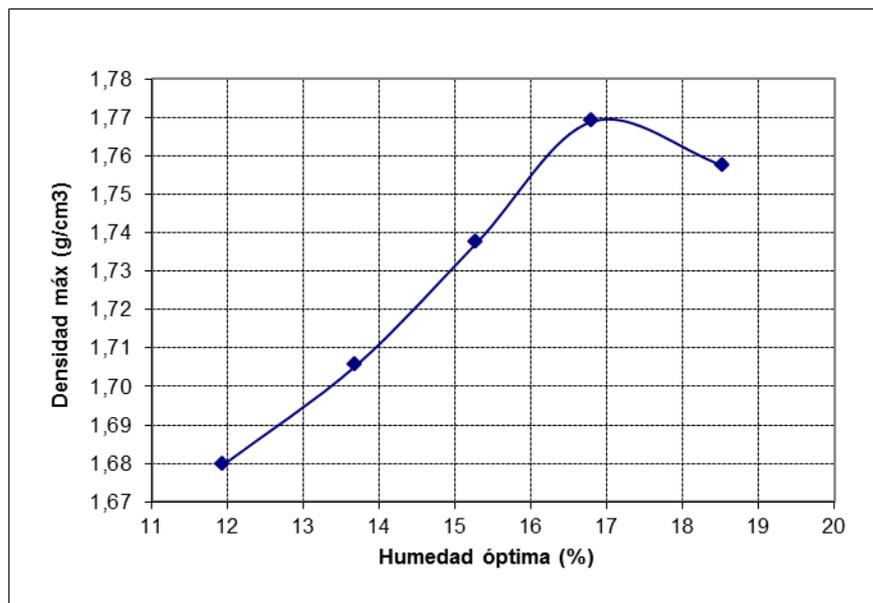
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,68	HUMEDAD TOTAL (%)	9,54
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,7
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	17



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA  
CUARZO  
FELDESPATOS  
FILOSILICATOS  
DOLOMITA/ANKERITA (I)  
(I) Indicios.

La composición mineral de la muestra no permite su estimación semicuantitativa, por lo que sólo se presentan los resultados del análisis cualitativo.

**Nº DE MUESTRA: 20**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: PAÍS VASCO**

**PLANTA DE RCD: VOLBAS, SA PLANTA DE RCD**

**MUNICIPIO: ERANDIO**

**PROVINCIA: VIZCAYA**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 503046,89**

**Y-UTM: 4792778,18**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 20



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,035	<b>COT<sup>1</sup></b>	30.000	<b>129.000</b>
Ba	20	0,860	<b>BTEX<sup>2</sup></b>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB<sup>3</sup></b>	1	
Cr Total	0,5	0,088	<b>Aceite mineral<sup>4</sup></b>	500	
Cu	2	0,170	<b>HPA<sup>5</sup></b>	55	
Hg	0,01	< 0,01*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b>  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b>  <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.)		
Mo	0,5	0,113			
Ni	0,4	0,044			
Pb	0,5	0,005			
Sb	0,06	<b>0,097</b>			
Se	0,1	0,024			
Zn	4	0,153			
Cloruro	800	18			
Fluoruro	10	0,96			
Sulfato	1.000	<b>2.440</b>			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	13			
STD	4.000	2.501			

\*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica  
LABORATORIO DEL IGME

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. Los RCD mixto-cerámicos son mezclados con finos de hormigón para poder comercializarlos, aunque con poco éxito.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
15,1	43,6	47,1	6,1	16,2	31,4	194,0	6,1	<LD	13,7	<LD	5,8	39,8	500,0	9,7

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
152,0	5,8	1,1	10,4	<LD	16,8	<LD	<LD	<LD	345,0	17,2	34,4	13,3	<LD	6,2

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	143,0	<LD	5,1	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 20



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



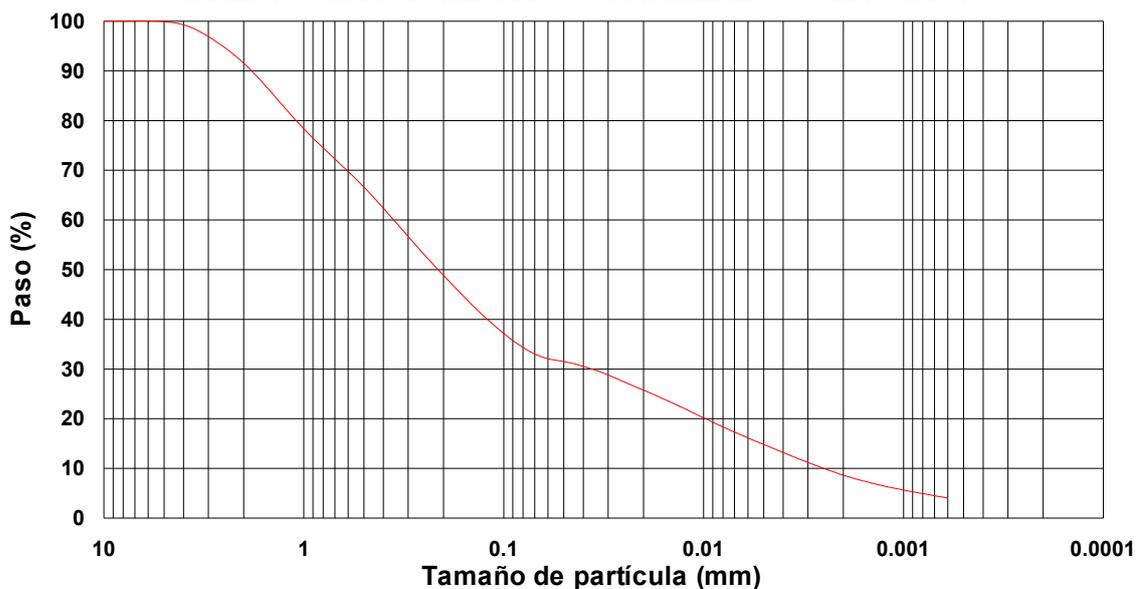
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	92	61	34

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	1,98
SALES SOLUBLES (%)	2,50
YESOS (%)	0,03

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

Nº DE MUESTRA: 20



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,62	HUMEDAD TOTAL (%)	11,26
------------------------------------	------	-------------------	-------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,6
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	19,6

SIN GRÁFICA

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA (73%)  
CUARZO (12%)  
FILOSILICATOS (9%)  
YESO (6%)

**Nº DE MUESTRA: 21**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: CASTILLA Y LEÓN**

**PLANTA DE RCD: IGLECAR, SL**

**MUNICIPIO: BURGOS**

**PROVINCIA: BURGOS**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 446701,58**

**Y-UTM: 4684237,90**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 21



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,013	<b>COT<sup>1</sup></b>	30.000	<b>62.000</b>
Ba	20	0,752	<b>BTEX<sup>2</sup></b>	6	
Cd	0,04	<0,004*	<b>PCB<sup>3</sup></b>	1	
Cr Total	0,5	0,176	<b>Aceite mineral<sup>4</sup></b>	500	
Cu	2	0,061	<b>HPA<sup>5</sup></b>	55	
Hg	0,01	<0,01*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,068			
Ni	0,4	0,018			
Pb	0,5	<0,004*			
Sb	0,06	0,007			
Se	0,1	<0,01*			
Zn	4	<0,02*			
Cloruro	800	8			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>1.500</b>			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	66			
STD	4.000	1.734			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
<b>LABORATORIO DEL IGME</b>					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
11,5	31,2	27,1	3,8	10,1	16,2	64,0	4,3	<LD	8,2	<LD	1,2	35,0	314,0	9,1

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
140,0	3,7	<LD	<LD	<LD	1,8	<LD	<LD	<LD	184,0	15,4	25,5	12,2	<LD	5,1

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	227,0	<LD	4,2	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 21



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



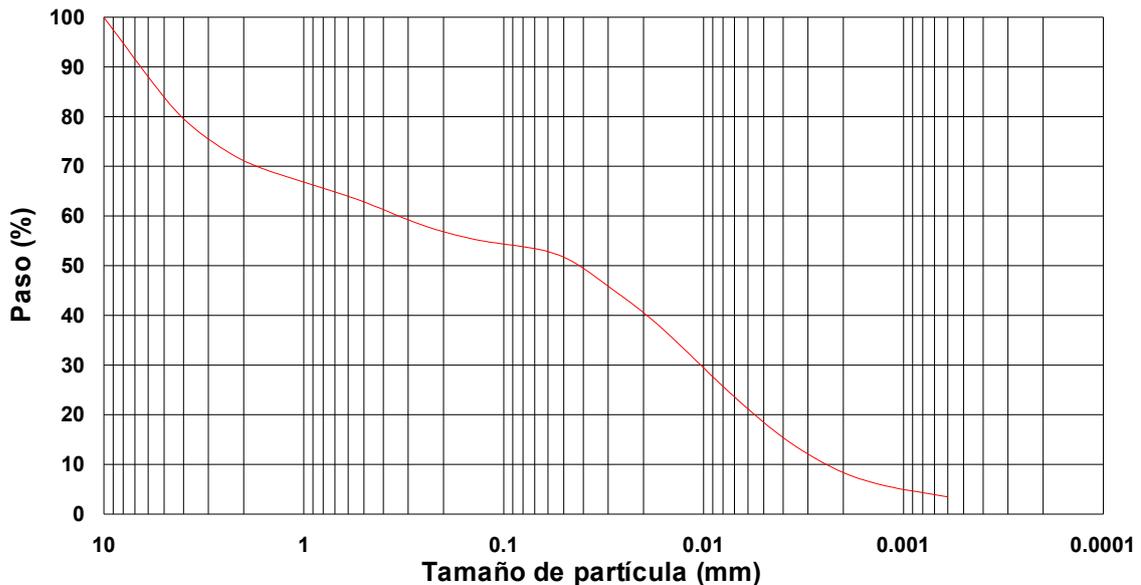
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	71	61	53

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,4	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,4
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,97
SALES SOLUBLES (%)	1,73
YESOS (%)	0,15

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

**Nº DE MUESTRA: 21**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA  
Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico  
y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL  
DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL  
Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

<b>DENSIDAD REAL (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,59	<b>HUMEDAD TOTAL (%)</b>	8,29
---	------	--------------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1,7
<b>HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)</b>	16,2

SIN GRÁFICA

**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO  
CALCITA  
YESO  
FELDESPATOS  
FILOSILICATOS  
DOLOMITA/ANKERITA (I)  
(I) Indicios.

La composición mineral de las muestra no permite su estimación semicuantitativa, por lo que sólo se presentan los resultados del análisis cualitativo.

Nº DE MUESTRA: 22



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMUNIDAD AUTÓNOMA: CASTILLA Y LEÓN

PLANTA DE RCD: ECOPARQUE MUNICIPAL DE BURGOS

MUNICIPIO: BURGOS

PROVINCIA: BURGOS

COORDENADAS UTM (ETRS89)

X-UTM: 445405,48

Y-UTM: 4684968,66

Huso: 30



Fuente: Google Map

TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO



Muestra para análisis de la lixiviabilidad

Nº DE MUESTRA: 22



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,041	<b>COT<sup>1</sup></b>	30.000	<b>83.000</b>
Ba	20	0,876	<b>BTEX<sup>2</sup></b>	6	
Cd	0,04	<0,004*	<b>PCB<sup>3</sup></b>	1	
Cr Total	0,5	0,009	<b>Aceite mineral<sup>4</sup></b>	500	
Cu	2	0,051	<b>HPA<sup>5</sup></b>	55	
Hg	0,01	<0,01*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,050			
Ni	0,4	<0,01			
Pb	0,5	<0,004*			
Sb	0,06	0,038			
Se	0,1	<0,01*			
Zn	4	0,366			
Cloruro	800	<1*			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	<b>2130</b>			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	37			
STD	4.000	2.403			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
<b>LABORATORIO DEL IGME</b>					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
11,1	26,9	31,4	4,1	8,1	27,8	49,8	4,0	<LD	8,7	<LD	1,8	33,3	331,0	8,5

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
184,0	3,6	<LD	<LD	<LD	3,4	<LD	<LD	<LD	169,0	13,6	29,6	13,6	<LD	6,8

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	60,1	<LD	3,9	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 22



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



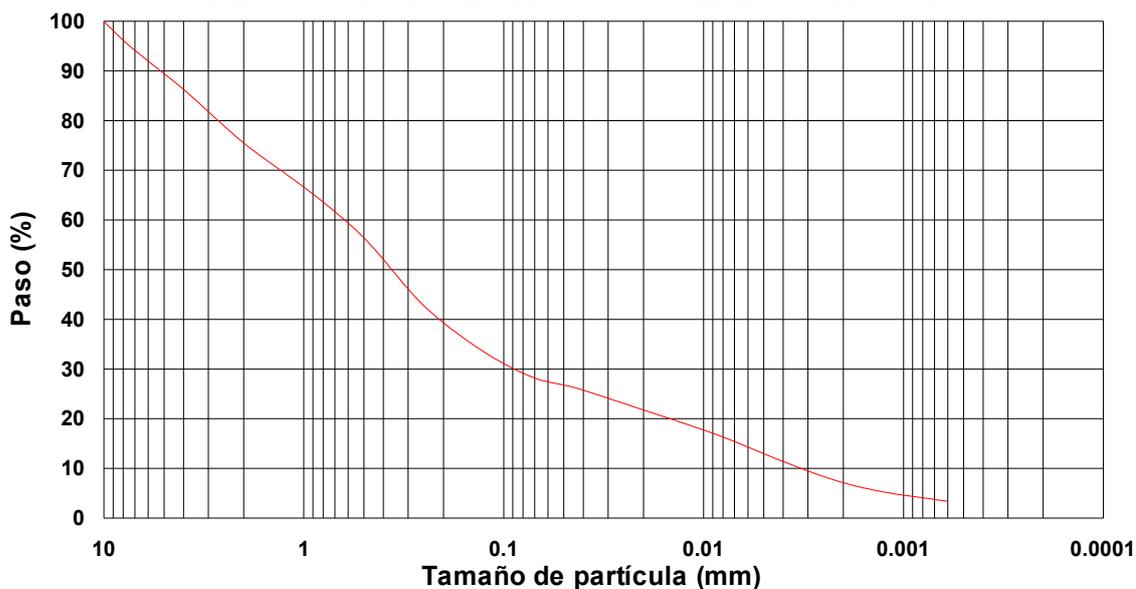
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	76	51	29

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,91
SALES SOLUBLES (%)	2,40
YESOS (%)	0,21

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

Nº DE MUESTRA: 22



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

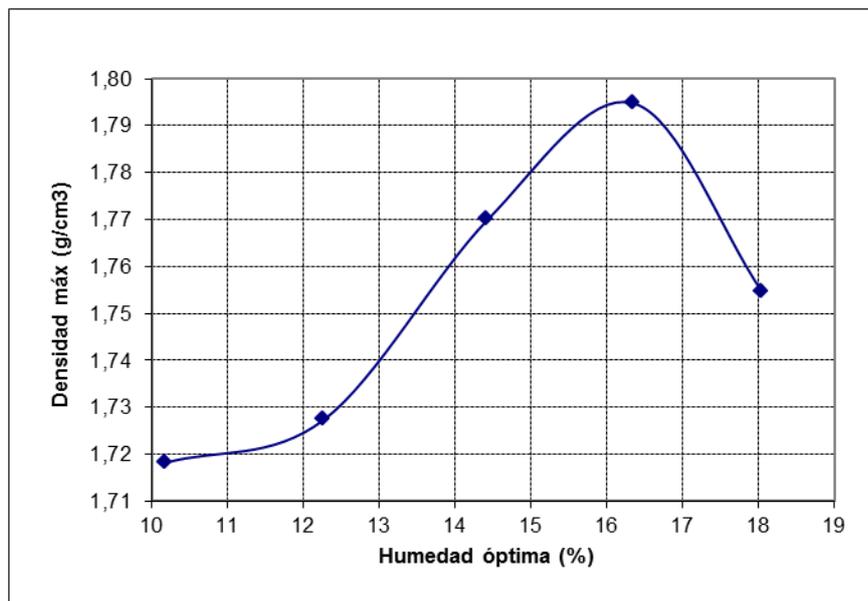
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,63	HUMEDAD TOTAL (%)	6,45
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,8
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	16



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CUARZO  
CALCITA  
YESO  
FELDESPATOS  
FILOSILICATOS  
DOLOMITA/ANKERITA (I)  
(I) Indicios.

La composición mineral de las muestra no permite su estimación semicuantitativa, por lo que sólo se presentan los resultados del análisis cualitativo.

**Nº DE MUESTRA: 23**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD VALENCIANA**

**PLANTA DE RCD: DESMONTES Y EXCAVACIONES ISMAEL, SL**

**MUNICIPIO: MONFORTE DEL CID**

**PROVINCIA: ALICANTE**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 698373,91**

**Y-UTM: 4251897,69**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 23



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,012	COT <sup>1</sup>	30.000	335.000
Ba	20	0,445	BTEX <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	PCB <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,106	Aceite mineral <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,074	HPA <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,005	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,274			
Ni	0,4	<0,005			
Pb	0,5	<0,002*			
Sb	0,06	0,177			
Se	0,1	0,007			
Zn	4	<0,01*			
Cloruro	800	3			
Fluoruro	10	0,76			
Sulfato	1.000	362			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	46			
STD	4.000	545			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. La empresa pertenece al sector de la construcción, utilizando los RCD mixto-cerámicos reciclados en sus obras en el relleno de canalizaciones, etc. También producen áridos reciclados con los residuos de las plantas de tratamiento del mármol de la zona.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
6,57	17,3	11,6	4,00	6,78	40,2	36,4	1,68	<LD	15,3	<LD	3,77	15	400	6,12

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
28,3	1,86	1,53	15,3	<LD	<LD	<LD	26,3	<LD	101	16,8	18,6	9,39	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	19,0	<LD	1,69	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 23



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



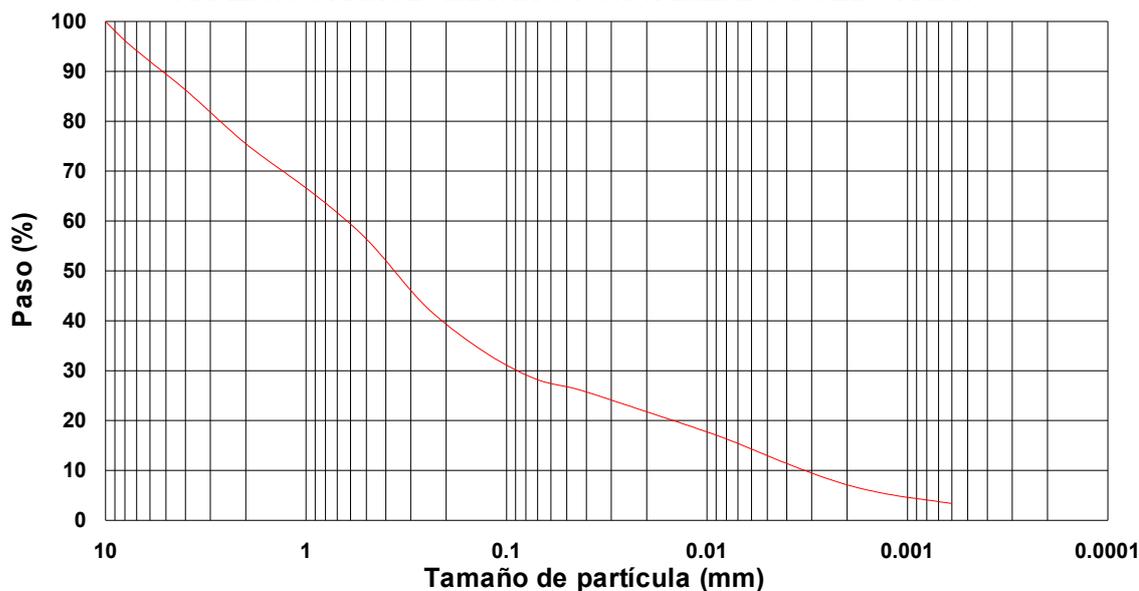
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	100	100	75	52	29

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	----------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,44
SALES SOLUBLES (%)	0,55
YESOS (%)	0,04

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 23



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

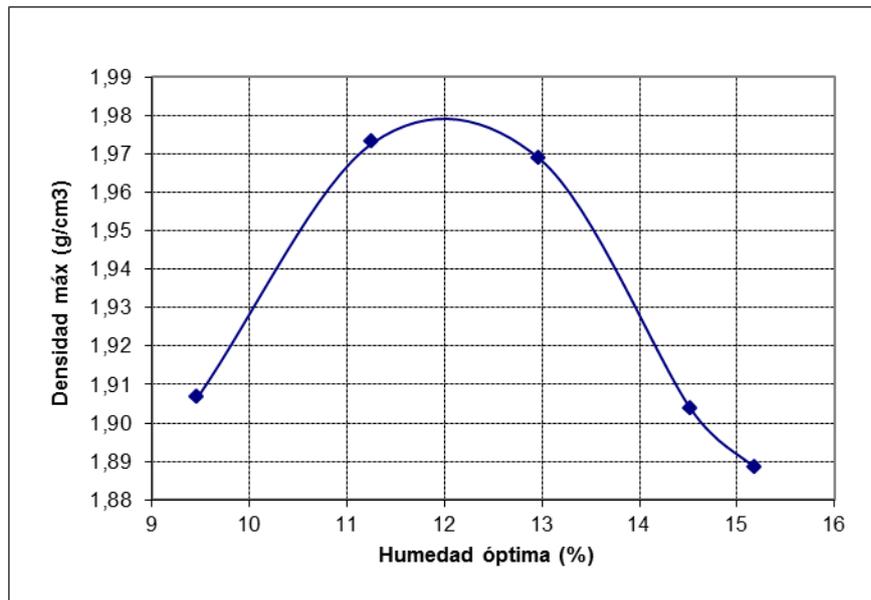
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,69	HUMEDAD TOTAL (%)	1,59
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	2,0
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	12,0



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA (89%)  
DOLOMITA/ANKERITA (8%)  
CUARZO (3%)

**Nº DE MUESTRA: 24**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD VALENCIANA**

**PLANTA DE RCD: EXCAVACIONES ALICANTE, SL**

**MUNICIPIO: MONFORTE DEL CID**

**PROVINCIA: ALICANTE**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 715087,03**

**Y-UTM:4248560,84**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 24



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,011	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	<b>214.000</b>
Ba	20	0,860	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,010	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,020	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b>  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b>  <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.)		
Mo	0,5	0,083			
Ni	0,4	<0,005*			
Pb	0,5	0,003			
Sb	0,06	0,022			
Se	0,1	0,004			
Zn	4	0,065			
Cloruro	800	41			
Fluoruro	10	1,66			
Sulfato	1.000	362			
Índice Fenol	1	<0,005			
COD	500	20			
STD	4.000	595,2			

\*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica  
LABORATORIO DEL IGME

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
12,6	29,8	22,3	3,96	10,2	13,5	29,3	4,22	<LD	6,07	<LD	6,97	35	1167	8,78

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
45,8	3,38	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	20,6	<LD	134	19,8	27,3	12,0	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	29,5	<LD	3,27	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 24



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



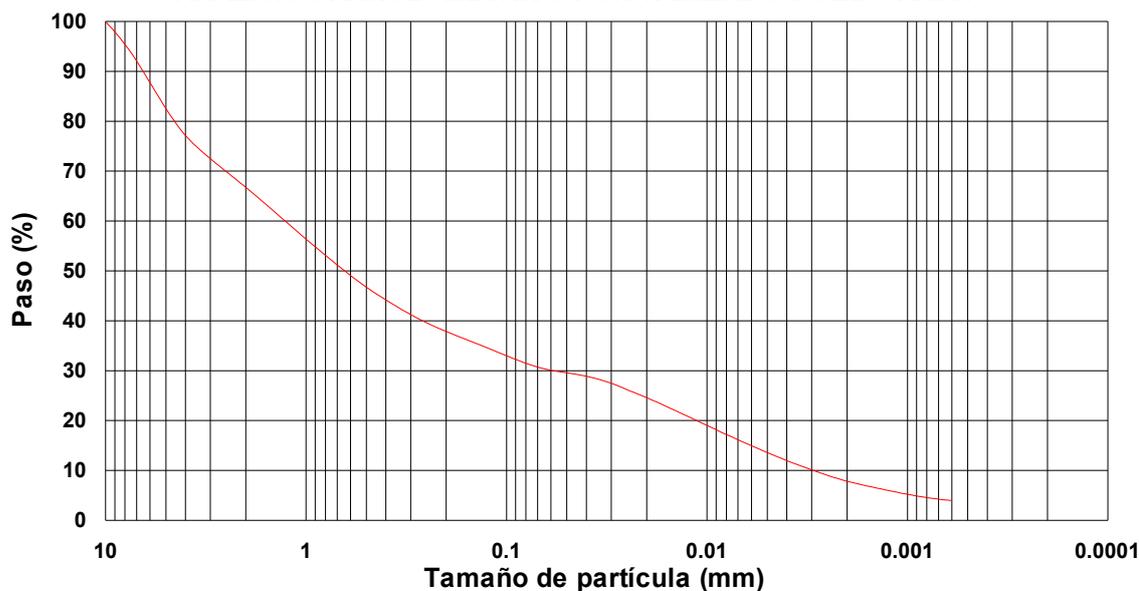
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	100	100	66	45	32

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	27,8	LÍMITE PLÁSTICO (Ip)	15,1	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	12,7
---------------------	------	----------------------	------	-------------------------	------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,28
SALES SOLUBLES (%)	0,60
YESOS (%)	0,04

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 24



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

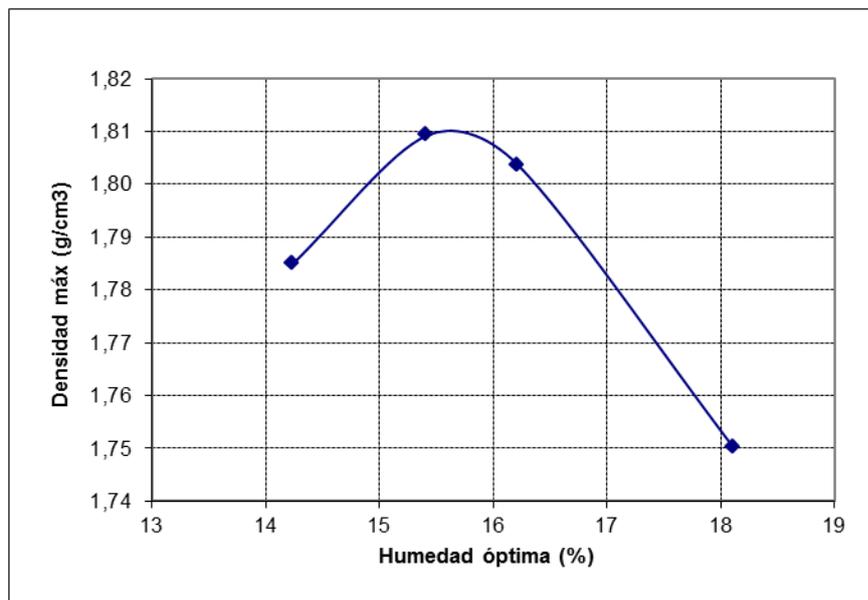
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,66	HUMEDAD TOTAL (%)	1,71
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,8
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	15,6



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA (61%)  
FILOSILICATOS (22%)  
DOLOMITA/ANKERITA (10%)  
CUARZO (6%)  
YESO (1%)

Nº DE MUESTRA: 25



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMUNIDAD AUTÓNOMA: **COMUNIDAD VALENCIANA**

PLANTA DE RCD: **CONTENEDORES REUNIDOS, SLU**

MUNICIPIO: **SAN VICENTE DEL RASPEIG**

PROVINCIA: **ALICANTE**

COORDENADAS UTM (ETRS89)

X-UTM: **714367,90**

Y-UTM: **4253277,51**

Huso: **30**



Fuente: Google Map

TIPOLOGÍA DE RCD: **MIXTO-CERÁMICO**



Muestra para análisis de la lixiviabilidad

Nº DE MUESTRA: 25



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,012	<b>COT<sup>1</sup></b>	30.000	<b>254.000</b>
Ba	20	1,128	<b>BTEX<sup>2</sup></b>	6	
Cd	0,04	<0,004*	<b>PCB<sup>3</sup></b>	1	
Cr Total	0,5	0,226	<b>Aceite mineral<sup>4</sup></b>	500	
Cu	2	0,107	<b>HPA<sup>5</sup></b>	55	
Hg	0,01	<0,01*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA  <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.)		
Mo	0,5	0,220			
Ni	0,4	0,010			
Pb	0,5	0,004			
Sb	0,06	0,049			
Se	0,1	0,014			
Zn	4	0,086			
Cloruro	800	40			
Fluoruro	10	0,55			
Sulfato	1.000	<b>1.780</b>			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	<b>1416</b>			
STD	4.000	2.421			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica			LABORATORIO DEL IGME		

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. Es una planta de residuos urbanos con una pequeña planta móvil para RCD. La producción es actualmente muy baja y no se comercializa.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
11,3	31,8	18,0	7,17	10,8	37,4	66,0	4,00	<LD	7,74	<LD	4,97	26	622	7,94

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
45,7	3,23	1,40	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	166	21,3	23,7	3,23	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	29.5	<LD	3,01	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 25



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



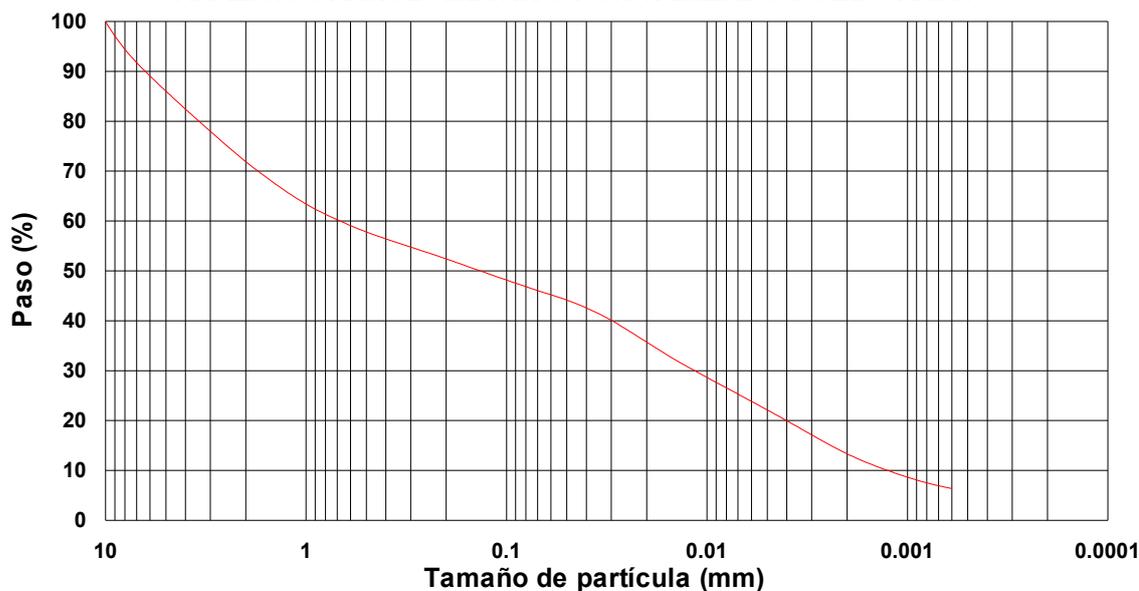
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	72	56	47

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (I <sub>p</sub> )	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,1	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,1
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,72
SALES SOLUBLES (%)	2,42
YESOS (%)	0,18

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

Nº DE MUESTRA: 25



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

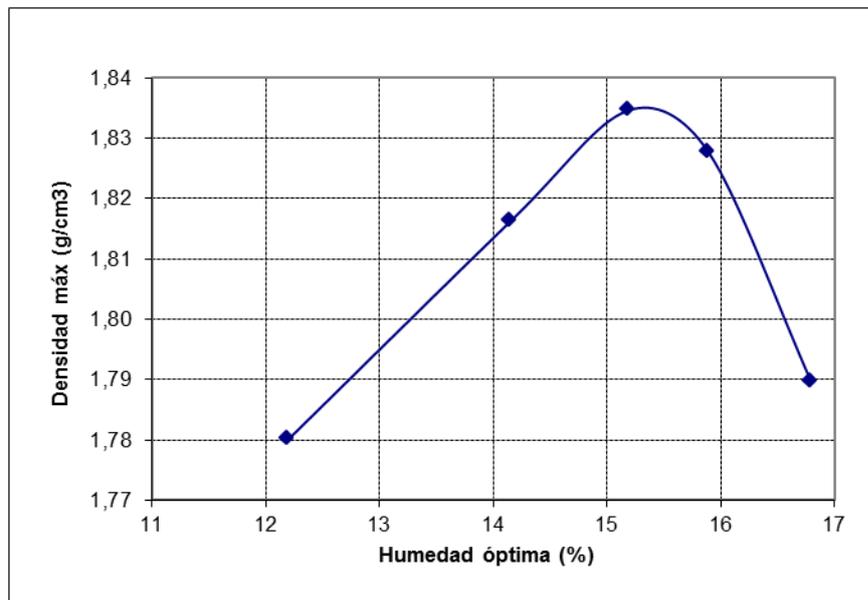
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,67	HUMEDAD TOTAL (%)	1,79
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,8
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	15,3



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA (85%)  
FILOSILICATOS (10%)  
DOLOMITA/ANKERITA (2%)  
CUARZO (2%)  
YESO (1%)

**Nº DE MUESTRA: 26**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN**

**PLANTA DE RCD: CASALÉ TRANSPORTES Y EXCAVACIONES, SL**

**MUNICIPIO: ZARAGOZA**

**PROVINCIA: ZARAGOZA**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 679814,37**

**Y-UTM: 4604383,1**

**Huso: 30**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 26



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,013	<b>COT<sup>1</sup></b>	30.000	<b>640.000</b>
Ba	20	1,02	<b>BTEX<sup>2</sup></b>	6	
Cd	0,04	<0,004*	<b>PCB<sup>3</sup></b>	1	
Cr Total	0,5	0,423	<b>Aceite mineral<sup>4</sup></b>	500	
Cu	2	0,204	<b>HPA<sup>5</sup></b>	55	
Hg	0,01	<0,01*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,067			
Ni	0,4	0,018			
Pb	0,5	0,006			
Sb	0,06	0,0034			
Se	0,1	0,018			
Zn	4	<0,02*			
Cloruro	800	19			
Fluoruro	10	<0,5			
Sulfato	1.000	<b>1.690</b>			
Índice Fenol	1	0,090			
COD	500	210			
STD	4.000	2.581			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
LABORATORIO DEL IGME					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. Los RCD de hormigón se reciclan al 100%. Los RCD mixto-cerámicos también, incluido el material de rechazo de precribado de 0-25 mm que es mezclado con el de 0-80 para su uso como capa de sellado del vertedero de Residuos Sólidos Urbanos de Zaragoza.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
11,8	26,9	208,0	4,6	7,6	10,4	57,9	3,3	<LD	5,8	<LD	1,8	34,1	411,0	5,9

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
77,8	2,9	<LD	<LD	<LD	3,3	<LD	1,6	<LD	216,0	16,2	14,8	7,6	<LD	2,7

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	166,0	<LD	2,5	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 26



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



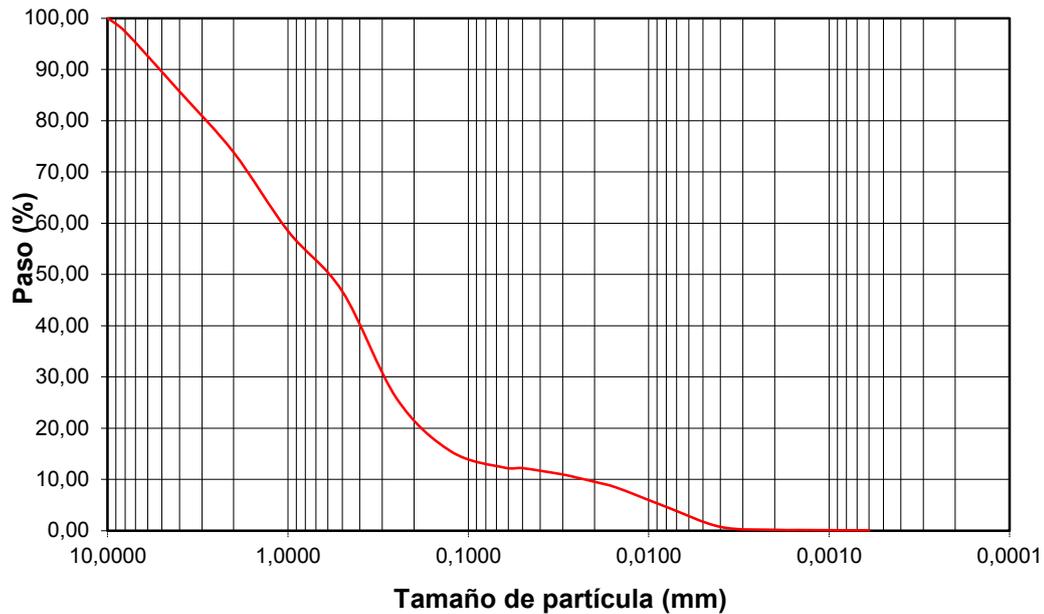
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
CERNIDO (%)	100	100	74	40	13

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (I <sub>p</sub> )	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,85		
SALES SOLUBLES (%)	0,26	YESOS (%)	0,17

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 26



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

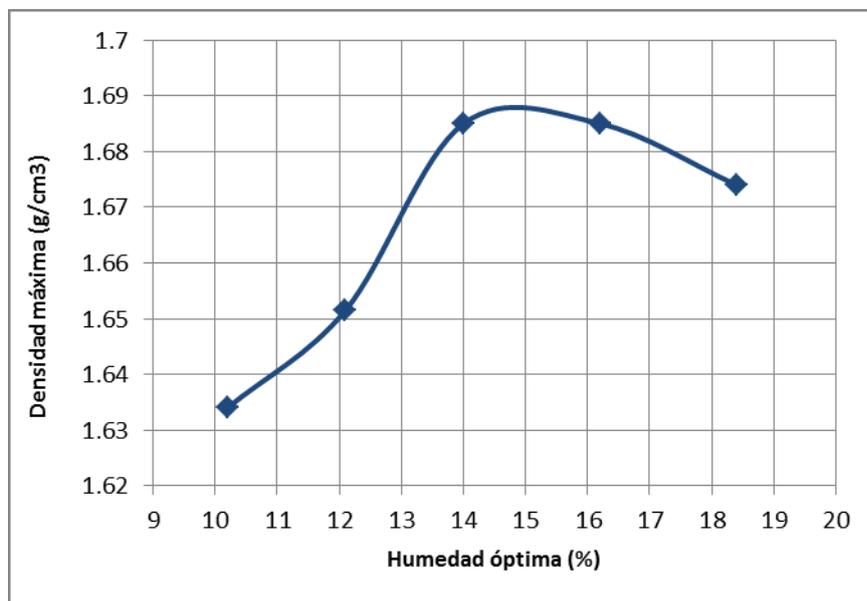
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,63	HUMEDAD TOTAL (%)	2,92
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,7
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	15,0



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

- CALCITA (56%)
- CUARZO (23%)
- FELDESPATO K (11%)
- FILOSILICATOS (4%)
- YESO (3%)
- PLAGIOCLASA (3%)

Nº DE MUESTRA: 27



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMUNIDAD AUTÓNOMA: COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA

PLANTA DE RCD: CONTENEDORES ASTESA

MUNICIPIO: CARTAGENA

PROVINCIA: MURCIA

COORDENADAS UTM (ETRS89)

X-UTM: 690603

Y-UTM: 4168232,88

Huso: 30



Fuente: Google Map

TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO



Muestra para análisis de la lixiviabilidad

Nº DE MUESTRA: 27



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,050	COT <sup>1</sup>	30.000	139.000
Ba	20	1,428	BTEX <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	PCB <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,037	Aceite mineral <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,032	HPA <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  LABORATORIO DEL IGME <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  LABORATORIO LABAQUA <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.)		
Mo	0,5	0,106			
Ni	0,4	0,008			
Pb	0,5	0,005			
Sb	0,06	0,047			
Se	0,1	0,005			
Zn	4	0,242			
Cloruro	800	26			
Fluoruro	10	<0,5*			
Sulfato	1.000	988			
Índice Fenol	1	<0,005*			
COD	500	324			
STD	4.000	1.195			

\*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica  
LABORATORIO DEL IGME

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. Actualmente se encuentra parada a la espera de autorización administrativa, por lo que los rechazos de RCD mixto-cerámicos acopiados eran escasos en el momento de la visita de campo.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
13,2	59,0	40,1	8,51	20,2	38,6	336	6,51	<LD	21,8	<LD	6,40	38	355	11,9

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
93,5	5,99	2,98	<LD	<LD	6,11	10,3	9,64	<LD	337	18,5	24,7	12,8	<LD	<LD

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	383	<LD	4.34	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 27



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



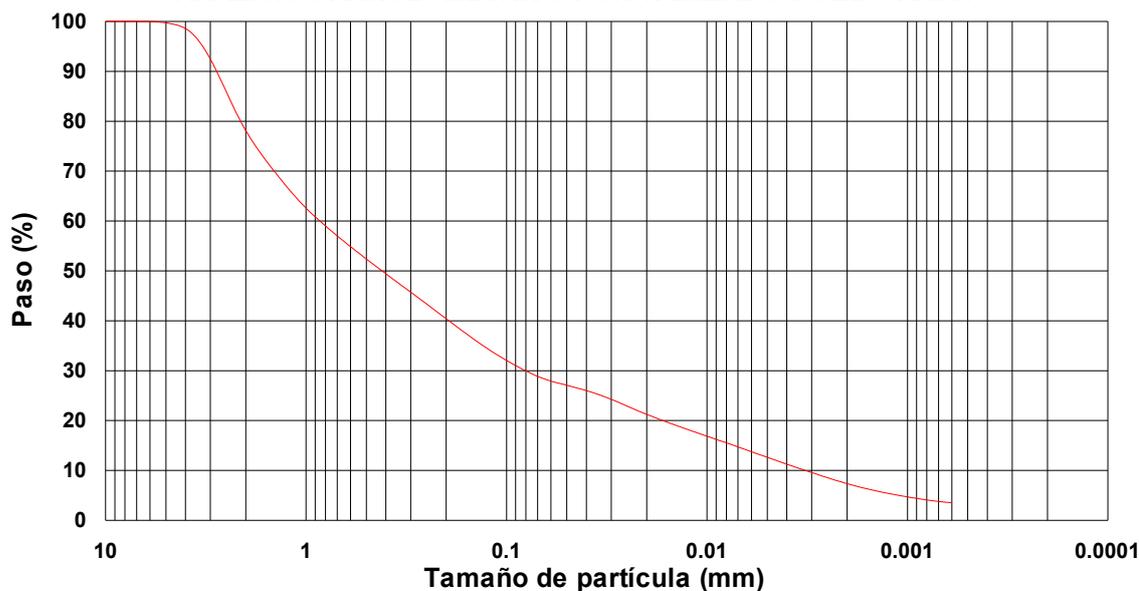
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	100	100	78	49	30

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (I <sub>p</sub> )	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,3	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,3
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,91
SALES SOLUBLES (%)	1,20
YESOS (%)	0,10

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

Nº DE MUESTRA: 27



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

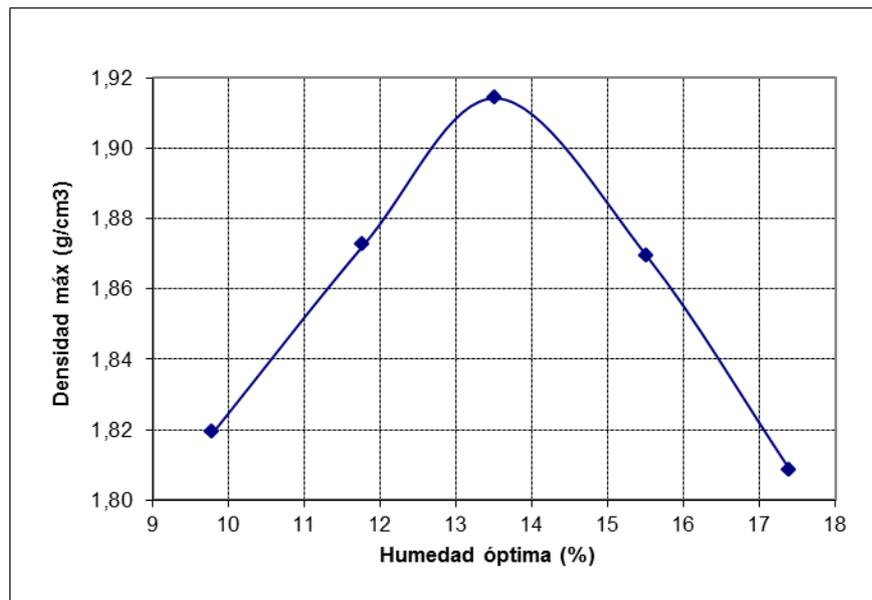
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,71	HUMEDAD TOTAL (%)	1,54
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	13,5



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

DOLOMITA/ANKERITA (50%)  
CALCITA (32%)  
CUARZO (10%)  
FILOSILICATOS (5%)  
FELDESPATO (2%)  
YESO (1%)

**Nº DE MUESTRA: 28**



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**COMUNIDAD AUTÓNOMA: CATALUÑA**

**PLANTA DE RCD: EXCAVACIONES GERMANS CASAS, SL**

**MUNICIPIO: ARENYS DE MUNT**

**PROVINCIA: BARCELONA**

**COORDENADAS UTM (ETRS89)**

**X-UTM: 463209,61**

**Y-UTM: 4605445,23**

**Huso: 31**



Fuente: Google Map

**TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO**



**Muestra para análisis de la lixiviabilidad**

Nº DE MUESTRA: 28



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,01	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	<b>700.000</b>
Ba	20	0,971	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,414	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,0262	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	< 0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b>  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b>  <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.)		
Mo	0,5	0,101			
Ni	0,4	< 0,005*			
Pb	0,5	< 0,002*			
Sb	0,06	0,017			
Se	0,1	0,009			
Zn	4	< 0,01*			
Cloruro	800	26			
Fluoruro	10	< 0,5			
Sulfato	1.000	552			
Índice Fenol	1	< 0,005			
COD	500	47			
STD	4.000	837			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
LABORATORIO DEL IGME					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
15,7	62,9	52,1	8,4	24,0	26,4	166,0	12,5	<LD	37,5	<LD	1,9	85,3	246,0	18,4

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
276,0	8,7	1,1	<LD	<LD	6,2	<LD	1,5	<LD	826,0	22,6	45,0	23,0	<LD	6,8

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	603,0	<LD	8,1	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 28



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



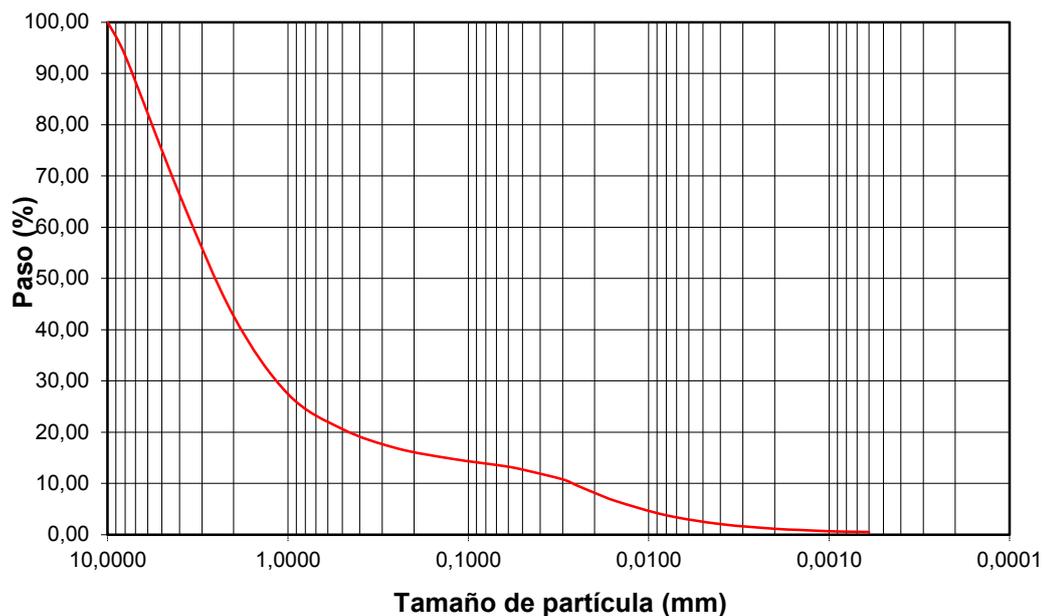
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	100	100	42	19	14

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (I <sub>p</sub> )	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,50		
SALES SOLUBLES (%)	0,84	YESOS (%)	0,06

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo tolerable

Nº DE MUESTRA: 28



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

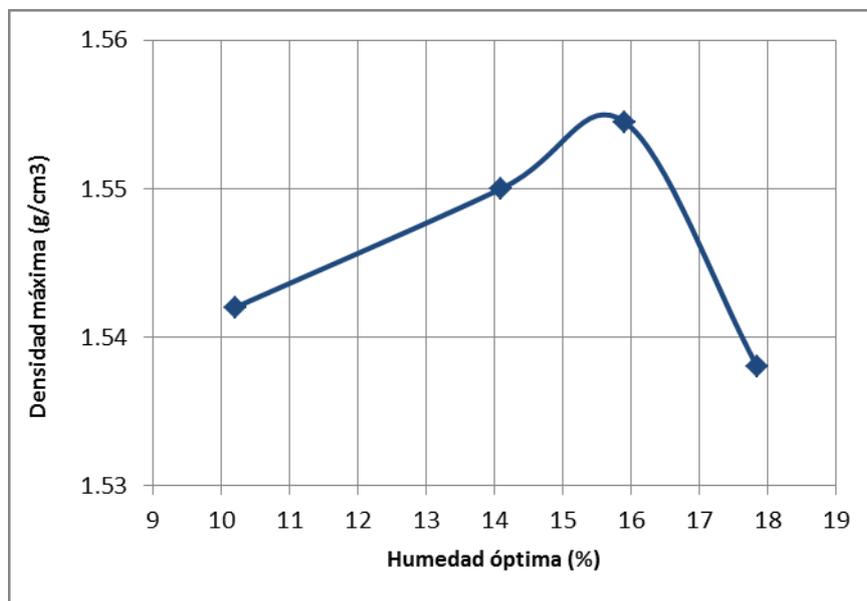
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,63	HUMEDAD TOTAL (%)	7,89
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,6
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	15,5



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA (34%)  
FELDESPATO K (18%)  
PLAGIOCLASA (18%)  
CUARZO (12%)  
DOLOMITA (11%)  
FILOSILICATOS (6%)  
YESO (1%)

Nº DE MUESTRA: 29



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMUNIDAD AUTÓNOMA: CATALUÑA

PLANTA DE RCD: TECNOCATALANA DE RUNES, S.L.

MUNICIPIO: LES FRANQUESES DEL VALLÉS

PROVINCIA: BARCELONA

COORDENADAS UTM (ETRS89)

X-UTM: 440884,27

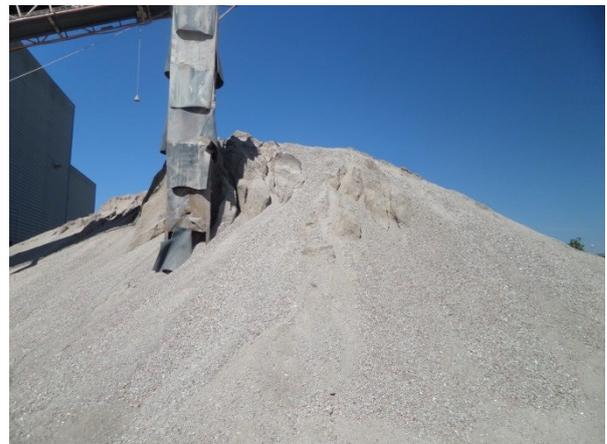
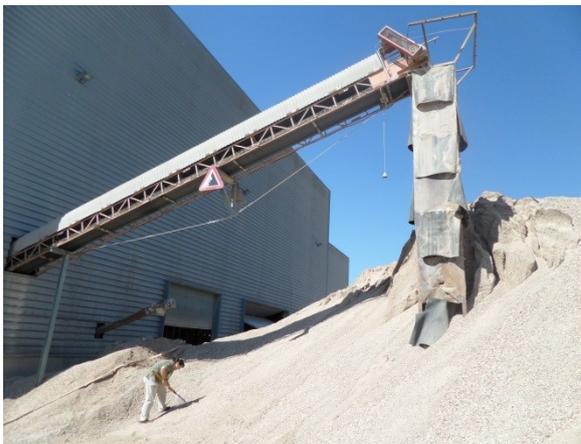
Y-UTM: 4610171,79

Huso: 31



Fuente: Google Map

TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO



Muestra para análisis de la lixiviabilidad

Nº DE MUESTRA: 29



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,012	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30000	<b>63.000</b>
Ba	20	1,14	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,002*	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,201	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,081	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,005*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b>  <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b>  <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.)		
Mo	0,5	0,094			
Ni	0,4	0,013			
Pb	0,5	<0,002*			
Sb	0,06	0,022			
Se	0,1	0,009			
Zn	4	<0,01*			
Cloruro	800	30			
Fluoruro	10	< 0,5			
Sulfato	1000	730			
Índice Fenol	1	< 0,005			
COD	500	48			
STD	4000	1115			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
<b>LABORATORIO DEL IGME</b>					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. Sólo tiene una línea de tratamiento de RCD mixto-cerámicos. Comercializan todo salvo un rechazo de material de precribado de 0-20 mm.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
14,7	50,7	56,7	8,4	31,1	20,5	77,5	9,2	<LD	7,8	<LD	2,4	70,6	247,0	13,4

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
124,0	7,0	<LD	<LD	<LD	3,9	<LD	2,5	<LD	455,0	26,7	49,9	23,0	<LD	3,0

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	67,7	<LD	9,8	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 29



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



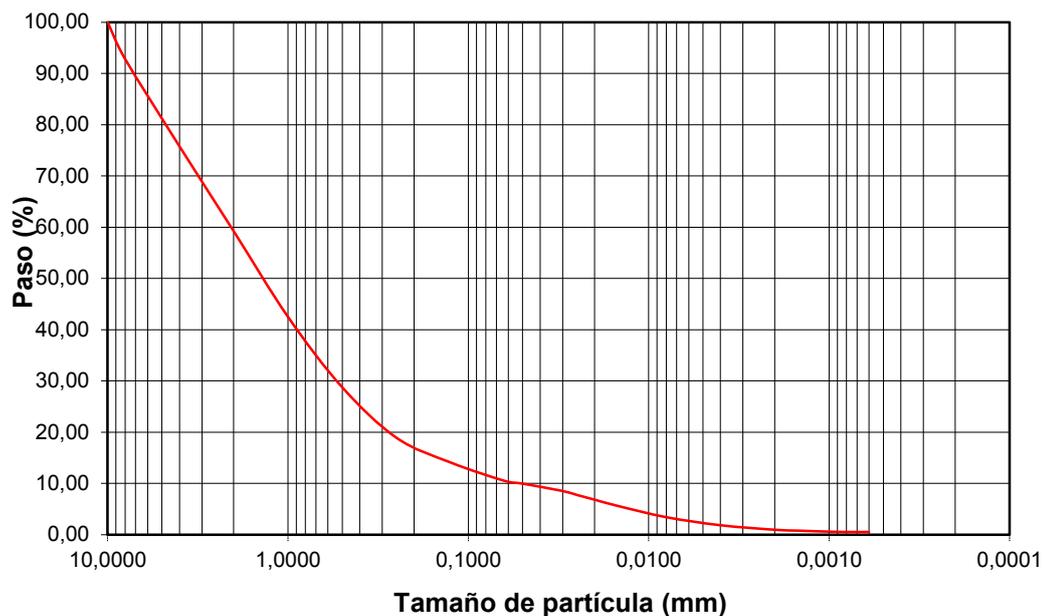
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	100	100	59	25	12

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (I <sub>p</sub> )	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,77		
SALES SOLUBLES (%)	1,11	YESOS (%)	0,07

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

Nº DE MUESTRA: 29



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

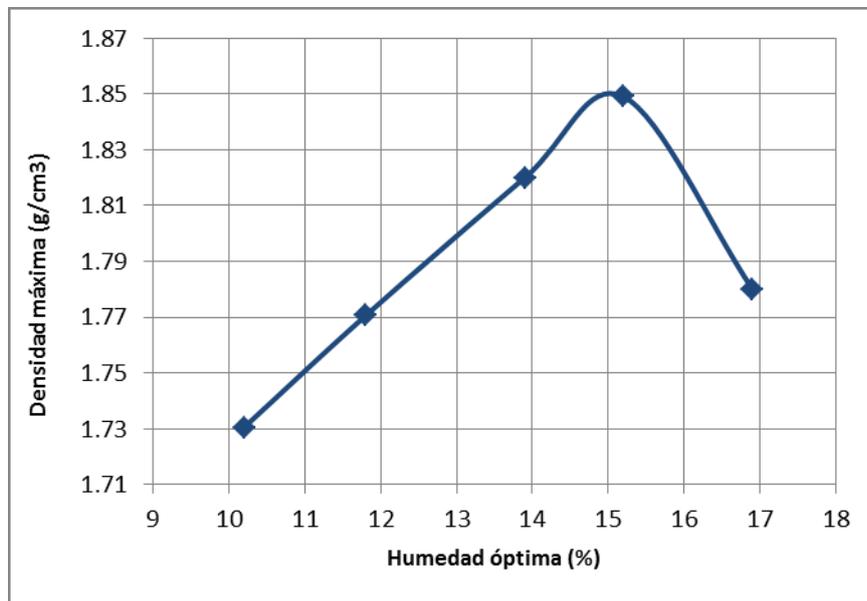
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	HUMEDAD TOTAL (%)	4,60
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,8
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	15,0



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA (33%)  
FELDESPATO K (17%)  
DOLOMITA (16%)  
CUARZO (13%)  
PLAGIOCLASA (11%),  
FILOSILICATOS (8%)  
YESO (2%)

Nº DE MUESTRA: 30



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMUNIDAD AUTÓNOMA: CATALUÑA

PLANTA DE RCD: GESTIÓ DE TERRES I RUNES, S.A.

MUNICIPIO: BARCELONA

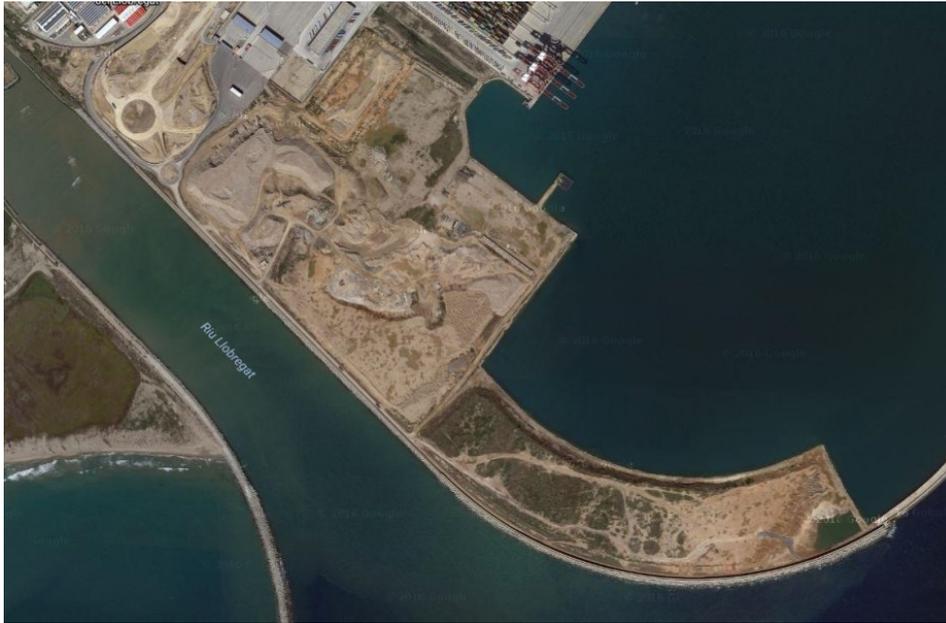
PROVINCIA: BARCELONA

COORDENADAS UTM (ETRS89)

X-UTM: 427797,72

Y-UTM: 4572788,52

Huso: 31



Fuente: Google Map

TIPOLOGÍA DE RCD: MIXTO-CERÁMICO



Muestra para análisis de la lixiviabilidad

Nº DE MUESTRA: 30



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA MUESTRA DE RCD (Orden AAA/661/2013)**

LIXIVIABILIDAD (UNE-EN 12457-4)			PARÁMETROS ORGÁNICOS		
PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca	PARÁMETROS	VALOR LÍMITE mg/kg de materia seca	VALOR MUESTRA mg/kg de materia seca
As	0,5	0,028	<b>COT</b> <sup>1</sup>	30.000	<b>68.000</b>
Ba	20	0,551	<b>BTEX</b> <sup>2</sup>	6	
Cd	0,04	<0,004*	<b>PCB</b> <sup>3</sup>	1	
Cr Total	0,5	0,155	<b>Aceite mineral</b> <sup>4</sup>	500	
Cu	2	0,165	<b>HPA</b> <sup>5</sup>	55	
Hg	0,01	<0,01*	<i>*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica</i> <i>**Todos los hidrocarburos BTEX se encuentra por debajo del nivel de detección de la técnica &lt; 0,01 para Benceno, Etilbenceno y Tolueno, y &lt; 0,02 para Xilenos (sumatorio). El valor &lt; 0,05 se corresponde con la suma total de todos estos límites de detección.</i>  <b>LABORATORIO DEL IGME</b> <sup>1</sup> COT (Carbono orgánico total).  <b>LABORATORIO LABAQUA</b> <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.)		
Mo	0,5	0,161			
Ni	0,4	0,018			
Pb	0,5	<0,004*			
Sb	0,06	0,222			
Se	0,1	0,019			
Zn	4	0,032			
Cloruro	800	27			
Fluoruro	10	< 0,5			
Sulfato	1.000	<b>1.520</b>			
Índice Fenol	1	< 0,005			
COD	500	61			
STD	4.000	2,176			
*Valor por debajo del nivel de detección de la técnica					
<b>LABORATORIO DEL IGME</b>					

**COMENTARIOS**

No se ha recogido muestra para análisis de parámetros orgánicos. La planta de tratamiento de RCD, incluye también un vertedero de inertes con importantes acopios de material de rechazo. En el mismo, se acopian importantes cantidades de material de rechazo pétreo procedente del precribado de residuos cerámico-mixtos.

**INFORMACIÓN GEOQUÍMICA COMPLEMENTARIA**

**DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (ppm) POR FRX**

Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y
2,47	2,73	1,5	2,41	1,01	1,35	0,55	0,54	1,00	2,68	1,00	0,80	0,39	0,40	0,48
16,8	51,5	28,5	4,8	16,0	34,5	141,0	7,9	<LD	11,1	<LD	3,5	58,4	253,0	13,4

Zr	Nb	Mo	Ag	Cd	Sn	Sb	I	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Hf
0.46	1.00	1.00	6.00	10.00	2.10	2.37	3.95	6.00	8.41	5.08	10.0	6.10	7.23	2.87
87,1	6,2	1,3	<LD	<LD	6,3	5,1	6,7	7,1	1616,0	22,0	32,8	12,2	<LD	2,1

Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	Elemento
2.47	2.21	1.60	1.12	1.00	1.50	1.20	Límite de detección (LD)
<LD	<LD	<LD	89,2	<LD	5,7	<LD	Valor

Nº DE MUESTRA: 30



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



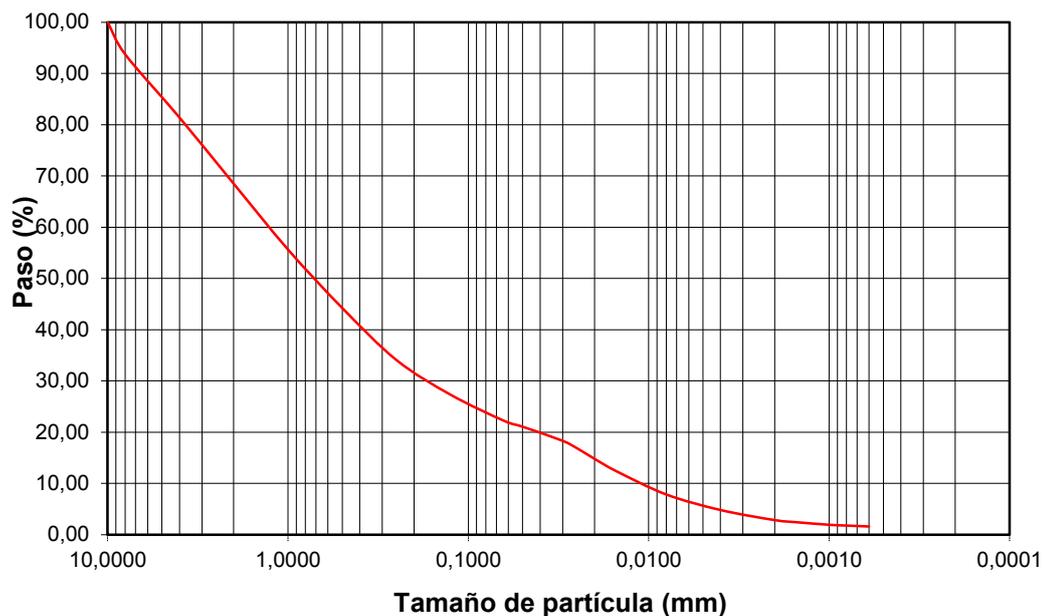
Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE RCD PARA RELLENOS**  
PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES (PG-3)

**GRANULOMETRÍA**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO Y SEDIGRAPH**



CERNIDO (%)	TAMIZ (mm)				
	20	10	2	0,40	0,08
	100	100	68	41	24

**PLASTICIDAD: LÍMITES DE ATTERBERG (UNE 103103)**

LÍMITE LÍQUIDO (LL)	--	LÍMITE PLÁSTICO (I <sub>p</sub> )	--	ÍNDICE PLASTICIDAD (IP)	No Plástico
---------------------	----	-----------------------------------	----	-------------------------	-------------

**ASIENTO EN ENSAYO DE COLAPSO (UNE 103406)**

ÍNDICE DE COLAPSO (I <sub>c</sub> ) en %	0,2	POTENCIAL PORCENTUAL DE COLAPSO (I <sub>pc</sub> ) en %	0,2
SUELO COLAPSABLE (> 1%)	NO		

**ENSAYO DEL HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (UNE 103601)**

HINCHAMIENTO LIBRE (%)	No hincha	
SUELO EXPANSIVO (HINCHAMIENTO LIBRE > 3%)	NO	

**CONTENIDO EN:**

MATERIA ORGÁNICA (%) (UNE 103204)	0,90		
SALES SOLUBLES (%)	2,18	YESOS (%)	0,15

**CLASIFICACIÓN SUELO SEGÚN POSIBILIDADES DE USO PARA RELLENO**

Suelo marginal

Nº DE MUESTRA: 30



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

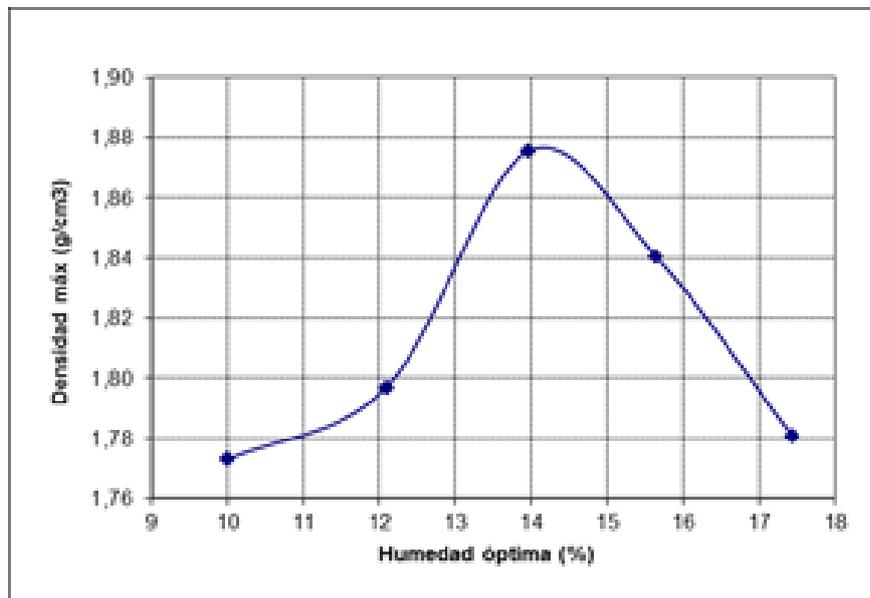
DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

**DENSIDAD REAL (picnómetro de helio. PTE-MI-004 Ed 0) Y HUMEDAD TOTAL (PTE-MI-007 Ed 0)**

DENSIDAD REAL (g/cm <sup>3</sup> )	2,67	HUMEDAD TOTAL (%)	3,48
------------------------------------	------	-------------------	------

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR NORMAL (UNE 103500)**

DENSIDAD SECA MÁXIMA (g/cm <sup>3</sup> )	1,9
HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN (%)	14,2



**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

**COMPOSICIÓN MINERALÓGICA**

**ESTIMACIÓN SEMICUANTITATIVA DE FASES CRISTALINAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

CALCITA (33%)  
FELDESPATO K (22%)  
CUARZO (18%)  
DOLOMITA (15%)  
PLAGIOCLASA (6%)  
FILOSILICATOS (5%)  
YESO (1%)

## **5. ANEXO II**

### **ENSAYOS GEOTÉCNICOS *IN SITU* EN EXPLOTACIONES DE ARCILLAS DE LA SAGRA (TOLEDO)**



# CANTERA VALANZANA



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

## RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE NO DRENADA DE CAMPO CON PENETRÓMETRO (kg/cm<sup>2</sup>)

P1 Base	P1 Talud	P2 Base	P2 Talud	P3 Base	P4 Base	P5 Base	P6 Talud Limos	P6 Talud Arenas
2.78	4.64	> 5.45	5.18	1.50	4.36	2.73	> 5.45	4.77
2.18	2.73	> 5.45	> 5.45*	1.23	> 5.45	2.32	> 5.45	> 5.45
1.09	4.36	> 5.45	> 5.45*	1.50	3.82	2.18	> 5.45	5.18
1.64	3.00	> 5.45	5.18	2.18	4.91	3.14	> 5.45	3.55
2.45	4.91	4.91	4.64	1.09	5.05	2.32	> 5.45	> 5.45
2.73	4.91	5.35*	4.50	1.50	4.64	1.77	5.45*	4.88*
2.15	2.18		5.07*	1.64	5.18	2.45		
2.18	4.09			1.23	5.18	1.23		
3.00	3.95			1.23	> 5.45	2.18		
1.36	4.36			1.23	3.55	2.45		
1.64	3.91			1.43	4.76*	2.28		
2.11								

\*Los valores > 5.45 han sido considerados a la hora de hacer la media dado que son indicativos de la presencia de un material de alta resistencia (pese a no proporcionar un valor exacto al quedar fuera de escala).

## RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA EN CAMPO CON VANE TEST (kg/cm<sup>2</sup>)

P1 Base	P1 Talud	P2 Base	P2 Talud	P3 Base	P4 Base	P5 Base	P6 Talud Limos	P6 Talud Arenas
0.44	0.29	0.25	0.19	0.51	0.28	0.19	0.39	0.22
0.25	0.11	0.29	0.11	0.53	0.25	0.29	0.25	0.22
0.39	0.15	0.29	0.12	0.52	0.29	0.17	0.37	0.15
0.39	<b>0.18</b>	<b>0.28</b>	0.22	<b>0.52</b>	<b>0.27</b>	0.21	0.35	<b>0.20</b>
<b>0.36</b>			<b>0.16</b>			<b>0.21</b>	<b>0.34</b>	



Figura 1. Localización de los ensayos de resistencia al corte y compresión simple en la cantera de arcilla de Valanzana



**Figura 2. Puntos donde se realizaron los ensayos de compresión simple y de corte *in situ* en la cantera Valanzana**

<b>RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE NO DRENADA DE CAMPO CON PENETRÓMETRO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
P1	P2	P3	P4 (Talud)	P5
4.91	1.77	4.77	> 5.45	2.73
5.32	1.80	2.59	> 5.45	3.55
5.35	1.36	2.32	> 5.45	3.14
> 5.45	1.64	4.91	> 5.45	3.95
5.32	2.15	2.05	> 5.45	4.50
> 5.45	1.64	3.41	> 5.45	5.18
> 5.45	0.82	5.32	> 5.45	4.50
5.29	1.91	3.82	> 5.45	4.50
> 5.45	2.32	3.82	> 5.45	4.36
4.36	1.23	4.50	> 5.45	4.09
<b>5.24*</b>	<b>1.66</b>	<b>3.75</b>	<b>5.45*</b>	<b>4.05</b>

\*Los valores > 5.45 han sido considerados a la hora de hacer la media dado que son indicativos de la presencia de un material de alta resistencia (pese a no proporcionar un valor exacto al quedar fuera de escala).

<b>RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA EN CAMPO CON VANE TEST (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
P1	P2	P3	P4 (Talud)	P5
0.57	0.39	0.45	0.90	0.50
0.50	0.48	0.63	0.83	0.44
0.57	0.50	0.48	1.16	4,6
<b>0.55</b>	<b>0.45</b>	<b>0.74</b>	<b>0.96</b>	<b>0.51</b>



Figura 3. Localización de los ensayos de compresión simple y de resistencia al corte *in situ* en la cantera La Paloma II

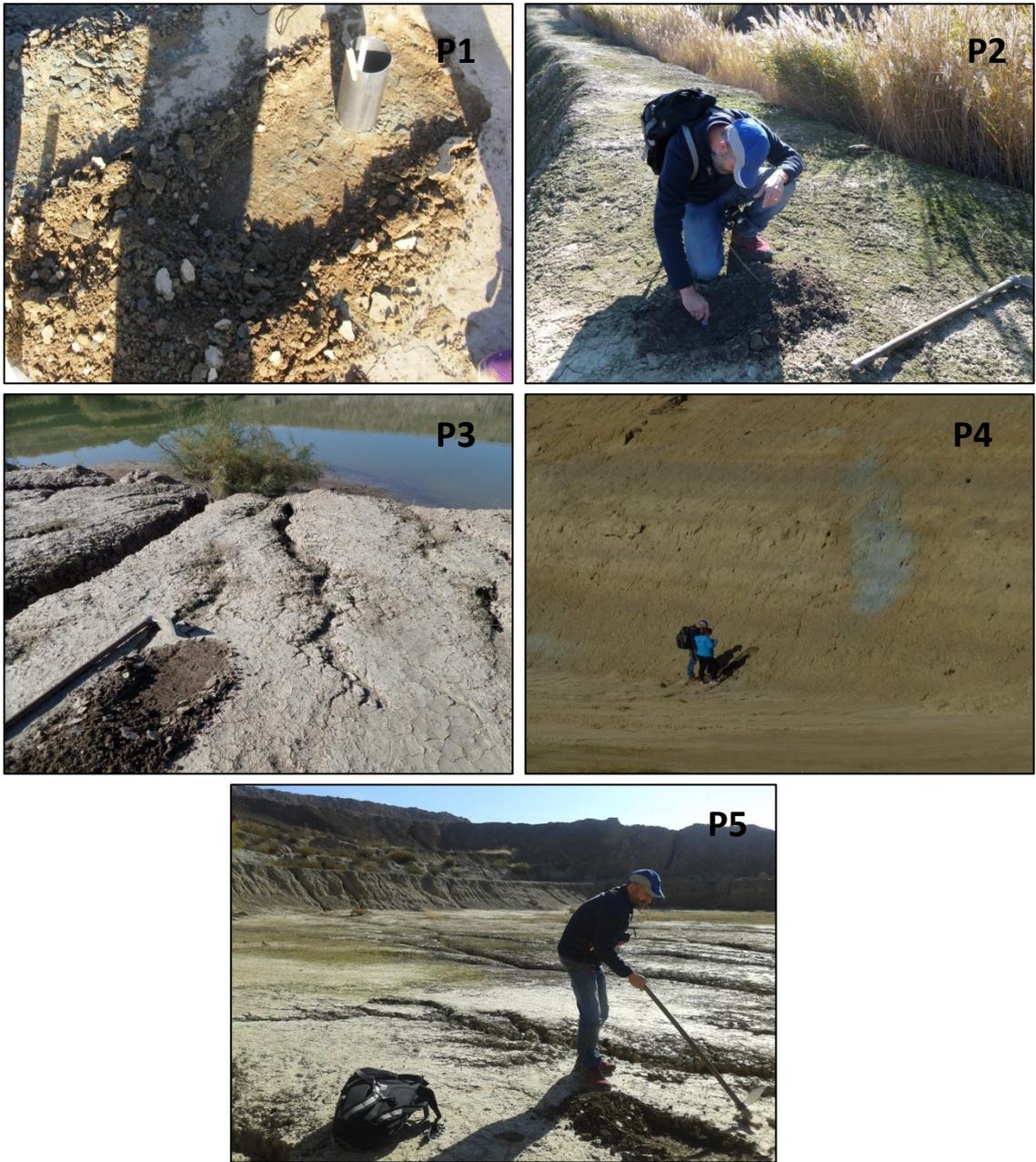


Figura 4. Puntos donde se realizaron los ensayos de compresión simple y de corte *in situ* en la cantera La Paloma II

## METODOLOGÍA



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA  
Y COMPETITIVIDAD

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Instituto Geológico  
y Minero de España

DIRECCIÓN GENERAL  
DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL  
Y MEDIO NATURAL

### MARCO TEÓRICO

Los parámetros geotécnicos más representativos de la estabilidad de un talud se basan en el principio general planteado por la ecuación Morh-Coulomb:

$$\tau = C + \sigma \tan \Phi$$

Donde  $\tau$  es la resistencia al esfuerzo cortante;  $C$  es la cohesión;  $\sigma$  es la resistencia a la compresión simple;  $\Phi$  es el ángulo de rozamiento interno. Esta fórmula fue posteriormente modificada por Terzaghi en aras de incluir el parámetro de presión de poro o intersticial ( $u$ ) en la fórmula dando lugar al concepto de esfuerzos efectivos:

$$\tau = C + \sigma_i \tan \Phi$$

Siendo:

$$\sigma_i = (\sigma - u) \quad \text{ó} \quad \sigma = \sigma_i + u$$

Donde  $\sigma$  es la resistencia a la compresión simple (total);  $\sigma_i$  es la resistencia a la compresión simple efectiva (intergranular);  $u$  es la resistencia ejercida por la presión de poro o intersticial.

La aplicación de una carga a un suelo arcilloso en condiciones de saturación presenta en primera instancia un incremento de la presión de poro o intersticial ( $u$ ). Conforme la permeabilidad del material lo posibilita, esta presión se disipa (por migración de un volumen de agua a favor del gradiente generado por la sobrepresión), para que paulatinamente las partículas del suelo ( $\sigma_i$ ) asuman progresivamente la carga aplicada. En el estadio final, la totalidad de la carga es soportada por las partículas del suelo, quedando la tensión intersticial en equilibrio ( $u=0$ ) por lo que se cumplirían las condiciones de la primera ecuación.

No obstante, durante la fase transitoria en la cual la presión intersticial cuenta con un valor superior a la correspondiente a la situación de equilibrio, puede darse el caso que dicha presión intersticial iguale el valor de la presión total ( $\sigma = u$ ), resultando en consecuencia que el valor de la presión efectiva ( $\sigma_i$ ) sea nulo. Esto es algo característico de la fase transitoria de las arcillas saturadas dado que su permeabilidad resulta baja. Sin embargo, las características composicionales de las arcillas hacen que estas presenten cierta cohesión que permite considerar que el terreno presenta aún cierta resistencia. A dicha cohesión en situación de no drenaje se la denomina cohesión no drenada ( $C_u$ ) que coincidiría con la resistencia al esfuerzo cortante no drenado ( $\tau_u$ ).

Para los materiales arcillosos el parámetro clave que rige su comportamiento es la cohesión, asumiéndose generalmente valores nulos para el ángulo de rozamiento interno ( $\Phi = 0$ ). En la fase transitoria tendremos, por tanto:

$$C_u = \tau_u$$

### REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS Y OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS

#### Ensayo Penetrómetro de bolsillo

La prueba consiste en colocar la punta del penetrómetro ortogonalmente sobre la superficie del terreno a medir y presionar. Al presionar el penetrómetro contra dicha superficie, la punta se encuentra con la resistencia de la fuerza de la tierra. El muelle es comprimido por esta fuerza. El anillo se desliza y nos muestra en la escala la fuerza máxima que ha encontrado. La escala ha sido calibrada de tal manera que la resistencia a la penetración que se ha encontrado puede leerse en él de inmediato. El penetrómetro de bolsillo nos proporciona directamente el valor de la resistencia a la compresión simple en condiciones no drenadas ( $q_u$ ).

#### Ensayo Vane-Test

La prueba consiste en hincar en el suelo que se desea examinar una veleta ("vane") de cuatro cuchillas ortogonales y proceder a girarla. Al girarla el suelo ofrecerá una resistencia sobre un muelle instalado en el interior del aparato que está vinculado a una escala que mide la resistencia a la torsión del mismo hasta que el suelo rompa, momento en que el muelle queda liberado, quedando registrado el máximo esfuerzo registrado en la escala. Se deberá por tanto medir el valor de torsión necesario para provocar la rotura del terreno. El vane-test de bolsillo nos proporciona directamente el valor de la resistencia al esfuerzo cortante en condiciones no drenadas ( $\tau_u$  o también denominada  $S_u$ ).

**OBTENCIÓN DE LA COHESIÓN ( $C_u$  máx)**

Como se ha explicado anteriormente, en ausencia de drenaje, el valor de cohesión no drenada ( $C_u$ ) se asume coincidente con el valor de resistencia al corte no drenada ( $S_u$ ), por lo que la obtención de este parámetro es directa.

Adicionalmente se ha realizado el cálculo de  $C_u$  a través de la metodología de Bucchi (1972).

La metodología de Bucchi (1972) se apoya en una sólida base experimental y se fundamenta en aportar un valor de  $C_u$  a partir del valor de resistencia a la compresión simple ( $q_u$ ) aportado por un penetrómetro, asumiendo que se testa una arcilla saturada en fase transitoria (condiciones no drenadas) a partir de la siguiente relación:

$$q_u = 7.41 \cdot C_u$$

Hay que considerar que el material podría no hallarse en condiciones de completa saturación y que puede presentar cierto contenido de material granular. Esto implicaría que los valores de cohesión obtenidos han de ser máximos, o dicho de otro modo, que el valor real de la cohesión del material podría resultar menor debido a que parte de la responsabilidad del esfuerzo cortante podría recaer sobre la estructura particular del suelo.

Los valores han sido convertidos a kPa ( $1\text{kg/cm}^2 = 98.1\text{ kPa}$ ) por ser una unidad de uso más habitual para este tipo de parámetro geotécnico.

<b>VALANZANA</b>	<b>Resistencia a la compresión simple <math>q_u</math> (kPa) - Penetrómetro</b>	<b>Resistencia al esfuerzo cortante <math>S_u</math> (kPa) ó Cohesión <math>C_u</math> (kPa) - Vane-test</b>	<b>Cohesión <math>C_u</math> (kPa) - Bucchi (1972)</b>
Base P1	513.69	53.53	69.32
Base P2	163.20	44.60	22.02
Base P3	367.88	72.30	49.65
Talud P4	535.09	94.24	72.21
Base P5	397.31	47.12	53.62

<b>LA PALOMA II</b>	<b>Resistencia a la compresión simple <math>q_u</math> (kPa) - Penetrómetro</b>	<b>Resistencia al esfuerzo cortante <math>S_u</math> (kPa) ó Cohesión <math>C_u</math> (kPa) - Vane-test</b>	<b>Cohesión <math>C_u</math> (kPa) - Bucchi (1972)</b>
P1 Base	206.90	35.75	27.92
P1 Talud	383.93	17.99	51.81
P2 Base	524.39	26.98	70.77
P2 Talud	497.19	15.65	67.10
P3 Base	140.46	50.90	18.96
P4 Base	466.87	26.62	63.00
P5 Base	223.40	20.91	30.15
P6 Talud Limos	535.09	33.32	72.21
P6 Talud Arenas	478.91	19.42	64.63