

**Arenas
RECICLADAS PARA
Infraestructuras
SOSTENIBLES**

Realiza



Impulsa



AGENCIA DE INNOVACIÓN
Y DESARROLLO ECONÓMICO
DE VALLADOLID



ECONOMÍA CIRCULAR
EN VALLADOLID

Colabora



CONTENIDO

- Introducción.....6
- Grano a grano..... 6
- 2: Estado del arte.....9**
- 2.1 Producción y proporción de arenas procedentes de RCD.....10
- 2.2 Stock de arena reciclada (OFERTA).....10
- 2.3 Consumo actual de arena reciclada en Valladolid (demanda).....12
- 2.4 Objetivos de consumo de arenas recicladas en Valladolid.....12
- 3: Estudio y caracterización de la arena reciclada.....13**
- 3.1 Definición.....14
- 3.2 Materiales.....14
- 3.3 Características.....14
- 3.4 Procedencia.....14
- 3.5 Designación los distintos productos reciclados, teniendo en cuenta su origen, los componentes y la aplicación a la que van destinados.....15
- 3.6 Categorías por calidad de árido reciclado.....15
- 3.7 Ensayos necesarios respecto a la normativa técnica exigible, para caracterizar los productos reciclados.....15
- 3.8 Proceso de valorización óptimo de los RCD.....15
- 4: Redacción de las especificaciones técnicas.....18**
- 4.1 Cama de tubería (arena reciclada).....19
- 4.2 Arena para hormigón no estructural (árido de hormigón reciclado para soleras, prefabricados de bordillos, adoquines, cunetas, bajantes, pantallas acústicas.....).....19
- 4.3 Zanjales de servicios para abastecimiento, electricidad, en jardines, bajo aceras o en zonas

- pavimentadas con arena reciclada o material drenante.....20
- 4.4 Terraplenes y rellenos con arena o suelo reciclados tolerable.....21
- 4.5 Explanadas para uso vegetativo.....23
- 4.6 Relleno de trasdós de muro para muros de contención o muro de sostenimiento. Con arena reciclada o material drenante.....25
- 4.7 Grava reciclada procedente de RCD para uso como rellenos bajo solera / subbases de pavimentos peatonales con arena reciclada o drenante, entre otros.....25
- 5. Ensayo de conformidad.....27**
- 5.1 Determinación del contenido de metales en el lixiviado.....28
- 5.2 Determinación del contenido de fluoruros, cloruros y sulfatos en el lixiviado.....28
- 5.3 Ensayo de percolación.....29
- 6. Conclusiones.....40**
- 6.1 Objetivos del trabajo..... 48
- 6.2 Sostenibilidad y economía circular..... 48
- 6.3 Capacidad de producción de áridos RCD en Valladolid..... 49
- 6.4 Calidad de las arenas y piñón RCD para camas de tuberías y relleno de zanjales.....49
- 6.5 Ventajas del empleo de áridos RCD frente a los naturales como camas de tuberías y rellenos de zanjales.....50
- 6.6 Desventajas del empleo de áridos RCD frente a los naturales como camas de tuberías y rellenos de zanjales.....50
- 6.7 Conclusión.....51
- Legislación aplicable.....53
- Reportaje fotográfico.....55

GRANO A GRANO



INTRODUCCIÓN

“Grano a Grano”

El sector de la construcción es el que produce el mayor flujo de residuos de la Unión Europea (UE) en términos de toneladas. Es por eso que la Comisión Europea presentó en 2015 un Plan de Acción para una economía circular cuyo objetivo es convertir a Europa en una sociedad más eficiente en el uso de los recursos, que produzca menos residuos, y que utilice como recurso aquellos que no puedan ser evitados, siempre que sea técnica y económicamente posible, con la máxima garantía para la salud y el medio ambiente. **Se trata de sustituir una economía lineal** basada en extraer, producir, consumir y tirar, por una **economía circular donde convertir un residuo en un recurso tras su tratamiento**. En este planteamiento la reducción, la reutilización, el reciclaje o la valorización material de los residuos constituyen procesos esenciales.

Es en este sentido que una correcta gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) mediante su correcta limpieza y valorización permite producir un árido reciclado de calidad que contribuye a fomentar en el sector de la construcción la economía circular en una doble vertiente: Primero reduce el consumo de recursos naturales no renovables y en segundo lugar introduce en el ciclo de vida de los productos de construcción unos áridos con las mismas características o mejores que los áridos naturales garantizando la protección del medio ambiente.

La legislación, tanto europea como española exige una tasa de reciclado de residuos de construcción y demolición muy superiores a las que actualmente se ejecutan. Para que se incremente el empleo de áridos reciclados de las obras se precisa principalmente.

- **Disponer de una normativa** autonómica específica de caracterización y empleo de áridos reciclados.
- **Compromiso por parte de las plantas de Gestión y Tratamiento de RCD que garantice la producción una calidad declarada** y los requisitos técnicos legales para el uso que se destinen.
- **Apoyo por parte de la Administración, en la inclusión en los pliegos de contratación el uso de estos materiales en preferencia de los recursos naturales** (Prefacio RD 105/2008). También en la disposición adicional segunda del RD en el apartado:
 2. Las administraciones públicas fomentarán que en las obras públicas se contemple en la fase de proyecto las alternativas que contribuyan al ahorro en la utilización de recursos naturales, en particular mediante el empleo de unidades de obras de áridos y otros productos procedentes de la valorización de residuos.
 3. En la contratación pública se fomentará la menor generación de residuos de construcción y demolición, así como la utilización de las unidades de obra de áridos y otros productos procedentes de valorización de residuos

El Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022 (PEMAR), indica establecer un **Acuerdo Marco Sectorial para impulsar la utilización de áridos reciclados procedentes de RCD** en obras de construcción a través de la introducción de criterios de la **contratación pública** que incluya porcentajes mínimos de uso de material reciclado en obra pública, así como en obras privadas. Así se propone la inclusión, siempre que sea posible **de un porcentaje mínimo del 5%**. En este acuerdo podrán participar los siguientes departamentos de la administración General del Estado: Ministerio de Fomento, Ministerio de Industria y Energía y Turismo, Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), en colaboración con otras autoridades competentes autonómicas y locales, con las asociaciones empresariales sectoriales y constructoras para promover el uso de árido reciclado.

Se establecen los siguientes objetivos cuantitativos específicos sobre RCD orientados al objetivo final previsto en la Directiva Marco de Residuos para este flujo de residuos

| | 2016 | 2018 | 2020 |
|---|------|------|------|
| % mínimo de RCD no peligrosos destinados a la preparación para la reutilización, el reciclado y otras operaciones de valorización (con exclusión de las tierras y piedras limpias). | 60 | 65 | 70 |
| % máximo de eliminación de RCD no peligrosos en vertedero. | 40 | 35 | 30 |
| % mínimo de tierras y piedras limpias (LER 17 05 04) utilizadas en obras de tierra y en obras de restauración, acondicionamiento o relleno. | 75 | 85 | 90 |
| % máximo de eliminación de tierras y piedras limpias (LER 17 05 04) en vertedero respecto del volumen total de materiales naturales excavados | 25 | 15 | 10 |

En el Plan Integral de Residuos de Castilla y León (PIRCYL) establece una serie de objetivos a alcanzar, entre los que se encuentra el conseguir la máxima recuperación de los materiales que componen los RCD con objeto de introducirlos en el mercado como productos de valor añadido, en sustitución de materiales naturales. Para alcanzar esta meta establece como objetivos específicos:

- Fomento de los materiales secundarios para los productos obtenidos del tratamiento de RCD, aumentando su destino como sustitución de los áridos naturales.

El PIRCYL, desarrolla una serie de líneas de actuación, entre las que se encuentra la línea:

- RCD02: Impulso de la valorización de Residuos de Construcción y Demolición. Esta línea contempla medidas destinadas al fomento de la utilización de áridos reciclados.

En esta línea se está desarrollando “*Estudio de los requisitos técnicos y legales para la utilización de los áridos reciclados procedentes de la valorización de Residuos de Construcción y Demolición*”. El objetivo de este estudio es contar con bases técnicas y normativas para impulsar el uso de áridos reciclados en el ámbito público y privado como sustitutivo de los áridos naturales.

La realización de este proyecto Grano a Grano contribuye a desarrollar la investigación de innovar en las aplicaciones y usos que se les pueden dar a los áridos reciclados en los empleos mas comunes como son las camas de tubería o el relleno de zanjas con material drenante.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Producción y proporción de arenas procedentes de RCD.

En la tabla 2.1.1 se muestra los datos recogidos por la Junta de Castilla y León en materia de evolución de valorización y eliminación de RCD para la provincia de Valladolid en el periodo comprendido 2015-2017.

Tabla 2.1.1. Evolución de la entrada en plantas de tratamiento de RCD pétreos en la provincia de Valladolid durante el periodo comprendido 2015-2019. Fuente: Memorias anuales de gestión de residuos presentadas por los titulares de las plantas de tratamiento.

| AÑO | Entradas en pantas de tratamiento de RCD (t) | Entradas en plantas de tratamiento de RCD no pétreo (plásticos, metales, vidrios,) (t) | Áridos reciclados empleados en obra (t) | Código LER 19.12.09 empleado en restauración (t) |
|-------------------|--|--|---|--|
| 2015 | 193.717,22 | 4.180,03 | 54.388,39 | 0 |
| 2016 | 191.158,25 | 6.151,79 | 78.281,1 | 0 |
| 2017 | 248.371,87 | 3.836,52 | 117.340,08 | 872,96 |
| 2018 | 254.215,82 | 3.657,19 | 153.638,50 | 299,30 |
| 2019 | 353.523,75 | 4.667,73 | 241.781,22 | 506,80 |
| Media del periodo | 248.197,38 | 4.498,65 | 129.085,86 | 559,69 |

Se estima que el 25% de las Entradas de RCD en Plantas de Tratamiento se pueden destinar a elaborar arenas recicladas. En estos últimos 5 años la cantidad de arenas que pueden estar acopiadas en Planta de Tratamiento puede alcanzar 310.000 toneladas

2.2 Stock de arena reciclada (OFERTA). En la tabla 2.3.1 se han puesto de manifiesto el stock disponible en el año 2017

en la provincia de Valladolid. En el grafico 2.3.1 se muestra el stock de RECSO para el periodo comprendido 2017-2019.

Tabla 2.3.1 Stock disponible de áridos reciclados durante el 2017 en la provincia de Valladolid. Fuente: Datos proporcionados por AGERDCYL

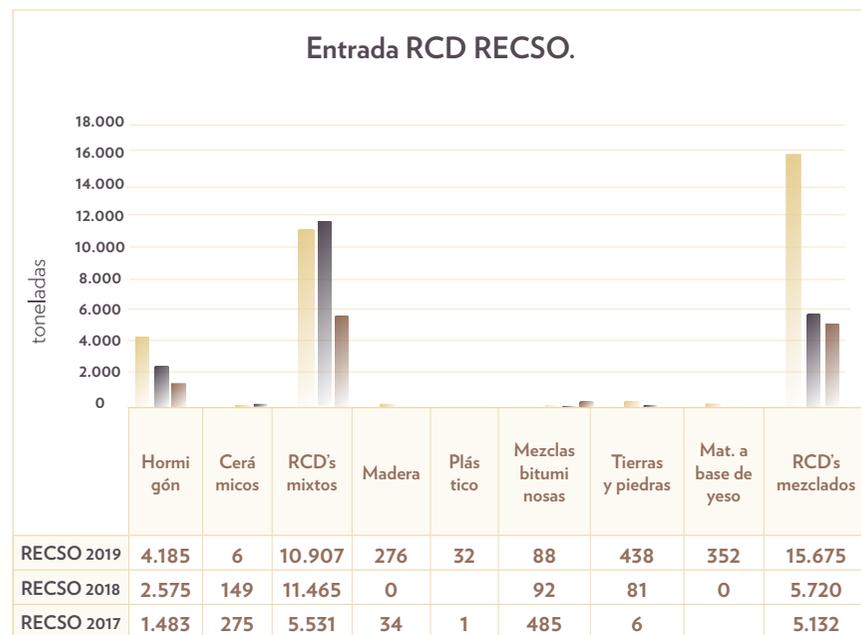
| ÁRIDO RECICLADO | Agerdcyl (t) | Otras (t) | |
|-----------------------------------|----------------|---------------|------------------|
| Árido reciclado de hormigón | 27.350 | 10.940 | |
| Árido reciclado de mixto cerámico | 129.883 | 51.953 | |
| Árido reciclado de suelos | 6.612 | 2.645 | |
| Total | 163.845 | 65.538 | 229.383 t |

Gráfico 2.3.1. Stock de áridos reciclados disponibles en RECSO



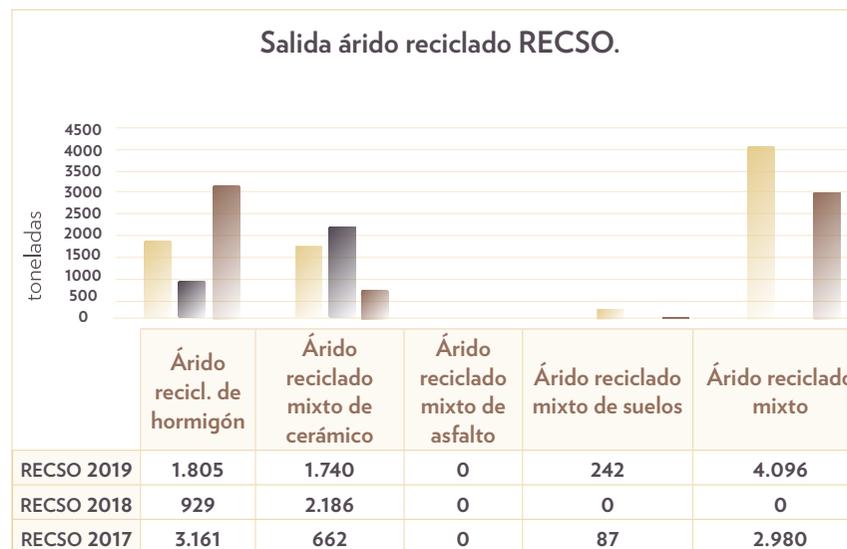
Con los datos expuestos podemos concluir que RECSO posee un stock suficiente para abastecer las necesidades del mercado.

Gráfico 2.3.2 Entrada RCD para el periodo 2017-2019 RECSO.



●RECSO 2019 ●RECSO 2018 ●RECSO2017

Gráfico 2.3.3 Salida árido reciclado para el periodo 2017-2019 RECSO.



●RECSO 2019 ●RECSO 2018 ●RECSO2017

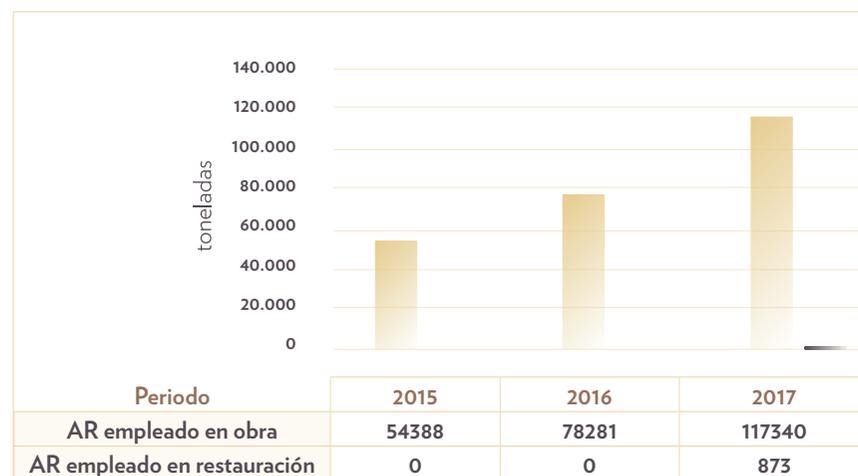
En los gráficos 2.3.2 y 2.3.3 se pone de manifiesto la entrada y salida de RCD y la salida de árido reciclado para el periodo comprendido 2017-2019, por tanto, podemos concluir que RECSO está ante una situación de capacidad de producción en crecimiento.

2.3 Consumo actual de arena reciclada en Valladolid (DEMANDA).

El consumo vendrá definido por la demanda requerida por el ayuntamiento de Valladolid para las actividades descritas en el punto 2.4.

En el gráfico 2.3.1 se observa la evolución del consumo de áridos reciclados en la provincia de Valladolid. Se puede concluir, por tanto, que existe un incremento año tras años en el consumo de este tipo de áridos.

Gráfico 2.4.1. Consumo de áridos reciclados en la provincia de Valladolid. Fuente: Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León



• AR empleado en obra • AR empleado en restauración

2.4 Objetivos de consumo de arenas recicladas en Valladolid.

Los objetivos serán los definidos a continuación:

- Cama de tubería (arena reciclada).
- Arena para hormigón no estructural (árido de hormigón reciclado para soleras, prefabricados de bordillos, adoquines, cunetas, bajantes, pantallas acústicas...).
- Zanjas de servicios para abastecimiento, electricidad, en jardines, bajo aceras o en zonas pavimentadas con arena reciclada o material drenante.
- Explanadas para uso vegetativo.
- Relleno de trasdós de muro para muros de contención o muro de sostenimiento. Con arena reciclada o material drenante.
- Rellenos bajo solera / subbases de pavimentos peatonales con arena reciclada o drenante.
- Terraplenes y rellenos con arena o suelo reciclados tolerable.
- Cubiertas planas, arena reciclada drenante bajo sustrato vegetal.

3. ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE LA ARENA RECICLADA.

3.1 Definición.

Se define como arena reciclada a la fracción de material fino que se obtiene por cribado de la trituración de residuos de construcción y demolición. El empleo de estas arenas es el mismo que el de arenas naturales o las procedentes de trituración de rocas de graveras o canteras.

La arena reciclada es uno de los materiales habituales que se preparan en las plantas de reciclado de RCD, esta arena luego es empleada en obras de construcción.

El uso más solicitado para este tipo de arenas es el lecho de asiento de tuberías.

3.2 Materiales.

NORMA UNE EN 13242:2003+A1:2008.

Los áridos empleados en construcción deberían cumplir con todos los requisitos de esta norma europea. El mandato M/125 "Áridos" incluye áridos reciclados y algunos materiales de procedencia nueva o no habitual, así como los áridos naturales y artificiales. Los áridos reciclados se incluyen en la norma UNE EN 13242:2003+A1, existiendo para ellos normas de métodos de ensayo específicas.

Lo dispuesto en el artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en:

- El reglamento europeo de productos de construcción N.º 305/2011.
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008.

3.3 Características.

El objeto de estudio no requiere un marcado CE, no obstante, este marcado resulta de relevada importancia debido a la procedencia de los materiales reciclados. Con este marcado se garantiza una homogeneidad asegurando así la calidad de este. Por todo lo expuesto se recomienda que para todos los materiales reciclados que se disponga de su correspondiente marcado CE.

Estos materiales no son susceptibles de procesos de meteorización, alteración física o química bajo condiciones desfavorables. Tampoco presentan alteraciones con el agua o disoluciones, al igual que no producen contaminación en suelo o corrientes de agua subterráneas.

3.4 Procedencia.

El material procede de la planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición RECSO S.L., tanto la instalación como el gestor están autorizados por la administración competente para el tratamiento de estos residuos.

3.5 Designación los distintos productos reciclados, teniendo en cuenta su origen, los componentes y la aplicación a la que van destinados.

Los 4 tipos de arena ensayados proceden de Machaqueo-Molienda-Cribado a 0-8 de los siguientes materiales:

- **Arena Mixta**
- **Arena 1º de cribado**
- **Arena de Hormigón**
- **Arena de Hormigón +**

3.6 Categorías por calidad de árido reciclado.

Véase Anexo III tabla resumen resultados obtenidos de ensayo de arenas. Siguiendo los resultados obtenidos en los ensayos de áridos reciclados, podemos concluir lo expuesto en la tabla 3.6.1 para su uso como cama de tuberías.

Tabla 3.6.1 Resumen calidad de áridos reciclados obtenidos.

| | |
|---|---------------------|
| 1º Calidad | Arena de Hormigón |
| 2º Calidad | Arena de Hormigón + |
| No cumple todas normativas técnicas exigibles | Arena 1º de Cribado |
| No cumple todas normativas técnicas exigibles | Arena Mixta |

El árido reciclado de mejor calidad para su uso en cama de tuberías es la arena de hormigón.

3.7 Ensayos necesarios respecto a la normativa técnica exigible, para caracterizar los productos reciclados.

Se ha llevado a cabo ensayos para caracterizar las arenas recicladas con un fin último para su uso en cama de tuberías.

La normativa técnica empleada es:

- **UNE-EN 1744-5:2007**
- **UNE-EN 1744-1:2013**
- **UNE-EN 1744-1 Apdo. 10.2**
- **UNE-EN 933-8:2012+A1:2015/1M:2016**
- **UNE EN 933-1:2012**

En las tablas adjuntas expuestas en el proyecto, se muestra la normativa técnica exigible para cada uso distinto de las arenas recicladas.

3.8 Proceso de valorización óptimo de los RCD.

El tratamiento de los RCD no debe comenzar en la Planta de Tratamiento sino que debe ser considerado desde el estudio de la demolición. En la obra se tiene que realizar una correcta retirada de todos aquellos enseres que se encuentren en el edificio y posteriormente proceder a retirar aquellos elementos que puedan considerar como peligrosos: calderas, depósitos,

transformadores, bajantes y placas de uralita, Residuos y Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) así como, antenas que se puedan encontrar en el edificio. Posteriormente se retiran las partes metálicas como radiadores, ventanas y puertas, elementos de madera como ventanas, puertas, escaleras. Por último y una labor de gran importancia para no contaminar los RCD es retirar escayolas, molduras, falsos techos, yesos y pladur. Este es un material que encarece el precio de la gestión ya que luego tiene una ardua labor en planta para retirar los trozos uno a uno de forma manual. De esta forma se permite que el material que entra de obra sea en un 99% pétreo lo que permite abaratar los costes de gestión

3.8.1 Recepción y control de entrada en Planta. Lo primero es registrar el productor (origen) y constructor de la obra. Se realiza una inspección visual con la ayuda de una cámara motorizada con la que se efectúa un barrido superficial de la carga transportada. Se le asigna un código LER, se le pesa y se determina la tarifa en función del tratamiento a aplicar en cada caso.

3.8.2. Descarga y selección Primaria. Los RCD se descargan en un espacio cubierto y en una solera hormigonada perfectamente impermeabilizada denominada playa de descarga. En ella se procede a realizar una segregación con la ayuda de maquinaria equipada con una pinza de selección que retira aquellos elementos de gran volumen y separa aquellos elementos no pétreos como madera, plásticos, cartón, hierros, ...

3.8.3. Tratamiento de RCD. Una vez el material esta seleccionado se introduce en la Planta de Tratamiento a través de una tolva de alimentación que lo lleva hasta un “Tromel” donde se va a realizar el primer cribado separando aquellas fracciones de tamaño inferior a 4 centímetros. El siguiente paso es realizar una **limpieza de ligeros** a través un equipo de clasificación neumática

“Windshifter” que desarrolla un ciclón con el que segrega aquellos materiales de baja densidad como bolsas de plástico, pequeñas maderas, cartones, De aquí el material se pasa por un **separador de magnético** “Overband” que retira los elementos férricos y por último en **Cabina de Triage** en la que de cuatro a seis trabajadores realizan **clasificación manual y control de calidad** en el que se retiran uno a uno aquellos improprios; maderas, plásticos, cartón y metales no férricos que no hayan sido retirados con anterioridad y se presta especial atención a retirar los trozos de escayola, molduras, pladur y yeso que puedan venir con el material. Lo que nos da un material 100% pétreo listo para poder fabricar unos áridos reciclados de calidad.

3.8.4 Fabricación de Áridos Reciclados. Es mediante el proceso de trituración con maquinaria de machaqueo, molinos y cribas que da lugar la transformación de RCD en AR (áridos Reciclados) en diferentes granulometrías

Árido Reciclado Fino fracciones de 0-15 mm (Arenas)

- Relleno de canalizaciones
- Jardinería
- Compactación de Terraplenes
- Relleno y nivelación de terrenos
- Bacheo en caminos rurales

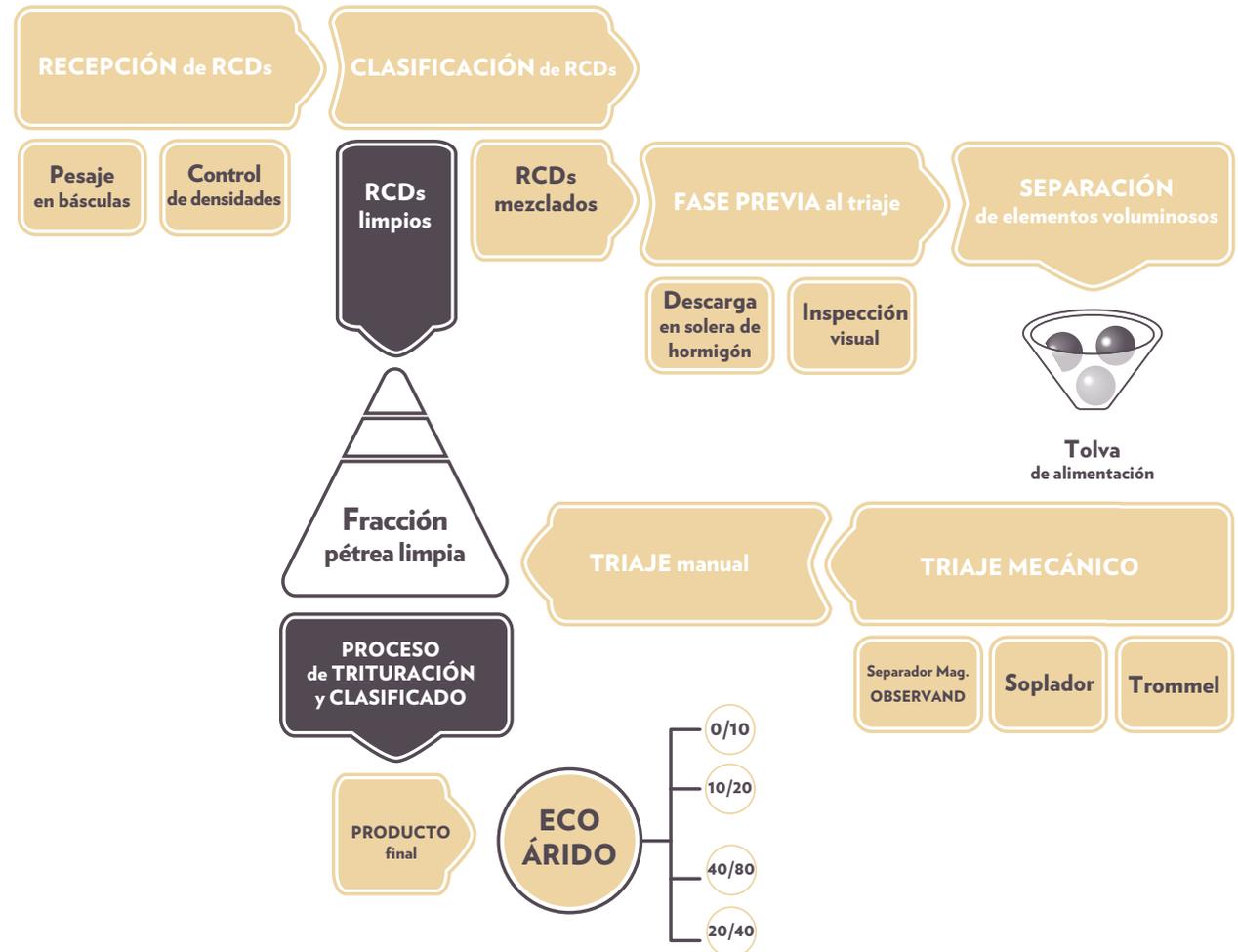
Árido Reciclado Mixto o de Hormigón

de 0-40 mm (Zahorra artificial)

- Bases y sub-bases
- Pistas forestales y carriles bici
- Rellenos y recebos

Árido Reciclado Grueso de 15-25, 25-40, 40-80 mm (Gravas)

- Base de pavimentación antes de hormigonar
- Redes de Drenaje
- Protección de cubiertas
- Trasdosados de Muros
- Zanjas
- Estabilización de Terrenos



Esquema 1 Funcionamiento planta RCD.

4. REDACCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para cada una de las aplicaciones designadas y estudiadas en la actividad anterior, se ha redactado una “ficha” con información referida a la normativa y consideraciones técnicas. Para llevar a cabo esta labor nos hemos apoyado en diferentes guías de recomendaciones usos de áridos reciclados.

4.1 Arena reciclada para su uso como cama de tubería.

En el caso de su empleo como lecho y envuelta de tuberías, las especificaciones que se solicitan para este material son las indicadas a continuación en la tabla 4.1.1.

Para la elaboración de estas especificaciones se ha tenido en cuenta:

Guía para la utilización de árido reciclado y recomendación para su compra.

Tabla 4.1.1. Especificaciones para el uso de arena como cama de tuberías.

| CAMA DE TUBERÍA | |
|--|-------------|
| Impurezas máximas (x) UNE-EN 933-11 | <1% |
| Azufre total (SO ₃) UNE-EN-1744-1 (Ap.12) | <1.5% |
| Sulfatos solubles en ácido UNE-EN 196-2 | <1% |
| Cloruros UNE-EN 196-2 | <0.1%(1) |
| Contenido en fino (<0.063mm) UNE-EN 933-1 | ≤10%-16%(2) |

| Diámetro y tipo de tubería | Tamaño máximo nominal de la arena (mm)UNE-EN 933-1 | |
|------------------------------------|--|---------|
| | Diam. Nominal(mm) tubería rígida | 100-150 |
| 150-300 | | - |
| 300-500 | | - |
| >550 | | - |
| Diam. Nominal(mm) tubería flexible | 100 | 10 |
| | 100-150 | 15 |
| | 150-300 | - |
| | 300-550 | - |
| | >550 | - |

(1) Exigible en el caso de que el material esté en contacto con tuberías de hormigón armado o de acero.

(2) Este porcentaje en finos podrá incrementarse hasta el 16 % siempre que el equivalente de arena (SE₄) según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-8 sea superior a 25.

El piego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará, en su caso, las limitaciones de la granulometría de la arena para el uso de cada unidad de obra.

4.2 Arena para hormigón no estructural (árido de hormigón reciclado para soleras, prefabricados de bordillos, adoquines, cunetas, bajantes, pantallas acústicas...).

Actualmente, la normativa vigente en España referente a hormigones en masa se recoge en la EHE-08, y solo considera el árido reciclado procedente del machaqueo del hormigón estructural.

Tabla 4.2.1. Especificaciones para el uso de arena para la elaboración de hormigón no estructural según EHE-08.

| Arena para hormigón no estructural EHE-08 | | |
|---|---|---------|
| Contenido en partículas < 4mm | | ≤ 5% |
| Contenido en terrones de arcilla | | ≤ 0, 6% |
| Absorción | | ≤ 7% |
| Impurezas | Material cerámico | ≤ 5% |
| | Partículas ligeras | ≤ 1 % |
| | Asfalto | ≤ 1 % |
| | Otros materiales (vidrio, plásticos, metales etc..) | ≤ 1 % |
| Cloruros | | ≤ 0,05 |
| Sulfuros solubles en ácido (SO ₃) | | ≤ 0,8 |
| Compuestos totales en azufre (SO ₃) | | ≤ 1% |
| Materia orgánica | Sulfuros | ≤ 0,1 % |
| | Aumento del tiempo de fraguado | < 120 |

| | | |
|--------------------------|--|-------------|
| | Disminución de la resistencia a compresión 28 días | < 20% |
| Reactividad álcali-árido | | No reactivo |

4.3 Zanjas de servicios para abastecimiento, electricidad, en jardines, bajo aceras o en zonas pavimentadas con arena reciclada o material drenante.

En la tabla 4.3.1 se muestran las especificaciones previstas para el uso de arena reciclada para cama de apoyo de fondo de zanjas siendo su uso previsto en abastecimientos, saneamientos y colectores.

Tabla 4.3.1 Características arena reciclada para su uso como apoyo de fondo de zanjas (abastecimiento, saneamientos y colectores).

| ARENA RECICLADA APOYO DE ZANJAS | |
|---|--------|
| Impurezas máximas UNE-EN-933-11 | < 1% |
| Azufre total (SO ₃) UNE-1744-1 Para ≥ 4 mm | < 1.5% |
| Sulfatos solubles en ácido (SO ₃) UNE-EN-1744-1 punto 12 | < 1% |
| Cloruros UNE-EN-1744-1 | < 0,1% |

| | | |
|--|--------|------|
| Contenido en finos (0,063 mm) UNE-EN-933-1 | ≤ 16 % | |
| Tamaño nominal máximo (diámetro nominal de tuberías rígidas y flexibles) UNE-EN-933-1 | 100 | ≤100 |
| Plasticidad UNE-103103/UNE-103104 | LL | < 30 |
| | IP | < 10 |

4.4 Terraplenes y rellenos con arena o suelo reciclados tolerable.

El Proyecto o, en su defecto, el director de las Obras, podrán especificar justificadamente valores mínimos, superiores a los indicados, de las densidades después de la compactación en cada zona de terraplén en función de las características de los materiales a utilizar y de las propias de la obra. Será de aplicación lo indicado en el apartado 330.6.1 del PG-3.

En los rellenos tipo terraplén se distinguirán **cuatro zonas**:

- **Coronación:** es la parte superior del relleno tipo terraplén, sobre la que se apoya el firme, son un espesor mínimo de dos tongadas y siempre mayor de cincuenta centímetros.
- **Núcleo:** es la parte del relleno tipo terraplén comprendida entre el cimiento y la coronación.
- **Espaldón:** es la parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente constituirá o formará parte de los taludes de este. No se considerarán parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno entre

los que se consideran, plantaciones, cubierta de tierra vegetal, enchachados protección anti-erosión etc.

- **Cimiento** es la parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Su espesor será mínimo de un metro.

Para la elaboración de estas especificaciones se ha tenido en cuenta:

Recomendaciones para la utilización de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) en firmes de viales de Málaga.

Desde el punto de vista de sus características intrínsecas los materiales se clasificarán en los siguientes tipos tablas: 4.4.1 y 4.4.2.

Tabla 4.4.1. Características de suelos seleccionados para terraplén y relleno con arena.

| SUELOS SELECCIONADOS | |
|--|---------------------|
| Contenido en materia orgánica UNE 103204 | < 0,2% - 2 % (1)(2) |
| Contenido en sales solubles en agua, incluido yeso NLT 114 | < 0,2 % - 2% (3) |
| Cernido por el tamiz 2 UNE | < 80% |
| Cernido por el tamiz 0,4 UNE | <75% |

| | |
|---|------|
| Límite líquido LL UNE 103103 | < 30 |
| Índice de plasticidad IP UNE 103103 Y UNE 103104 | <10 |

(1) Podrá ser < 1% en los casos que se deba a la presencia de RCD no bituminosos.

(2) < 2% en los casos que se deba a la presencia de residuos de materiales bituminosos procedentes del fresado de firmes asfálticos.

(3) $SS < 2\%$ siempre y cuando el contenido de yesos sea inferior al 2% según NLT 115. El contenido de sales solubles será aceptado en el intervalo descrito, ya que estos porcentajes pueden darse en el caso de presentar el suelo una gran proporción de residuos de hormigones. Se limita por tanto la presencia de residuos potencialmente más inestables como es el yeso.

Tabla 4.4.2. Características de suelos tolerables para terraplén y relleno con arena.

| SUELOS TOLERABLES | |
|--|-------|
| Contenido en materia orgánica UNE 103204 | < 2 % |
| Contenido en yeso NLT 115 | < 5 % |
| Límite líquido LL UNE 103103 | < 65% |
| Contenido en otras sales solubles distintas al yeso NLT 114 | < 4% |

| | |
|--|------|
| Si el límite líquido es superior a 40 el índice de plasticidad será menor al 73% del valor que resulta restar 20 al límite líquido $IP > 0,73 (LL - 20)$ | |
| Asiento de ensayo de colapso NLT 254 y UNE 103500 | < 1% |
| Hinchamiento libre UNE 103601 y UNE 103500 | < 3% |

Los suelos inadecuados serán por tanto:

- Los que no se puedan incluir en las categorías anteriormente descritas.
- Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos tales como tocones, ramas etc.
- Los que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen.

Estos suelos colocados en el terraplén no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua.

Estos suelos de reciclados cumplirán alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:

- Cernido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento ($20 > 70\%$), según UNE 103101.
- Cernido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual

del treinta y cinco por ciento (0,080 > 35 %), según UNE 103101.

La categoría de un material de reciclado se determina en base a los tipos de residuos que componen su fracción gruesa, lo que se determina de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11.

4.5 Explanadas para uso vegetativo.

En las tablas 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4 y 4.5.5 se recogen todas las recomendaciones técnicas para los áridos procedentes de residuos de construcción y demolición a utilizar como material granular en rellenos y explanaciones.

Tabla 4.5.1 Categorías de áridos utilizables y clases de uso.

| Categoría | Definición |
|-----------|--------------------------------------|
| ARH | Áridos reciclados de hormigón |
| ARMh | Áridos reciclados mixtos de hormigón |
| ARMc | Áridos reciclados mixtos cerámicos |

Tabla 4.5.2 Clases de uso para relleno según grado de exigencia técnica

| Clase | Aplicación |
|---------|--|
| Clase 1 | Suelos seleccionados para terraplenes y rellenos localizados |
| Clase 2 | Suelos adecuados para terraplenes y rellenos localizados |
| Clase 3 | Suelos tolerables para terraplenes |
| Clase 4 | Suelos marginales para terraplenes |
| Clase 5 | Rellenos localizados de material drenante |

Tabla 4.5.3 Condiciones granulométricas para los áridos reciclados.

| GRANULOMETRÍA UNE 103101 | |
|--------------------------|--|
| Clase/ aplicación | Granulometría – UNE 103101 |
| Clase 1 | Cernido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70% |
| Clase 2 | |
| Clase 3 | |
| Clase 4 | Cernido, o material que pasa, por el tamiz 0.080 UNE ≥ 35% |
| Clase 5 | Tamaño ≤ 76 mm. Cernido ponderal acumulado por el tamiz 0,080 UNE ≥ 5% |

Tabla 4.5.4 Composición de los áridos reciclados según norma EN 933-11.

| COMPOSICIÓN EN 933-11 | | | | | |
|-----------------------|--|-------------------------|---------------|--------------|-----------|
| Categoría | Cantidad de elementos (% del peso total) | | | | |
| | Ru (productos pétreos) | Rc(Hormigón y mortero) | Rb (Cerámico) | Ra (asfalto) | X (otros) |
| ARH | ≥90% | | ≤ 10% | ≤ 5% | ≤ 1% |
| ARMh | ≥70% | | ≤ 30% | ≤ 5% | ≤ 1% |
| ARMc | < 70% | | >30% | ≤ 5% | ≤ 1% |

Tabla 4.5.5 Requisitos técnicos para los áridos procedentes de residuos de construcción y demolición a utilizar como material granular en rellenos y explanaciones.

| REQUISITOS TÉCNICOS | CLASE/APLICACIÓN | | | | |
|---|--|--|-----------------------------|----------|----------|
| | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Clase 4 | Clase 5 |
| Granulometría UNE 103101 | Tabla 10 | Tabla 10 | Tabla 10 | Tabla 10 | Tabla 10 |
| Contenido en Materia orgánica UNE 103204 | <0.2 % o < 2 % para árido ARMa | <1% o <3 % para árido ARMa | <1 % o <3 % para árido ARMa | <5% | - |
| Contenido en sales solubles NLT 114 | < 0.2 (sales y yesos) o < 1, si contenido en yeso es < 1 | < 0.2 (sales y yesos) o < 1, si contenido en yeso es < 1 | <2% | - | - |
| Sulfatos solubles en agua | - | - | < 1% | - | - |
| Contenido en yeso NLT 115 | < 0.2 (sales y yesos) o < 1, si contenido en yeso es < 1 | < 0.2 (sales y yesos) o < 1, si contenido en yeso es < 1 | <5 % | - | - |
| Hinchamiento libre UNE 103601 | - | - | < 3% | < 5% | - |
| Composición UNE EN 933-1 | Tabla 11 | Tabla 11 | Tabla 11 | Tabla 11 | Tabla 11 |

| | | | | | | | |
|--|----------------------|------------|--|--|----------------------------------|-------------|---|
| Coefficiente de los Ángeles UNE-EN 1097-2 | | - | - | - | - | <45 | |
| Límite líquido UNE 103103 | | <30 | <40 | <65 | - | No plástico | |
| Plasticidad UNE 103104 | | <10 | Si LL>30, IP> 4 | Si LL>40, IP> 0.73 (LL-20) | Si LL>90, IP> 0.73 (LL-20) | No plástico | |
| Equivalente en arena UNE-EN 933-8 | | - | - | - | - | >30% | |
| CBR UNE 103502 | Terraplén | Núcleo | >3% | >3% | >3% | >3% | - |
| | | Cimiento | >3% | >3% | >3% | >3% | - |
| | | Coronación | >5% | >5% | >5% | >5% | - |
| | Rellenos localizados | | >10%, >20% en el caso de trasdós de obras de fábrica | >10%, >20% en el caso de trasdós de obras de fábrica | - | - | - |
| | Explanada | | > 10% o >20% | > 5% | > 3% | - | - |
| Densidad de compactación. Próctor modificado UNE 103501 | Coronación | 100% | 100% | 100% | - | >80% | |
| | Cimiento | >95% | >95% | >95% | - | >80% | |
| Asiento en ensayo de colapso NLT 254 | | - | - | <1% | - | - | |

4.6 Relleno de trasdós de muro para muros de contención o muro de sostenimiento. Con arena reciclada o material drenante.

Como relleno granular (zanjas, zapatas...), para trasdosados de muros y para drenajes. Dependiendo del tipo de trasdosado se utilizan áridos reciclados en sus distintos cortes: 160-350mm; 40-160mm, 40-80mm y/o 0/40mm.

4.7 Grava reciclada procedente de RCD para uso como Rellenos bajo solera / subbases de pavimentos peatonales con arena reciclada o drenante, entre otros.

Se define como grava reciclada a la fracción de material grueso que se obtiene por cribado de la trituración de residuos de construcción y demolición.

El empleo más solicitado de este tipo de áridos es la de material de alta capacidad drenante, por ello, las condiciones que a continuación se especifican se ajustan, principalmente, a dicho uso.

Para la elaboración de estas especificaciones se ha tenido en cuenta:

Guía para la utilización de árido reciclado y recomendación para su compra”

Tabla 4.7.1 Requisitos técnicos para grava reciclada procedente de RCD.

| REQUISITOS TÉCNICOS GRAVA RECICLADA DE RCD | | | |
|---|---|--|--------------------------------|
| Composición UNE-EN 9333-11 | | X | < 1% |
| | | FL | <2 cm ³ / kg (1) |
| Granulometría UNE-EN 933-1 | | Tamaño máximo | 80 mm |
| | | Pasante por el 0.063 mm | < 5% |
| Índice de lajas UNE-EN 933-3 | | | < 35 (2) |
| Condiciones de filtro (3) | Generales | a) F15/d85 (filtrante/capa a drenar) | <5 |
| | | b) F15/d15 (filtrante/capa a drenar) | >5 |
| | | c) F50/d50 (filtrante/capa a drenar) | <25 |
| | En limos y arenas finas | F15 | < 1mm |
| | En suelos cohesivos | Las condiciones a) y b) son sustituidas por F15 | < 0.4 mm >0.1 mm |
| Sistema previsto de evacuación de agua | Uso con tubos perforados | F85/ diámetro del orificio | >1 |
| | Uso con tubos con juntas abiertas | F85/apertura de la junta | >1.2 |
| | Uso con tubos de hormigón poroso | F85/d15 del árido del tubo | >0.2 |

| | | | |
|---|--|--------------------------------------|-------------|
| Sistema previsto de evacuación del agua | En drenaje por mechinales | F85/ diámetro del mechinal | >1 |
| Coeficiente de uniformidad | En rellenos drenantes localizados | Coeficiente de uniformidad | < 20 |
| | En drenes ciegos | Coeficiente de uniformidad (F60/F10) | < 4 |
| Plasticidad UNE 103103 Y UNE 103104 | | | No plástico |
| Equivalente de arena UNE EN 933-8 | | | >30 |
| Los Angeles UNE EN 1097-2 | Carga de tráfico igual o inferior a T4 | < 50 | |
| | Carga de tráfico T2 y T3 | < 45 | |

(1) Valores permitidos para material drenante reciclado según ensayo de composición. En los casos que la capa drenante sea cubierta por laminas u otros materiales susceptibles de ser punzonados por las gravas, su contenido en material cerámico será inferior al 30%.

(2) Valores propuestos para evitar que los materiales cerámicos con un elevado índice de lajas perforen los geotextiles.

(3) Los materiales drenantes estarán exentos de cumplir las condiciones de filtro en caso de utilizar un geotextil como elemento de separación y filtro.

5. ENSAYO DE CONFORMIDAD

La metodología utilizada es la descrita en la norma **UNE** en 12457-4.

5.1 Determinación del contenido de metales en el lixiviado

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)

De cara a la estimación del potencial contaminante del material, se ha tomado como referencia los niveles máximos exigidos a los 12 metales indicados por la Directiva de la Comisión Europea 2003/33/CEE (tabla 5.1).

Dicha directiva clasifica el material en función de su peligrosidad (**INERTE, NO PELIGROSO Y PELIGROSO**) basándose en los niveles de concentración presentes en el lixiviado. La tabla 5.1 recoge dichos niveles legales de peligrosidad en (mg/kg) de cada uno de los de los metales estudiados.

Tabla 5.1 Valores límite de aceptación mediante ensayo de lixiviación UNE-EN 12457-4 para L/S=0 l/kg (mg/kg de materia seca).

| Elemento | L/S=10 l/kg (mg/kg de materia seca) | | |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------|
| | Residuo inerte | Residuo no peligroso | Residuo peligroso |
| As | 0.5 | 2 | 25 |
| Cd | 0.04 | 1 | 5 |
| Cr total | 0.5 | 10 | 70 |
| Cu | 2 | 50 | 100 |
| Hg | 0.01 | 0.2 | 2 |
| Mo | 0.5 | 10 | 30 |
| Ni | 0.4 | 10 | 40 |
| Pb | 0.5 | 10 | 50 |
| Sb | 0.06 | 0.7 | 5 |
| Se | 0.1 | 0.5 | 7 |
| Zn | 4 | 50 | 200 |
| Ba | 20 | 100 | 300 |
| STD (2) | 4.000 | 60.000 | 100.000 |
| Índice de fenol | 1 | --- | --- |
| COD (3) | 500 | 800 | 1.000 |

5.2 Determinación del contenido de fluoruros, cloruros y sulfatos en el lixiviado.

Además de los 12 metales pesados, la Directiva de la Comisión Europea 2003/33/CEE incluye 3 aniones críticos cuyos valores límite de metales pesados permitidos (mg/kg).

En caso de estar presentes en el lixiviado en grandes cantidades ocasionaría problemas ambientales (Tabla 5.2). Valores límite de metales pesados permitidos (mg/kg).

Tabla 5.2 Valores límites de iones (mg/kg) según decisión del consejo 2003/33/CEE.

| Elemento | Residuo inerte | Residuo no peligroso | Residuo peligroso |
|----------|----------------|----------------------|-------------------|
| | L/S = 10 l/kg | L/S = 10 l/kg | L/S = 10l/kg |
| Cloruro | ≤ 800 | 800-15.000 | 25.000 |
| Fluoruro | ≤ 10 | 10-150 | 500 |
| Sulfato | ≤ 1000 | 1.000-20.000 | 50.000 |

5.3 Ensayo de percolación.

El ensayo de percolación se realiza con el de fin de comprobar los niveles presentes en el lixiviado de determinados elementos.

Así pues, la Directiva 203/33/CEE especifica que en el caso de que un residuo no cumpla los valores de sulfatos establecidos para residuos inertes, podrá considerarse que cumple los criterios de admisión siempre que en el ensayo de percolación no supere lo descrito en la tabla 5.3.1 Valores límite de aceptación mediante ensayo de percolación CN/TS 14405:2004 (Co, en mg/l)

Tabla 5.3.1 Valores límite de aceptación mediante ensayo de percolación CN/TS 14405:2004 (Co, en mg/l)

| Elemento | Co (mg/l) | | |
|-----------------|----------------|----------------------|-------------------|
| | Residuo inerte | Residuo no peligroso | Residuo peligroso |
| As | 0.06 | 0.3 | 3 |
| Cd | 0.02 | 0.3 | 1.7 |
| Cr total | 0.1 | 2.5 | 15 |
| Cu | 0.6 | 30 | 60 |
| Hg | 0.002 | 0.03 | 0.3 |
| Mo | 0.2 | 3.5 | 10 |
| Ni | 0.12 | 3 | 12 |
| Pb | 0.15 | 3 | 15 |
| Sb | 0.1 | 0.15 | 1 |
| Se | 0.04 | 0.2 | 3 |
| Zn | 1.2 | 15 | 60 |
| Ba | 4 | 20 | 60 |
| STD (2) | -- | -- | -- |
| Índice de fenol | 0.3 | -- | -- |
| COD (3) | 160 | 250 | 320 |

**Nº de trabajo:**

A20-630.01 + a20-631.01 + a20-710.01

Fecha:

2020-12-28

Presupuesto:

P19-a.141.01

Peticionario:

Ayuntamiento de Valladolid

Obra o estudio:

Obras de conservación, reparación y reforma de infr. viarias lote 1 ensayos de idoneidad de áridos procedentes de reciclaje.

Contenido:

Carátula
Conclusiones obtenidas
Ensayos de áridos

Supervisión:

José-Vicente González de Castro, I.T.O.P.

realización:

Melchor Alonso Sanz.
Rubén Parra Ojero.
José Francisco Alonso Álvarez.

El Ayto. de Valladolid encarga este trabajo para valorar la posibilidad de sustituir el empleo de áridos naturales por sus equivalentes procedentes de la valorización de diferentes R.C.D. en las obras públicas municipales, en particular en la cama y recubrimiento de nuevas conducciones de abastecimiento y saneamiento por ser éstas la que mayores volúmenes emplean.

Las conclusiones obtenidas del análisis de las muestras son las siguientes:

ARENA (0/12) PROCEDENTE DE MATERIAL RECICLADO DE HORMIGÓN

Usada en zanjas como cama y recubrimiento de arena para tubería de abastecimiento de fundición

dúctil en sustitución de arena lavada de origen natural.

Control de calidad:

- Se cumplen las exigencias requeridas en cuanto a parámetros químicos.
- Si bien se cumplen las exigencias granulométricas (Contenido de finos $0,063 \leq 16\%$) se estima que con un 12,8% de finos, una densidad aparente $DH = 1,588$ y no presentando plasticidad, el material tiene demasiadas partículas pulverulentas que convendría disminuir.
-

Contratista:

- Informa de que la trabajabilidad del material es levemente más costosa a la de la arena lavada utilizada habitualmente en cama y recubrimiento de tuberías de abastecimiento.
- Se refiere que al colocarla en zanja por los medios mecánicos habituales produce más polvo que la arena lavada.
- Transmite que, a diferencia de una arena lavada, al compactar las tongadas superiores de material aportado para relleno de zanja, se aprecia que la propia arena también se compacta.

Dirección facultativa:

- Coincide con el control de calidad en que la cantidad de finos resulta excesiva y plantea la conveniencia de implementar algún proceso (lavado, aspiración,...) que elimine una parte sustancial de esta fracción. De esta forma se conseguiría también evitar las molestias ocasionadas por el polvo generado en obras de naturaleza urbana.
- Muestra su preocupación por la mínima diferencia visual que se aprecia entre este material y los que están a su alrededor que hace que no se produzca el efecto aviso que provoca la arena lavada en el caso de avería o intervención programada.
- La capacidad que presenta este material para compactarse hace que preocupen las posibles reparaciones que haya que realizar en un futuro ya que tanto el aumento de la potencia como los medios de excavación que se deberían

emplear como el riesgo de que se produzca un derrumbe en bloque del material compactado alrededor de la tubería arrastre a la misma se ven acrecentados en comparación con la arena lavada.

Propiedad (Aquavall):

Coincide con las opiniones expresadas por el resto de intervinientes

GRAVILLA DE ORIGEN MIXTO HORMIGÓN-CERÁMICO usada en zanjas como cama y recubrimiento para tubería de saneamiento de PVC en sustitución de gravilla lavada de origen natural.

Control de calidad:

- Se supera el contenido total de azufre exigido (debería ser inferior a 0,5 y tiene 2,2).
- El contenido de finos es de 6,2% superando el 5% que se establece como asumible.
- El índice de lajas es 10, siendo inferior al valor límite de 35. Un vistazo más mpormenorizado a los datos obtenidos en este ensayo indica que dicho índice en los tamices de mayor apertura es 25, estando este valor mucho más cercano al límite.

Contratista:

- Informa de que la trabajabilidad del material es muy inferior a la de su homólogo natural por no tratarse de un árido rodado, con lo que se traba entre sí y difícilmente se rellenan la totalidad de los huecos bajo el tubo.
- Debido a este problema y a los retrasos y costes que ocasiona, se decide emplear material natural para la cama de la tubería de saneamiento que se está colocando y el material reciclado para el recubrimiento de dicha tubería.
- Refiere que al colocarla en zanja por los medios mecánicos habituales produce más polvo que la grava natural.
- Transmite que tiene gran cantidad de partículas cerámicas con forma de laja.

Dirección facultativa:

Coincide con el control de calidad en que la cantidad de finos resulta excesiva.

Propiedad (aquavall):

Expresa su preocupación por el alto contenido de materiales cerámicos y con forma de laja que presenta el material ya que entiende que podrían producir daños en las tuberías a las que rodean, especialmente a las de diámetros más pequeños.

GRAVILLA DE HORMIGÓN usada en zanjas como cama y recubrimiento para tubería de saneamiento de PVC en sustitución de gravilla lavada de origen natural.

Control de calidad:

- Se cumplen las exigencias requeridas en cuanto a parámetros químicos y granulométricos.
- Parece ser un material mucho más adecuado al uso que se le va a dar que el mixto.

Contratista:

- Informa de que la trabajabilidad del material es inferior a la de su homólogo natural (aunque superior a la proveniente de origen mixto hormigón-cerámico) por no tratarse de un árido rodado, con lo que se traba entre sí y difícilmente se rellenan la totalidad de los huecos bajo el tubo. Debido a este problema y a los retrasos y costes que ocasiona, se decide emplear material natural para la cama de la tubería de saneamiento que se está colocando y el material reciclado para el recubrimiento de dicha tubería.
- Refiere que al colocarla en zanja por los medios mecánicos habituales produce más polvo que la grava natural.

Dirección facultativa:

- Entiende que es un material mucho más adecuado al uso que se le va a dar que el de origen mixto.

Propiedad (Aquavall):

- Expresa su preocupación por la mínima diferencia en la apariencia entre este material y el material reciclado usado en capas superiores.

OBSERVACIONES:

Arena:

- Parece claro que se requiere un proceso que elimine finos de este material para que su comportamiento sea más cercano a su homólogo natural.
- La capacidad de ser compactado hace que presente claras desventajas con respecto a la arena lavada natural.
- Se podría intentar probar su empleo en canalizaciones más superficiales y de menor responsabilidad (energía eléctrica, telecomunicaciones,...), aunque la autorización para ello le correspondería a las distintas compañías operadoras, al ser éstas las titulares de dichas redes.

Gravilla de origen mixto hormigón-cerámico:

- Se entiende que gran parte de los problemas que presenta y que la invalidan para su uso son debidos al material de origen (Zahorra reciclada mixta), si en dicho material se varía empleando como punto de partida zahorra reciclada de hormigón, probablemente, nos encontraremos con un material apto para ciertos usos.

Gravilla de hormigón:

- A pesar de que nos encontramos con un material apto se estima necesario un proceso que elimine finos de este material para que su comportamiento sea más cercano a su homólogo natural.

**Nº de trabajo:**

A20-630.01

Fecha:

2020-11-24

Presupuesto:

P19-A.141.01

Peticionario:

Ayuntamiento de Valladolid

Obra o estudio:

Obras de conservación, reparación y reforma de infr.
vias lote 1.

Contenido:

Carátula
Ensayos de áridos



C/ Padre Benito Menni

Supervisión:

José-Vicente González de Castro, I.T.O.P.

Realización:

Melchor Alonso Sanz.

Rubén Parra Ojero.

José Francisco Alonso Álvarez.



Pol. Ind. San Cristóbal C/ Hidrogeno, 37
47012 VALLADOLID
TEL: 983213419
FAX: 983213404
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: valladolid@cemosa.es

Expediente: O/1704252/1/01
Nº acta: 15-20/003511/1 Anula a:

ACTA

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN

CÓDIGO DE MUESTRA 1301/19/2020/003901 d/D: 0/1;

Densidad de partículas y absorción de agua

| CÓDIGO MUESTRA | d / D | pa (Mg/m3) | prd (Mg/m3) | psd (Mg/m3) | WA24(%) |
|---------------------|-------|------------|-------------|-------------|---------|
| 1301/19/2020/003901 | 0/12 | 2,66 | 2,31 | 2,44 | 0,5 |
| | | | | | |
| | | | | | |

pa : densidad aparente de partículas
prd : densidad de partículas tras secado en estufa
psd : densidad de partículas saturadas superficie seca
WA24 : absorción de agua tras inmersión a 24 horas

DENSIDAD APARENTE

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | RESULTADO |
|---------------------|------|--------------------------|
| 1301/19/2020/003901 | 0/1; | DH=1.588 DS=1.446 H=9.8% |

LIMITES DE ATTERBERG

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | RESULTADO |
|---------------------|------|-------------|
| 1301/19/2020/003901 | 0/1; | NO PLASTICO |

Fdo. JOSÉ FCO ALONSO ALVAREZ
Director Técnico de Laboratorio
Ingeniero Técnico Industrial

Valladolid a 18/11/2020

Fdo. RUBEN PARRA OJERO
Responsable de Ensayos Físicos
Ingeniero Técnico Agrícola

ALONSO ALVAREZ JOSE
FRANCISCO - 093308330

Digitally signed by ALONSO ALVAREZ JOSE FRANCISCO, DN: cn=ALONSO ALVAREZ JOSE FRANCISCO, o=INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL, email=alvarezjose@cemosa.es, c=ES, Reason: I can't be a proxy and integrity of this document was affected by the signature.

PARRA OJERO RUBEN -
71131674B

Digitally signed by RUBEN PARRA OJERO, DN: cn=RUBEN PARRA OJERO, o=INGENIERO TECNICO AGRICOLA, email=rubenoj@cemosa.es, c=ES, Reason: I can't be a proxy and integrity of this document was affected by the signature.

EBO1 10001019 INF-esp-1



C/ Benavisa 20004 MALAGA
TEL: 952230842
FAX: 952231214
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: malaga@cemosa.es

Expediente: O/1704252/1/01
Nº acta: 01-20/003020/1 Anula a:
Obra: CONSERVACIÓN LOTE 1
Peticionario: INCIDEC INGENIERIA Y ARQUITECTURA S
Dirección: GANADERIA 7-47610 ZARATÁN
Contratista:
Dirección técnica:
Modalidad de control:

ACTA

ENSAYO DE ÁRIDOS

ALBARAN: 1321546C1 MUESTREADO POR: FERNANDO CAVIEDES GOMEZ
MOD. DE MUESTREO : ML - Muestreo por laboratorio PROCED. DE MUESTREO : Aplamiento FECHA TOM A: 05/11/2020-12:00

NORMA DE MUESTREO: UNE EN 932-1:1997

Se toman las siguientes muestras:

| COD. MUESTRA | d/D | DESIGNACIÓN | NATURALEZA | USO PREVISTO | LUGAR DE TOMA | CANTERA | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------|------|-------------|------------|--------------|----------------------|---------|----------------|
| 0201/01/2020/02060096 | 0/1; | | RECICLADC | | C/PADRE BENNITO MENN | | ARENA RCD 0/12 |

TRABAJOS REALIZADOS: De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

| | |
|---|----------------------------------|
| Análisis granulométrico (áridos) | UNE EN 933-1:2012 |
| Compuestos de azufre (áridos) | UNE-EN 1744-1:2010+A1:2013 |
| Cloruros solubles en agua (áridos) | UNE-EN 1744-1:2010+A1:2013 |
| Preparación de muestra (áridos) | |
| Densidad aparente (áridos) | UNE EN 1097-6:2001/A1:2006 |
| Contenido en sulfatos solubles en agua (áridos) | UNE-EN 1744-1:2010+A1:2013 |
| Índice de lajas (áridos) | UNE EN 933-3:2012 |
| Caras de fractura (áridos para mezclas bituminosas) | UNE EN 933-5:1999/A1:2005 |
| Determinación de la densidad y absorción (áridos) | |
| Límites de Atterberg (áridos) | UNE 103103:1994; UNE 103104:1993 |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

EBO1 10001019 INF-esp-1



ACTA
 C/ Benicapa 29004 MÁLAGA
 TEL. 952230842
 FAX. 952231214
 URL: www.cemosa.es
 E-MAIL: malaga@cemosa.es
 LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN SEGÚN EN 450:2000

Expediente: O/1704252/1/01
 Nº acta: 01-20/036233/1 Anula a:

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL EN AZUFRE

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | CONTENIDO EN AZUFRE TOTAL (S) (%) |
|---------------------|------|-----------------------------------|
| 0201/01/2020/020600 | G/1: | 0.4 |

DETERMINACIÓN DE LOS CLORUROS SOLUBLES EN AGUA

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | CONTENIDO EN IONES CLORURO (%) |
|---------------------|------|--------------------------------|
| 0201/01/2020/020600 | G/1: | 0.003 |

DETERMINACIÓN DE LOS SULFATOS SOLUBLES EN AGUA

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | CONTENIDO DE SULFATOS (SO4) (%) |
|---------------------|------|---------------------------------|
| 0201/01/2020/020600 | G/1: | 0.13 |

Fdo. ELENA FRADE VIANO
 Director Técnico de Laboratorio
 Licenciada en Ciencias Químicas

FRADE VIANO ELENA -
 33399417

Registro según la LEY 17/2003 de 15 de mayo de 2003, de acceso a la información pública y de régimen de acceso a la información pública. Datos: 2020/11/23 08:27:38 +0100

Málaga a 23/11/2020

Fdo. YOLANDA GARRIDO CAMACHO
 Responsable de Ensayos Físicos
 Ldo. en Ciencias Ambientales

GARRIDO CAMACHO YOLANDA
 - 748611285

Registro según la LEY 17/2003 de 15 de mayo de 2003, de acceso a la información pública y de régimen de acceso a la información pública. Datos: 2020/11/23 08:27:38 +0100

EGOT_10/02/19 INF-04-1

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN N.º (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE Nº AND-L-018
 ÁREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: G) (Ensayos de geotécnia) VS (Ensayos de vial) PS (Pruebas de resistencia) E) (Ensayos de estructuras de acero estructural) EFA (Ensayos de obras de fábrica) E) (Ensayos de estructuras)
 ÁREAS DE ACTUACIÓN INGENIERÍA CIVIL: A) (Ductos, fresas bituminosas y otros materiales) B) (Conglomerados) C) (Productos metálicos y sellaflexos) D) (Ensayos de reconocimiento geotécnico).
 Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado. Prohibida la reproducción no autorizada.



INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN Y OBRA CIVIL

Nº de trabajo:

A20-630.01

Fecha:

2020-11-24

Presupuesto:

P19-A.141.01

Peticionario:

Ayuntamiento de Valladolid

Obra o estudio:

Obras de conservación, reparación y reforma de infr.
viarias lote 1.

Contenido:

Carátula

Ensayos de áridos



C/ Manuel Azaña

Supervisión:

José-Vicente González de Castro, I.T.O.P.

Realización:

Melchor Alonso Sanz.

Rubén Parra Ojero.

José Francisco Alonso Álvarez.



Pol. Ind. San Cristóbal C/ Hidrogeno, 37
47012 VALLADOLID
TEL: 983213419
FAX: 983213404
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: valladolid@cemosa.es

ACTA

Expediente: O/1704252/1/01
Nº acta: 19-20/003518/1 Anula a:
Obra: CONSERVACION LOTE 1
Peticionario: INCIDEC INGENIERIA Y ARQUITECTURA S
Dirección: GANADERIA 7 47610 ZARAYAN
Contratista:
Dirección técnica:
Modalidad de control:

ENSAYO DE ÁRIDOS

ALBARAN: 1321545 MUESTREO POR: FERNANDO CAVIDES GOMEZ
MOD. DE MUESTREO : ML - Muestreo por laboratorio PROCED. DE MUESTREO : Apilamiento FECHA TOM A: 05/11/2020-16:00

NORMA DE MUESTREO: UNE EN 932-1:1997

Se toman las siguientes muestras:

| COD. MUESTRA | d/D | DESIGNACIÓN | NATURALEZA | USO PREVISTO | LUGAR DE TOMA | CANTERA | DESCRIPCIÓN |
|------------------------|-------|-------------|------------|--------------|----------------|---------|-----------------|
| 1301/19/2020/003903/96 | 12/27 | | RECICLADC | | C/MANUEL AZANA | | ARIDO RCD 12/27 |
| 1301/19/2020/003904/96 | 12/27 | | RECICLADC | | C/MANUEL AZANA | | ARIDO RCD 12/27 |

TRABAJOS REALIZADOS: De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos.

| | |
|---|----------------------------|
| Análisis granulométrico (áridos) | UNE EN 933-1:2012 |
| Preparación de muestra (áridos) | |
| Densidad aparente (áridos) | UNE EN 1097-6:2001/A1:2006 |
| Índice de lajas (áridos) | UNE EN 933-3:2012 |
| Caras de fractura (áridos para mezclas bituminosas) | UNE EN 933-5:1999/A1:2005 |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

EG01 1006219 INF an-1

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN N.º (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE N.º CYL-L-066
ÁREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) VS (Ensayos de vías) PS (Pruebas de subestructuras de acero estructural), EFA (Ensayos de obras de fibrocemento) ESE (Ensayos de estructuras de acero estructural).
Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado. Prohíbida la reproducción total o parcial del laboratorio.



Pol. Ind. San Cristóbal C/ Hidrogeno, 37
47012 VALLADOLID
TEL: 983213419
FAX: 983213404
URL: www.cemosa.es
E-MAIL: valladolid@cemosa.es

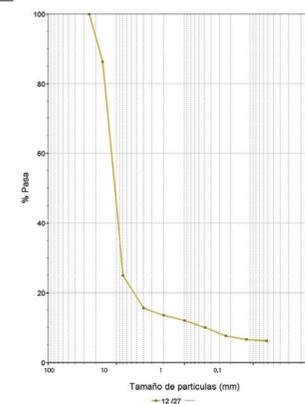
ACTA

Expediente: O/1704252/1/01
Nº acta: 19-20/003518/1 Anula a:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MÉTODO DE ANÁLISIS: LAVADO Y TAMIZADO

| TAMIZ (mm) | 12/27 (390) |
|------------|----------------|
| 25 | 100,0 |
| 16 | 86,3 |
| 8 | 25,0 |
| 4 | 15,7 |
| 2 | 13,6 |
| 1 | 12,0 |
| 0,5 | 10,0 |
| 0,25 | 7,6 |
| 0,125 | 6,6 |
| 0,063 | 6,2 |



ÍNDICE DE LAJAS

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | MASA MUESTRA (g) | FRACCIÓN (UNE) | | ÍNDICE DE LAJAS | |
|---------------------|-------|------------------|----------------|--------------|-----------------|-------|
| | | | PASA (mm) | RETIENE (mm) | FRACCIÓN | TOTAL |
| 1301/19/2020/003903 | 12/27 | 4735,20 | 20 | 16 | 25 | 10 |
| | | | 16 | 12,5 | 14 | |
| | | | 12,5 | 10 | 5 | |
| | | | 10 | 8 | 3 | |
| | | | 8 | 6,3 | 5 | |
| | | | 6,3 | 5 | 4 | |
| | | | 5 | 4 | 6 | |

CARAS DE FRACTURA

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | FRACCIÓN (UNE) | | GRUPOS PARTICULAS (%) | | | | |
|---------------------|-------|----------------|--------------|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | | PASA (mm) | RETIENE (mm) | MASA (g) | C _c | C _{cc} | C _t | C _{tr} |
| 1301/19/2020/003903 | 12/27 | 0 | 0 | 2060,0 | 80 | 75 | 20 | 5 |
| | | TOTAL: | | 2060, | 80 | 75 | 20 | 5 |

EG01 1006219 INF an-1

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN N.º (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE N.º CYL-L-066
ÁREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN: GT (Ensayos de geotecnia) VS (Ensayos de vías) PS (Pruebas de subestructuras de acero estructural), EFA (Ensayos de obras de fibrocemento) ESE (Ensayos de estructuras de acero estructural).
Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado. Prohíbida la reproducción total o parcial del laboratorio.

**Nº de trabajo:**

A20-630.01

Fecha:

2020-11-24

Presupuesto:

P19-A.141.01

Peticionario:

Ayuntamiento de Valladolid

Obra o estudio:

Obras de conservación, reparación y reforma de infr.
viarias lote 1.

Contenido:

Carátula

Ensayos de áridos



C/ Embajadores

Supervisión:

José-Vicente González de Castro, I.T.O.P.

Realización:

Melchor Alonso Sanz.

Rubén Parra Ojero.

José Francisco Alonso Álvarez.



C/ Benicapa 29004 MALAGA
 TEL. 952230842
 FAX. 952231214
 URL: www.cemosa.es
 E-MAIL: malaga@cemosa.es

ACTA

Expediente: O/1704252/1/01
 Nº acta: 01-20/038577/1 Anula a:
 Obra: CONSERVACIÓN LOTE 1
 Peticionario: INCIDEC INGENIERIA Y ARQUITECTURA S
 Dirección: GANADERIA 7 47610 ZARAYAN
 Contratista:
 Dirección técnica:
 Modalidad de control:

ENSAYO DE ÁRIDOS

| | | | |
|---|-------------------------------|------------------------|--|
| ALBARAN: | 1321278.1C1 | MUESTREO POR: | FERNANDO CAVEDÉS GOMEZ |
| MOD. DE MUESTREO : | ML - Muestreo por laboratorio | PROCED. DE MUESTREO : | Apliamiento |
| | | FECHA TOM A: | 03/12/2020-09:20 |
| NORMA DE MUESTREO: | UNE EN 932-1:1997 | | |
| Se toman las siguientes muestras: | | | |
| COD. MUESTRA | d/D | DESIGNACIÓN NATURALEZA | USO PREVISTO LUGAR DE TOMA CANTERA DESCRIPCIÓN |
| 0201/01/2020/022017/97 | 6/12 | | ACOPIO OBRA DIAMETRO 6/12 |
| TRABAJOS REALIZADOS: De acuerdo con el programa establecido, se han realizado los siguientes ensayos: | | | |
| Compuestos de azufre (áridos) | UNE-EN 1744-1:2010+A1:2013 | | |
| Cloruros solubles en agua (áridos) | UNE-EN 1744-1:2010+A1:2013 | | |

RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se presentan en las siguientes páginas.

EG01 1006/15/INE-act-1



C/ Benicapa 29004 MALAGA
 TEL. 952230842
 FAX. 952231214
 URL: www.cemosa.es
 E-MAIL: malaga@cemosa.es

ACTA

Expediente: O/1704252/1/01
 Nº acta: 01-20/038577/1 Anula a:

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL EN AZUFRE

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | CONTENIDO EN AZUFRE TOTAL (S) (%) |
|---------------------|------|-----------------------------------|
| 0201/01/2020/022017 | 6/12 | 0.11 |

DETERMINACIÓN DE LOS CLORUROS SOLUBLES EN AGUA

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | CONTENIDO EN IONES CLORURO (%) |
|---------------------|------|--------------------------------|
| 0201/01/2020/022017 | 6/12 | 0.0025 |

Fdo. ELENA FRADE VIANO
 Director Técnico de Laboratorio
 Licenciado en Ciencias Químicas

Málaga a 17/12/2020

Fdo. YOLANDA GARRIDO CAMACHO
 Responsable de Ensayos Físicos
 Ldo. en Ciencias Ambientales

FRADE VIANO ELENA -
 33399417

Registro signed by ELENA FRADE VIANO, 13/08/2015
 DE UN AREA DE CALIDAD TECNICA, 13/08/2015, en el campo de
 Registro de CALIDAD TECNICA, 13/08/2015
 Fecha: 13/08/2015 17:01:02 (UTC+02:00)

GARRIDO CAMACHO YOLANDA
 - 748611285

Registro signed by YOLANDA GARRIDO CAMACHO, 13/08/2015
 DE UN AREA DE CALIDAD TECNICA, 13/08/2015, en el campo de
 Registro de CALIDAD TECNICA, 13/08/2015
 Fecha: 13/08/2015 17:01:02 (UTC+02:00)

EG01 1006/15/INE-act-1



Fst. Ind. San Cármen. C/Hidrogeno, 37
 47012 VALLADOLID
 TEL: 983213419
 FAX: 983213404
 URL: www.cemosa.es
 E-MAIL: valladolid@cemosa.es
 LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACION SEGUN RD 410/2010

ACTA

Expediente: 0/1704252/1/01
 Nº acta: 19-20/004014/1 Anula a:

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN

CÓDIGO DE MUESTRA 301/19/2020/004585 d/D: 6/1;

Densidad de partículas y absorción de agua

| CODIGO MUESTRA | d / D | pa (Mg/m3) | prd (Mg/m3) | psd (Mg/m3) | WA24(%) |
|-------------------|-------|------------|-------------|-------------|---------|
| 1301/19/2020/4585 | 6/12 | 2,548 | 2,314 | 2,406 | 3,3 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

pa : densidad aparente de partículas
 prd : densidad de partículas tras secado en estufa
 psd : densidad de partículas saturadas superficie seca
 WA24 : absorción de agua tras inmersión a 24 horas

DENSIDAD APARENTE

| CODIGO DE MUESTRA | d/D | RESULTADO |
|---------------------|------|------------------------------------|
| 1301/19/2020/004585 | 6/1; | DENSIDAD= 1.383G/CM3 HUMEDAD= 0.5% |

Fdo. JOSE FCO ALONSO ALVAREZ
 Director Técnico del Laboratorio
 Ingeniero Técnico Industrial

Valladolid a 23/12/2020

Fdo. RUBEN PARRA OJERO
 Responsable de Ensayos Físicos
 Ingeniero Técnico Agrícola

ALONSO ALVAREZ JOSE
 FRANCISCO - 09330833D

Fdo. ALONSO ALVAREZ JOSE FRANCISCO - 09330833D
 Responsable de Ensayos Físicos
 Ingeniero Técnico Industrial
 Dirección: Valladolid, C/ Hidrogeno, 37. Teléfono: 983213419. Fax: 983213404. Email: valladolid@cemosa.es

PARRA OJERO RUBEN -
 71131674B

Fdo. RUBEN PARRA OJERO - 71131674B
 Responsable de Ensayos Físicos
 Ingeniero Técnico Agrícola
 Dirección: Valladolid, C/ Hidrogeno, 37. Teléfono: 983213419. Fax: 983213404. Email: valladolid@cemosa.es

E601 10/06/19 (NF-E)-1

LABORATORIO DE ENSAYOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EDIFICACIÓN INSCRITO EN EL REGISTRO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN N.º (C.T.E.) MEDIANTE DECLARACIÓN RESPONSABLE N.º CYL-1-066

AREAS DE ACTUACIÓN EDIFICACIÓN GT (Ensayos de potencial) VS (Ensayos de viable) PS (Puentes de hormigón) E (Estructuras de acero estructural), EFA (Ensayos de obras de fábrica) P (Estructuras de hormigón)

Los resultados sólo afectan al material o elemento de obra ensayado. Prohíbida la reproducción total o parcial de este documento.

6. CONCLUSIONES

6.1 Objetivos del trabajo

Los objetivos del trabajo realizado eran:

- Determinar si técnicamente se puede utilizar como cama de tuberías y relleno de zanjas materiales procedentes del tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición (RCD),
- En el caso que se pudiesen utilizar exponer:
 - Las ventajas frente al empleo de materiales naturales tanto ecológicas como técnicas
 - Las desventajas frente a los naturales.

Y como conclusión, si se pueden utilizar áridos RCD como mejorar las posibles desventajas que hubiera frente al uso de áridos naturales.

6.2 Sostenibilidad y economía circular

La sociedad ha tomado conciencia de la importancia de reducir el impacto sobre el medio ambiente durante la construcción y mantenimiento de las infraestructuras necesarias para el desarrollo urbano y periurbano. Las buenas prácticas constructivas deben avanzar de forma continua en la búsqueda de los mejores métodos y las tecnologías más eficientes, que garanticen la sostenibilidad de las obras.

Por tanto, la innovación en nuevos procesos y nuevos materiales debe ser un objetivo ineludible para promotores, proyectistas y/o directores de obra, como respuesta al mandato de la sociedad, para que el desarrollo de las ciudades sea compatible con preservar el medio ambiente y los recursos naturales para las generaciones venideras. Incrementar la durabilidad de las infraestructuras es otra forma de mejorar su sostenibilidad, al reducir las operaciones de mantenimiento y reposición necesarias para aumentar la vida útil prevista en cada proyecto.

Sirva de ejemplo de ello las últimas jornadas de ASEFMA, celebradas los días 2 y 3 de diciembre de 2020, estas jornadas son de muy alto prestigio en España en la que participan, además de las empresas asfalteras, una importante representación de las Administraciones públicas a nivel nacional (los Ministerios para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana) regional (entre otras de Castilla y León) y municipal, Contratistas, Directores de obra, Laboratorios, etc. Estas jornadas han tratado en exclusiva la sostenibilidad y economía circular basada en el empleo de residuos (material fresado) en las mezclas bituminosas, se llegó a concluir que existiendo áridos RCD debería ser obligado su empleo reservando los naturales, de tal manera que no se diese permiso para emplear

áridos naturales mientras hubiese stock de áridos RCD.

También es de todos conocidos que las subvenciones nacionales y europeas al sector de la construcción están ligadas al empleo de técnicas y materiales que incrementen la sostenibilidad y economía circular de las obras.

El Ayuntamiento de Valladolid tiene como objetivo la economía circular, técnicos del ayuntamiento de Valladolid ya apostaron por el empleo de áridos RCD mucho antes que otras Administraciones españolas, de tal manera que el uso de áridos RCD en las obras promovidas por este Ayuntamiento es práctica habitual, lo que debería ser ejemplo para otros ayuntamientos.

El proyecto grano a grano tiene por objetivo presentar nuevos usos de los áridos RCD para las obras urbanas como son:

Las arenas y gravas (piñón) para camas de tuberías y rellenos de zanjas.

Con este trabajo se ha determinado si estos materiales son válidos para este fin e incluso se ha analizado los resultados comparándolos con los áridos naturales. Y se presentan la capacidad de producción

6.3 Capacidad de producción de áridos RCD en Valladolid

En el presente trabajo se expone la capacidad de producción de áridos RCD en Valladolid.

Como se puede observar los estocajes de residuos RCD en las plantas se incrementan año a año como consecuencia de que la entrada de residuos es superior a la salida de áridos.

Hay que incrementar la salida de áridos para que no colapsen estas plantas. No se puede realizar la gestión obligada por la normativa nacional y europea (que para el año 2020 el reciclaje de los RCD debía ser superior al 70% de los generados) si no se iguala la entrada y salida en las plantas de estos materiales.

Es una obligación del sector de la construcción reutilizar los residuos que genera. La normativa vigente no permite que estos residuos terminen en vertederos.

Por lo tanto, en Valladolid se puede, y se debe, incrementar el empleo de áridos RCD en las obras de construcción.

6.4 Calidad de las arenas y piñón RCD para camas de tuberías y relleno de zanjas

El Ayuntamiento de Valladolid cuenta con unas Recomendaciones propias para el empleo de áridos RCD en las obras de construcción denominadas:

Guía para la utilización de árido reciclado y recomendaciones para su compra

Utilización de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) en obras del municipio de Valladolid

En esta guía están recogidas las especificaciones que deben cumplir las arenas y las gravas (piñón) para su uso como cama de tubería y relleno de zanjas.

Estas especificaciones son las exigidas en diferentes normativas a los áridos naturales para estas unidades de obra, por lo tanto, se le piden a los áridos RCD lo mismo que se pide a los áridos naturales.

En el trabajo grano a grano se han ensayado diferentes tipos de arenas RCD, que han procedido de:

- Residuos de hormigones
- Residuos mixtos

Se han realizado cortes granulométricos con diferentes tamaños.

Como conclusión de todo ello:

- Las arenas y piñón procedentes del tratamiento de hormigones cumple todas las especificaciones recogidas en las Recomendaciones.

Es decir, con el empleo de las arenas y piñón procedentes de la trituración de hormigones como cama de tuberías y relleno de zanjas está asegurada una durabilidad de esta unidad de obra similar o, como ya se verá más adelante, mejor que si se emplease áridos naturales.

Con respecto a los áridos procedentes del tratamiento de RCD mixtos ensayados en este trabajo, aunque cumplen con el resto de las especificaciones los contenidos de yeso presentes son superiores a los permitidos en la guía, por lo que para aceptar su uso deberá rebajarse la proporción de yesos hasta que se cumpla los límites establecidos.

6.5 Ventajas del empleo de áridos RCD frente a los naturales como camas de tuberías y rellenos de zanjas

En el trabajo grano a grano se ha analizado los resultados de los ensayos realizados y experiencias de estas unidades de obras ejecutadas con áridos RCD en obras en España.

Hay importantes ventajas técnicas de emplearse áridos RCD en vez de naturales como son:

- En caso de fugas de agua

A diferencia de las arenas naturales lavadas que habitualmente se emplean en Valladolid, con las arenas RCD se producen reacciones de auto cementación en presencia de agua. Esto supone una importante defensa de la tubería ante pérdidas de agua. Si la tubería está apoyada y recubierta con arena limpia en el caso de fugas de agua se producirá migración de la arena y con ello descalce de la tubería y su rotura, lo que es un tipo de rotura bastante habitual. De estar apoyada y recubierta la tubería con una arena RCD en el caso de fugas de agua se producirá una auto cementación (es como si se recubriese la tubería de un hormigón pobre) y con ello se mantendría la estabilidad del sistema.

Lo mismo se podría indicar para el piñón. De tratarse de áridos redondeados se cuenta con la ventaja de su puesta en obra, pero también de su pérdida en caso de fugas importantes de agua, sin embargo, de emplear áridos triturados (naturales o RCD) gracias al encaje que se produce entre estos áridos se consigue una mayor defensa de la tubería en el caso de fugas importantes.

- La elección del tamaño máximo

A diferencia de las canteras, las plantas de tratamiento de RCD son más versátiles a la hora de “fabricar” productos. Así, para obras urbanas que solicitan pequeñas cantidades de áridos, se puede elegir el tamaño máximo de la arena o los tamaños mínimos y máximos del piñón en función del diámetro del tubo o del ancho de la zanja.

En este trabajo se han ensayado arenas RCD 0/6 mm y también arenas 0/12 mm.

Por su parte se puede solicitar piñón 6/12, o 6/20 mm etc.

Las plantas de tratamiento de RCD no están tan sujetas como las canteras o graveras a unos tamaños estándares.

Las canteras y graveras al suministrar áridos para hormigones y asfaltos fabrican áridos con tamaños predefinidos y tienen elevada inercia a fabricar pequeñas cantidades de áridos con tamaños diferentes a los estándares del hormigón o del asfalto.

6.6 Desventajas del empleo de áridos RCD frente a los naturales como camas de tuberías y rellenos de zanjas

En el tramo experimental las desventajas que se expusieron por parte del Contratista y Dirección de obra fueron:

- Los áridos que se emplean son arenas de río lavadas y gravas redondeadas
- Las ventajas que estos áridos naturales aportan frente a los RCD son:

Al ser arenas lavadas presentan menos finos que los áridos RCD o los áridos de cantera, por lo que se levanta menos polvo en su colocación.

Al ser áridos redondeados su trabajabilidad es mayor que la de áridos triturados.

Los áridos RCD se compactan no así los naturales, por lo que en caso de reparación es más fácil acceder a la tubería.

Las desventajas manifestadas son de procedimientos de puesta en obra o para su conservación, no se indican desventajas que afecten técnicamente a la durabilidad de la obra, es más, como se puso de manifiesto el empleo de los áridos RCD conducirían a una mayor durabilidad.

Por lo que, en aras de la sostenibilidad, hay que proponer procedimientos de trabajo que solventen las desventajas mencionadas, así:

- Para evitar la producción de polvo se puede humectar el material RCD en obra
- Para las tareas de mantenimiento se puede envolver la tubería con el piñón que ya no produce una compactación como la arena y no se afectaría al tubo.

6.7 Conclusión

Los áridos, en este caso la arena y el piñón, RCD deberían de ser empleados prioritariamente frente a los naturales por:

Ventajas ecológicas

- La sostenibilidad y economía circular es objetivo del sector de la construcción y aceptada claramente por el Ayuntamiento de Valladolid.
- Es obligación de la normativa española y europea emplear áridos RCD.
- Las subvenciones (nacionales y europeas) para trabajos de investigación y ejecución de obras están ligadas a que se cuenten con procesos y materiales (como son los RCD) que incrementen la sostenibilidad y economía circular en las obras de construcción.

Ventajas técnicas

- Las arenas y piñón procedentes del tratamiento de hormigones cumplen sobradamente las calidades exigidas como materiales para camas de tuberías y rellenos de zanjas.
- Además de cumplir con las calidades necesarias para este fin, presentan ventajas técnicas superiores a los áridos naturales habitualmente empleados en las obras urbanas en Valladolid.

Se puede superar las desventajas frente a los naturales

Las desventajas de los áridos RCD detectadas en obra son procedimentales, por lo que hay que pedir adaptaciones de los procedimientos para fomentar el uso de los áridos RCD.

Suficiente capacidad de producción de áridos RCD en Valladolid

En las plantas de tratamiento de RCD en Valladolid hay capacidad importante de producción de áridos RCD, y los estocajes de residuos se incrementan año a año por la falta de salida de áridos.

Como conclusión final:

Se debería emplear arenas y piñón RCD como cama de tubería y relleno de zanjas en las obras urbanas de la ciudad de Valladolid, lo que además sería ejemplo para el resto de las ciudades de Castilla y León

Anexo I

LEGISLACIÓN APLICABLE

LEGISLACIÓN COMUNITARIA.

Reglamento

- Reglamento CE 1013/2006 relativo al traslado de residuos.
- Reglamento UE 305/2011 por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.

Directiva

- Directiva 1999/31/CE de 26 de abril relativa al vertido de residuos, y sus posteriores modificaciones como la Directiva 2018/850 entre otras.
- Directiva 2008/98/CE sobre los residuos, y sus posteriores modificaciones como la Directiva 2018/851 entre otras.

LEGISLACIÓN ESTATAL Y AUTONÓMICA.

Ley/ ley Orgánica

- Ley 2/2006 de 5 de mayo sobre la prevención, contaminación y calidad ambiental.
- Ley 22/2011 de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Modificación del 23 de diciembre de 2010, de la Ley 5/1999, de Urbanismo de Castilla y León. *Disposición adicional séptima. Garantía o fianza para la gestión de residuos de construcción y demolición del Real Decreto 105/2008, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.*

Decreto/ Real Decreto/ Real Decreto-Ley

- RD 148/2001 de 27 de diciembre, modificado por el RD 1304/2009 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito a vertedero.
- Real Decreto 105/2008 de 1 de febrero por el cual se regula la producción y gestión de los RCD.
- Decreto 11/2014 de 20 de marzo, por el que se aprueba el Plan Regional de ámbito sectorial denominado “Plan Integral de Residuos de Castilla y León (BOCyL de 24 de marzo de 2014). PIRCYL.

Orden

- Orden FOM/891/2004 por el que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativo a firmes y pavimentos (PG-3) (Zahorras, Suelo o Grava cemento y hormigón vibrado magro).
- Orden FOM/2523/2014, de 12 de diciembre, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a materiales básicos, a firmes y pavimentos, y a señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- Orden Circular 24/2008 por el que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes relativo a firmes y pavimentos, para adaptarlo a la directiva europea.

Anexo II

REPORTAJE FOTOGRAFICO



Ilustración 1 Acopio AR-Hormigón.



Ilustración 2 Corte acopio 20-32 para producción de AR-Hormigón.

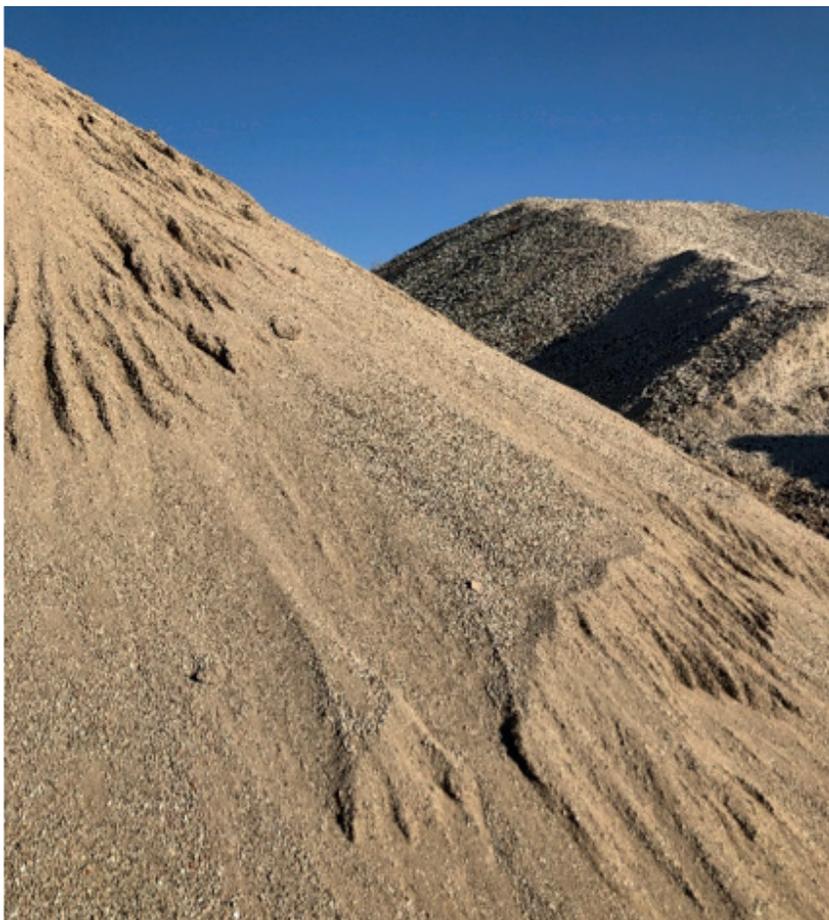


Ilustración 3 Acopio arena 08 reciclada AR-Hormigón.



Ilustración 4 Recogida muestra AR-Hormigón.

ARHormigón Es el resultante de un proceso molienda y cribado con un tamiz de 0.063 mm (0-40mm), obteniendo; 15 % > 32 mm, un 35 % de 8-30 mm y un 50 % de arena 0.8mm reciclada de hormigón.



Ilustración 5 Acopio AR-Mixto.

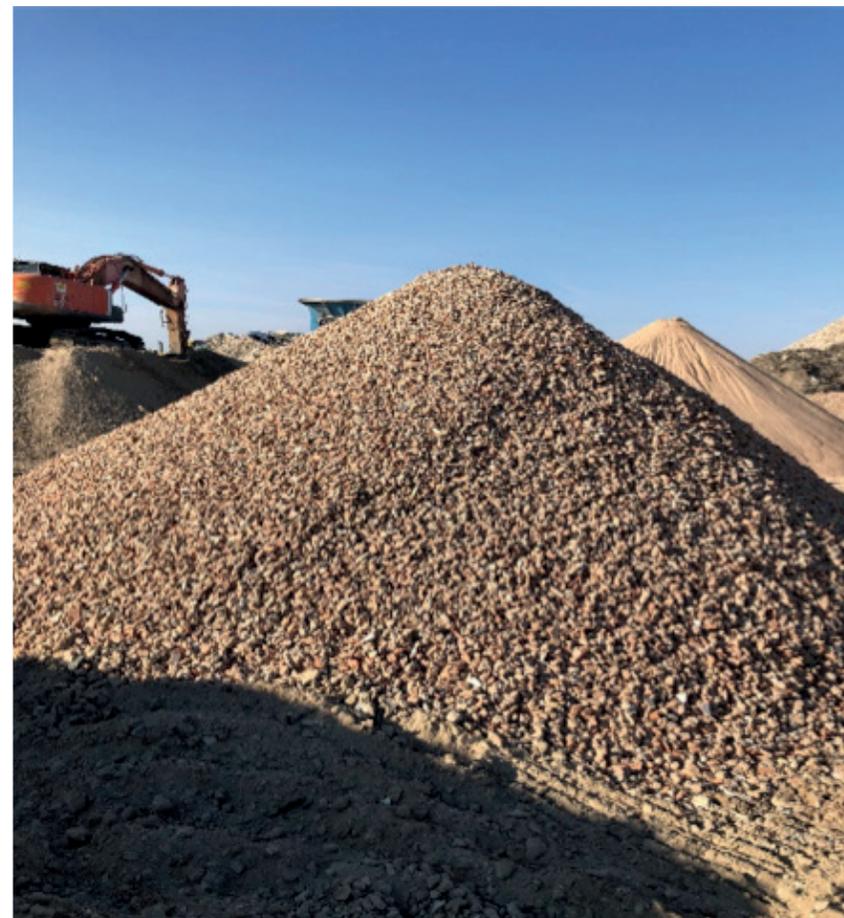


Ilustración 6 Corte acopio 8-32 de AR-Mixto.



Ilustración 7 Acopio arena reciclada 0.8mm AR-Mixto.



Ilustración 8 Recogida muestra AR-Mixto.

ARMixto Se hace pasar el material mixto de RCD (cerámico, yeso y hormigón), por el trómel, tras realizar triaje mecánico y triaje manual (40-200 mm), el RCD resultante, transita por un proceso de molienda y cribado con un tamiz de 0.063 mm (0-40mm), obteniendo; un 30% > de 30 mm, 35% de 6-30 mm y 35% de arena reciclada 0-8 mm



Ilustración 9 Acopio para elaboración arena reciclada 1° cribado. Procedente de Suelo seleccionado.



Ilustración 10 Acopio de la producción de suelo seleccionado.32-40.

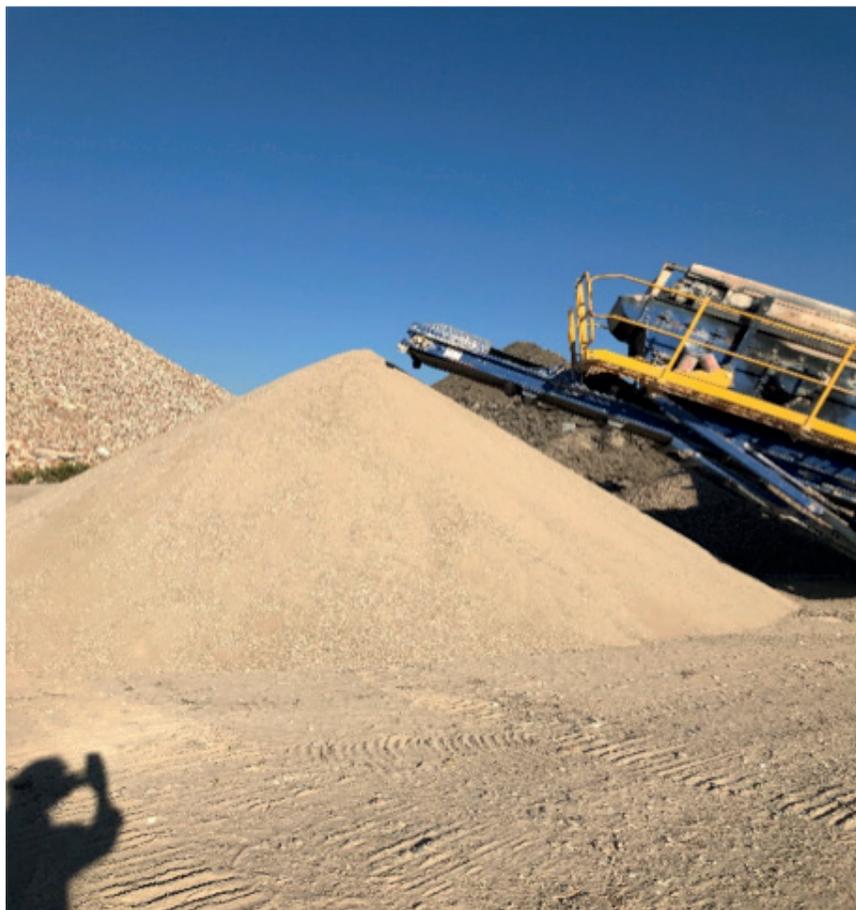


Ilustración 11 Acopio arena reciclada 1º cribado. Procedente Suelo seleccionado.



Ilustración 12 Recogida muestra suelo seleccionado.

Arena de primer cribado: Es el resultante proceso de molienda y cribado con un tamiz de 0.063 mm (0-40mm), obteniendo; un 30% > de 32 mm, 35% de 8-20 mm y 35% de de arena reciclada.



Ilustración 13 Acopio de Hormigón Plus ARM 8-20.



Ilustración 14 Acopio arena reciclada Hormigón Plus.

Hormigón plus. Es el resultante de cribar con un tamiz obteniendo finalmente; un 15 % > 32 mm, un 35 % de 6-32 mm y un 50 % de arena reciclada de hormigón 0.8mm....



Ilustración 15 Molino empleado para la producción de arenas recicladas.



Ilustración 16 Criba empleada para la producción de arenas recicladas.

GRANO A GRANO