

Recomendaciones técnicas para el empleo de áridos reciclados en Navarra

| La economía circular de los RCD como estrategia de adaptación al cambio climático



GAN-NIK

Gestión Ambiental de Navarra
Nafarroako Ingurumen Kudeaketa



Contenido

1.Recomendaciones técnicas y ambientales en Navarra	6
1.1. Hormigón	10
1.1.1. Requisitos generales	10
1.1.2. Requisitos técnicos	12
1.1.3. Requisitos ambientales	13
1.2. Carreteras	14
1.2.1. Explanadas mejoradas y terraplenes	15
1.2.1.1.Requisitos generales	15
1.2.1.2. Requisitos técnicos	16
1.2.1.3. Requisitos ambientales	17
1.2.1.4. Secciones de explanadas	18
1.2.2. Firmes	19
1.2.2.1. Requisitos generales	19
1.2.2.2. Requisitos técnicos	22
1.2.2.3. Requisitos ambientales	27
1.2.2.4. Secciones de firmes	27
1.3. Caminos	29
1.3.1. Requisitos generales	29
1.3.2. Requisitos técnicos	31
1.3.3. Requisitos ambientales	33
1.3.4. Secciones de caminos	34
1.4. Vías ciclistas	35
1.4.1. Requisitos generales	35
1.4.2. Requisitos técnicos	38
1.4.3. Requisitos ambientales	40
1.4.4. Secciones de explanadas y firmes	40
1.5. Restauración de espacios degradados	42
1.5.1. Requisitos generales	42
1.5.2. Requisitos técnicos	44
1.5.2.1. Capa de impermeabilización	44
1.5.2.2. Capa drenante de gravas	44
1.5.2.3. Relleno	44
1.5.2.4. Capa de sellado	45
1.5.3. Requisitos ambientales	46

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación propuesta de los áridos reciclados según la fracción del árido grueso reciclado para Navarra	7
Tabla 2. Criterios para la clasificación de la vulnerabilidad del medio receptor	7
Tabla 3. Tipos de conformación del material propuestos en Navarra	8
Tabla 4. Requisitos ambientales en función del tipo de conformación del material	9
Tabla 5. Viabilidad de uso en función del medio receptor y la conformación del material	10
Tabla 6. Requisitos generales de los áridos reciclados para el hormigón en Navarra	10
Tabla 7. Requisitos técnicos de los áridos reciclados para el hormigón en Navarra	12
Tabla 8. Requisitos técnicos de los áridos reciclados mixtos para hormigones no estructurales en masa en Navarra	13
Tabla 9. Categorías de tráfico en función de las intensidades medias diarias de tráfico pesado.	14
Tabla 10. Tipos de áridos reciclados que se pueden utilizar en función de la zona de la carretera	15
Tabla 11. Requisitos generales de los suelos reciclados	16
Tabla 12. Requisitos técnicos recomendables para suelos reciclados en carreteras en Navarra	17
Tabla 13. Requisitos del índice CBR recomendables para suelos reciclados en carreteras en Navarra	17
Tabla 14. Tipos de explanadas en función del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga	18
Tabla 15. Requisitos generales para firmes de carreteras con zahorras recicladas en Navarra	19
Tabla 16. Requisitos generales para firmes de carreteras con hormigón reciclado en Navarra	20
Tabla 17. Requisitos generales para firmes de carreteras con gravacemento y suelocemento reciclado en Navarra	21
Tabla 18. Husos granulométricos para ZarHor y ZarM I	22
Tabla 19. Husos granulométricos para ZarM II	22
Tabla 20. Índice CBR en función de la tipología la zahorra reciclada	23
Tabla 21. Requisitos técnicos para el árido grueso en función de la tipología la zahorra reciclada para Navarra	23
Tabla 22. Requisitos técnicos para el árido fino en función de la tipología la zahorra reciclada para Navarra	24
Tabla 23. Requisitos técnicos para el árido grueso en firmes de hormigón reciclado para Navarra	26
Tabla 24. Husos granulométricos del suelocemento reciclado a emplear en Navarra	26
Tabla 25. Propiedades de los áridos para el empleo como suelocemento reciclado en Navarra	26
Tabla 26. Requisito del suelocemento reciclado a emplear en Navarra	26
Tabla 27. Categorías de tráfico en función de la IDMp	27
Tabla 28. Tipos de explanadas en función del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (MPa)	27
Tabla 29. Requisitos generales para caminos en Navarra	30
Tabla 30. Requisitos técnicos recomendables para suelos reciclados en caminos en Navarra	31
Tabla 31. Requisitos técnicos recomendables para suelos reciclados en caminos en Navarra	32
Tabla 32. Requisitos del índice CBR recomendables para suelos reciclados en caminos en Navarra	32

Tabla 33. Requisitos técnicos para caminos ejecutados con árido fino en función de la tipología la zahorra reciclada para Navarra	32
Tabla 34. Clasificación de las explanadas en función del índice CBR en caminos en Navarra	34
Tabla 35. Tipos de tráfico previstos sobre caminos en Navarra	34
Tabla 36. Requisitos generales para vías ciclistas en Navarra	37
Tabla 37. Husos granulométricos para gravacemento reciclada a emplear en Navarra	38
Tabla 38. Propiedades de los áridos para el empleo como gravacemento en Navarra	39
Tabla 39. Requisito de la gravacemento reciclada a emplear en Navarra	40
Tabla 40. Capacidad de soporte mínimo del plano de explanada	40
Tabla 41. Tipos de firmes y aplicaciones previstas para vías ciclistas en Navarra	41
Tabla 42. Requisitos generales para restauración de espacios degradados.	43
Tabla 43. Requisitos para la capa drenante a base de gravas recicladas.	44
Tabla 44. Requisitos para el material fino de RCD.	44
Tabla 45. Requisitos para la capa de sellado.	45

Índice de figuras

Figura 1. Configuración de la estructura de una carretera	14
Figura 2. Propuestas de explanadas para carreteras en Navarra	18
Figura 3. Propuestas de firmes para carreteras en Navarra 01	28
Figura 4. Propuestas de firmes para carreteras en Navarra 02	29
Figura 5. Propuestas de firmes con materiales granulares reciclados para caminos en Navarra	35
Figura 6. Esquema de la estructura de una vía ciclista	36
Figura 7. Secciones tipo de explanadas para vías ciclistas a emplear en Navarra	42
Figura 8. Tipo de secciones de firmes para vías ciclistas a emplear en Navarra	43



1.Recomendaciones técnicas y ambientales en Navarra

Tras el análisis de las especificaciones en función de la aplicación en diferentes normativas o/y guías se desarrollan unas recomendaciones generales para la utilización del árido reciclado en diferentes aplicaciones dentro el territorio navarro que pueden servir de base al Gobierno de Navarra para hacer una guía técnica al respecto. Hay que tener en cuenta que ciertas aplicaciones tienen una normativa regulada vigente, carreteras y hormigón, y que es de obligado cumplimiento.

Independientemente del uso se aconseja una clasificación del material en función de las fracciones de su árido grueso basado en la norma UNE-EN 933-11. Para las siguientes recomendaciones nos basaremos en la siguiente clasificación sin que ésta sea determinante para la aceptación o el rechazo de un árido reciclado ya que su viabilidad de uso en una aplicación viene dada por sus características geométricas, físico-mecánicas y químicas, pudiendo utilizarse áridos reciclados excluidos de esta clasificación.

TIPO DE ÁRIDO	Rc+Ru+Ra (%)	Rc+Ru (%)	Rc (%)	Ra (%)	Rb (%)	X (%)	FL (cm ³ /kg)	Yeso
Árido grueso reciclado para hormigón ¹	-	≥ 95	-	≤ 1	-	≤ 0,5	-	-
Zahorra reciclada de hormigón (ZarHor)	-	≥ 90	-	-	-	< 1	< 1	-
Zahorra reciclada mixta I (ZarM I)	≥ 70	≥ 55	-	≤ 5	-	< 1	< 1	-
Zahorra reciclada mixta II (ZarM II)	≥ 70	≥ 55	-	≤ 5	-	< 2	< 2	-
Suelo seleccionado reciclado (SR Sel)	-	-	-	-	-	< 3	< 2 ²	< 1
Suelo tolerable reciclado (SR Tol)	-	-	-	-	-	< 5	< 2 ²	< 2
Suelo adecuado reciclado (SR Ad)	-	-	-	-	-	< 4	< 2 ²	< 1
Suelocemento reciclado (SCR40)	-	≥ 90	-	≤ 5	≤ 10	< 1	< 1	-
	-	≥ 70	-	≤ 5	≤ 30	< 1	< 1	-
	-	< 70	-	≤ 5	> 30	< 1	< 1	-
Suelocemento reciclado (SCR20)	-	≥ 90	-	≤ 5	≤ 10	< 1	< 1	-
	-	≥ 70	-	≤ 5	≤ 30	< 1	< 1	-
	-	< 70	-	≤ 5	> 30	< 1	< 1	-

Continúa en página siguiente



Viene de página anterior

TIPO DE ÁRIDO	Rc+Ru+Ra (%)	Rc+Ru (%)	Rc (%)	Ra (%)	Rb (%)	X (%)	FL (cm ³ /kg)	Yeso
Árido grueso reciclado para hormigón ¹	-	≥ 95	-	≤ 1	-	≤ 0,5	-	-
Gravacemento reciclado GCR32		≥ 90		≤ 5	≤ 5	< 1	< 2	
Gravacemento reciclado GCR20		≥ 90		≤ 5	≤ 5	< 1	< 2	

¹ Además, la proporción de partículas ligeras deberá ser ≤ 2%.

² En caso de no estar cubierto por otras capas, el límite se reducirá a < 0,5 cm³/ kg.

Tabla 1. Clasificación propuesta de los áridos reciclados según la fracción del árido grueso reciclado para Navarra
Fuente: GAN-NIK

Por otro lado, respecto a los requisitos ambientales de estos materiales se recomienda analizar 2 aspectos: el medio receptor en el que se utilizará árido reciclado y la conformación de dicho material. El estudio de ambos condicionantes permitirá un uso seguro para el medio ambiente y la salud humana y a su vez, que no sea demasiado estricta para ciertos usos en los que la lixiviación generada es menor.

Desde el punto de vista del medio receptor, se realiza una clasificación en función de su vulnerabilidad cuando cumpla alguno de los criterios expuestos en la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN	CRITERIOS
Zona altamente vulnerable (ZAV)	Zonas situadas en Dominio Público Hidráulico, riberas y márgenes en sus zonas de servidumbre (5m).
	Zonas con el nivel freático a menos de 2 m.
	Zonas situadas cercanas a embalses de abastecimiento situados aguas arriba, a menos de 500 m.
Zona vulnerable (ZV)	Zonas donde su intervención pueda afectar a la captación de agua para abastecimiento con un volumen medio diario igual o superior a 10 m ³ o que abastezca a más de 50 personas o se encuentre en el perímetro de protección de aguas minerales y termales aprobado por la legislación vigente, específica, situados a menos de 100 m aguas abajo, o en la dirección del flujo de agua subterránea si se conoce.
	Zonas con evidencia de peligro de deslizamientos, movimientos en masa o caída de bloques localizados a una distancia ≤ 100m.
	Zonas dentro de los humedales RAMSAR o del inventario de humedales de Navarra.
	Zonas localizadas en áreas de protección natural:
	RENA, la Red de Espacios Naturales Protegidos de Navarra.
	Natura 2000, red creada por la Unión Europea para la conservación de la diversidad biológica.
Zona no vulnerable (ZNV)	Zonas situadas en áreas de inundación de periodo de retorno de 100 años.
	Zonas localizadas en Lugares de Interés Geológico.
	Zonas que no tengan ningún criterio anterior.

Tabla 2. Criterios para la clasificación de la vulnerabilidad del medio receptor
Fuente: GAN-NIK



En el análisis del tipo de conformación del material nos centraremos en 4 casos diferentes como se observa en la siguiente tabla:

TIPO DE CONFORMACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Aplicación consolidada (Conformación 1)	Se considera dentro de este grupo a la mezcla del árido reciclado junto a un conglomerante (generalmente, cemento o bituminoso). Sus características deben ser acordes a las exigencias que establezca las normativas vigentes que regulen estos usos.
Aplicación no consolidada bajo cubierta impermeable (Conformación 2)	Se considera “cubierta impermeable” si está hecha de asfalto o mezclas bituminosas (espesor superior a 5 centímetros), gravacemento u hormigón, adoquines unidos por un material adherente o similares, y si tiene en todos los puntos una pendiente mínima del 1%. Incluye usos de no más de tres metros de altura en rellenos y bases de obras viales pavimentadas.
Aplicación no consolidada bajo cubierta permeable (Conformación 3)	Se considera “cubierta” si consta de al menos 30 centímetros de material natural o equivalente y tiene en todos los puntos de su capa externa una pendiente mínima del 5%.
Aplicaciones no ligadas sin recubrimiento (Conformación 4)	Incluye usos sin límite de espesor como capa inferior de pavimento u arcén en estructuras viales pavimentadas o sin pavimentar, relleno técnico relacionado con la infraestructura vial, zanjas, pistas de acceso a obras, pistas forestales, caminos agrícolas, etc., con el compactado pertinente que minimice su permeabilidad.

Tabla 3. Tipos de conformación del material propuestos en Navarra

Fuente: GAN-NIK

En función del tipo de conformación se aconsejan una serie de valores máximos de lixiviación basados en la bibliografía incluida en el apartado 3 de este documento y en los resultados de los análisis del material con peor comercialización realizados para el documento “Caracterización de residuos de construcción y demolición y residuos análogos inertes” del proyecto RCdiGreen. Aun así, desde el Gobierno de Navarra junto con la colaboración de la Universidad Pública de Navarra, se continúan realizando estudios sobre la lixiviación de estos materiales que podrían permitir ajustar más los valores propuestos. Para la determinación analítica del lixiviado se recomienda de forma general el ensayo basado en la norma UNE EN 12457-4: 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).

PARÁMETRO (mg/kg)	CONFORMACIÓN 1	CONFORMACIÓN 2	CONFORMACIÓN 3	CONFORMACIÓN 4
Cloruro	No aplica	10000	5000	1000
Fluoruro	No aplica	30	30	13
Sulfato	No aplica	10000	6000	6000
Arsénico (As)	No aplica	0,5	0,5	0,5
Bario (Ba)	No aplica	20	20	20
Cadmio (Cd)	No aplica	0,04	0,04	0,04
Cromo total (Cr tot)	No aplica	0,5	0,5	0,5

Continúa en página siguiente



Viene de página anterior

PARÁMETRO (mg/kg)	CONFORMACIÓN 1	CONFORMACIÓN 2	CONFORMACIÓN 3	CONFORMACIÓN 4
Cromo VI (Cr VI)	No aplica	-	-	-
Cobre (Cu)	No aplica	2	2	2
Mercurio (Hg)	No aplica	0,01	0,01	0,01
Molibdeno (Mo)	No aplica	0,5	0,5	0,5
Níquel (Ni)	No aplica	0,4	0,4	0,4
Plomo (Pb)	No aplica	0,5	0,5	0,5
Antimonio (Sb)	No aplica	0,06	0,06	0,06
Selenio (Se)	No aplica	0,1	0,1	0,1
Zinc (Zn)	No aplica	4	4	4
Sólidos totales disueltos (STD) ¹	No aplica	12000	12000	12000
Carbono orgánico disuelto (COD) ²	No aplica	500	500	500
Índice fenol	No aplica	1	1	1
Hidrocarburos aromático policíclico (HAP)	No aplica	50	50	50
Carbono orgánico total (COT)	No aplica	30000	30000	30000
BTEX	No aplica	6	6	6
PCB (Policlorobifenilos, 7 congéneres)	No aplica	1	1	1
Aceite mineral (C10 a C40)	No aplica	500	500	500
Aceite mineral (C10 a C21)	No aplica	-	-	300

¹ Los valores de sólidos totales disueltos (STD) podrán utilizarse como alternativa a los valores de sulfato y cloruro.

² Si el residuo no cumple estos valores de carbono orgánico disuelto (COD) con su propio pH, podrá alternativamente probarse con una relación L/S = 10 l/kg y un pH entre 7,5 y 8,0. El residuo podrá considerarse conforme a los criterios de admisión de COD si el resultado de esta determinación no es superior a 500 mg/kg.

Tabla 4. Requisitos ambientales en función del tipo de conformación del material

Fuente: GAN-NIK



Teniendo en cuenta la interacción de ambos criterios se propone la siguiente tabla de viabilidad:

TIPO DE ZONA	TIPO DE CONFORMACIÓN DEL MATERIAL			
	CONFORMACIÓN 1	CONFORMACIÓN 2	CONFORMACIÓN 3	CONFORMACIÓN 4
Zona Altamente Vulnerable (ZAV)				
Zona Vulnerable (ZV)				
Zona No Vulnerable (ZNV)				

Tabla 5. Viabilidad de uso en función del medio receptor y la conformación del material
Fuente: GAN-NIK

A continuación, en cada aplicación se especifican los requisitos generales, técnicos y ambientales basados en los criterios mencionados.

1.1. Hormigón

1.1.1. Requisitos generales

Normativa vigente	Instrucción de Hormigón (EHE-08), derogado próximamente por el Código estructural.
Marcado CE obligatorio.	
Aplicaciones	Hormigones estructurales armados y en masa de resistencia inferior a 40 MPa. Hormigones de limpieza con contenido mínimo de cemento de 150 kg/m ³ Hormigones no estructurales con resistencia mínima característica de 15 N/mm ²
Tipo de árido reciclado	Árido reciclado grueso para hormigón
Aspectos generales	Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes. Se recomienda el empleo de áridos reciclados procedentes de residuos de un único origen. Comprobación de la Declaración de prestaciones conforme a los requisitos técnicos exigibles.
Condiciones de hormigón estructural armado y en masa	Recomendable proporciones de árido reciclado ≤ 20 % del árido total Excluido el uso de árido reciclado en hormigones pretensados.
Condiciones de hormigón no estructural	El tamaño máximo de árido es de 40 mm. Para prefabricados no estructurales uso de cementos comunes excepto CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C Para hormigones de rellenos en zanjas uso de cementos comunes. Para otros usos ejecutados en obra: cementos para usos especiales ESP VI-1 y Cementos comunes excepto CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C
Condiciones de hormigón de limpieza	Dosificación mínima de cemento de 150 kg/m ³ . Empleo de hasta un 100% de áridos gruesos reciclados. El tamaño máximo de árido es de 30 mm. Uso de cementos comunes.

Tabla 6. Requisitos generales de los áridos reciclados para el hormigón en Navarra
Fuente: GAN-NIK



En el caso de empleo en hormigones estructurales, si se realiza un control exhaustivo y las pruebas necesarias, se pueden emplear proporciones mayores al 20% de áridos reciclados respecto al árido total empleado. Estos son los parámetros que estarían afectados:

- ✓ La densidad será menor que la de un hormigón convencional. Hay que tenerla en cuenta para:
 - El cálculo de los valores característicos del peso propio.
 - La dosificación.
 - Estudio del aumento de los recubrimientos.
- ✓ El módulo de deformación longitudinal disminuye progresivamente al aumentar el porcentaje de árido reciclado empleado.
- ✓ La retracción aumenta con el aumento de proporción de áridos reciclados.
- ✓ La fluencia aumenta con el aumento progresivo de áridos reciclados.
- ✓ La absorción es mayor implicando un estudio en:
 - La dosificación.
 - El uso de aditivos plastificantes o superplastificantes.

USO EXCEPCIONAL

De forma experimental y mediante un control exhaustivo se podrá emplear Zahorra reciclada mixta I (ZarM I) y Zahorra reciclada mixta II (ZarM II) para hormigones no estructurales in situ y en masa. Entre otros factores, se debe tener en cuenta que:

- ✓ La densidad, la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad disminuyen cuanto mayor es la proporción de partículas cerámicas.
- ✓ La fluencia, la retracción y la permeabilidad aumenta.
- ✓ No tienen un buen comportamiento frente a heladas y se debe estudiar su comportamiento frente a sulfatos.
- ✓ Mayor absorción que origina una peor trabajabilidad.
- ✓ Control de la dosificación.



1.1.2. Requisitos técnicos

REQUISITO TÉCNICO	NORMA DE ENSAYO	HORMIGÓN ESTRUCTURAL	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL	HORMIGÓN DE LIMPIEZA
Tamaño mínimo de árido	UNE-EN 933-1	4 mm.	4 mm.	4 mm.
Contenido de partículas que pasan por el tamiz 4 mm.	UNE-EN 933-1	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %
Contenido de descalificados	UNE-EN 933-1	≤ 10%	≤ 10 %	≤ 10 %
Índice de lajas	UNE-EN 933-3	≤ 35%	≤ 35%	≤ 35%
Composición	UNE-EN 933-11	Rc+Ru: ≥ 95%	Rc+Ru: ≥ 95%	Rc+Ru: ≥ 95%
		Ra: ≤ 1%	Ra: ≤ 1%	Ra: ≤ 1%
		X: < 0,5 %	X: < 0,5 %	X: < 0,5 %
Contenido de terrones de arcilla	UNE 7133	A.R. < 20%: ≤ 0,6% ¹ A.R. > 20%: ≤ 0,25%	≤ 0,6	≤ 0,6
Absorción	UNE-EN 1097-6	A.R. < 20%: ≤ 7% ²	A.R. < 20%: ≤ 7% ²	A.R. < 20%: ≤ 7% ²
		A.R. > 20%: ≤ 5%	A.R. > 20%: ≤ 5%	A.R. > 20%: ≤ 5%
Coefficiente de los Ángeles	UNE-EN 1097-2	≤ 40% ³	≤ 40% ³	No procede
Pérdida de peso con sulfato magnésico	UNE-EN 1367-2	≤ 18%	≤ 18%	≤ 18%
Contenido de sulfatos solubles en ácido	UNE-EN 1744-1	≤ 0,8%	≤ 0,8%	≤ 0,8%
Contenido de cloruros totales	UNE-EN 1744-1	≤ 0,05%	≤ 0,05%	-
Contenido total de compuestos de azufre	UNE-EN 1097-6	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%

¹ Adicionalmente el árido natural deberá tener un contenido de terrones de arcilla ≤ 0,15%.

² Adicionalmente el árido natural deberá tener una absorción ≤ 4,5%.

³ Para resistencias características menores a 30 N/mm², la resistencia de fragmentación puede ser entre 40 y 50 acreditándose experiencia previa.

Tabla 7. Requisitos técnicos de los áridos reciclados para el hormigón en Navarra

Fuente: GAN-NIK



USO EXCEPCIONAL

Orientativamente se establecen los requisitos técnicos que se podrían exigir a los áridos mixtos utilizados de forma experimental:

REQUISITO	NORMA	ÁRIDOS RECICLADOS MIXTOS
Absorción	UNE-EN 1744-1	≤ 12%
Contenido de compuestos totales de azufre (S)	UNE-EN 1097-6	≤ 1%
Contenido de sulfatos solubles en ácido (SO ₃)	UNE-EN 1744-1	≤ 0,8%
Contenido de materiales no deseados (vidrio, plásticos, papel)	UNE-EN 933-11	≤ 1%
Índice de lajas	UNE-EN 933-3	< 35%
Coefficiente de Los Ángeles	UNE-EN 1097-2	≤ 50%
Descalificados inferiores	UNE-EN 933-1 y 933-2	≤ 5%
Contenido de finos	UNE-EN 933-1 y 933-2	≤ 4%
Partículas ligeras	UNE 7244	≤ 1%

Tabla 8. Requisitos técnicos de los áridos reciclados mixtos para hormigones no estructurales en masa en Navarra
Fuente: GAN-NIK

1.1.3. Requisitos ambientales

El hormigón es una aplicación ligada y, por tanto, aplicable en todos los medios receptores sin ser necesario un control ambiental del árido reciclado para su fabricación (ver tablas 51, 52 y 53). Sin embargo, en los casos que se considere que el hormigón reciclado es un producto de construcción se recomienda analizar la liberación de sustancias contaminadas en el hormigón ya conformado con la norma PNE-prEN 16637-2: Basado en la prueba de lixiviación de superficie dinámica. Los valores límites admisibles de liberación deberán ser los mismos que los establecidos en un hormigón convencional y a falta de mayores estudios, los mismos que el escenario 4.

Otros aspectos ambientales a tener en cuenta a la hora de fabricar hormigón reciclado es la sostenibilidad en su fase de fabricación. Por ejemplo, en los casos que se pretendan realizar hormigón reciclado con porcentajes mayores del 20% se aconseja un análisis del ciclo de vida del material por si la demanda mayor de cemento disminuye la sostenibilidad del material.

USO EXCEPCIONAL

El empleo de áridos mixtos se incluye como una aplicación experimental por lo que el análisis de los requisitos ambientales debe ser más exhaustivo. Por ello, se recomienda un análisis de lixiviación tanto en los áridos que conforman el hormigón como en el hormigón ya elaborado. Para el primer caso se propone seguir las especificaciones de la norma PNE-prEN 16637-3: Basado en la prueba de percolación ascendente y para el segundo caso, la norma PNE-prEN 16637-2: Basado en la prueba de lixiviación de superficie dinámica. Además, debido a que la permeabilidad de los hormigones ejecutados con áridos mixtos es mayor, se aconseja emplear este material sólo en las zonas receptoras consideradas no vulnerables.



Por otro lado, es aconsejable un análisis del ciclo de vida del material para comprobar su valor sostenible frente a otro tipo de áridos reciclados.

1.2. Carreteras

Se limita el uso de áridos reciclados para categorías de tráfico pesado de T2 a T4, es decir, para intensidades medias diarias de tráfico pesado inferiores a 800 vehículos.

La estructura de una carretera se divide en las siguientes partes:

CATEGORÍAS DE TRÁFICO					
T21	T22	T31	T32	T41	T42
≥ 200 y < 800		≥ 100 y < 200	≥ 50 y < 100	≥ 25 y < 50	< 25

Tabla 9. Categorías de tráfico en función de las intensidades medias diarias de tráfico pesado.

Fuente: GAN-NIK

La estructura de una carretera se divide en las siguientes partes:

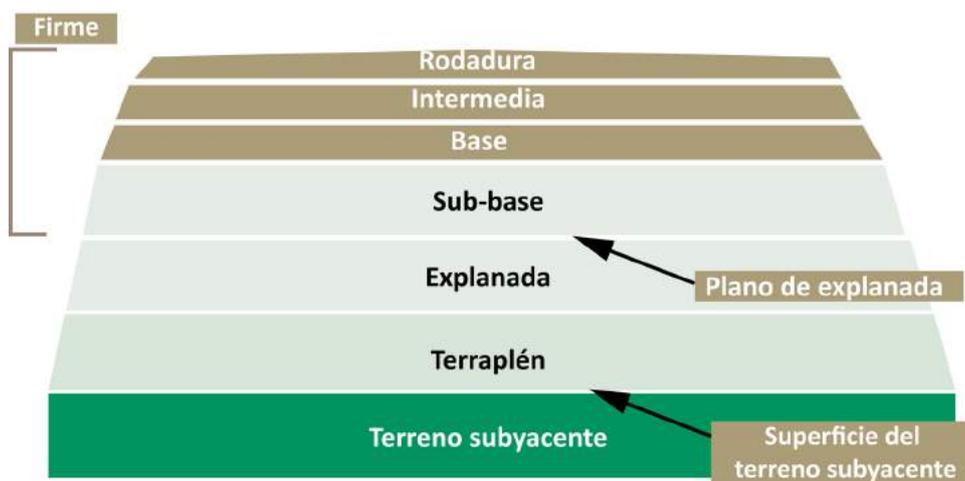


Figura 1. Configuración de la estructura de una carretera

Fuente: GAN-NIK



En función de la parte de la estructura de la carretera que se vaya a ejecutar se podrán utilizar los siguientes materiales reciclados:

SECCIÓN DE LA CARRETERA	MATERIALES RECICLADOS ¹										
	Árido grueso reciclado para hormigón	ZarHor	ZarM I	ZarM II	SR Sel	SR Tol	SR Ad	SCR	HCR	GCR32	GCR20
Explanada											
Firmes											
Terraplenes											

¹ Clasificación de los materiales según la tabla 49.

Tabla 10. Tipos de áridos reciclados que se pueden utilizar en función de la zona de la carretera
Fuente: GAN-NIK

1.2.1. Explanadas mejoradas y terraplenes

1.2.1.1. Requisitos generales

Normativa vigente	Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Artículo 330: Terraplenes y Artículo 332: Rellenos localizados
	Norma 6.1 IC Secciones de Firme. Instrucción de Carretera.
Acreditación de la viabilidad técnica y ambiental del material por ensayos o certificados de conformidad.	
Aplicaciones	Explanadas mejoradas y terraplenes a base de suelos con características equivalentes a suelos reciclados seleccionados, tolerables y adecuados.
	Rellenos localizados (zanjas, trasdoses de muros, cimentación o apoyo de estribos, etc.) con suelos reciclados seleccionados y adecuados.
Tipo de árido reciclado	Suelo seleccionado reciclado: SR Sel.
	Suelo tolerable reciclado: SR Tol.
	Suelo adecuado reciclado: SR Ad.
Continúa en página siguiente	



Viene de página anterior

Aspectos generales	Los áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes.
	Debido a la mayor absorción de agua de los áridos reciclados con respecto a los naturales, para realizar los ensayos Próctor y CBR hay que asegurar que los áridos han completado su absorción, lo que se consigue con una humectación previa de los mismos. El proceso de humectación requiere de necesidades de riego mayores para alcanzar la compactación exigida.
	En función de si es una explanada, un terraplén o un relleno localizado, se deberá utilizar un tipo de suelo con unas prescripciones sobre el índice CBR concretas.
	En el caso de terraplenes, el índice CBR también dependerá de la zona de la estructura del terraplén.
	Cuando el relleno tipo terraplén o localizado haya de asentarse sobre un terreno en el que exista agua superficial, se conducirá el agua fuera del área donde vaya a construirse, antes de comenzar su ejecución, mediante obras que podrán tener el carácter de accesorias, y que se ejecutarán con arreglo a lo previsto para tal tipo de obras en el Proyecto o, en su defecto, siguiendo las instrucciones del Director de las Obras.
	Se deberán seguir las prescripciones de ejecución incluidas en el artículo 330 y 332 del PG-3 según sea el caso.

Tabla 11. Requisitos generales de los suelos reciclados

Fuente: GAN-NIK

1.2.1.2. Requisitos técnicos

PROPIEDAD	ENSAYO	LÍMITES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL		
		SUELO TOLERABLE	SUELO ADECUADO	SUELO SELECCIONADO*
Materia Orgánica (MO)	UNE 103204	< 2%	< 1%	< 0,2%
Sales solubles (SS)	NLT 114	< 1%	< 0,2%	< 0,2%
	NLT 115	< 5%	-	-
Tamaño máximo del árido (D _{max})	UNE 103101	-	≤ 100 mm	≤ 100 mm

Continúa en página siguiente



Viene de página anterior

Cernido de tamiz	UNE 103101	# 20 > 70 % ó # 0,080 ≥ 35 %	# 20 > 70 % ó # 0,080 ≥ 35 %	# 20 > 70 % ó # 0,080 ≥ 35 %
			#2 < 80% y #0,080 < 35%	# 0,40 ≤ 15
Límite líquido (LL)	UNE 103103	LL < 65	LL < 40	-
Índice de Plasticidad (IP)	UNE 103104	Si LL > 40, IP > 0,73 (LL-20)	Si LL > 30, IP > 4	-
Hinchamiento libre	UNE 103601	< 3%	-	-
Asiento en ensayo de colapso	NLT 254	< 1%	-	-

* También se considera suelo seleccionado si se cumplen todas estas condiciones:
 Cernido por el tamiz 2 UNE, menor del ochenta por ciento (# 2 < 80%).
 Cernido por el tamiz 0,40 UNE, menor del setenta y cinco por ciento (# 0,40 < 75%).
 Cernido por el tamiz 0,080 UNE inferior al veinticinco por ciento (# 0,080 < 25%).
 Límite líquido menor de treinta (LL < 30), según UNE 103103.
 Índice de plasticidad menor de diez (IP < 10), según UNE 103103 y UNE 103104.

Tabla 12. Requisitos técnicos recomendables para suelos reciclados en carreteras en Navarra
 Fuente: GAN-NIK

USO ESPECÍFICO	CBR (%), según UNE 103502		
	Suelos reciclados seleccionados	Suelos reciclados adecuados	Suelos reciclados tolerables
Explanadas	≥ 10* ó ≥ 20	≥ 5**	≥ 3
Terraplenes	Coronación	≥ 5	-
	Núcleo	≥ 3	≥ 3
	Cimiento	≥ 3	≥ 3
Rellenos localizados	> 10 ó >20 (para trasdós de obra de fábrica)	> 10 ó >20 (para trasdós de obra de fábrica)	-

* En el caso de emplearse para las capas superiores de la explanada deberá tener, en las condiciones de puesta en obra, CBR ≥ 12. Además, en el caso de formación de explanadas de categoría E2 sobre suelos seleccionados se deberá exigir un CBR mínimo de 12.

**En el caso de emplearse para las capas superiores de la explanada deberá tener, en las condiciones de puesta en obra, CBR ≥ 6. Además, en el caso de formación de explanadas de categoría E1 sobre suelos adecuados se deberá exigir un CBR mínimo de 6.

Tabla 13. Requisitos del índice CBR recomendables para suelos reciclados en carreteras en Navarra
 Fuente: GAN-NIK

1.2.1.3. Requisitos ambientales

En los requisitos ambientales diferenciaremos entre la explanada y los terraplenes.

En el caso de las explanadas se puede considerar que están bajo cubiertas impermeables, generalmente ejecutadas con materiales bituminosos, lo que originaría una baja proporción de infiltración de precipitación y, por tanto, una generación baja de lixiviado. Por tanto, de forma general, se puede considerar que es un tipo de conformación tipo 2 (ver tabla 51) cuyos límites se establecen en la tabla 52. Este tipo de conformación queda excluida en zonas altamente vulnerables.



En el caso de terraplenes colindantes a las carreteras para barreras paisajísticas o de sonido, se plantean habitualmente dos tipos de conformaciones:

- ✓ Conformación 3: Para terraplenes ejecutados con una capa de coronación revegetada o ejecutada con otros materiales que ayuden a impedir el paso del agua.
- ✓ Conformación 4: Para terraplenes ejecutados sin capa de cobertura que impida en cierta manera el paso del agua.
- ✓ Los límites para estos tipos de conformación se establecen en la tabla 52. Ambos tipos de conformación sólo se podrán emplear en zonas no vulnerables.

En el caso de incertidumbre del beneficio ambiental que generaría su uso frente al empleo de árido natural, se podría realizar un análisis del ciclo de vida de estos materiales. Por ejemplo, se podría estudiar el ciclo de vida en obras muy alejadas de gestores autorizados y donde no se prevea utilizar una planta móvil.

1.2.1.4. Secciones de explanadas

En función del tipo de explanada que se quiera ejecutar teniendo en cuenta su módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (Ev2) y de la calidad del terreno subyacente al de la explanada mejorada se proponen los firmes de la figura 13.

TIPO DE EXPLANADA	E1	E2	E3
Módulo de compresibilidad (Ev2) (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Tabla 14. Tipos de explanadas en función del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga
Fuente: GAN-NIK

EXPLANADAS PROPUESTAS PARA CARRETERAS			
TIPOLOGÍA DE EXPLANADA	TIPOLOGÍA DE TERRENO SUBYACENTE*		
	SUELOS INADECUADOS	SUELOS TOLERABLES	SUELOS ADECUADOS
E1			
E2			
E3			

* El terreno subyacente deberá tener al menos 1 m de espesor; si es menor se deberá elegir la categoría inmediatamente inferior.

S-Est1: Suelos estabilizados in situ, con cal o con cemento tipo 1.

S-Est3: Suelos estabilizados in situ, con cal o con cemento tipo 3.

Figura 2. Propuestas de explanadas para carreteras en Navarra

Fuente: GAN-NIK



1.2.2. Firmes

1.2.2.1. Requisitos generales

FIRMES EJECUTADOS CON ZAHORRAS RECICLADAS

Normativa vigente	Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Artículo 510: Zahorras Norma 6.1 IC Secciones de Firme. Instrucción de Carretera.
Mercado CE obligatorio.	
Aplicaciones	Firmes a base de zahorras recicladas.
Tipo de árido reciclado	Zahorra reciclada de hormigón: ZarHor. Zahorra reciclada mixta I: ZarM I. Zahorra reciclada mixta II: ZarM II.
Aspectos generales	<p>Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición se someterán, en centrales fijas o móviles, a un proceso de separación de componentes no deseados, de cribado y de eliminación final de contaminantes.</p> <p>Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes.</p> <p>Comprobación de la Declaración de prestaciones conforme a los requisitos técnicos exigibles.</p> <p>Se deberá comprobar la regularidad, la capacidad de soporte y el estado de la superficie existente sobre la que se asiente la capa de zahorra y no se procederá al extendido hasta que se haya comprobado que la superficie tenga las condiciones de calidad y forma previstas, con las tolerancias establecidas.</p> <p>El vertido de la capa de zahorras se realizará en tongadas de espesor no superior a treinta centímetros (> 30 cm), tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones.</p> <p>La humectación se deberá realizar antes de iniciar el proceso de compactación.</p> <p>La característica de los áridos reciclados de presentar una mayor absorción de agua en comparación a los áridos naturales favorece el proceso de compactación de los mismos, lo que compensa la resistencia a la fragmentación.</p> <p>Se deberán seguir las prescripciones de ejecución incluidas en el artículo 510 del PG-3.</p>

Tabla 15. Requisitos generales para firmes de carreteras con zahorras recicladas en Navarra

Fuente: GAN-NIK



FIRMES EJECUTADOS CON HORMIGÓN RECICLADO

Normativa vigente	Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Artículo 551: Hormigón magro vibrado.
	Norma 6.1 IC Secciones de Firme. Instrucción de Carretera.
	Instrucción de Hormigón (EHE-08), derogado próximamente por el Código estructural
Marcado CE obligatorio.	
Aplicaciones	En la capa inferior de firmes de pavimentos bicapa de hormigón cuya compactación se realice mediante de vibradores internos.
Tipo de árido reciclado	Árido reciclado grueso para hormigón.
	El árido fino se recomienda que sea natural.
Aspectos generales	Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes.
	Se recomienda el empleo de áridos reciclados procedentes de residuos de un único origen.
	Comprobación de la Declaración de prestaciones conforme a los requisitos técnicos exigibles.
Condiciones generales del árido hormigón magro vibrado	Recomendable proporciones de árido reciclado $\leq 20\%$ del árido total
	No serán susceptibles ante ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo.
	No serán reactivos con el cemento, ni contendrán sulfuros oxidables, sulfato cálcico o compuestos ferrosos inestables, que originen fenómenos expansivos en la masa del hormigón.
	La utilización de estos áridos requerirá el empleo de cementos con un contenido de alcalinos inferior al seis por mil ($< 6\%$) del peso de cemento.
Condiciones para el cemento para hormigón magro vibrado	Puede ser exigido por el Pliego de Prescripciones Particulares o la Dirección de Obra que se lleve a cabo un estudio específico sobre la reactividad potencial de los áridos siguiendo los criterios establecidos a estos efectos en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.
	Se deberá fijar el principio de fraguado (norma UNE-EN 196-3) que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de los cien minutos (100 min).
	La clase resistente del cemento será, salvo justificación en contrario, la 32,5N o la 42,5N, este último generalmente será utilizado en épocas frías.
	No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en instalaciones de fabricación específicas.
	En el caso de pavimentos de hormigón, la utilización de cementos pórtland con caliza (CEM II/A-L, CEM II/B-L, CEM II/A-LL y CEM II/B-LL) se limitará a la capa inferior de pavimentos bicapa.

Tabla 16. Requisitos generales para firmes de carreteras con hormigón reciclado en Navarra

Fuente: GAN-NIK



FIRMES EJECUTADOS CON SUELOCEMENTO RECICLADO

Normativa vigente	Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Artículo 513: Materiales tratados con cemento (Suelocemento y gravacemento)
	Norma 6.1 IC Secciones de Firme. Instrucción de Carretera.
	Instrucción de Hormigón (EHE-08), derogado próximamente por el Código estructural
Marcado CE obligatorio.	
Aplicaciones	Capa de firme realizada a base de suelocemento.
Tipo de árido reciclado	Suelocemento reciclado SCR40.
	Suelocemento reciclado SCR20.
Aspectos generales	Se utilizará en firmes de categoría de tráfico T2 a T4. El tipo GC32 y SC20 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes.
	El espesor de capa de material se proyectará de acuerdo con las vigentes Normas 6.1 IC Secciones de firme y 6.3 IC Rehabilitación de firmes, y en cualquier caso no será inferior a los 20 centímetros y 30 centímetros en suelocemento.
	Se deberán seguir las prescripciones de ejecución incluidas en el artículo 513 del PG-3.
Condiciones generales del árido para firmes ejecutados con suelocemento reciclado	Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes.
	Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición se someterán, en centrales fijas o móviles, a un proceso de separación de componentes no deseados, de cribado y de eliminación final de contaminantes.
	No serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, se puedan darse en el lugar de empleo.
	Se deberá garantizar tanto la durabilidad a largo plazo, como que no originen, con el agua, disoluciones que provoquen daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar el suelo o corrientes de agua. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleado, que deberá ser aprobado por el Director de las Obras.
	El material granular del suelocemento reciclado no presentarán reactividad potencial con los álcalis del cemento
	Puede ser exigido por el Pliego de Prescripciones Particulares o la Dirección de Obra que se lleve a cabo un estudio específico sobre la reactividad potencial de los áridos siguiendo los criterios establecidos a estos efectos en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.
	La clase resistente del cemento será la 32,5N para los cementos comunes y la 22,5N o 32,5N para los cementos especiales tipo ESP VI-1. El Director de las Obras también podrá autorizar en épocas frías el empleo de un cemento de clase resistente 42,5N.
Condiciones para el cemento para firmes de suelocemento reciclado	No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en instalaciones de fabricación específicas.
	El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el principio de fraguado (norma UNE-EN 196-3) que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de las dos horas (2 h). No obstante, si la extensión se realizase con temperatura ambiente superior a treinta grados Celsius (> 30 °C), el principio de fraguado no podrá tener lugar antes de una hora (1 h), realizando los ensayos a una temperatura de cuarenta más menos dos grados Celsius (40 ± 2 °C).

Tabla 17. Requisitos generales para firmes de carreteras con gravacemento y suelocemento reciclado en Navarra

Fuente: GAN-NIK



1.2.2.2. Requisitos técnicos

FIRMES EJECUTADOS CON ZAHORRAS RECICLADAS

Las zahorras recicladas, tanto ZarHor como ZarM I, se clasificarán según su tamaño máximo nominal con los siguientes husos granulométricos:

ABERTURA DE TAMIZ (mm)	0/32	0/20	Drenante 0/20
40	100	-	-
32	88-100	100	100
20	65-90	75-100	65-100
12,5	52-76	60-86	47-78
8	40-63	45-73	31-54
4	26-45	31-54	14-37
2	15-32	20-40	0-15
0,5	7-21	9-24	0-6
0,25	4-16	5-18	0-4
0,063	0-9	0-9	0-2

Tabla 18. Husos granulométricos para ZarHor y ZarM I

Fuente: GAN-NIK

Y en el empleo de ZarM II se recomiendan estos husos granulométricos:

ABERTURA DE TAMIZ (mm)	0/40	0/32	0/22
56	100	-	-
45	85-100	100	-
40	75-99	87-100	-
32	68-95	75-99	100
20	56-85	62-91	71-97
12,5	44-74	50-79	55-84
8	35-63	40-68	45-75
4	22-46	27-51	32-61
2	15-35	20-40	25-50
0,5	7-23	7-26	10-32
0,25	4-18	4-20	5-24
0,063	0-9	0-11	0-11

Tabla 19. Husos granulométricos para ZarM II

Fuente: GAN-NIK



Además, se aconseja los siguientes valores de CBR en función del tipo de zahorra reciclada:

REQUISITO	NORMA DE ENSAYO	ZarHor	ZarM I	ZarM II
Índice CBR	UNE 103502	> 40	> 40	> 20

Tabla 20. Índice CBR en función de la tipología la zahorra reciclada
Fuente: GAN-NIK

En función de si es árido grueso, parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm, o si es árido fino, parte del árido total cernida en el tamiz 4 mm, se deberán cumplir los siguientes requisitos.

ÁRIDO GRUESO

REQUISITOS	NORMA DE ENSAYO	CATEGORÍA DE TRÁFICO	ZarHor	ZarM I	ZarM II
Granulometría	UNE-EN 933-1	T2- T4	#0,063 < 2/3 del cernido #0,25		
Contenido de finos	UNE-EN 933-1	T2- T4	#0,063 < 1 %		
Absorción	UNE-EN 933-1	T2- T4	< 7	< 9	< 11
Pérdida de masa en el ensayo de estabilidad a los sulfatos	UNE-EN 1367-2	T2- T4	≤ 18%		
Contenido de SO ₃ en agua	UNE-EN 1744-1	T2- T4	SO ₃ < 0,7 % ²		
Contenido total de azufre	UNE-EN 1744-1	T2- T4	S < 1 % ³		
Materia orgánica	UNE 103204	T2- T4	< 1%	< 2% ¹	
Proporción de partículas totalmente y parcialmente trituradas	UNE-EN 933-5	T2	≥ 70		
		T3- T4	Arcenes: ≥ 50		
Proporción de partículas redondeadas	UNE-EN 933-5	T2- T4	≥ 50 (incluidos arcenes)		
Índice de lajas (FI)	UNE-EN 933-3	T2- T4	≤ 10 (incluidos arcenes)		
Coeficiente de los Ángeles (LA)	UNE-EN 1097-2	T2	<35	-	-
		T3-T4	<40	<40	<40

¹ Siempre y cuando justifique que la materia orgánica provenga de materiales bituminosos

² SO₃ < 0,5 % en contacto con materiales ligados con cemento

³ S < 0,5 % en contacto con materiales ligados con cemento

Tabla 21. Requisitos técnicos para el árido grueso en función de la tipología la zahorra reciclada para Navarra
Fuente: GAN-NIK



ÁRIDO FINO

REQUISITO PARA ÁRIDOS FINOS	NORMA DE ENSAYO	CATEGORÍA DE TRÁFICO	LÍMITE
Equivalente de arena (SE ₄) ¹	Anexo A de la norma UNE-EN 933-8	T2	> 35 (incluidos arcenes)
		T3- T4	> 35/ Arcenes: > 30
Índice de plasticidad	UNE 103103 y UNE 103104	T2- T31	No plástico
		T32- T4	No plástico ²
Límite líquido	UNE 103103	T2- T31	No plástico
		T32- T4	No plástico ³

¹ Según el PG-3, de no cumplirse los requisitos especificados en la tabla, su valor de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9), para la fracción 0/0,125 deberá ser inferior a diez gramos por kilogramo (MBF < 10 g/kg) y, simultáneamente, el equivalente de arena (SE₄) no deberá ser inferior en más de cinco (5) unidades a los valores indicados en la tabla.

² Para arcenes no pavimentados: <10

³ Para arcenes no pavimentados: <30

Tabla 22. Requisitos técnicos para el árido fino en función de la tipología la zahorra reciclada para Navarra
Fuente: GAN-NIK

FIRMES EJECUTADOS CON HORMIGÓN RECICLADO

REQUISITO PARA EL ÁRIDO GRUESO	NORMA DEL ENSAYO	PAVIMENTO DE HORMIGÓN		HORMIGÓN MAGRO VIBRADO
		CARACTERÍSTICAS GENERALES	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA CAPAS EXPUESTAS DIRECTAMENTE AL TRÁFICO	
Composición	UNE - EN 933-11	Rc+Ru: ≥ 95%	Rc+Ru: ≥ 95%	Rc+Ru: ≥ 95%
		Ra: ≤ 1%	Ra: ≤ 1%	Ra: ≤ 1%
		X: < 0,5 %	X: < 0,5 %	X: < 0,5 %
Tamaño mínimo de árido	UNE - EN 933-1	4 mm	4 mm	4 mm
Contenido de partículas que pasan por el tamiz 4 mm.	UNE - EN 933-1	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %

Continúa en página siguiente



Viene de página anterior

REQUISITO PARA EL ÁRIDO GRUESO	NORMA DEL ENSAYO	PAVIMENTO DE HORMIGÓN		HORMIGÓN MAGRO VIBRADO
		CARACTERÍSTICAS GENERALES	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA CAPAS EXPUESTAS DIRECTAMENTE AL TRÁFICO	
Tamaño máximo de árido	UNE-EN 933-1	< 40 mm y < ¼ del espesor de la capa. En capas de hormigón armado continuo: < ¼ de la distancia libre entre armaduras longitudinales.	< 12 mm	< 40 mm
Contenido de descalificados	UNE-EN 933-1	≤ 10%	≤ 10 %	≤ 10 %
Contenido de terrones de arcilla	UNE 7133	≤ 0,6	≤ 0,6	≤ 0,6
Absorción	UNE-EN 1097-6	A.R. < 20%: ≤ 7% ¹ A.R. > 20%: ≤ 5%	A.R. < 20%: ≤ 7% ¹ A.R. > 20%: ≤ 5%	A.R. < 20%: ≤ 7% ¹ A.R. > 20%: ≤ 5%
Coefficiente de Los Ángeles (LA)	UNE-EN 1097-2	Árido natural: LA < 35 Árido artificial, siderúrgico o reciclado: LA < 40	Categoría de tráfico T00: LA < 20 Categoría de tráfico T0 y T1: LA < 25	Árido natural: LA < 35 Árido artificial, siderúrgico o reciclado: LA < 40
Índice de lajas (FI)	UNE-EN 933-3	FI < 35	Categoría de tráfico T00: FI < 20 Categoría de tráfico T0 y T1: FI < 25	FI < 35
Ensayo de sulfato de magnesio (MS)	UNE-EN 1367-2	En carreteras sometidas a heladas con un valor de la absorción (norma UNE-EN 1097-6) es superior al 1%: MS < 15%		≤ 18%
Proporción de partículas	UNE-EN 933-5	-	Trituradas: ≥ 90% Totalmente redondeadas: < 1%	-
Coefficiente de pulimento acelerado (PSV) a emplear en la capa superior	UNE-EN 1097-8	-	Categoría de tráfico T00 y T0: PSV ≥ 56 Categoría de tráfico T1: PSV ≥ 50	-
Contenido de sulfatos solubles en ácido	UNE-EN 1744-1	≤ 0,8%	≤ 0,8%	≤ 0,8%
Contenido de cloruros totales	UNE-EN 1744-1	≤ 0,05%	≤ 0,05%	-

Continúa en página siguiente



Viene de página anterior

REQUISITO PARA EL ÁRIDO GRUESO	NORMA DEL ENSAYO	PAVIMENTO DE HORMIGÓN		HORMIGÓN MAGRO VIBRADO
		CARACTERÍSTICAS GENERALES	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA CAPAS EXPUESTAS DIRECTAMENTE AL TRÁFICO	
Contenido total de compuestos de azufre	UNE-EN 1097-6	≤ 1%	≤ 1%	≤ 1%

¹ Adicionalmente el árido natural deberá tener una absorción ≤ 4,5%.

Tabla 23. Requisitos técnicos para el árido grueso en firmes de hormigón reciclado para Navarra
Fuente: GAN-NIK

FIRMES EJECUTADOS CON SUELOCEMENTO RECICLADO

CLASE	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa)									
	50	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063
SCR40	100	80-100	75-100	62-100	53-100	45-89	30-65	20-52	5-37	2-20
SCR20	100	100	100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35

Tabla 24. Husos granulométricos del sueloceimento reciclado a emplear en Navarra
Fuente: GAN-NIK

REQUISITO	ENSAYO	LÍMITE
Contenido total de azufre	UNE-EN 1744-1	$S \leq 1\%$
Contenido de sulfatos solubles en ácido	UNE-EN 1744-1	$SO_3 \leq 0,8\%^{1}$
Materia orgánica	UNE 103204	$< 1\%^{2}$
Límite líquido (LL)	UNE 103103	$LL < 30$
Índice de plasticidad (IP)	UNE 103103 y UNE 103104	$IP < 12$

¹ Si los sulfatos solubles son $> 0,5\%$ en SO_3 , el uso de cemento SR es OBLIGATORIO.

² Siempre que se justifique que la materia orgánica provenga de materiales bituminosos se podrá elevar al 2%.

Tabla 25. Propiedades de los áridos para el empleo como sueloceimento reciclado en Navarra
Fuente: GAN-NIK

REQUISITO	ENSAYO	LÍMITE
Resistencia media a compresión a 7 días (MPa)	UNE-EN 13286-41	Mínima: 2,5/ Máxima: 4,5

Tabla 26. Requisito del sueloceimento reciclado a emplear en Navarra
Fuente: GAN-NIK



1.2.2.3. Requisitos ambientales

Los áridos reciclados a emplear en firmes de carreteras deben contar con marcado CE por lo que deben contener dentro de su documentación los ensayos pertinentes a la liberación de sustancias contaminantes bajo las normas de la serie PNE-prEN 16637. Concretamente, para las zhorras recicladas deberán verificarse bajo los criterios de la PNE-prEN 16637-3 y para hormigón reciclado o suelocemento reciclado con la norma PNE-prEN 16637-2.

En general, los firmes a base de zhorras recicladas se pueden considerar que están bajo cubiertas impermeables ya que las capas de rodadura suelen ser mezclas bituminosas y por tanto, un tipo de conformación 2 cuyos límites de lixiviación están establecidos en la tabla 52. Su empleo queda restringido en zonas altamente vulnerables.

En el caso de firmes realizados a base de hormigón reciclado o suelocemento reciclado se puede considerar un tipo de conformación 1 cuyo uso no está restringido en ninguna zona.

1.2.2.4. Secciones de firmes

Las secciones de firmes propuestas se determinarán en función de la categoría de tráfico prevista para la vía y el tipo de explanada en la que apoya.

IMDp	CATEGORÍAS DE TRÁFICO					
	T21	T22	T31	T32	T41	T42
	≥ 200 y < 800		≥ 100 y < 200	≥ 50 y < 100	≥ 25 y < 50	< 25

Tabla 27. Categorías de tráfico en función de la IDMp

Fuente: GAN-NIK

TIPO DE EXPLANADA	E1	E2	E3
Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (Ev2)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Tabla 28. Tipos de explanadas en función del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (MPa)

Fuente: GAN-NIK



		FIRMES PROPUESTAS PARA CARRETERAS		
		CATEGORÍA DE TRAFICO PESADO		
TIPOLOGÍA DE EXPLANADA	E2	T2	T31	T32
	E3	E2		
E3				

Figura 3. Propuestas de firmes para carreteras en Navarra 01

Fuente: GAN-NIK

		FIRMES PROPUESTAS PARA CARRETERAS	
		CATEGORÍA DE TRAFICO PESADO	
TIPOLOGÍA DE EXPLANADA	E1	T41	T42
	E2	E1	
E2			
E3	E1		
	E2		

Figura 3. Propuestas de firmes para carreteras en Navarra 02

Fuente: GAN-NIK



1.3. Caminos

1.3.1. Requisitos generales

Normativa vigente	Sin normativa concreta.
Guías de referencia orientativas	Documento de Recomendaciones para la redacción de los proyectos de ejecución de obras para la normalización de los aspectos constructivos de los Caminos Naturales e Itinerarios No Motorizados en España. Recomendaciones de uso de áridos fabricados con RCD's. Catálogo de firmes y unidades de obra con áridos reciclados de Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Manual de pavimentos de hormigón para vías de baja intensidad de tráfico. Guía de Empleo, Proyecto y Ejecución de pavimentos de hormigón en entornos urbanos. Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Artículo 330: "Terraplenes", artículo 333: "Todo uno", artículo 550: Pavimentos de hormigón y artículo 551: Hormigón magro vibrado.
Acreditación de la viabilidad técnica y ambiental del material por ensayos o certificados de conformidad.	
Aplicaciones	Caminos sobre vías de ferrocarril: Caminos Naturales, Vías verdes, etc. Caminos sobre vías en mal estado o insuficientes: Caminos Naturales, caminos agrícolas, caminos urbanos, senderos, etc. Caminos de nueva traza: Caminos Naturales, caminos agrícolas, caminos urbanos, senderos, etc.
CAMINOS MEDIANTE MATERIALES GRANULARES	
Tipo de árido reciclado	Suelo reciclado seleccionado: SR Sel. Suelo reciclado tolerable: SR Tol. Suelo reciclado adecuado: SR Ad. Zahorra reciclada de hormigón: ZarHor. Zahorra reciclada mixta I: ZarM I. Zahorra reciclada mixta II: ZarM II.
Aspectos generales	Los caminos suelen presentar categorías de tráfico asimilables a T42 (intensidad media diaria de vehículos pesados inferior a 25 vehículos/día) o inferiores. Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes. La traza del camino deberá contar con pendientes de evacuación de aguas que se definirán en el proyecto y que generalmente serán entre 1-3%, siendo recomendable una pendiente del 2% y nunca inferior al 1%. En caso que se requiera, se deberá realizar un sistema de drenaje a base de drenes subterráneos, cunetas u otros medios.

Continúa en página siguiente



Viene de página anterior

Actuaciones a realizar sobre vías férreas u otras vías en mal estado o insuficientes	a	Explanada: Escarificación según estado anterior + Posible recebo con suelos reciclado seleccionado + Recompactado
		En caso de muy mal estado o de ampliación de la explanada existente, es decir si su índice CBR<5, aporte aproximado de 30 cm de suelo seleccionado reciclado o equivalente.
		Firme: Zahorra reciclada cuyos espesores dependerán del tipo de explanada subyacente y del tipo de zahorra a emplear. Capa de acabado (en caso de realizarse): Capa de finos (jabre/ sauló o equivalente)
Actuaciones a realizar sobre caminos rehabilitar	a	Explanada: Limpieza + escarificación según estado anterior+ recompactación puntual.
		Firme: Localmente, zahorra reciclada de espesores iguales o inferiores a 10 cm.
		Capa de acabado (en caso de realizarse): Capa de finos (jabre/ sauló o equivalente)
Actuaciones a realizar sobre caminos de nueva traza	a	Explanada: Limpieza + compactación puntual
		En caso de muy mal estado o de ampliación de la explanada existente, es decir si su índice CBR<5, aporte aproximado de 30 cm de suelo seleccionado reciclado o equivalente.
		Firme: Zahorra reciclada cuyos espesores dependerán del tipo de explanada subyacente y del tipo de zahorra a emplear.

CAMINOS MEDIANTE HORMIGÓN RECICLADO

Tipo de árido reciclado	Árido reciclado grueso para hormigón
Marcado CE	obligatorio.
Tipo de hormigón	HF-4,0 (HM-30): Resistencia a flexotracción a los 28 días de 4,0 MPa.
	HF-3,5 (HM-25): Resistencia a flexotracción a los 28 días de 3,5 MPa, sólo si se aumenta el espesor de la capa en 2 cm.
Aspectos generales	Se podrá emplear áridos reciclados en capas de rodaduras de caminos secundarios sin exigencia de índice de regularidad.
	Estos pavimentos siempre tiene que disponer de juntas.
	La superficie de la capa terminada deberá presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y ondulaciones.
	La cuantía geométrica del pavimento continuo de hormigón armado será del 0,6% para HF-4,0.
Condiciones generales del árido	Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes.
	No serán reactivos con el cemento, ni contendrán sulfuros oxidables, sulfato cálcico o compuestos ferrosos inestables, que originen fenómenos expansivos en la masa del hormigón.
	No serán susceptibles ante ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo.
	La utilización de estos áridos requerirá el empleo de cementos con un contenido de alcalinos inferior al seis por mil (< 6 ‰) del peso de cemento.
	La utilización de estos áridos requerirá el empleo de cementos con un contenido de alcalinos inferior al seis por mil (< 6 ‰) del peso de cemento.

Tabla 29. Requisitos generales para caminos en Navarra

Fuente: GAN-NIK



1.3.2. Requisitos técnicos

CAMINOS MEDIANTE MATERIALES GRANULARES

En el caso de tener una plataforma existente, se debe comprobar su índice CBR que servirá para saber si hay que reforzar la explanada con aporte de material y la elección del firme:

TIPO DE EXPLANADA SEGÚN CBR	
E1	$5 \leq \text{CBR} < 10$
E2	$10 \leq \text{CBR} < 20$
E3	$\text{CBR} \geq 20$

Tabla 30. Requisitos técnicos recomendables para suelos reciclados en caminos en Navarra

Fuente: GAN-NIK

Los requerimientos de los materiales reciclados presentes son orientativos teniendo en cuenta que el proyectista, o en defecto la Dirección de Obra, pueden especificar otras propiedades técnicas que estime oportunas. Los requerimientos para el material de la explanada pueden ser suelos reciclados (seleccionados, tolerables o adecuados) o rellenos todo-uno. Si se proyecta un camino con suelos reciclados tendrán los siguientes requisitos técnicos:

PROPIEDAD	ENSAYO	LÍMITES EN FUNCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL		
		SUELO TOLERABLE	SUELO ADECUADO	SUELO SELECCIONADO*
Materia Orgánica (MO)	UNE 103204	< 2%	Procedente de tierras de excavación: < 1% Procedente de RCD: < 1% Procedente de residuos bituminosos: < 2%	Procedente de tierras de excavación: < 0,2% Procedente de RCD: < 1% Procedente de residuos bituminosos: < 2%
Sales solubles (SS)	NLT 114	< 4%	< 2%	< 2%
	NLT 115	< 5%	< 2%	< 2%
Tamaño máximo del árido (D_{max})	UNE 103101	-	≤ 100 mm	≤ 100 mm

Continúa en página siguiente



Viene de página anterior

Cernido de tamiz	UNE 103101	# 20 > 70 % ó # 0,080 ≥ 35 %	# 20 > 70 % ó # 0,080 ≥ 35 %	# 20 > 70 % ó # 0,080 ≥ 35 %
			#2 < 80% y #0,080 < 35%	# 0,40 ≤ 15
Límite líquido (LL)	UNE 103103	LL < 65	LL < 40	-
Índice de Plasticidad (IP)	UNE 103104	Si LL > 40, IP > 0,73 (LL-20)	Si LL > 30, IP > 4	-
Hinchamiento libre	UNE 103601	< 3%	-	-
Asiento en ensayo de colapso	NLT 254	< 1%	-	-

* También se considera suelo seleccionado si se cumplen todas estas condiciones:

Cernido por el tamiz 2 UNE, menor del ochenta por ciento (# 2 < 80%).

Cernido por el tamiz 0,40 UNE, menor del setenta y cinco por ciento (# 0,40 < 75%).

Cernido por el tamiz 0,080 UNE inferior al veinticinco por ciento (# 0,080 < 25%).

Límite líquido menor de treinta (LL < 30), según UNE 103103.

Índice de plasticidad menor de diez (IP < 10), según UNE 103103 y UNE 103104.

Tabla 31. Requisitos técnicos recomendables para suelos reciclados en caminos en Navarra

Fuente: GAN-NIK

Los valores recomendables para el índice CBR serán los siguientes:

USO ESPECÍFICO	CBR (%), según UNE 103502		
	Suelos seleccionados	Suelos adecuados	Suelos tolerables
Explanadas	≥ 10* ó ≥ 20	≥ 5**	≥ 3

**En el caso de emplearse para las capas superiores de la explanada deberá tener, en las condiciones de puesta en obra, CBR ≥ 6. Además, en el caso de formación de explanadas de categoría E1 sobre suelos adecuados se deberá exigir un CBR mínimo de 6.

Tabla 32. Requisitos del índice CBR recomendables para suelos reciclados en caminos en Navarra

Fuente: GAN-NIK

En el caso de firmes, el material más habitual es la zahorra reciclada ZarHor, ZarM I y ZarM II. Los husos granulométricos orientativos serán los especificados en la tabla 66 y 67, el índice CBR el incluido en la tabla 68 y las especificaciones para los áridos gruesos los indicados en la tabla 69. Para el árido fino se aconsejan las siguientes propiedades:

REQUISITO PARA ÁRIDOS FINOS	NORMA DE ENSAYO	ZarHor	ZarM I	ZarM II
Equivalente de arena ¹	Anexo A de la norma UNE-EN 933-8	> 35	> 30	> 30
Absorción	UNE- 933-1	< 10	< 12	< 14
Índice de plasticidad	UNE 103103 y UNE 103104	No plástico	No plástico	< 6
Límite líquido	UNE 103103	No plástico	No plástico	< 25

¹ Según el PG-3, de no cumplirse los requisitos especificados en la tabla, su valor de azul de metileno (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9), para la fracción 0/0,125 deberá ser inferior a diez gramos por kilogramo (MBF < 10 g/kg) y, simultáneamente, el equivalente de arena (SE_d) no deberá ser inferior en más de cinco (5) unidades a los valores indicados en la tabla.

Tabla 33. Requisitos técnicos para caminos ejecutados con árido fino en función de la tipología la zahorra reciclada para Navarra

Fuente: GAN-NIK



CAMINOS CON PAVIMENTOS DE HORMIGÓN RECICLADO

Las especificaciones para la utilización de pavimentos de hormigones reciclados en caminos se pueden considerar orientativamente las incluidas en el PG-3.

1.3.3. Requisitos ambientales

Los requerimientos ambientales para caminos dependerán del tipo de capa de rodadura que tenga, planteándose generalmente estas 3 diferentes situaciones:

- ✓ Exista una cobertura impermeable como hormigón o adoquines: Conformación tipo 2.
- ✓ Exista una cobertura permeable de otro tipo de material al árido reciclado: Conformación tipo 3.
- ✓ No existe una cobertura impermeable y el árido reciclado empleado queda expuesto: Conformación tipo 4.

Los límites para ambas conformaciones se establecen en la tabla 52. Los caminos con conformaciones tipo 4 sólo se podrán ejecutar en las zonas no vulnerables mientras que los caminos con conformaciones tipo 2 y 3 quedan excluidas únicamente de las zonas altamente vulnerables.

Si a la hora de diseñar el camino se genera incertidumbre del beneficio ambiental que produciría el uso de materiales reciclados frente al empleo de árido natural, se podría realizar un análisis del ciclo de vida comparativo entre ambos materiales. Por ejemplo, se podría estudiar el ciclo de vida en obras muy alejadas de gestores autorizados y donde no se prevea utilizar una planta móvil.



1.3.4. Secciones de caminos

CAMINOS MEDIANTE MATERIALES GRANULARES

En el caso de que el terreno subyacente tuviese un CBR inferior a 5, se dispondrá sobre ella, una capa de suelo seleccionado natural o reciclado de RCD o equivalente de 30 cm de espesor en la que se deberá garantizar alcanzar una categoría mínima de explanada E1 ($5 \leq \text{CBR} < 10$).

En función del tipo de explanada subyacente prevista al firme y la categoría de tráfico pesado previsto sobre el camino en el primer año puesto en servicio, se deberá proyectar el firme del camino.

TIPO DE EXPLANADA SEGÚN CBR	
E1	$5 \leq \text{CBR} < 10$
E2	$10 \leq \text{CBR} < 20$
E3	$\text{CBR} \geq 20$

Tabla 34. Clasificación de las explanadas en función del índice CBR en caminos en Navarra
Fuente: GAN-NIK

INTENSIDADES MEDIAS DIARIAS DE VEHÍCULOS PESADOS (IMDp) ¹	T421	T422	T423
	15-24	5-14	1-4

Tabla 35. Tipos de tráfico previstos sobre caminos en Navarra
Fuente: GAN-NIK

FIRMES PROPUESTOS PARA CAMINOS				
CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
		T421	T422	T423
TIPOLOGÍA DE EXPLANADA	E1	ZarHor 25 ZarM I 25 ZarM II 30 HR-4 18 HR-3 20	ZarHor 20 ZarM I 20 ZarM II 25 ZarM I 25 ZarM II 25 HR-4 16 HR-3 18	ZarHor 20 ZarM I 15 ZarM I 25 ZarM II 20
	E2	ZarHor 25 ZarM I 15 ZarM I 25 ZarM II 25 HR-4 14 HR-3 16	ZarHor 25 ZarM I 20 ZarM II 20 HR-4 14 HR-3 16	ZarHor 25 ZarM I 30
	E3	ZarHor 25 ZarM I 30	ZarHor II 20 ZarM I 25	ZarHor 20 ZarM I 25

Figura 5. Propuestas de firmes con materiales granulares reciclados para caminos en Navarra

Fuente: GAN-NIK



1.4. Vías ciclistas

Los carriles bici tendrán una estructura similar a la de una carretera como se observa en la siguiente figura.

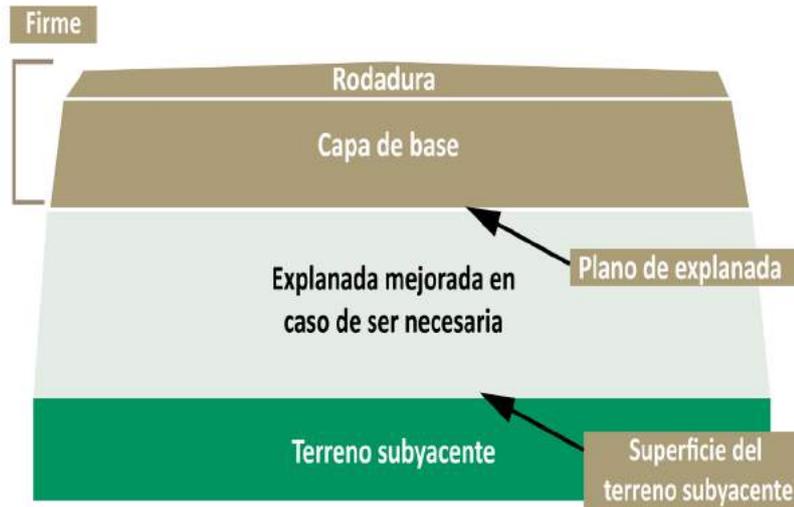


Figura 6. Esquema de la estructura de una vía ciclista

Fuente: GAN-NIK

1.4.1. Requisitos generales

Normativa vigente	Sin normativa concreta.
Guías de referencia orientativas	<p>Documento de Recomendaciones para la redacción de los proyectos de ejecución de obras para la normalización de los aspectos constructivos de los Caminos Naturales e Itinerarios No Motorizados en España.</p> <p>Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, balizamiento, conservación y mantenimiento de carril bici, de la Dirección General de Tráfico.</p> <p>Recomendaciones de uso de áridos fabricados con RCD's.</p> <p>Catálogo de firmes y unidades de obra con áridos reciclados de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).</p> <p>Manual para el diseño de vías ciclistas de Cataluña</p> <p>Recomendaciones para el diseño de firmes de vías ciclista del País Vasco</p> <p>Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Artículo 330: "Terraplenes", artículo 333: "Todo uno", artículo 550: Pavimentos de hormigón y artículo 551: Hormigón magro vibrado.</p>
	Acreditación de la viabilidad técnica y ambiental del material por ensayos o certificados de conformidad .
Aplicaciones	<p>Carril bici de nueva ejecución.</p> <p>Carril bici adyacente a carretera existente.</p> <p>Carril bici sobre plataforma existente: antigua vía férrea, camino, carretera, acera, etc.</p>

Continua en página siguiente



Viene de página anterior

Aspectos generales	Si el carril bici se plantea que puede ser utilizado por vehículos motorizados, aunque sea de forma accidental, se deberá diseñar con una categoría de tráfico mínima de T4.	
	En el caso de que sólo se prevea un uso de la vía por bicicletas o peatones, la categoría de tráfico será de T45.	
	La estructura del carril bici debe diseñarse en función de la superficie del pavimento a emplear, de la capacidad portante de la explanada y de los materiales disponibles para la ejecución del firme.	
	Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes.	
	La traza del camino deberá contar con pendientes de evacuación de aguas que se definirán en el proyecto y que generalmente serán entre 1-3%, siendo recomendable una pendiente del 2% y nunca inferior al 1%.	
	En caso de ser necesario se deberá implantar un sistema de evacuación de aguas mediante drenes subterráneos, cunetas u otros medios con el fin de asegurar la integridad de la vía.	
Tipo de árido reciclado	Explanadas	Suelo reciclado seleccionado.
		Suelo reciclado tolerable.
		Zahorra reciclada mixta II: ZarM II.
	Firmes	Árido reciclado grueso para hormigón
		Suelocemento reciclado SCR20 y SCR40.
		Gravacemento reciclada GCR32 y GCR20.
		Zahorra reciclada de hormigón: ZarHor.
	Zahorra reciclada mixta I: ZarM I.	
Actuaciones a realizar sobre vías férreas u otras vías en mal estado o insuficientes	Explanada: Escarificación según estado anterior + Posible recebo con suelos reciclado seleccionado + Recompactado	
	En caso de muy mal estado, es decir no cumple las condiciones de categoría E1, se deberá realizar un aporte aproximado de 30 cm de suelo seleccionado reciclado, natural o equivalente.	
	Firme: Zahorra reciclada, natural o equivalente o suelocemento natural o reciclado cuyo espesor será en función del tipo de material y el acabado previsto + Capa de rodadura	
Actuaciones a realizar para vías ciclistas sin pavimentar	Explanada: Comprobación de idoneidad + Limpieza + Posible mejora con suelos seleccionados reciclados, naturales o equivalentes + Recompactado	
	Firme: Zahorra reciclada, natural o equivalente o suelocemento natural o reciclado cuyo espesor será en función del tipo de material y el acabado previsto + Capa de rodadura	
Actuaciones a realizar sobre arcén pavimentado	Explanada: Limpieza + acciones de mejora de firme	
	Firme: Localmente, zahorra reciclada de espesores iguales o inferiores a 10 cm + Capa de rodadura	
Actuaciones a realizar para vías ciclistas de nueva traza	Explanada: Limpieza + compactación puntual	
	En caso de muy mal estado o de ampliación de la explanada existente, es decir si su índice CBR<5, aporte aproximado de 30 cm de suelo seleccionado reciclado, natural o equivalente.	
	Firme: Zahorra reciclada, natural o equivalente o suelocemento natural o reciclado cuyo espesor será en función del tipo de material y el acabado previsto + Capa de rodadura	



Viene de página anterior

Capas rodadura	de		
		Mezclas bituminosas	<p>Mezcla bituminosa en caliente (espesor recomendado 3-5 cm) ejecutada sobre una capa de todo uno de espesor recomendado 15-30 cm.</p> <p>El betún deberá ser lo menos duro posible y el betún de penetración 80/100 se considera adecuado.</p>
		Imprimaciones asfálticas	Sobre el material granular se aplica un ligante bituminoso y sobre él, se extiende y compacta una capa de gravilla
		Hormigón in situ	<p>Sobre bases de material granular con buena capacidad portante.</p> <p>Espesor en función de la calidad de la explanada, recomendable entre 5-10 cm.</p> <p>Juntas de retracción transversales cada 5 metros.</p>
		Adoquines y baldosas	<p>Para resaltar puntos singulares del pavimento continuo.</p> <p>Alto coste de implantación y mantenimiento.</p> <p>Sobre capas de hormigón, arena o mortero realizadas sobre la explanada.</p> <p>Las juntas entre baldosas con arena fina o mortero.</p> <p>Especial atención al drenaje.</p>
		Pavimentos de suelocemento	<p>Capa de todo-uno artificial o sablón, estabilizada con un ligante hidráulico, en una proporción variable (de 3 a 6%) y compactada al 98% del Próctor Modificado.</p> <p>Espesor en función de la calidad de la explanada, recomendable entre 15-20 cm.</p>

Tabla 36. Requisitos generales para vías ciclistas en Navarra

Fuente: GAN-NIK



1.4.2. Requisitos técnicos

EXPLANADAS

En el caso de ser necesario ejecutar una explanada nueva para la vía ciclista se podrá emplear suelos reciclados seleccionados, tolerables y zahorra mixta II. De forma orientativa, los requisitos técnicos para los suelos reciclados son los indicados en las tablas 79 y 80 de este documento. Para el caso de ZarM II serán los incluidos en las tablas 67, 68 y 69. Aun así, el proyectista, o en defecto la Dirección de Obra, pueden especificar otras propiedades técnicas que estime oportunas.

FIRMES

ZAHORRAS RECICLADAS:

En el caso de firmes, el material más habitual es la zahorra reciclada cuyas recomendaciones técnicas pueden ser similares a las incluidas en el PG-3 aunque el proyectista, o en su defecto la Dirección de Obra, pueden especificar otras siempre y cuando estén justificadas y sean viables a nivel técnico. Las tipologías de zahorras que se proponen emplear son ZarHor y ZarM I. Las especificaciones técnicas orientativas para estos materiales serán las incluidas en las tablas 66, 68 y 81.

SUELOCIMIENTO Y GRAVACIMIENTO RECICLADO:

En el caso de realizar firmes con suelocemento reciclado se deberán tener en cuenta los requisitos establecidos en las tablas 72, 73 y 74 de este documento.

En el caso de gravacemento reciclada las condiciones generales a tener en cuenta sobre áridos y cementos son iguales que las de suelocemento reciclado. Se recomienda un espesor máximo de 25 cm. Además, deben cumplir las siguientes especificaciones:

GRAVACIMIENTO RECICLADA:

CLASE	CERNIDO PONDERAL ACUMLADO (% en masa)									
	50	40	32	20	12,5	8	4	2	0,5	0,063
GCR32	100	100	88-100	67-91	52-77	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7
GCR20	100	100	100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7

Tabla 37. Husos granulométricos para gravacemento reciclada a emplear en Navarra

Fuente: GAN-NIK



	REQUISITO	ENSAYO	PARTE DE LA SECCIÓN DE LA CARRETERA	LÍMITE
GENERAL	Contenido total de azufre	UNE-EN 1744-1	-	$S \leq 1\%^1$
	Contenido de sulfatos solubles en ácido	UNE-EN 1744-1	-	$SO_3 \leq 0,8\%^2$
	Materia orgánica	UNE 103204	-	4
GENERAL	Límite líquido (LL)	UNE 103103	-	Para T2: No plástico Para T3-T4: $LL < 25$
	Índice de plasticidad (IP)	UNE 103103 y UNE 103104	-	Para T2: No plástico Para T3-T4: $IP < 6$
	Resistencia media a compresión a 7 días	UNE-EN 13286-41	Calzada	Mínima: 4,5 Máxima: 7,0
			Arcenes	Mínima: 4,5 Máxima: 6,0
ARIDO GRUESO	Proporción de partículas total y parcialmente trituradas	UNE-EN 933-5	Calzada	T2: ≥ 50 T3- T4: ≥ 30
			Arcenes	T2- T4: ≥ 30
	Proporción de partículas redondeadas	UNE-EN 933-5	Calzada	T2: ≤ 10 T3-T4: ≤ 30
			Arcenes	T2-T4: ≤ 30
	Índice de lajas (FI)	UNE-EN 933-3	Calzada	T2: ≤ 30 T3- T4: ≤ 35
			Arcenes	T2- T4: ≤ 40
	Coeficiente de Los Ángeles (LA)	UNE-EN 1097-2	Calzada	T2: ≤ 35 T3- T4: ≤ 40
			Arcenes	T2- T4: ≤ 40
ARIDO FINO	Equivalente de arena (SE_4) ⁶	Anexo A de la norma UNE-EN 933-8	-	GC20: > 40 GC32: > 35

Tabla 38. Propiedades de los áridos para el empleo como gravacemiento en Navarra

Fuente: GAN-NIK



REQUISITO	ENSAYO	PARTE DE LA SECCIÓN DE LA CARRETERA	LÍMITE
Resistencia media a compresión a 7 días	UNE-EN 13286-41	Calzada	Mínima: 4,5/ Máxima: 7,0
		Arcenes	Mínima: 4,5/ Máxima: 6,0

Tabla 39. Requisito de la gravacemiento reciclada a emplear en Navarra
Fuente: GAN-NIK

HORMIGÓN RECICLADO:

Las especificaciones técnicas para el empleo de hormigón reciclado en firmes están establecidas en la tabla 71.

1.4.3. Requisitos ambientales

Los criterios ambientales a emplear serán similares a los indicados para caminos, apartado 4.3.3 de este documento. No obstante, en los carriles de bicicleta se incluye la posibilidad de emplear un material adicional, la gravacemiento y el suelocemento reciclado, que se considerará un material de conformación tipo 2 y por tanto, utilizable en zonas vulnerables y no vulnerables.

1.4.4. Secciones de explanadas y firmes

EXPLANADAS

En caso de ser necesario realizar una explanada, ésta se diseñará en función del tipo de terreno subyacente y la tipología de explanada a conseguir.

CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA	Ev2 (NORMA NLT3- 357/98)
E1	≥ 60 MPa
E2	≥ 120 MPa

Tabla 40. Capacidad de soporte mínimo del plano de explanada
Fuente: GAN-NIK



EXPLANADAS PROPUESTAS PARA VÍAS CICLISTAS				
TIPOLOGÍA DE TERRENO SUBYACENTE*				
		SUELOS INADECUADOS	SUELOS TOLERABLES	SUELOS ADECUADOS
TIPOLOGÍA DE EXPLANADA	E1			
	E2			

Figura 6. Secciones tipo de explanadas mejoradas para vías ciclistas a emplear en Navarra

Fuente: GAN-NIK

FIRMES

Los firmes propuestos para vías ciclistas serán en función de la categoría de la explanada y el tipo de pavimento previsto a utilizar. Los pavimentos habituales serán flexibles, semirrígidos o rígidos en función de la capa de acabado que de forma orientativa se podrán utilizar en este tipo de vías:

TIPO DE FIRME	CARACTERÍSTICAS	USOS
FL-1	Firme flexible con mezcla bituminosa	Carriles bici urbanos, interurbanos y rurales de nueva creación.
FL-2	Firme flexible con tratamiento superficial con gravilla	Carriles bici urbanos, interurbanos y rurales de nueva creación y en caminos rurales sobre caminos existentes.
FL-3	Firme flexible con zahorra artificial	Carriles de bici rurales sobre caminos existentes o sobre antiguas plataformas de ferrocarril (vías verdes).
SR-1	Firme semirrígido con mezclas bituminosas	Carriles bici urbanos, interurbanos y rurales de nueva creación.
SR-2	Firme semirrígido con tratamiento superficial con gravilla	Carriles bici urbanos, interurbanos y rurales de nueva creación y en caminos rurales sobre caminos existentes.
SR-3	Firme semirrígido con suelo-cemento o albero-cal	Carriles de bici rurales sobre caminos existentes o sobre antiguas plataformas de ferrocarril (vías verdes).
RIG-1	Firme rígido con hormigón	Carriles bici urbanos, interurbanos y rurales de nueva creación y en caminos rurales sobre caminos existentes.
RIG-2	Firme rígido con baldosa o adoquín	Carriles bici, generalmente urbanos, que comparta acera con los peatones.

Tabla 41. Tipos de firmes y aplicaciones previstas para vías ciclistas en Navarra

Fuente: GAN-NIK



FIRMES PROPUESTAS PARA VIAS CICLISTAS									
TIPO	FLEXIBLES			SEMIRRÍGIDOS			RÍGIDOS		
SUBTIPO	FL-1	FL-2	FL-3	SR-1	SR-2	SR-3	R-1	R-2	
TIPOLOGÍA DE EXPLANADA	E1								
	E2								

Figura 7. Tipo de secciones de firmes para vías ciclistas a emplear en Navarra

Fuente: GAN-NIK

1.5. Restauración de espacios degradados

1.5.1. Requisitos generales

Normativa vigente	Decreto Foral 23/2011, que regula la producción, posesión y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) en el ámbito de Navarra
Guías de referencia orientativas	Guía para la rehabilitación de huecos mineros con residuos de construcción y demolición (RCD) Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. Artículo 330: "Terraplenes"
Acreditación de la viabilidad técnica y ambiental del material por ensayos o certificados de conformidad .	
Aplicaciones	Acondicionamiento de espacios degradados como antiguas escombreras. Restauración de huecos mineros activos o inactivos.
Aspectos generales	Para una restauración de un espacio degradado se debe contar con una modificación o redacción de un Plan de Restauración y con la autorización de los organismos competentes. Estructura general: capa de impermeabilización (en caso de ser necesaria) + Capa de drenaje + Capa de filtro + Relleno de RCD + Capa de sellado (en caso de ser necesaria) o clausura Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados por un gestor autorizado por el Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de Navarra y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes.



Capa de impermeabilización	Se deberá asegurar la estanqueidad y el drenaje del espacio. Para ello, se debe asegurar que el medio tiene una impermeabilización equivalente a $k=10^{-7}$ m/s.	
	En caso de que el medio no alcance la impermeabilización recomendada, se ejecutará una capa impermeable natural (de espesor de 1 m) o artificial (de espesor de 50 cm). La estructura de esta capa será mediante una capa de regularización de zahorra natural o reciclada (espesor de 10 cm) + arcillas.	
	Tipo de árido reciclado en la capa de regularización	Zahorra reciclada de hormigón: ZarHor. Zahorra reciclada mixta I: ZarM I.
Capa de drenaje	Mediante una capas de gravas naturales o recicladas que puede contar con un sistema de recogida de lixiviados mediante geosintéticos de drenaje o geodrenes, y tuberías.	
	Pendiente mínima aconsejable del 2%.	
	El coeficiente de permeabilidad hidráulica de la capa de gravas, con granulometría ente 20-40 mm, será mayor de 10^{-2} m/s y una uniformidad inferior a 3.	
	Si su ubicación se hace sobre una geomembrana impermeable, protegida con geotextil, el árido que esté en contacto con ella cumplirá las condiciones de resistencia a punzonamiento.	
	Se recomienda un esquema en espina de pez para la red de tuberías siendo la separación entre tuberías de 20 m como máximo con un único punto de salida donde se ubicará la arqueta de registro.	
	Tipo de árido reciclado	Zahorra reciclada de hormigón: ZarHor. Zahorra reciclada mixta I: ZarM I.
Capa de filtro	Mediante una capa de arena, siendo aconsejable que sea arena natural, o con geotextiles.	
	Flujo adecuado de la capa de arena: el d85 (tamaño de malla por el que pasa el 85%) de la arena debe ser mayor que cinco veces el d15 (tamaño de malla por el que pasa el 15%) de las gravas drenantes.	
	Retención adecuada de la capa de arena: el d15 de la arena debe ser menor que cinco veces el d85 de los finos arrastrados por el lixiviado.	
Relleno de RCD	Los áridos reciclados de residuos de construcción y demolición deberán aportar documento acreditativo de su origen, de la idoneidad de sus características para el uso propuesto, que han sido debidamente tratados y que no se encuentran mezclados con otros contaminantes.	
	Ejecución mediante secuencias de tongadas de espesor con cierta pendiente transversal para evitar acumulación de agua y con espesores entre 20 y 50 cm, recomendándose un espesor de 30 cm una vez compactadas.	
	La compactación debe alcanzar una densidad Proctor del 95%.	
		Tipo de árido reciclado
Capa de sellado o clausura	Se recomienda una capa de clausura mediante vegetación con un espesor aproximado de 1 m.	
	Si se quiere dar un uso final agrícola se aconseja una capa de espesor de más de 1 m con pendiente del 10%, y menos de un 40% de elementos gruesos.	
	Para un uso final forestal se requiere una pedregosidad máxima del 60%.	

Tabla 42. Requisitos generales para restauración de espacios degradados.

Fuente: GAN-NIK



Viene de la página anterior

1.5.2. Requisitos técnicos

1.5.2.1. Capa de impermeabilización

Si es necesario realizar una capa de impermeabilización deberá estar constituida por una capa de regularización y una capa impermeable con arcillas.

Para la capa de regularización se podrá emplear zahorra reciclada de hormigón y mixta I. De forma orientativa, los requisitos técnicos a emplear serán los indicados en las tablas 66, 68, 69 y 70.

Para la capa de impermeabilización se recomienda utilizar arcillas de origen natural u otro sistema como láminas de PEAD.

1.5.2.2. Capa drenante de gravas

REQUISITOS PARA ÁRIDOS	NORMA DE ENSAYO	LÍMITE
Contenido de finos	UNE-EN 933-1	#0,08 < 5%

Tabla 43. Requisitos para la capa drenante a base de gravas recicladas.

Fuente: GAN-NIK

1.5.2.3. Relleno

REQUISITOS PARA ÁRIDOS	NORMA DE ENSAYO	LÍMITE
Granulometría	UNE 103101	0-40 mm
Características de suelo reciclado tolerable ¹	UNE-EN 933-3	< 35
Ensayo de colapso	UNE 103406	No colapsable
Ensayo hinchamiento libre	UNE 103601	No expansivo

¹ Adicionalmente, se deberá cumplir los requisitos técnicos de suelos reciclados tolerables de la tabla 77 que no sean contradictorios con los de esta tabla.

Tabla 44. Requisitos para el material fino de RCD.

Fuente: GAN-NIK



1.5.2.4. Capa de sellado

Por último, se realizan unas recomendaciones para las capas de sellado en función del uso final que vaya a tener:

USO	REQUISITOS RECOMENDABLES EN LA GUÍA
Capa de sellado con vegetación*	Porcentaje de elementos gruesos (>2mm).
	Porcentaje de humedad después de secado en estufa.
	Análisis granulométrico de la fracción tierra fina (tamizado en seco, mas método de la pipeta de Robinson o automatizado) para determinar las fracciones según criterio USDA-SCS.
	Contenido en materia orgánica.
	pH en suspensión suelo/agua 1:2,5 ó 1:1.
	Capacidad de intercambio catiónico.
	Cationes ácidos de cambio (acidez cambiabile).
Capa de sellado con vegetación*	Cationes básicos de cambio (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ y Na ⁺ de cambio).
	Prueba previa de salinidad (conductividad eléctrica en extracto suelo/agua 1/5).
	Determinación de la capacidad de retención de agua disponible: capacidad de retención de humedad a 33 kPa (0,33 atm) y 1500 kPa (15 atm) en la fracción tierra fina.
	Contenido en sulfato soluble medido mediante el ensayo EN 12457-4.
	Contenido "total" en elementos traza medido por digestión ácida.
	**Se rechazará el material cuando:
	Más de 60% de elementos gruesos.
	Textura USDA excesivamente arenosa, arcillosa o limosa.
	pH<5,5 o pH>8,5.
	Menos de 1% de materia orgánica.
	Saturación del complejo de cambio por Al superior al 60%.
	Saturación del complejo de cambio por Na superior al 15%.
	Capacidad de intercambio catiónico inferior a 10 cmol(+)/kg.
	Salinidad como máximo ligera.
Máximo contenido en sulfatos solubles de 1000 mg/kg medidos mediante el ensayo EN 12457-4.	
Contenido en elementos traza superior al Nivel Genérico de Referencia establecido para "otros usos" en la Comunidad Autónoma correspondiente.	
Capa de sellado con uso final agrícola	Libre de toxicidades por metales pesados y salinidad, con pH entre 5,6 y 7,8 preferiblemente
	Contenido mínimo de N: 0.15%
	Contenido de M.O.: > 2%.
	Capacidad de intercambio catiónico: > 15 cmol(+)/kg.
	Nivel medio en P y K asimilables.
Capa de sellado con uso final de pastizal	pH adecuado: 6,6-7,3
	Niveles de fertilizantes: medios

* En determinados casos, y siempre con la autorización de la autoridad competente, pueden usarse RCD inertes como materiales básicos para la construcción de las coberturas edáficas, preferiblemente en capas no superficiales. Para ello, han de tener propiedades adecuadas y cumplir todos los requisitos anteriores.

** Salvo cuando la comparación con los valores obtenidos en suelos del entorno justifique su aceptación

Tabla 45. Requisitos para la capa de sellado.
Fuente: GAN-NIK



1.5.3. Requisitos ambientales

Para poder emplear materiales reciclados en una restauración de un espacio degradado deberá tener un Plan de Restauración autorizado y vigente por el organismo competente que contemple estos materiales o una modificación del mismo con el fin de introducir el material reciclado. En general, en estos Planes de Restauración se debe introducir un estudio particular del medio receptor que incluya el análisis de estas características:

- ✓ Situación administrativa.
- ✓ Medio natural del espacio.
- ✓ Su topografía y relieve.
- ✓ Geología y geomorfología.
- ✓ Hidrogeología.
- ✓ Climatología.
- ✓ Hidrología.
- ✓ Edafología del entorno.
- ✓ Medio biótico del entorno.
- ✓ Paisaje e incidencia visual.
- ✓ Usos del suelo y afecciones territoriales.

De todos modos, previamente a este estudio particular del medio receptor, el proyectista puede determinar con estos criterios la viabilidad de uso de materiales reciclados en una restauración de un espacio degradado:

- ✓ El empleo de zahorras recicladas en la capa de regularización se puede considerar como una conformación tipo 3 cuyos límites de lixiviación se establecen en la tabla 52 y su uso se limita a zonas no vulnerables.
- ✓ El empleo de árido reciclado en el relleno se puede dar de dos formas y únicamente utilizable en las zonas consideradas no vulnerables:
 - Encapsulado. Es decir, se realiza una capa de impermeabilización natural de 1 m o artificial de 0,5m con una impermeabilidad equivalente a una $k = 1 \times 10^{-7}$ m/seg y una capa de sellado con vegetación. Se podría considerar una conformación tipo 3 cuyos límites serán los especificados en la tabla 52.
 - Sin encapsulado. No existe ni capa de impermeabilización ni una capa de sellado, con lo que el material se clasificaría como una conformación tipo 4 cuyos límites admisibles son los contemplados en la tabla 52.



La economía circular de los RCD como estrategia para la adaptación al cambio climático



Interreg
POCTEFA



RCdiGREEN Partners



La economía circular de los RCD como estrategia para la adaptación al cambio climático

El proyecto ha sido cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Interreg V-A España, Francia, Andorra (POCTEFA 2014-2020). El objetivo de POCTEFA es reforzar la integración económica y social de la zona fronteriza España-Francia-Andorra. Su ayuda se concentra en el desarrollo de actividades económicas, sociales y medioambientales transfronterizas a través de estrategias conjuntas a favor del desarrollo territorial sostenible.