

# Aplicaciones de áridos reciclados de residuos de construcción y demolición en obras públicas y privadas.

## Guía de áridos.

**JORNADAS TÉCNICAS SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICION**

**CADIZ 8 DE NOVIEMBRE DE 2016**



Ponente: M<sup>a</sup> del Lirio García Garrido  
Ingeniera de Caminos C. y P.  
Gerente de Actuaciones

# ÍNDICE

## EXPERIENCIAS EN LA CONSEJERIA DE FOMENTO DE LA JUNTA DE ANDALUCIA:

- I. TRAMO EXPERIMENTAL EN MALAGA
- II. TRAMO EXPERIMENTAL EN SEVILLA
- III. TRAMO EXPERIMENTAL TRANVIA CHICLANA
- IV. TRAMO EXPERIMENTAL CARRIL BICI A RABANALES( CORDOBA)
  
- V. OBRA DE ACCESO NORTE A SEVILLA
- VI. OBRA DE DUPLICACION ALCALA – DOS HERMANAS
- VII. OBRA DE METRO DE MALAGA
- VIII. OBRA DUPLICACION A-491 PUERTO SANTA MARIA
  
- I. PROPUESTAS EN PROYECTOS DE CARRETERAS Y VIAS CICLISTAS
- II. PROYECTO DE INVESTIGACION CON UNIVERSIDAD DE CORDOBA : NUEVAS APLICACIONES

- **Beneficios ambientales áridos reciclados RCD:**
  - Reducción volumen **residuos** en vertederos
  - Disminución actividad extractiva materias primas en canteras o préstamos.( **protección recursos naturales**)
  - Minimizar el impacto ambiental global del sector de la construcción y favorecer la **construcción sostenible**
  - Conseguir objetivos del Plan de Residuos no Peligrosos de Andalucía 2.010-2.019
- Plan estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022

## Plan estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022

### ORIENTACIONES COMUNITARIAS SOBRE POLÍTICA DE RESIDUOS:

Sustituir **economía lineal** ( PRODUCIR – CONSUMIR – TIRAR )  
Por **Economía circular** ( REINCORPORAR AL PROCESO  
PRODUCTIVO una y otra vez los materiales que contienen los  
residuos para producción de nuevos productos o materias primas



## Plan estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022

	Residuos Generados (t)	Residuos destinados a Valorización material (t)	Residuos destinados a Operaciones de relleno (t)	Residuos destinados a Incineración (t)	Residuos depositados en vertedero (t)
<b>No Peligrosos</b>	27.637.698	19.007.146	4.328.999	0	4.301.553
<b>Peligrosos</b>	66.156	3.878	0	0	62.278
<b>Totales</b>	<b>27.703.854</b>	<b>19.011.024</b>	<b>4.328.999</b>	<b>0</b>	<b>4.363.831</b>

Tabla 35. Generación y gestión de residuos de construcción y demolición en 2012. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

- Establecer un Acuerdo Marco Sectorial para impulsar la utilización de áridos reciclados procedentes de RCD en obras de construcción. Dicho Acuerdo impulsará las medidas previstas en los apartados anteriores, a través de la introducción de criterios en la contratación pública que incluyan porcentajes mínimos de uso de material reciclado en obra pública, así como en obras privadas. Así se propone la inclusión, siempre que sea posible, en los proyectos de construcción de obra pública de un porcentaje mínimo del 5 % de áridos reciclados. Igualmente se aplicará este porcentaje del 5 %, siempre que sea posible, en la obra privada. En este Acuerdo, podrán participar los siguientes departamentos de la Administración General del Estado: Ministerio de Fomento, Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR), 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 del árido reciclado.

## **Plan estatal Marco de Gestión de Residuos 2016-2022**

### Objetivos cuantitativos:

Se establecen los siguientes objetivos cuantitativos específicos sobre RCD para los años 2016, 2018 y 2020, orientados al cumplimiento del objetivo final previsto en la Directiva Marco de Residuos para este flujo de residuos.

	2016	2018	2020
% 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) (mínimo)	60	65	70
Eliminación de RCD no peligrosos en vertedero (en %) (máximo)	40	35	30
% de tierras y piedras limpias (LER 17 05 04) utilizadas en obras de tierra y en obras de restauración, acondicionamiento o relleno (mínimo)	75	85	90
Eliminación de tierras y piedras limpias (LER 17 05 04) en vertedero (en %) respecto del volumen total de materiales naturales excavados. (máximo)	25	15	10

Tabla 37. Objetivos para RCD para los años 2016, 2018 y 2020.

- Resulta **necesario disponer de una legislación específica que regule o defina las especificaciones para estos materiales**, para su uso en tanto en **carreteras** como en general, en las **obras de construcción**.
- **Esta legislación específica debe elaborarse en base a datos experimentales**.

- **Experiencia en Andalucía :**

## **Tramos experimentales**

- Unidades de obra con RCD
- Definición tramos experimentales y sus proyectos de I+D+I
- Obras terminadas: ANALISIS de ensayos y resultados.
- **NORMATIVA: RECOMENDACIONES PARA LA REDACCION DE: PLIEGOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL USO DE MATERIALES RECICLADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)**



Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.  
CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA

**RECOMENDACIONES PARA LA REDACCION DE: PLIEGOS DE**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL USO DE MATERIALES**  
**RECICLADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y**  
**DEMOLICIÓN (RCD)**

*EDICIÓN 1. ABRIL 2010*

## Recomendaciones RCD's

- **Artículo 1. Ahorras artificiales** de reciclados de RCD's.
- **Artículo 2. Gravacemento** con árido grueso de reciclados de residuos de hormigón (GCR).
- **Artículo 3. Suelos** reciclados de RCD's.

TRAMOS EXPERIMENTALES CON MATERIALES RECICLADOS DE RCD'S DE LA OBRA:

# CONEXIÓN DE LA A-367 (DESDE LA VENTA DEL CORDOBÉS CON LA A-357)



- RAMALES DE ENLACE DE LA A-367 (ARDALES-RONDA) CON LA CARRETERA A-357(CAMPILLOS-MÁLAGA)



Ramal 1		Ramal 2	Ramal 3	Ramal 4	Espesores de capa (cm)
Tramo 1	Tramo 2				
MBC S-20	MBC S-20	MBC S-20	MBC S-20	MBC S-20	7
MBC S-20	MBC S-20	MBC S-20	MBC S-20	MBC S-20	7
Zahorra artificial hormigón ZR HORM	Zahorra artificial RCD ZR RCD	Zahorra artificial cantera ZA	Gravacemento cantera GC	Gravacemento reciclada GCR HORM	30

## PLANTA DE RECICLAJE DE ARRISTERRA : MACHAQUEO Y CRIBADO



## ÁRIDOS : ZAHORRA ARTIFICIAL RECICLADA DE HORMIGÓN, 0-32



## ÁRIDOS : ZAHORRA ARTIFICIAL RECICLADA DE RCD'S 0-32 (HOR > 75%, ASFALTO < 20%, CERÁMICO < 5%)



## ÁRIDOS : GRAVACIMIENTO CON ÁRIDO GRUESO RECICLADO 7-25



## REQUISITOS LEGALES : ETIQUETA

<b>CE</b>	
2010	
Aristerra, S.L. C/ San Andrés,19 29002 Málaga	
2010	
0099/CPD/A67/0686	
CENTRO DE PRODUCCION EL TARAJAL 29004 Málaga	
EN 12642	
Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerantes hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes	
<b>ZAHORRA ARTIFICIAL RECICLADA DE HORMIGÓN</b>	
Tamaño de las partículas:	0/32
	G <sub>0,85</sub>
Forma de las partículas:	F <sub>30</sub>
Densidad de partículas:	NPD
Impurezas:	
Contenido en finos	$f$ (si se trata)
Calidad de los finos	valor del equivalente de arena: 42
Porcentaje de partículas machacadas:	C <sub>0,075</sub>
Resistencia a la fragmentación y machaques:	LA <sub>50</sub>
Estabilidad en volumen:	NPD
Abrasión/succión de agua:	NPD
Composición/contenido:	
Sulfatos solubles en ácido	AS <sub>0,2</sub>
Azúfre total	S <sub>1</sub>
Componentes que alteran la velocidad de fraguado y endurecimiento del hormigón:	Cumple el valor umbral
Resistencia al desgaste:	NPD
Emisión de radioactividad:	NPD
Liberación de metales pesados:	NPD
Liberación de carbonos poliaromáticos:	NPD
Liberación de otras sustancias peligrosas:	NPD
Durabilidad frente al hielo y deshielo:	NPD

# ZAHORRAS ARTIFICIALES

Descripción	Procedencia	Granulométrico % Pasa									
		50	40	25	20	8	4	2	0,5	0,25	0,06
<b>ZAHORRA DE CANTERA</b>	<b>CANTERA CAÑETE LA REAL</b>	<b>100,0</b>	<b>98,2</b>	<b>97,0</b>	<b>96,1</b>	<b>71,6</b>	<b>45,8</b>	<b>29,7</b>	<b>14,6</b>	<b>11,9</b>	<b>8,7</b>
<b>ZAHORRA RECICLADO DE HORMIGÓN</b>	<b>PLANTA DE ARISTERRA</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>96,7</b>	<b>89,6</b>	<b>51,1</b>	<b>34,9</b>	<b>27,1</b>	<b>15,5</b>	<b>10,9</b>	<b>5,7</b>
<b>ZAHORRA DE RCD's</b>	<b>PLANTA DE ARISTERRA</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>96,7</b>	<b>89,8</b>	<b>58,1</b>	<b>43,3</b>	<b>33,3</b>	<b>19,1</b>	<b>13,4</b>	<b>7,3</b>

Descripción	Procedencia	Límites Atterberg			Próctor		Eq. Arena	Índice Lajas	Caras Fract %	Coef. Los Angeles
		L Liq	L Pla	Ind Pla	P.M.	H opt				
<b>ZAHORRA DE CANTERA</b>	<b>CANTERA CAÑETE LA REAL</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>	<b>2,31</b>	<b>7,0</b>	<b>49</b>	<b>8</b>	<b>100</b>	<b>32</b>
<b>ZAHORRA RECICLADO DE HORMIGÓN</b>	<b>PLANTA DE ARISTERRA</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>	<b>2,01</b>	<b>8,7</b>	<b>47,5</b>	<b>10</b>	<b>100,0</b>	<b>40</b>
<b>ZAHORRA DE RCD's</b>	<b>PLANTA DE ARISTERRA</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>	<b>NP</b>	<b>2,05</b>	<b>10,1</b>	<b>45</b>	<b>12</b>	<b>100</b>	<b>35</b>

# GRAVACEMENTOS. ESTUDIO EN LABORATORIO CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

<b>Material tipo</b>	<b>Cemento (%)</b>	<b>Aditivo retardante</b>	<b>Resistencia a compresión. 7 Días (Mpa)</b>
<b>Gravacemento de reciclado</b>	<b>3.5</b>	<b>Sin aditivo</b>	<b>5.0</b>
		<b>Con aditivo</b>	<b>5.2</b>
<b>Gravacemento de cantera</b>	<b>2.5</b>	<b>Sin aditivo</b>	<b>6.6</b>
	<b>3.5</b>		<b>8.7</b>



## EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTACION ZAHORRA RCD



**Puesta en obra de la zavorra  
De residuos de hormigón**



**Compactación de la zavorra  
De residuos de hormigón**



**Puesta en obra de la gravacemento  
De residuos de hormigón**



**Riego de curado de la capa  
de gravacemento**



**FORMACION DE JUNTAS EN GRAVACIMIENTO Y RIEGO CURADO**

# ZAHORRAS Y GRAVACEMENTOS. CONTROL DE RECEPCIÓN. COMPACTACIÓN. DENSÍMETRO NUCLEAR

Tipo de material	Proctor de aplicación		Compactación. Valores medios	
	Densidad máxima (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptima (%)	(%) Compactación	(%) Humedad
Zahorra artificial de cantera	2.25	5.9	100.1	5.4
Zahorra de reciclado de hormigón	1.99	7.1	99.4	10.4
Zahorra de reciclado de RCD's	2.05	10.3	100.9	8.8
Gravacemento de cantera	2.40	5.1	99.8	4.5
Gravacemento de reciclado	2.28	5.2	99.5	5.7



# GRAVACEMENTOS. CONTROL DE RECEPCIÓN

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

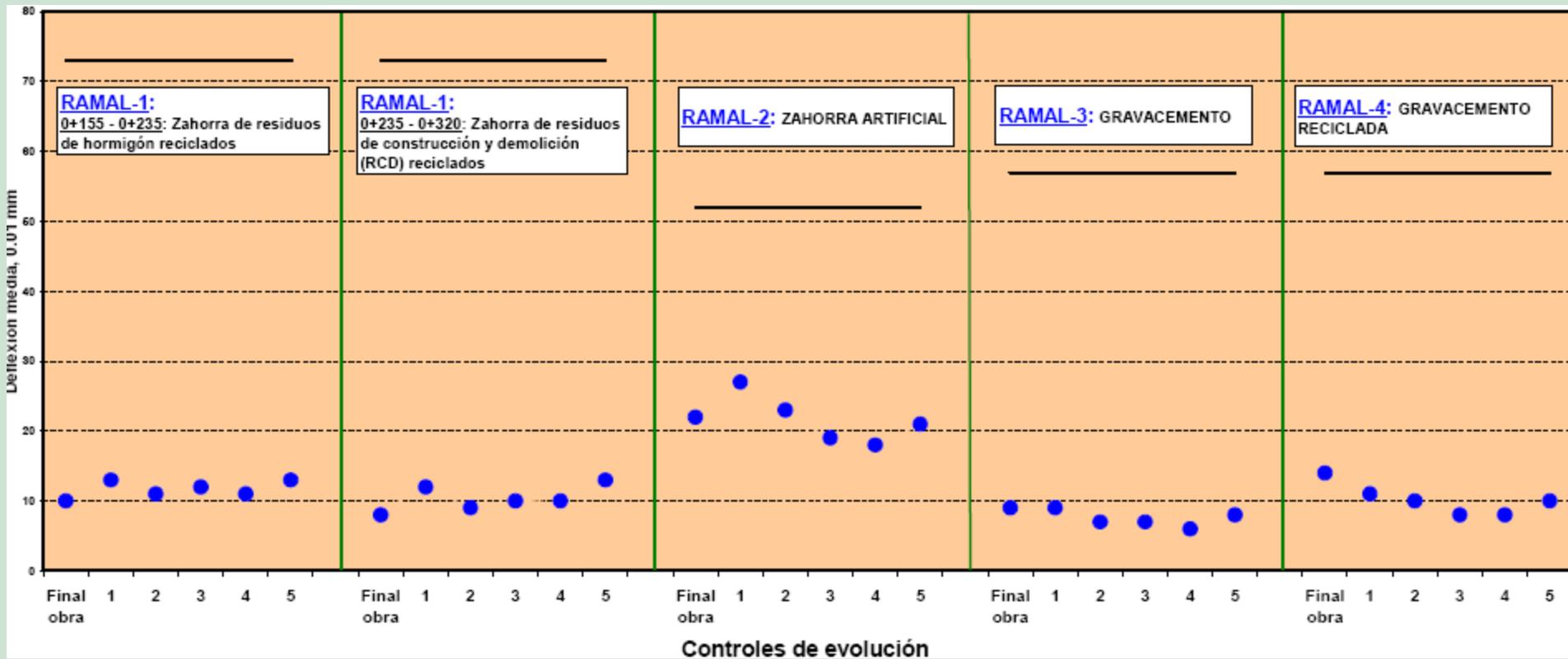
Material tipo	Serie		Resistencia a compresión (Mpa)	
	Fecha	Número	Valores individuales	Valores medios
GRAVACEMENTO DE CANTERA	22 de noviembre de 2008	1	11.6	11.1
			11.2	
			10.5	
		2	12.9	12.2
			11.1	
			12.5	
GRAVACEMENTO DE RECICLADO	18 de diciembre de 2008	1	9.2	9.4
			9.2	
			9.9	
		2	8.8	9.7
			10.3	
			9.9	



- **CONTROL DE AUSCULTACIÓN MEDIANTE EL PLAN ADAR (AUSCULTACIÓN DINÁMICA DE ALTO RENDIMIENTO)**

- **DEFLEXIONES (DEFLECTÓMETRO DE IMPACTO)**

# COMPARATIVAS DEFLEXIONES MEDIAS



- **CONCLUSIONES TRAMO EXPERIMENTAL MALAGA:**
- **GRAVA-CEMENTO Y ZA DE ARIDO RECICLADO DE RCD** tienen una **capacidad portante IGUAL** o superior, que sus análogos naturales.
- **Puesta en obra** de la Zahorra Artificial (RCD): dificultad en la compactación del lado seco. ALTA CAPACIDAD PARA ABSORBER AGUA Y DE FORMA MAS LENTA (saturar en cantera)
- **Deflexiones:** En el control de seguimiento los resultados han sido satisfactorios: las deflexiones no han aumentado, salvo las zahorras de cantera. (importante material reciclado homogéneo, cuidar procesos productivos)
- **Altos coeficientes de Desgaste de Los Ángeles** (Se pueden reducir: seleccionar el material a reciclar).
- **Resistencia de la Gravacemento alta:** prefisuraciones siempre y definidas desde laboratorio.

- **RECOMENDACIONES PARA LA REDACCION DE: PLIEGOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL USO DE MATERIALES RECICLADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)**

ARTÍCULO	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
	<b>ZAHORRAS ARTIFICIALES DE RECICLADOS DE RCD´s</b>	
1	Zahorra artificial de hormigón (ZR HORM)	Material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración exclusiva de residuos de hormigones.
	Zahorra artificial de RCD's (ZR RCD)	Material granular, de granulometría continua, utilizada como capa de firme y procedente de la trituración controlada de RCD's.
	<b>GRAVACEMENTO CON ÁRIDOS GRUESO DE RECICLADOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN. (GCR)</b>	
2	Gravacemento de reciclado. (GCR).	<p>Es la mezcla homogénea de material tratado con cemento, en las proporciones adecuadas, de áridos, cemento, agua y, eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada se utiliza como capa estructural en firmes de carreteras.</p> <p>La fracción de árido grueso procede de la trituración exclusiva de residuos de hormigón y la fracción de árido fino procede de la trituración de árido de cantera o gravera natural.</p>

- *Pero no hay que olvidar que las **características finales** de estos materiales de reciclados son **muy dependientes de la calidad de los procesos de tratamiento** de las plantas de reciclado, **es por lo que se debe exigir compromisos de calidad de los productos a los fabricantes***
- El productor debe ser un Gestor Autorizado para la valorización de residuos de construcción y demolición.
- Documentos de calidad de los materiales:
  - Documentación correspondiente al mercado CE para los materiales sujetos a la Directiva Europea de productos para la construcción. Es el caso de las zahorras y de los áridos para hormigón o gravacemento.

TRAMOS EXPERIMENTALES CON MATERIALES RECICLADOS DE RCD'S DE LA OBRA:

# DUPLICACION DE LA A-367. AUTOVIA DE UTRERA. SEVILLA



PLAN **MAS** CERCA

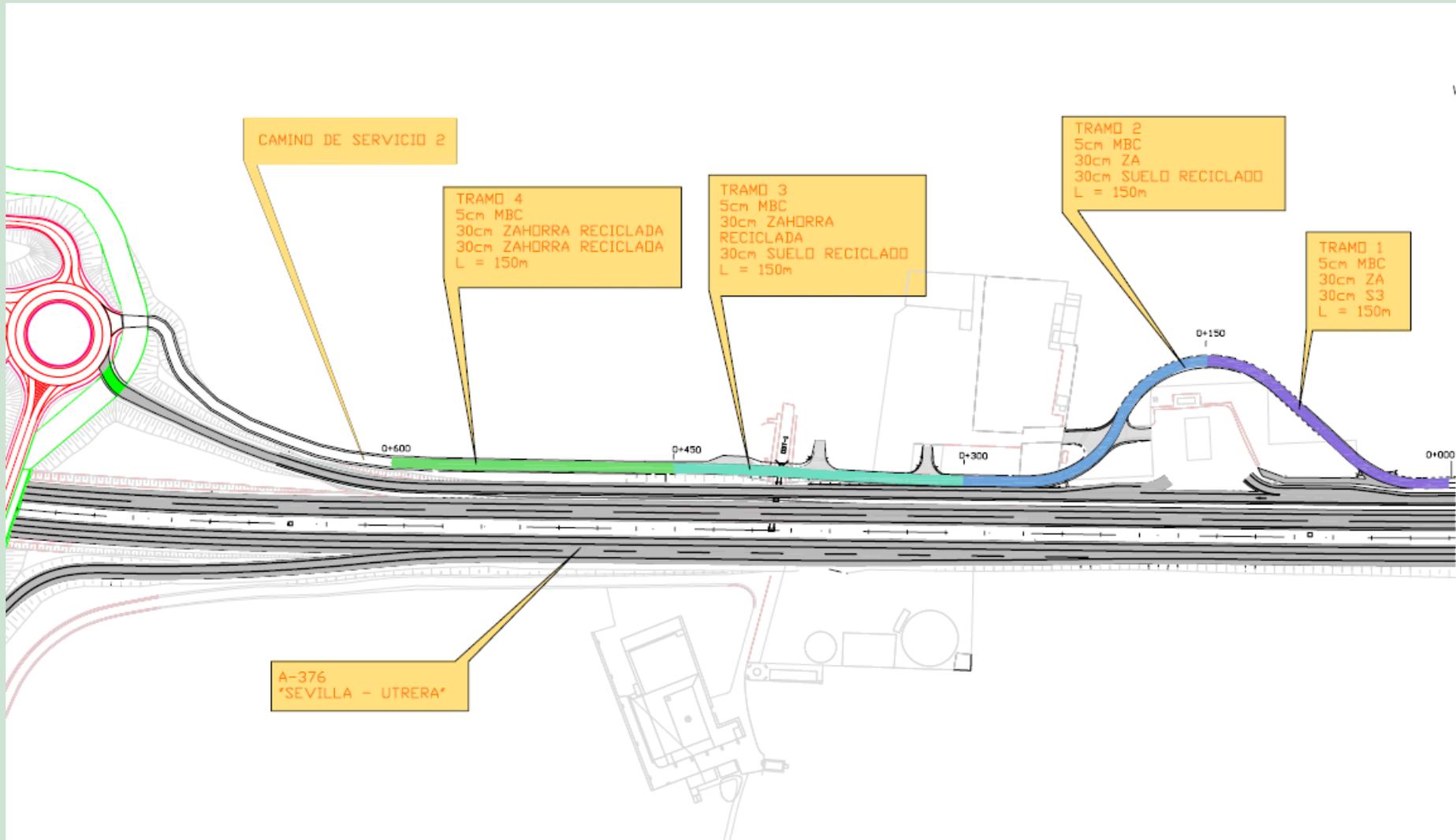


# AUTOVÍA A-376 SEVILLA - UTRERA

## Área Metropolitana de Sevilla



# MEMORIA TECNICA: PLANO DE PLANTA. TRAMOS DE PRUEBA



## EXPERIENCIA AOPJA EN SEVILLA

TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	Módulos teóricos (Mpa)
MBC 5 cm	MBC 5 cm	MBC 5 cm	MBC 5 cm	6000
Zahorra artificial 30 cm	Zahorra artificial 30 cm	Zahorra artificial RCD 30 cm	Zahorra artificial RCD 30 cm	225
Suelo seleccionado 30 cm	Suelo seleccionado RCD (30 cm)	Suelo seleccionado RCD (30 cm)	Zahorra artificial RCD 30 cm	75

Suelo seleccionado RCD



Zahorra artificial RCD





**SUELO SELECCIONADO RECICLADO DE RCD EXTENDIDO**

**ZAHORRA RECICLADA DE RCD COMPACTADA**

## Características generales para SUELOS RECICLADOS RCD

Podrán utilizarse **para** categorías de **tráfico** pesado **T2 a T4** siempre **que cumplan las prescripciones técnicas** de estas recomendaciones y **que el productor disponga y facilite la siguiente documentación:**

El productor certificará que es **gestor autorizado** para la valorización de RCD's

- Facilitará la **ficha técnica** y la **declaración de conformidad** del producto
- Aportará **certificado de control de producción** de este suelo en planta, emitido por Organismo Notificado para el mercado CE de áridos para la construcción, acreditado por ENAC
- Emitirá **certificado de las cantidades de suelos suministradas** a obra

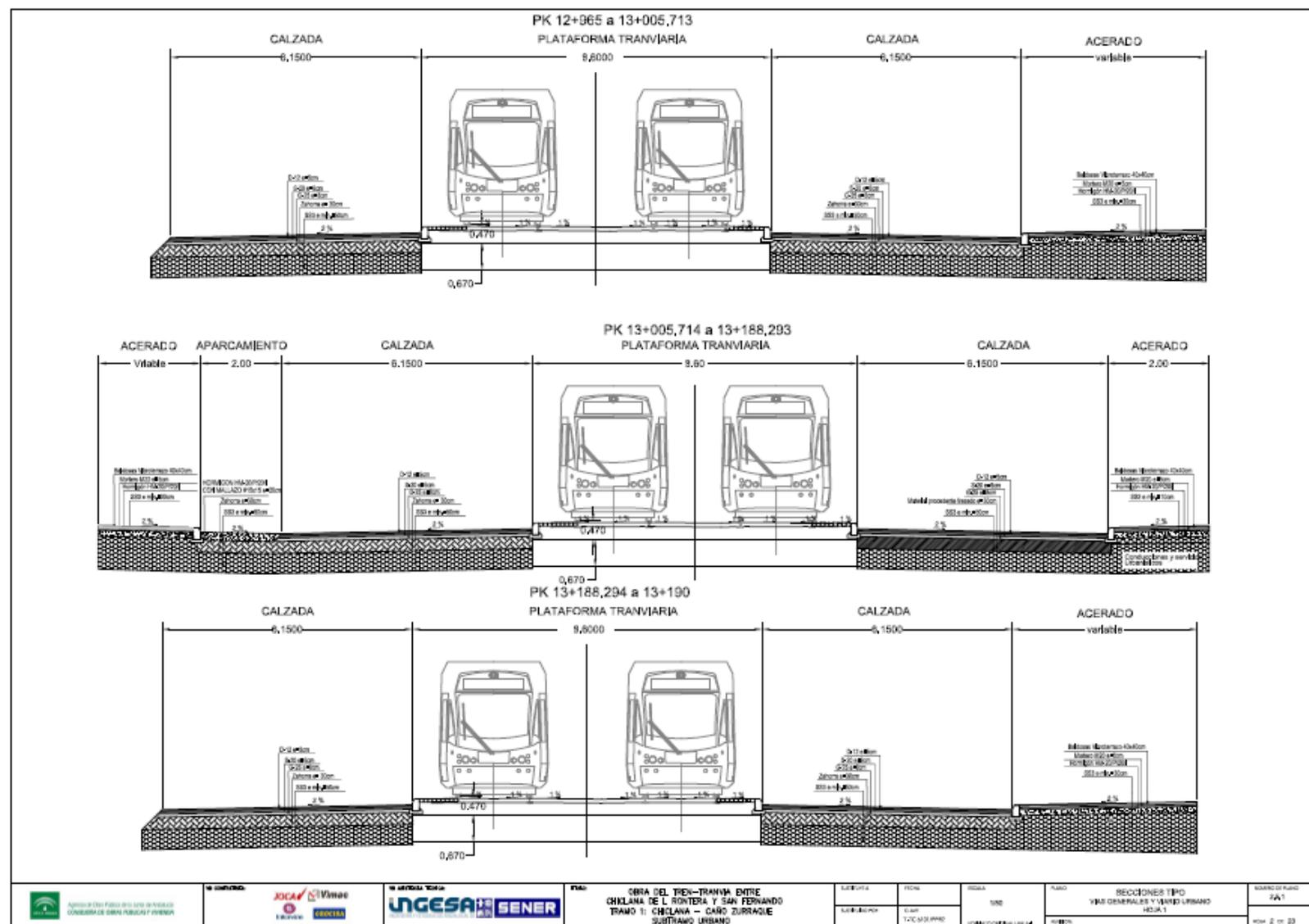


## TRAMO EXPERIMENTAL TRANVIA CHICLANA

- **Lugar:** *CHICLANA*
- **Principales novedades y trabajos realizados:**
- Utilización de ZR asfáltica de fresado de un aglomerado como base de un firme de un viario urbano.

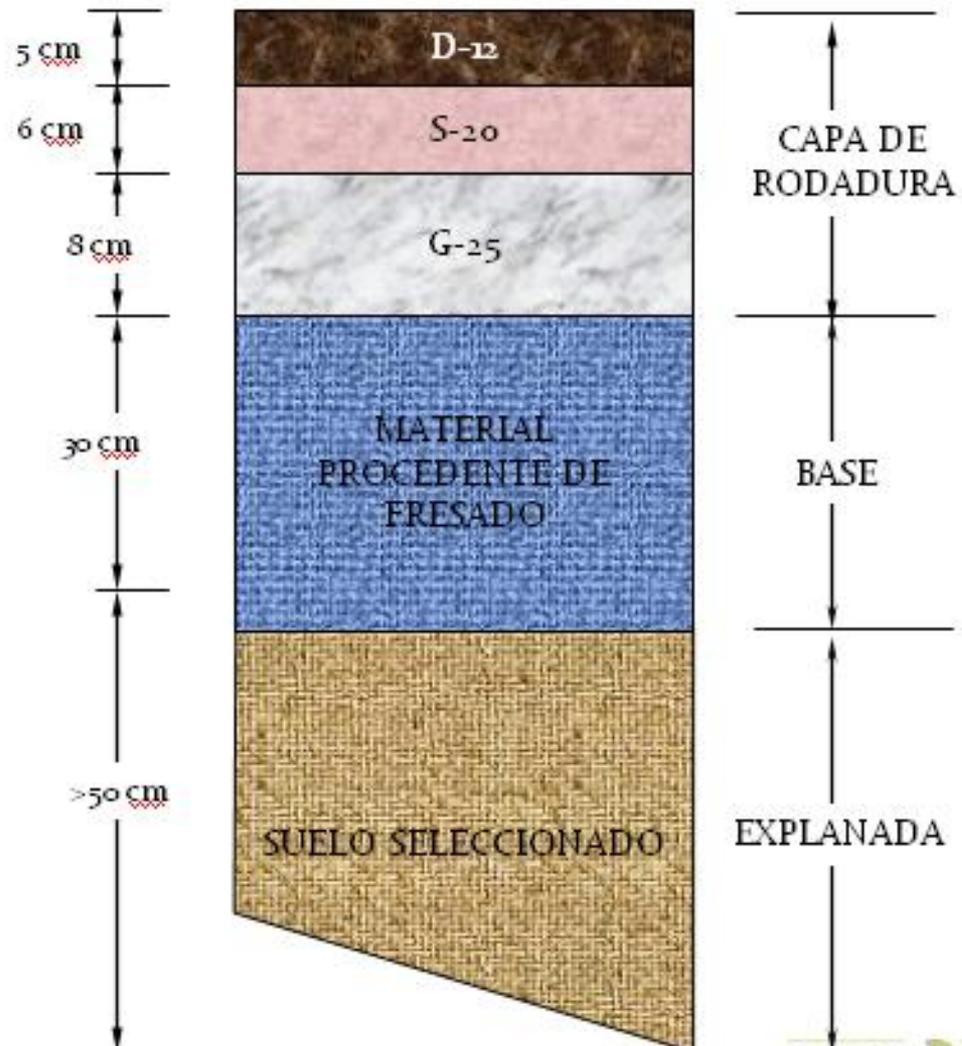


# TRAMO EXPERIMENTAL TRANVIA CHICLANA



# TRAMO EXPERIMENTAL TRANVIA CHICLANA

## • Sección tipo:



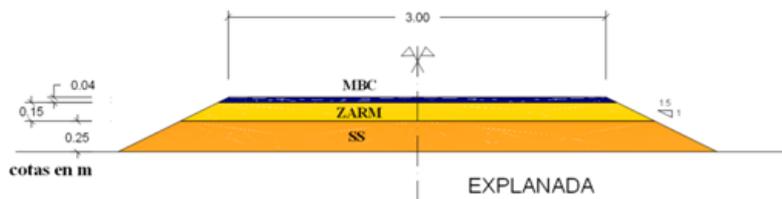


---

**TRAMO EXPERIMENTAL TRANVIA CHICLANA**

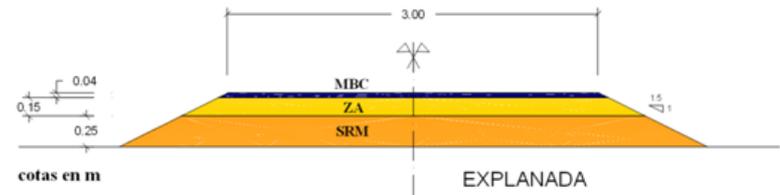
# TRAMO EXPERIMENTAL CARRIL BICI RABANALES (CORDOBA)

**Subtramo-1:** Discurre desde el PK 0+300 hasta el PK 0+380. La sub-base es un suelo seleccionado convencional de 40 mm de tamaño máximo y la base es una zahorra reciclada ZARM de 25 mm de tamaño máximo (ZA-25). La sección tipo del paquete de firme se muestra en la siguiente figura.



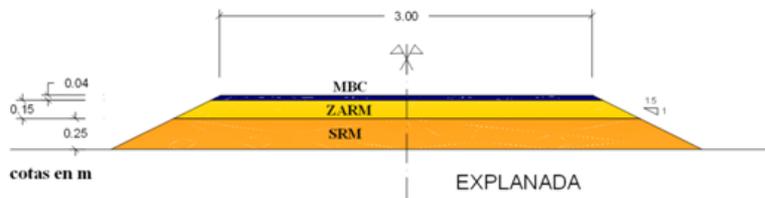
**Subtramo I**

**Subtramo-2:** Discurre desde el PK 0+400 hasta el PK 0+500. El objetivo de este subtramo es estudiar el comportamiento de un suelo reciclado mixto (SRM) de 40 mm de tamaño máximo como capa de sub-base. La capa de base está constituida por una zahorra artificial convencional (ZA-25). La sección tipo del paquete de firme se muestra en la siguiente figura



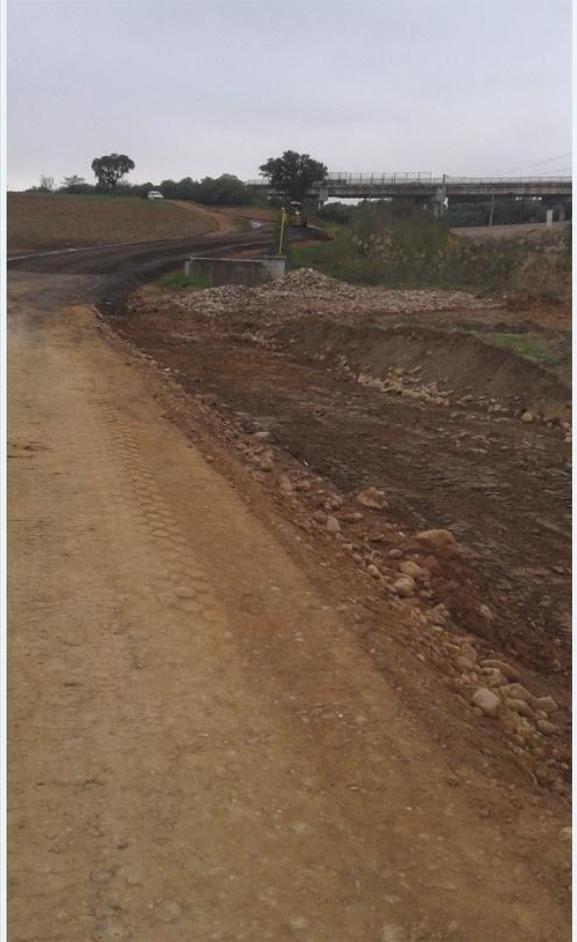
**Subtramo II**

**Subtramo-3:** Discurre desde el PK 0+500 hasta el PK 0+700. El objetivo de este subtramo es estudiar el comportamiento de un firme totalmente ejecutado con materiales reciclados. La sección tipo del paquete de firme se muestra en la siguiente figura.



**Subtramo III**

## TRAMO EXPERIMENTAL CARRIL BICI RABANALES ( CORDOBA )



PUESTA EN OBRA ZAHORRAS Y SUELOS SELECCIONADOS RECICLADOS MIXTOS ( CON MAYOR % DE CERAMICOS ) DE RCD.

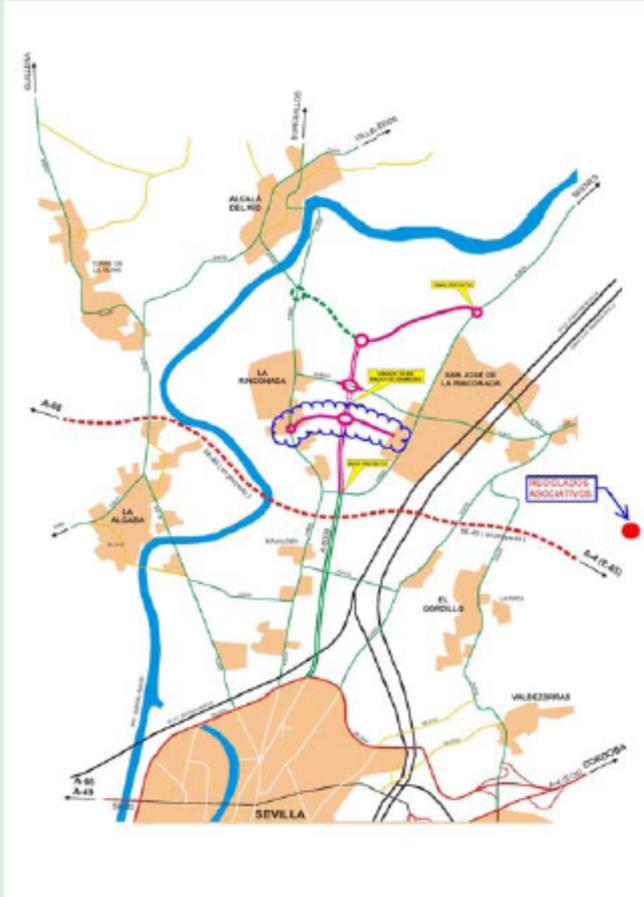


USO DE ÁRIDOS RECICLADOS MIXTOS EN LA FABRICACION DE HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL

# Empleo de Áridos Reciclados de RCD en otras obras de Sevilla

## Autovía A-8009 de Acceso Norte a Sevilla. Tramo II

⇒ puestos en obra 12.000 m<sup>3</sup> /  
70.000 m<sup>3</sup> de S0-RCD procedentes  
de Reciclados Asociativos



# Empleo de Áridos Reciclados de RCD en otras obras de Sevilla



# Empleo de Áridos Reciclados de RCD en otras obras de Sevilla

- **OBRA: DUPLICACION DE CALZADA Y ADECUACION FUNCIONAL A-392: ALCALA DE GUADAIRA – DOS HERMANAS**
- EN VIAS DE SERVICIO DE LA AUTOVIA.
- TRAMOS: VIA SERVICIO MARGEN DERECHA: P.K. 0+000 – P.K. 0+600

VIA SERVICIO MARGEN DERECHA: P.K. 0+700 – P.K. 1+100

VIA SERVICIO MARGEN IZQUIERDA : P.K. 0+440 – P.K. 0+540

**EN PROYECTO:** Núcleo de terraplén : suelo tolerable y suelo adecuado

Mejora de terreno: suelo adecuado

Cimiento de firme: suelo seleccionado

Firme granular: Zahorra artificial

**EN OBRA:** Se sustituyó por materiales reciclados de RCD salvo la Zahorra que no cumplía las **Recomendaciones** para redacción de pliegos para uso de materiales reciclados de RCD.

## Empleo de materiales reciclados de RCD en obras de METRO de MALAGA



SUELO SELECCIONADO DE RCD Y ZAHORRA RECICLADA DE HORMIGON

# Empleo de materiales reciclados de RCD en OBRA DE DUPLICACION A-491 PUERTO DE SANTA MARIA (CADIZ)

PROCEDIMIENTO DE PUESTA EN OBRA DE ZAHORRAS DE ÁRIDOS RECICLADOS RCD



Los patines del 15-12-41802 ALCALA DE GUADAR  
TEL: 94202911  
FAX: 94202933  
URL: www.cemosa.es  
E-MAIL: www@cemosa.es  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (RCD)



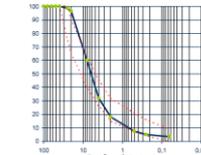
Los patines del 15-12-41802 RCD  
TEL: 94202911  
FAX: 94202933  
URL: www.cemosa.es  
E-MAIL: www@cemosa.es  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (RCD)

Episodio: 013018701  
Obra: PLANTA DE ÁRIDOS Y RECICLADOS DEL SUR EL PUERTO D  
Parcelación: ÁRIDOS Y RECICLADOS DEL SUR S.L.  
Dirección: Ctra A-2002 km 4 Sierra de San Cristobal - 11800 PUERTO DE  
Contratos:  
División/Tareas:  
Módulo/Control:  
ID Fase: 13-13022841 Anál x:

PROCEDENCIA: LUGAR DE TOMA PLANTA ARESUR  
UBICACIÓN: COD. MUESTRA: 801132132490  
DESC. MUESTRA: ZAHORRA RCD

### Análisis Granulométrico

Tamaño (mm)	% PASA
100	100,0
80	100,0
60	100,0
50	100,0
40	100,0
30	98,4
20	88,5
15	80,0
12,5	71,9
10	63,8
7,5	55,7
6,3	47,6
5,0	39,5
4,0	31,4
3,15	23,3
2,5	15,2
2,0	7,1
1,5	0,0
1,25	0,0



### Limites de Atterberg

Límite líquido: - Límite plástico: - Índice de plasticidad: NO PLÁSTICO

### Equivalente de Arenas

Equivalente de Arenas (EA): 01

### Desgaste de Los Angeles

Fracción Pasa: 14 Fracción Retenido: 12 Coeficiente de Los Angeles (L.A.): 28,50

Episodio: 013018701  
Obra: PLANTA DE ÁRIDOS Y RECICLADOS DEL SUR EL PUERTO D  
Parcelación: ÁRIDOS Y RECICLADOS DEL SUR S.L.  
Dirección: Ctra A-2002 km 4 Sierra de San Cristobal - 11800 PUERTO DE  
Contratos:  
División/Tareas:  
Módulo/Control:  
ID Fase: 13-13022841 Anál x:

PROCEDENCIA: LUGAR DE TOMA PLANTA ARESUR  
UBICACIÓN: COD. MUESTRA: 801132132490  
DESC. MUESTRA: ZAHORRA RCD

### Clasificación de los áridos gruesos reciclados

TIPO DE ÁRIDO	% En peso
R <sub>1</sub> + R <sub>2</sub>	98,4
R <sub>3</sub>	2,0
R <sub>4</sub>	0,9
X (Fines)	0,7

R<sub>1</sub>: Áridos procedentes de la trituración de hormigones, morteros y piezas para fibrocintas de albañilería de hormigón

R<sub>2</sub>: Áridos procedentes de la trituración de áridos naturales

R<sub>3</sub>: Áridos procedentes de la trituración de materiales bituminosos

X: Áridos procedentes de la trituración de otros materiales. En este caso se trata de yesos.



<b>CE</b>	
1377	
<b>ÁRIDOS Y RECICLADOS DEL SUR, S.L.</b>	
Ctra. A-2002 km.4 (Sierra de San Cristobal)	
11000 El Puerto de Santa María (Cádiz)	
13	
0001	
EN 13242:2002+A1:2007	
<b>Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en obras estructurales de firmes</b>	
Tamaño de áridos	0/20
Granulometría	G <sub>0,80</sub>
	GT <sub>0,25</sub>
Forma de las partículas	F120
Limpieza	
Contenido en finos	F12
Calidad de los finos	EA ≥ 40
Porcentaje de partículas trituradas	C 50/10
Resistencia a la fragmentación/ machaqueo	LA 40
Composición/contenido	
Azulito total	S1
Componentes que modifican la velocidad de fraguado y endurecimiento de las mezclas ligadas hidráulicamente	Cumple

La emisión del marcado CE se facilitará únicamente en papel.

En El Puerto de Santa María a 17 de Julio de 2013

**aresur**  
ÁRIDOS RECICLADOS DEL SUR  
José Joaquín Jiménez Poncela (Gerente)



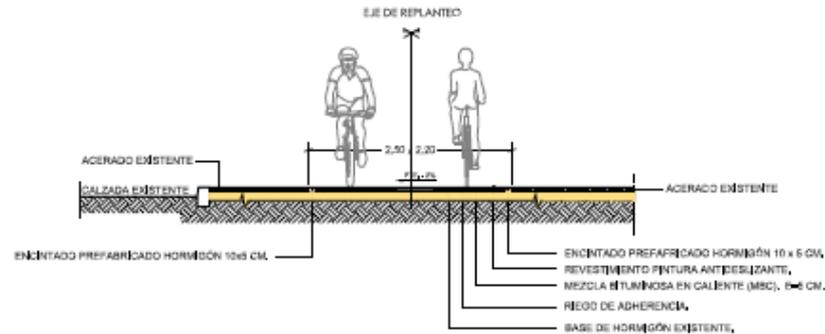
ZAHORRA RECICLADA DE HORMIGON Y DE RCD PLANTA ARESUR

- EMPLEO DE ARIDOS RECICLADOS EN PROYECTOS Y ANTEPROYECTOS DE CARRETERAS, VIAS CICLISTAS, METROS....:
  - Análisis áridos de RCD igual que cualquier otro préstamo o cantera. ( Técnico y Económico)
  - Inclusión de un porcentaje de utilización RCD
  - Valorar positivamente su uso dentro del Estudio de Impacto Ambiental.

# PROYECTO CONSTRUCCION VIA CICLISTA MALAGA CENTRO

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA 5

SEGREGACIÓN DE PLATAFORMA EN ACERA EXISTENTE

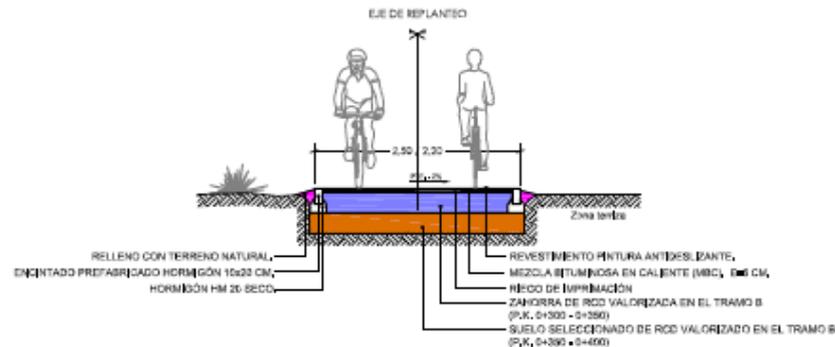


NOTA SECCIONES CONSTRUCTIVAS 7, 8, 9 Y 10:

SECCIÓN 7.- PLATAFORMA COMPARTIDA PEATÓN/BIC DELIMITADA  
 SECCIÓN 8.- PLATAFORMA COMPARTIDA PEATÓN/BIC  
 SECCIÓN 9.- CICLOCALLE, SE LIMITA A LA DEPOSICIÓN DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y/O VERTICAL  
 SECCIÓN 10.- VÍA CICLISTA SOBRE TERREJA TRATADA, SE LIMITA A UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL

## SECCIÓN CONSTRUCTIVA 6

NUOVA PLATAFORMA SOBRE ZONA TERREJA



## **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**“Aplicaciones de los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición (RCD) para la construcción sostenible de infraestructuras viarias en Andalucía central” (Exp. G-GI-3000/IDIY)**



Unión Europea  
Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional  
Una manera de hacer Europa



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía  
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



UNIVERSIDAD  
B  
CÓRDOBA

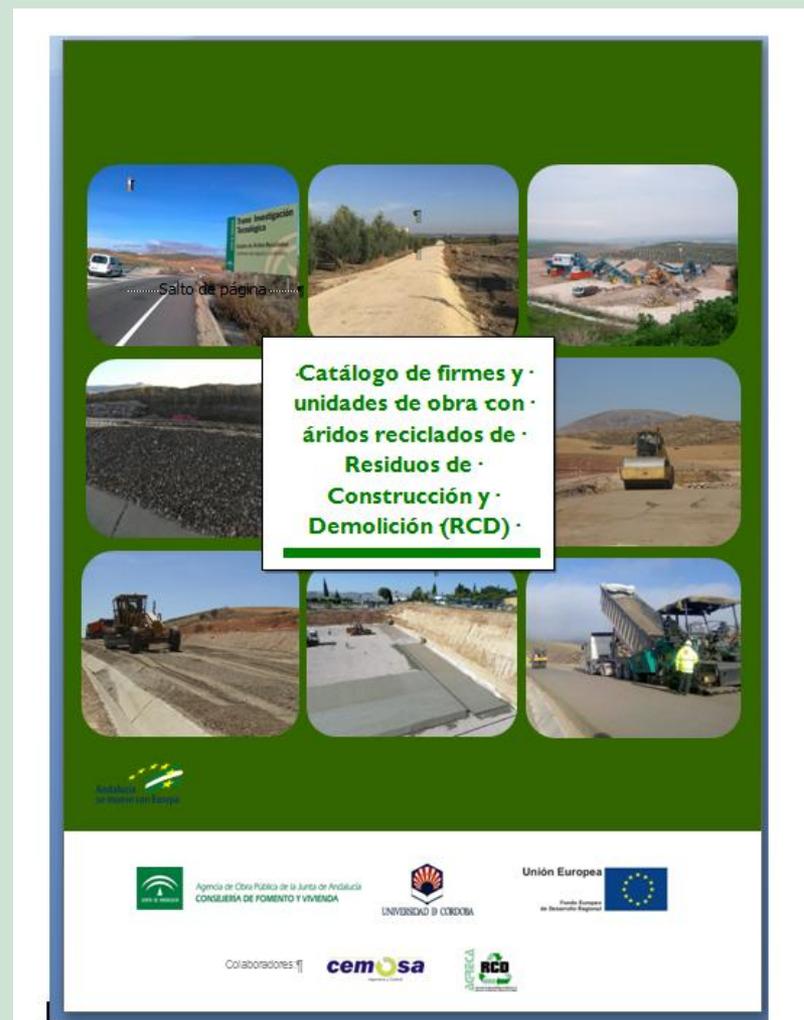
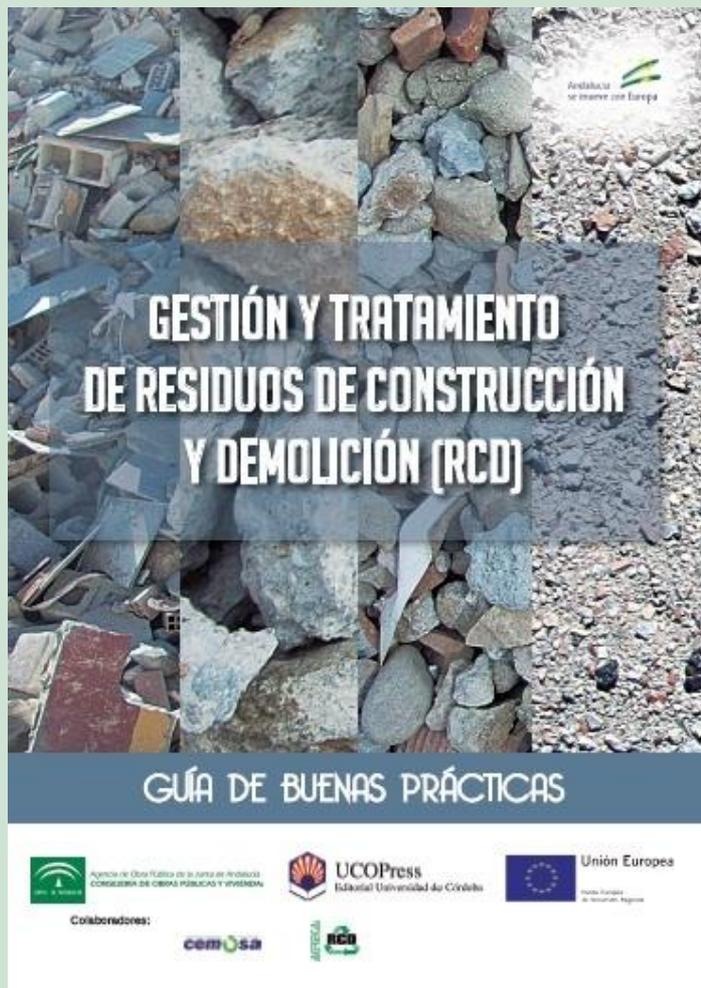


- ❖ **Objetivo general:** Promocionar el uso de los áridos reciclados de RCD en obras de infraestructuras viarias mediante el estudio de nuevas aplicaciones de mayor valor añadido.
- Realizar una evaluación ambiental de los áridos de RCD.
- Redactar una Guía de Áridos Reciclados de Andalucía (1ª parte Andalucía Central).
- Guía de Buenas Prácticas en la gestión y tratamiento de los RCD.
- Planificación, diseño y construcción de tramos experimentales.
- Redactar un Catálogo de Firms y Unidades de obra con áridos de RCD.

## PROYECTO DE INVESTIGACION CON UNIVERSIDAD DE CORDOBA

- **ÍNDICE**
- **Objetivo 1: Ampliación “recomendaciones para la redacción de pliegos”**
  - Actividad 1.1. Estudio de **suelo cemento** reciclado
  - Actividad 1.2. Estudio de **hormigones reciclados**
  - Actividad 1.3. Estudio de material drenante reciclado
  - Actividad 1.4. Estudio de **zahorras recicladas mixtas**
  - Actividad 1.5. Evaluación ambiental de AR
  - Actividad 1.6. Influencia en yeso en la capacidad de soporte y estabilidad dimensional de materiales reciclados
  - Actividad 1.7. Borrador “**propuesta de catálogo de firmes con materiales reciclados**”
- **Objetivo 2: Borrador guía áridos reciclados en Andalucía central**
  - Actividad 2.1. Primer inventario de Plantas y sistemas de gestión de RCD
  - Actividad 2.2. Caracterización AR – Andalucía central: Córdoba y Málaga
  - Actividad 2.3. “**Guía de buenas prácticas**”
  - Actividad 2.4. Borrador “Guía de AR de Andalucía; Parte I: Andalucía central”
- **Objetivo 3: Tramo experimental**
- **Objetivo 4: Web difusión y transferencia**

<http://www.aridosrcdandalucia.es/rcd/>





Andalucía  
te impulsa con Europa

# GUÍA

de áridos reciclados de  
residuos de construcción  
y demolición (RCD) de  
Andalucía Central



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía  
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



UNIVERSIDAD  
DE  
CORDOBA



Unión Europea  
Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional

**cemosa**



Desarrollada por la UNIVERSIDAD DE CORDOBA (Grupo de investigación del PAIDI "TEP 227" Ingeniería de la Construcción y la Catedra de Medio Ambiente Empresa) con la participación de la empresa Centro de Estudios de Materiales y Control de Obra S.A. (CEMO5A) y la colaboración de la Asociación de Empresas Gestoras de Residuos de Construcción y Demolición de Andalucía (AGRECA) y del Laboratorio de Control de Calidad de la Construcción de Córdoba de la Consejería de Fomento y Vivienda. Esta Guía ha tenido la financiación de la CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA de la JUNTA DE ANDALUCÍA y de los FONDOS FEDER de la U.E.



# GUIA DE ARIDOS DE ANDALUCIA CENTRAL ( 1º PARTE)

- Marco normativo
- Los áridos reciclados en Andalucía Central

ZAHORRAS			
Z1	Zahorra reciclada mixta	0-32 mm	Geçorsa (Córdoba)
Z2	Zahorra reciclada mixta	0-32 mm	Aristerra (Málaga)
Z3	Zahorra reciclada mixta	0-32 mm	Mijas (Málaga)
Z4	Zahorra reciclada mixta	0-32 mm	Epsilon (Córdoba)
Z5	Zahorra reciclada de hormigón	0-32 mm	Aristerra (Málaga)
Z6	Zahorra reciclada de hormigón	0-32 mm	Epsilon (Córdoba)
ARENAS			
A1	Arena reciclada mixta	0-8 mm	Guhilar (Granada)
A2	Arena reciclada mixta	0-8 mm	Barea (Córdoba)
A3	Arena reciclada de hormigón	0-8 mm	Aristerra (Málaga)
GRAVAS			
G1	Grava reciclada mixta	8-30 mm	Barea (Córdoba)
G2	Grava reciclada mixta	8-30 mm	Mijas (Málaga)
G3	Grava reciclada mixta	8-40 mm	Guhilar (Granada)
ARIDO GRUESO SUPERIOR A 40 mm			
D1	Arido grueso reciclado mixto	40-80 mm	Epsilon (Córdoba)
D2	Arido grueso reciclado mixto	45-60 mm	Barea (Córdoba)
D3	Arido grueso reciclado mixto	40-80 mm	Guhilar (Granada)
D4	Ar. grueso reciclado de hormigón	40-80 mm	Aristerra (Málaga)
D5	Ar. grueso reciclado de hormigón	40-80 mm	Mijas (Málaga)

Tabla 11. Tabla resumen con descripción de materiales analizados

- Estudio experimental sobre la acción del yeso, presente en los áridos de RCD, en las unidades de obras de construcción de carreteras
- Recomendaciones técnicas para el uso de áridos reciclados procedentes de RCD en obras de ingeniería civil

# GUIA DE ARIDOS DE ANDALUCIA CENTRAL ( 1º PARTE)

- Recomendaciones técnicas para el uso de áridos reciclados procedentes de RCD en obras de ingeniería civil

### 5.3. Recomendaciones para el empleo de áridos reciclados en usos no ligados

En la actualidad, tanto a nivel nacional como internacional, las principales aplicaciones de los áridos reciclados de RCD son en usos no ligados, donde se emplean más del 90% de la producción anual.

Los principales usos son:

- Zahorras para bases granulares de fimes
- Suelos para rellenos tipo terraplén
- Material drenante
- Camas de asiento de tuberías

A continuación, se presenta una síntesis de los trabajos de investigación realizados por el equipo investigador relativos a estas cuatro aplicaciones, así como una propuesta relativa a los requisitos que deben cumplir en función de la aplicación a la que vayan a ser destinados. Por último, se incluyen unas recomendaciones de puesta en obra y control de calidad.

### 5.4. Recomendaciones para el empleo de áridos reciclados ligados con cemento

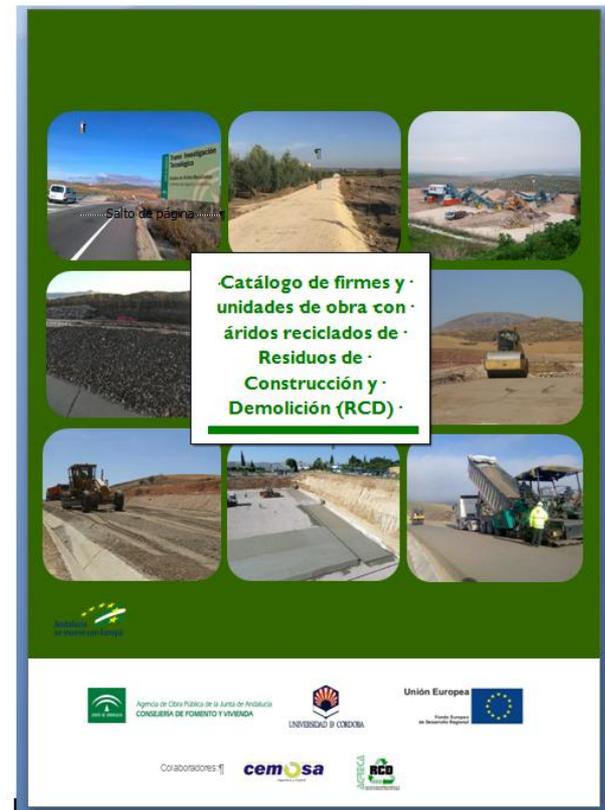
Los áridos reciclados de RCD se pueden utilizar para realizar materiales tratados con cemento.

Entre las aplicaciones de estos materiales se pueden citar las siguientes:

- Suelo-cemento y grava-cemento para capas estructurales de fimes de carreteras
- Homigón compactado con rodillo
- Gravas para la elaboración de homigones tanto estructurales como no estructurales.

# ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL CATÁLOGO

- Firmes de obras viarias
- Firmes de caminos rurales
- Acerados y vías peatonales
- Firmes de vías ciclistas
- Obras de drenaje y zanjas



## **CATÁLOGO DE FIRMES Y UNIDADES DE OBRA CON ÁRIDOS DE RCD**

- Los proyectistas deben contar con el respaldo de guías de diseño o recomendaciones de cálculo para sus proyectos (IDFRCA, Instrucción 6.1-IC, Instrucción 5.2-IC,...)
- Estas normativas no contemplan el uso de los RCD, dejando al proyectista toda la responsabilidad sobre el modo de uso de estos materiales.
- Este Catálogo presenta soluciones constructivas avaladas por la experiencia o bien calculadas considerando las características particulares de los materiales de RCD.

# CATÁLOGO DE FIRMES Y UNIDADES DE OBRA CON ARIDOS RECICLADOS DE RCD

## 4 CARACTERIZACIÓN DE ÁRIDOS RECICLADOS

En el presente apartado se resumen los resultados de los ensayos de caracterización de áridos reciclados. En particular, la tabla refleja las características mecánicas exigibles a cada material y para cada uso. El resto de características tales como la composición y las propiedades físico-químicas se recogen en el Anexo II.

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EXIGIBLES A CADA MATERIAL**

Símbolo	Designación del material	Características	Prescripciones complementarias para su empleo en					
			Firmes de carretera	Firmes de caminos rurales	Carril bici y vías peatonales	Cimiento del firme: Núcleo	Cimiento del firme: Capas de asiento	Obras de drenaje y zanjas
ZARHot	Zahorra artificial reciclada de hormigón	Ver Anexo III	T2: LA<35 T3: LA<40 T4: LA<40	T4: LA<40	LA<40			
ZARM I	Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD	Ver Anexo III	T3: LA<40 T4: LA<40	T4: LA<40	LA<40			
ZARM II	Zahorra artificial reciclada mixta Tipo II de RCD	Ver Anexo III	T4: LA<40	T4: LA<40	LA<45			
ZARA	Zahorra artificial reciclada asfáltica	Ver Anexo III	T2: LA<35 T3: LA<40 T4: LA<40	T4: LA<40	LA<40			
SR-SEL	Suelo seleccionado reciclado de RCD	Ver Anexo III				CBR≥3	CBR≥5	
SR TOL	Suelo tolerable reciclado de RCD	Ver Anexo III				CBR≥3		
SCR	Suelo-cemento reciclado de RCD	Ver Anexo III	T2, T3, T4: f <sub>c</sub> = 2,5 a 4,5MPa		f <sub>c</sub> > 1,5MPa			
HCR	Hormigón seco compactado reciclado de RCD	Ver Anexo III						
GCR20	Grava-cemento reciclada de RCD	Ver Anexo III	T2: LA<35 T3: LA<40 T4: LA<40					
GCR32	Grava-cemento reciclada de RCD	Ver Anexo III	T2: LA<35 T3: LA<40 T4: LA<40					

# Características a exigir a los materiales de RCD

## ANEXO I. GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Rc:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto de hormigón, productos de hormigón mortero y/o unidades de albañilería de hormigón

**Ru:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto por áridos no tratados, piedra natural, áridos tratados con conglomerantes hidráulicos

**Rb:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto por unidades de albañilería de arcilla (adornos y tejas), unidades de albañilería de silicato cálcico, hormigón aireado no flotante

**Ra:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto por materiales bituminosos

**Rg:** componente no flotante de los áridos gruesos reciclados compuesto por vidrio

**X:** componentes no flotantes de los áridos reciclados cohesivos (arcilla y/o arena), metálicos (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho, o yeso.

**FL:** componente de los áridos gruesos reciclados compuesto por partículas flotantes

**CBR:** California bearing ratio

**ZARM I:** zahorra artificial reciclada mixta tipo I de RCD

**ZARM II:** zahorra artificial reciclada mixta tipo II de RCD

**ZHor:** zahorra artificial reciclada de hormigón

**ZARA:** zahorra reciclada asfáltica

**SR-Sel:** suelo seleccionado reciclado de RCD

**SR-Tol:** suelo tolerable reciclado de RCD

**SCR:** suelo-cemento reciclado de RCD

**HCR:** hormigón seco compactado reciclado de RC

**GCR:** grava-cemento reciclada de RCD

TABLA A-3. REQUISITOS GEOMÉTRICOS (III) DE LAS ZAHORRAS RECICLADAS DE RCD

Partículas trituradas UNE EN 933-5 y 933-6	Tipo de árido	Categoría de tráfico	
		T2	T3-T4
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	ZARHor	>70	>50
	ZARM I		
	ZARM II		
	ZARA	>70	
Partículas totalmente redondeadas (%)	ZARHor	<10	
	ZARM I	<50	
	ZARM II	<50	
	ZARA	<10	

TABLA A-4. REQUISITOS FÍSICO-MECÁNICOS DE LAS ZAHORRAS RECICLADAS DE RCD

		ZARHor	ZARM I	ZARM II	ZARA	
		<b>Absorción</b> UNE-EN 933-1:2012	< 4 mm	< 10 %	< 12 %	< 14 %
	> 4 mm	< 7 %	< 9 %	< 11 %	< 7 %	
<b>Equivalente de Arena</b> UNE-EN 933-8		> 35 <sup>1</sup>	> 30 <sup>1</sup>	> 25 <sup>1</sup>	> 35 <sup>1</sup>	
<b>CBR</b> UNE 103502		>40	>20	>30		
<b>Límites de Atterberg</b>	UNE 103103	N.P.		LL < 25	N.P.	
	UNE 103104			IP < 6		
<b>Desgaste los Angeles</b> UNE-EN 1097-2	Capas granulares de firmes	T2	<35		<35	
		T3				
	Carril bici y vías peatonales urbanas	T4	<40	<40	<40	<40
					<45	

<sup>1</sup>este valor podrá disminuirse en 5 unidades siempre y cuando el azul de metileno (UNE-EN 933-9) sea inferior a 10

## ANEXO II. CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LOS MATERIALES

### CARACTERÍSTICAS EXIGIBLES A LAS ZAHORRAS RECICLADAS DE RCD

En las Tablas A-1 a A-5 se recogen los requisitos relativos a composición, geometría, físico-mecánicos y químicos que deben cumplir cada una de las zahorras.

TABLA A-1. CLASIFICACIÓN DE ZAHORRAS RECICLADAS DE RCD SEGÚN ENSAYO DE COMPOSICIÓN

Composición UNE-EN 933-11	ZARHor	ZARM I	ZARM II	ZARA
	Rc+Ru+Ra	-	≥ 70 %	≥ 70 %
Rc+Ru	≥ 90 %	≥ 55 %	≥ 55 %	-
Rc	-	-	-	-
Ra	-	-	-	≥ 50 %
Rb	-	-	-	-
X	< 1 %	-	< 2 %	< 1 %
FL	< 1 cm <sup>3</sup> /kg	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	< 2 cm <sup>3</sup> /kg	< 1 cm <sup>3</sup> /kg

TABLA A-2. REQUISITOS GEOMÉTRICOS (I) DE LAS ZAHORRAS RECICLADAS DE RCD

	ZARHor - ZARM I - ZARA			ZARM II		
	0/32	0/20	0/20 ZAD	0/40	0/32	0/22
Granulometría UNE EN 933-1	56	-	-	-	100	-
	45	-	-	-	85-100	100
	40	100	-	-	75-99	87-100
	32	88-100	100	100	68-95	75-99
	20	65-90	75-100	65-100	56-85	62-91
	12,5	52-76	60-86	47-78	44-74	50-79
	8	40-63	45-73	30-58	35-63	40-68
	4	26-45	31-54	14-37	22-46	27-51
	2	15-32	20-40	0-15	15-35	20-40
	0,5	7-21	9-24	0-6	7-23	7-26
	0,25	4-16	5-18	0-4	4-18	4-20
	0,063	0-9	0-9	0-2	0-9	0-11
Índice de lajas UNE-EN 933-3						< 35

TABLA A-5. REQUISITOS QUÍMICOS DE LAS ZAHORRAS RECICLADAS DE RCD

	ZARHor	ZARM I	ZARM II	ZARA
<b>Materia Orgánica</b> UNE 103204	< 1 %	< 2 % *		
<b>Comp. totales de azufre (SO<sub>2</sub>) *</b> UNE-EN 1744-1	1,3 %	1,8 %	1,3 %	
<b>Sulf. Sol. Agua (SO<sub>3</sub>)</b> UNE-EN 1744-1	< 0,7 % (SO <sub>3</sub> ) < 0,5 % (SO <sub>3</sub> ) en contacto con materiales ligados con cemento			
<b>Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos</b> UNE-EN 1367-2	≤ 18 %			

<sup>1</sup> Siempre que se justifique que la materia orgánica proviene de materiales bituminosos

<sup>2</sup> Siempre que no esté en contacto con cemento u hormigón. Si fuera así, el contenido de azufre total deberá ser inferior al 0,5 % expresado en SO<sub>2</sub>.

#### NOTA:

Todas las propiedades de las zahorras recicladas anteriormente mencionadas se deben de incluir en:

- Marcado CE
- Ficha AGRECA o similar

Además el suministrador deberá hacer constar en declaración responsable que el material cumple con la normativa vigente, especialmente la ambiental.

# Fichas modelo

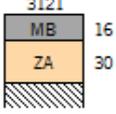
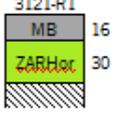
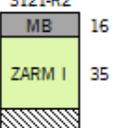
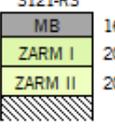
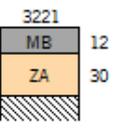
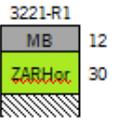
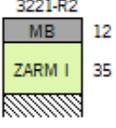
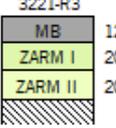
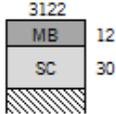
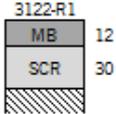
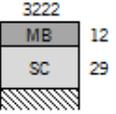
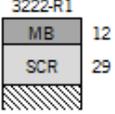
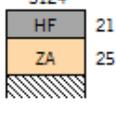
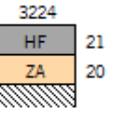
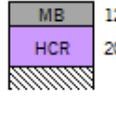
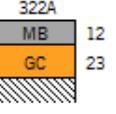
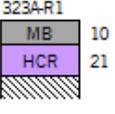
Sello de Mercado CE o AGRECA, según corresponda																																													
<b>EMPRESA DIRECCIÓN</b> XXXXXXXXXX																																													
<b>CENTRO DE PRODUCCIÓN</b> XXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXX																																													
Denominación: Zahorra artificial reciclada mixta tipo I de RCD ZARM I Tipo material: Árido para capas granulares Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas																																													
<b>Composición</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>Rc+Ru+Ra</td> <td>Rc+Ru</td> <td>Rc -</td> <td>Ra -</td> <td>Rb -</td> <td>X</td> <td>FL</td> </tr> <tr> <td>≥ 70 %</td> <td>≥ 55 %</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>&lt; 1 %</td> <td>&lt; 1 g/m<sup>2</sup>/kg</td> </tr> </table>		Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL	≥ 70 %	≥ 55 %	-	-	-	< 1 %	< 1 g/m <sup>2</sup> /kg																														
Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL																																							
≥ 70 %	≥ 55 %	-	-	-	< 1 %	< 1 g/m <sup>2</sup> /kg																																							
<b>Granulometría de las partículas</b> UNE-EN 933-1 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>Fam. ta (mm)</td> <td>40</td> <td>30</td> <td>20</td> <td>12.5</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0.5</td> <td>0.25</td> <td>0.075</td> </tr> <tr> <td>0/30</td> <td>100</td> <td>85-100</td> <td>65-90</td> <td>50-74</td> <td>40-63</td> <td>24-45</td> <td>15-20</td> <td>7-21</td> <td>4-14</td> <td>0-9</td> </tr> <tr> <td>0/20</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>75-100</td> <td>60-84</td> <td>45-73</td> <td>31-54</td> <td>20-40</td> <td>9-24</td> <td>5-18</td> <td>0-9</td> </tr> <tr> <td>1A0/0,20</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>65-100</td> <td>47-78</td> <td>30-58</td> <td>14-37</td> <td>0-15</td> <td>0-6</td> <td>0-4</td> </tr> </table>		Fam. ta (mm)	40	30	20	12.5	8	4	2	0.5	0.25	0.075	0/30	100	85-100	65-90	50-74	40-63	24-45	15-20	7-21	4-14	0-9	0/20	-	100	75-100	60-84	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9	1A0/0,20	-	-	100	65-100	47-78	30-58	14-37	0-15	0-6	0-4
Fam. ta (mm)	40	30	20	12.5	8	4	2	0.5	0.25	0.075																																			
0/30	100	85-100	65-90	50-74	40-63	24-45	15-20	7-21	4-14	0-9																																			
0/20	-	100	75-100	60-84	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9																																			
1A0/0,20	-	-	100	65-100	47-78	30-58	14-37	0-15	0-6	0-4																																			
Índice CSR UNE 103502 > 40																																													
Índice de lajas UNE-EN 933-3 < 5%																																													
Partículas trituradas y parcialmente trituradas UNE-EN 933-5 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>T2</td> <td>&gt; 70</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td>&gt; 50</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>&gt; 50</td> </tr> </table>		T2	> 70	T3	> 50	T4	> 50																																						
T2	> 70																																												
T3	> 50																																												
T4	> 50																																												
Partículas totalmente redondeadas UNE-EN 933-5 < 10 %																																													
Desgaste de los Ángeles UNE-EN 1097-2 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>T3</td> <td>&lt; 40</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>&lt; 40</td> </tr> <tr> <td>Carriñal y vías peatonales</td> <td>&lt; 40</td> </tr> </table>		T3	< 40	T4	< 40	Carriñal y vías peatonales	< 40																																						
T3	< 40																																												
T4	< 40																																												
Carriñal y vías peatonales	< 40																																												
Equivalente de arena UNE-EN 933-6 > 50% *o equivalente de arena > 25 y simultáneamente el azul de metileno (UNE-EN 933-9) < 10																																													
Plasticidad UNE 103103 / UNE 103104 N.P.																																													
Contenido en materia orgánica UNE 103204 < 1 %																																													
Comp. Totales de azufre (SO <sub>2</sub> ) UNE 1744-1, Punto 11 < 1,3 %																																													
Sulf. Solubles en agua (SO <sub>3</sub> ) UNE-EN 1744-1, Punto 10.2 < 0,7 % * en contacto con materiales ligados con cemento < 0,5 %																																													
Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos UNE-EN 1367-2 ≤ 18 %																																													

Sello de Mercado CE o AGRECA, según corresponda																																																		
<b>EMPRESA DIRECCIÓN</b> XXXXXXXXXX																																																		
<b>CENTRO DE PRODUCCIÓN</b> XXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXX																																																		
Denominación: Zahorra artificial reciclada mixta tipo II de RCD ZARM II Tipo material: Árido para capas granulares Uso previsto: Firmes de carreteras, vías ciclistas y peatonales, relleno de zanjas																																																		
<b>Composición</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>Rc+Ru+Ra</td> <td>Rc+Ru</td> <td>Rc -</td> <td>Ra -</td> <td>Rb -</td> <td>X</td> <td>FL</td> </tr> <tr> <td>≥ 70 %</td> <td>≥ 55 %</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>&lt; 2 %</td> <td>&lt; 2 cm<sup>2</sup>/kg</td> </tr> </table>		Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL	≥ 70 %	≥ 55 %	-	-	-	< 2 %	< 2 cm <sup>2</sup> /kg																																			
Rc+Ru+Ra	Rc+Ru	Rc -	Ra -	Rb -	X	FL																																												
≥ 70 %	≥ 55 %	-	-	-	< 2 %	< 2 cm <sup>2</sup> /kg																																												
<b>Granulometría de las partículas</b> UNE-EN 933-1 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>Fam. ta (mm)</td> <td>56</td> <td>45</td> <td>40</td> <td>32</td> <td>20</td> <td>12.5</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0.5</td> <td>0.25</td> <td>0.075</td> </tr> <tr> <td>0/40</td> <td>100</td> <td>82-100</td> <td>73-99</td> <td>60-92</td> <td>44-74</td> <td>28-52</td> <td>22-46</td> <td>13-23</td> <td>7-22</td> <td>4-14</td> <td>0-9</td> </tr> <tr> <td>0/32</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>67-100</td> <td>52-91</td> <td>37-71</td> <td>24-50</td> <td>17-31</td> <td>10-20</td> <td>7-16</td> <td>4-10</td> <td>0-11</td> </tr> <tr> <td>0/22</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>100</td> <td>71-97</td> <td>52-84</td> <td>37-64</td> <td>24-44</td> <td>15-24</td> <td>10-18</td> <td>6-12</td> <td>0-11</td> </tr> </table>		Fam. ta (mm)	56	45	40	32	20	12.5	8	4	2	0.5	0.25	0.075	0/40	100	82-100	73-99	60-92	44-74	28-52	22-46	13-23	7-22	4-14	0-9	0/32	-	100	67-100	52-91	37-71	24-50	17-31	10-20	7-16	4-10	0-11	0/22	-	-	100	71-97	52-84	37-64	24-44	15-24	10-18	6-12	0-11
Fam. ta (mm)	56	45	40	32	20	12.5	8	4	2	0.5	0.25	0.075																																						
0/40	100	82-100	73-99	60-92	44-74	28-52	22-46	13-23	7-22	4-14	0-9																																							
0/32	-	100	67-100	52-91	37-71	24-50	17-31	10-20	7-16	4-10	0-11																																							
0/22	-	-	100	71-97	52-84	37-64	24-44	15-24	10-18	6-12	0-11																																							
Índice CSR UNE 103502 > 20																																																		
Índice de lajas UNE-EN 933-3 < 3%																																																		
Partículas trituradas y parcialmente trituradas UNE-EN 933-5 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>T3</td> <td>&gt; 50</td> </tr> <tr> <td>T4</td> <td>&gt; 50</td> </tr> </table>		T3	> 50	T4	> 50																																													
T3	> 50																																																	
T4	> 50																																																	
Partículas totalmente redondeadas UNE-EN 933-5 < 50 %																																																		
Desgaste de los Ángeles UNE-EN 1097-2 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>T4</td> <td>&lt; 40</td> </tr> <tr> <td>Carriñal y vías peatonales</td> <td>&lt; 45</td> </tr> </table>		T4	< 40	Carriñal y vías peatonales	< 45																																													
T4	< 40																																																	
Carriñal y vías peatonales	< 45																																																	
Equivalente de arena UNE-EN 933-6 > 25% *o equivalente de arena > 25 y simultáneamente el azul de metileno (UNE-EN 933-9) < 10																																																		
Plasticidad UNE 103103 / UNE 103104 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td>LL</td> <td>&lt; 25</td> </tr> <tr> <td>IP</td> <td>&lt; 6</td> </tr> </table>		LL	< 25	IP	< 6																																													
LL	< 25																																																	
IP	< 6																																																	
Contenido en materia orgánica UNE 103204 < 2 % *siempre que se justifique que proviene de materiales bituminosos																																																		
Comp. Totales de azufre (SO <sub>2</sub> ) UNE 1744-1, Punto 11 < 1,8 %																																																		
Sulf. Solubles en agua (SO <sub>3</sub> ) UNE-EN 1744-1, Punto 10.2 < 0,7 % * en contacto con materiales ligados con cemento < 0,5 %																																																		
Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos UNE-EN 1367-2 ≤ 18 %																																																		



**ILUSTRACIÓN 2. TIPOS DE SECCIONES ESTRUCTURALES RECOMENDADAS PARA EL USO DE ÁRIDOS DE RCD**

MB: Mezcla bituminosa; ZARHor: Zahorra artificial reciclada de hormigón; ZARM I: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD; ZARM II: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo II de RCD; HCR: Hormigón seco compactado reciclado de RCD; SCR: Suelo-cemento reciclado de RCD.

		CATEGORIA DE TRAFICO PESADO							
		T3A				T3B			
CATEGORIA DE EXPLANADA	E2	<u>Árido natural</u>		<u>Árido reciclado</u>		<u>Árido natural</u>		<u>Árido reciclado</u>	
		<p>3121</p> 	<p>3121-R1</p> 	<p>3121-R2</p> 	<p>3121-R3</p> 	<p>3221</p> 	<p>3221-R1</p> 	<p>3221-R2</p> 	<p>3221-R3</p> 
		<p>3122</p> 	<p>3122-R1</p> 			<p>3222</p> 	<p>3222-R1</p> 		
		<p>3124</p> 				<p>3224</p> 			
<p>312A</p> 	<p>312A-R1</p> 			<p>322A</p> 	<p>323A-R1</p> 				
<p>MB: Mezcla bituminosa; ZA: Zahorra artificial; SC: Suelo-cemento; HM: Hormigón magro; GC: Grava-cemento; HF: Hormigón de firme; ZARHor: Zahorra artificial reciclada de hormigón; ZARM I: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo I de RCD; ZARM II: Zahorra artificial reciclada mixta Tipo II de RCD; HCR: Hormigón seco compactado reciclado de RCD; SCR: Suelo-cemento reciclado de RCD.</p>									



Aridos  
Reciclados **RCD**



Planta de reciclaje de RCD  
Alternativa sostenible a los vertederos

## Áridos Reciclados RCD

Aplicaciones de los RCD para la construcción sostenible de infraestructuras viarias en Andalucía Central

<http://www.aridosrcdandalucia.es/rcd/>



## Datos generales

La planta de RCD de Aristerra S.L., con CIF B29787363, se encuentra en la Calle Carril de los Chopos s/n Málaga, siendo el domicilio fiscal de la empresa la Calle San Andrés, 19; CP: 29002 Málaga. La localización se puede ver en el mapa de cabecera. Esta planta pertenece a la asociación AGRECA.

## Recepción de material

A la entrada de la planta, hay una báscula que permite llevar un control informatizado tanto de las cantidades de RCD que entran como de las cantidades de áridos reciclados que salen de la planta. La capacidad máxima de la báscula es de 60 toneladas. A la báscula se le realiza un control para saber que el peso medido es correcto, este control es bial y lo realiza la empresa pública de la Junta de Andalucía VEIASA.

A la entrada a la planta se realiza una clasificación previa para separar los materiales según su naturaleza, distinguiendo entre RCD de hormigón y mixto. En la Tabla 1 se muestran las cantidades de entrada a la planta de cada uno de los materiales.

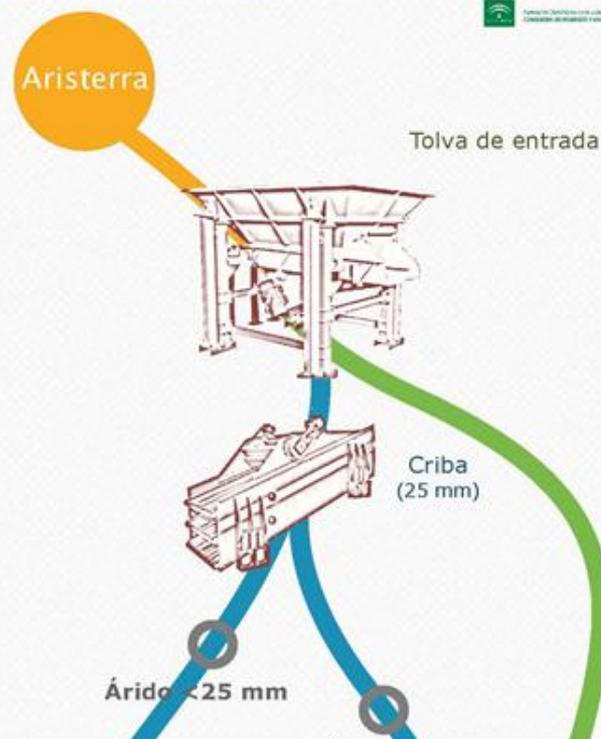
**Tabla 1. Cantidad de material recepcionado (Toneladas).**

Clasificación	2008	2009	2010	2011
Hormigón	82.500	125.000	174.000	110.500
Mixto	67.500	75.000	121.000	84.500

Aridos Reciclados **RCD**



Ingeniería del proceso en la planta de Aristerra



## Materiales producidos

Los materiales producidos/vendidos por la planta de RCD se han clasificado de la siguiente manera:

- Árido fino hormigón, 0-7 mm (AF-H-0/7) (Fig. 77)
- Árido grueso hormigón, 7-25 mm (AG-H-7/25) (Fig. 78)
- Zahorra hormigón, 0-32 mm (Z-H-0/32) (Fig. 79)
- Árido grueso hormigón, 32-80 mm (AG-H-32/80) (Fig. 80)
- Zahorra mixta, 0-32 mm (Z-M-0/32) (Fig. 81)
- Árido grueso mixto, 40-80 mm (AG-M-40/80)

De forma adicional, se reciben áridos naturales procedentes de excavaciones que se venden como zahorra natural, 0-40 (Z-N-0/40) (Fig. 82). Las cantidades de este material son muy pequeñas y no se controlan.



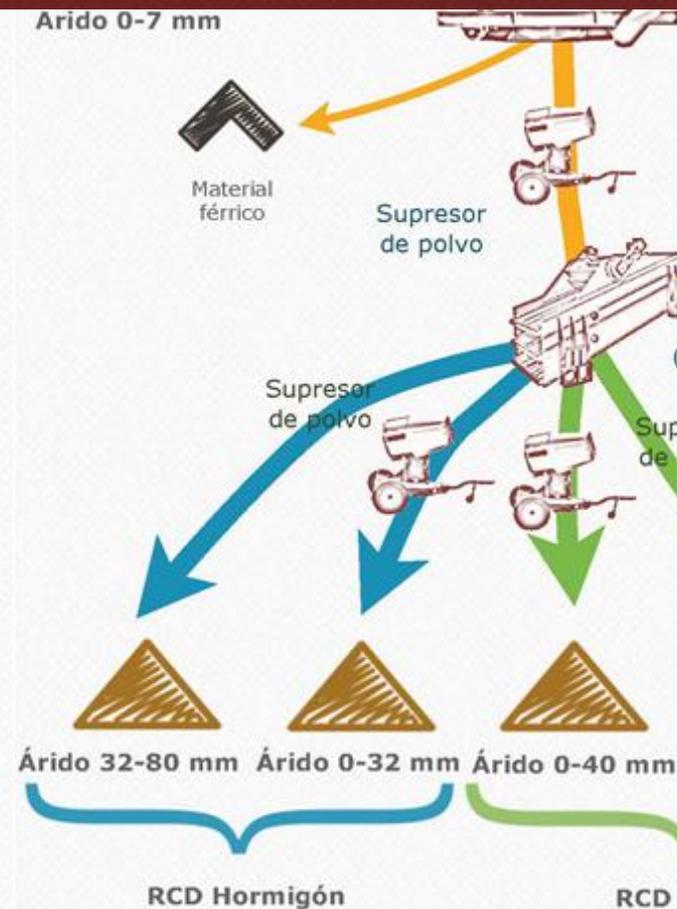
Fig. 72: AF-H-0/7



Fig. 73: AG-H-7/25



Árido 0-7 mm



Proyectos de I+D+i 2011-2013

Aplicaciones de los áridos de residuos de construcción (RCD) para la construcción de infraestructuras v...

# Aridos Reciclados RCD

Acopio de salin  
Alternativa viable

*Tabla 3. Cantidad de material producido (Toneladas)*

Clasificación	2008	2009	2010	2011
AF-H-0/7	8.125	12.340	17.160	10.890
Z-H-0/32	49.380	74.835	104.150	66.340
AG-H-7/25	11.830	17.335	24.250	15.195
AG-H-32/80	12.675	19.830	27.155	17.640
Z-M-0/40	47.120	52.450	91.350	58.950
AG-M-40/80	20.130	22.320	39.055	25.320
<b>TOTAL</b>	<b>149.260</b>	<b>199.110</b>	<b>303.120</b>	<b>194.335</b>

Con los datos de material de entrada y producido se calcula la tasa de reciclaje que se muestra en la Tabla 4.

*Tabla 4. Tasa de reciclaje en la planta de Aristerra*

Año	Entrada (t)	Reciclado (t)	Tasa de reciclaje
2008	150.000	149.160	99,5 %
2009	200.000	199.010	99,6 %
2010	305.000	303.120	99,4 %
2011	195.000	194.535	99,7 %
<b>TOTAL</b>	<b>850.000</b>	<b>845.825</b>	<b>99,5 %</b>

El destino del material producido se muestra en la Tabla 5.

*Tabla 5. Destino de material producido*

Clasificación	Destino		
Z-H-0/32	Camino rurales	Subbase carreteras	Subbase calles peatonales
AG-H-40/80	Rellenos		
AF-H-0/7	Cama de tuberías		
AG-H-7/25	Mezcla con la zahorra mixta		
Z-M-0/32	Camino rurales	Subbase carretas	

Aplicaciones de los RCD

as en Andalucía Central



Información del

Proyecto

**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**

**M<sup>a</sup> del Lirio García Garrido,  
AOPJA, Consejería de Fomento y Vivienda,  
Junta de Andalucía  
[maria.lirio.garcia@aopandalucia.es](mailto:maria.lirio.garcia@aopandalucia.es)**