



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS PARA CARRETERAS (HRB) EN FIRMES DE VIALES EN MÁLAGA.



**GERENCIA MUNICIPAL DE URBANISMO
AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA**

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

La sostenibilidad en la construcción requiere una continua búsqueda de los mejores y más eficientes métodos de construcción que permitan el menor consumo de recursos naturales y la menor transformación de energía en el proceso.

Los conglomerantes hidráulicos naturales (HRB) permiten el aprovechamiento óptimo de los materiales de la traza, e incluso la utilización de RCD, para la realización de capas de base, subbase, coronación de explanadas y obras de tierra. Emplear los HRB supone un incremento de la calidad de la obra al ser productos diseñados para las necesidades específicas de estos usos.

Esta innovación en la construcción de infraestructuras elimina el impacto ambiental de desechar a vertedero materiales considerados actualmente como no aptos y el consecuente consumo de recursos naturales para su sustitución, además de las emisiones asociadas a su transporte. Ejemplos de estos materiales desechados son los suelos muy plásticos, los suelos yesíferos y los suelos margosos con propiedades inadecuadas. Otra posibilidad que ofrece el uso de HRB es incrementar la utilización de RCD como materiales granulares para la construcción de carreteras, contribuyendo a la economía circular en el sector de la construcción.

Los HRB están normalizados en España mediante la transposición de la normativa Europea (UNE-EN 13282), pero aprovechar todas sus posibilidades de uso requiere de investigación y de regulación, con el fin de establecer las prestaciones solicitadas y la forma adecuada de validarlas.

Es por ello que la Gerencia Municipal de Urbanismo de Málaga ha decidido la redacción de estas “RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS PARA CARRETERAS (HRB) EN FIRMES DE VIALES EN MÁLAGA”, de forma que se garantice el cumplimiento de los requerimientos solicitados por la normativa vigente. Recomendaciones que podrán ser utilizadas por Projectistas, Directores de Obra, Contratistas y Laboratorios de control para asegurar la correcta calidad de la obra diseñada y ejecutada.

Equipo de trabajo redactor de la recomendación:

Presidente: Francisco Javier Carmona Conde.- GMU Ayto. Málaga

Vicepresidenta: M^a Pilar Vila Herrero.- GMU Ayto. Málaga

Secretario: D. Javier Castro Lara.- CEMOSA

Vocales:

- Ramsés Vidal Sánchez – GMU Ayto. Málaga
- Miguel Ángel Soler García – GMU Ayto. Málaga
- Manuel Salas Casanova – CEMOSA
- Francisco J. Becerra Pérez – CEMOSA
- Javier Castro Lara – CEMOSA
- Raúl Crespo Rosal – HeidelbergCement Hispania
- Antonio Núñez Padilla – HeidelbergCement Hispania
- José Antonio Hurtado Hurtado - HeidelbergCement Hispania



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ÍNDICE GENERAL

0	Artículo 0. CONSIDERACIONES GENERALES	9
1	ARTICULO 1. SUELOS TRATADOS (MEJORADOS O ESTABILIZADOS) IN SITU.	13
2	ARTICULO 2. MATERIALES TRATADOS CON HRB. SUELOHRB Y GRAVAHRB.	55
3	ARTICULO 3. HORMIGÓN COMPACTADO CON HRB	102



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ÍNDICE

0	Artículo 0. CONSIDERACIONES GENERALES	9
0.1	Notas previas para su uso.....	9
0.2	Antecedentes Normativos	9
0.3	Artículo Técnico	10
0.4	Documentos de los HRB	10
0.4.1	Documentos Marcado CE	10
0.4.2	Documento adicional para HRB con prestaciones específicas.....	11
0.4.3	Documentación que garantice la calidad de la estabilización realizada	12
1	ARTICULO 1. SUELOS TRATADOS (MEJORADOS O ESTABILIZADOS) IN SITU.	13
1.0	Consideraciones previas	13
1.1	Definición.....	14
1.1.1	Tratamiento de mejora	15
1.1.2	Tratamiento de estabilización.....	15
1.2	Materiales	15
1.2.1	Consideraciones generales	15
1.2.2	HRB	16
1.2.3	Suelo.....	18
1.2.4	Agua	23
1.2.5	Aditivos	24
1.3	Tipo y composición del suelo tratado (mejorado o estabilizado)	24
1.3.1	Consideraciones generales	24
1.3.2	Especificaciones para empleo en explanadas	25
1.3.3	Especificaciones para empleo en rellenos tipo terraplén.....	26
1.3.4	Periodo de trabajabilidad del suelo tratado con HRB	27
1.4	Equipo necesario para la ejecución de las obras.....	27
1.5	Ejecución de las obras	27
1.5.1	Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo	27



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.5.2	Preparación de la superficie existente	29
1.5.3	Disgregación del suelo	29
1.5.4	Humectación o desecación del suelo	29
1.5.5	Distribución del conglomerante	29
1.5.6	Ejecución de la mezcla.....	29
1.5.7	Compactación.....	29
1.5.8	Terminación de la superficie	29
1.5.9	Ejecución de las juntas.....	29
1.5.10	Curado y protección superficial	29
1.6	Tramo de prueba	29
1.7	Especificaciones de la unidad terminada	31
1.7.1	Resistencia, densidad y capacidad soporte	31
1.7.2	Terminación, rasante, anchura y espesor	31
1.7.3	Regularidad superficial en capa superior de explanada	31
1.8	Limitaciones de la ejecución	31
1.9	Control de calidad.....	32
1.9.1	Control de procedencia de los materiales control documental	32
1.9.2	Control de ejecución.....	34
1.9.3	Control de recepción de la unidad terminada	38
1.9.4	Ensayos de control de unidad terminada	39
1.10	Criterios de aceptación o rechazo	40
1.10.1	Densidad	40
1.10.2	Capacidad soporte o resistencia	40
1.10.3	Espesor	40
1.10.4	Rasante	40
1.10.5	Regularidad superficial	40
1.11	Medición y abono	40
	Normas referidas en estas Recomendaciones	41
	ANEJO.....	44
2	ARTICULO 2. MATERIALES TRATADOS CON HRB. SUELOHRB Y GRAVAHRB.	55
2.0	Consideraciones previas	55
2.1	Definición.....	56
2.2	Materiales	57



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.2.1	Consideraciones generales.....	57
2.2.2	HRB.....	58
2.2.3	Materiales granulares y áridos.....	60
2.2.4	Agua.....	67
2.2.5	Aditivos.....	67
2.3	Tipo y composición de la mezcla.....	67
2.4	Equipo necesario para la ejecución de las obras.....	70
2.4.1	Consideraciones generales.....	70
2.4.2	Central de fabricación.....	70
2.4.3	Elementos de transporte.....	70
2.4.4	Equipo de extensión.....	70
2.4.5	Equipo de compactación.....	70
2.4.6	Equipo para la ejecución de la junta longitudinal y las transversales en fresco.....	70
2.5	Ejecución de las obras.....	71
2.5.1	Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.....	71
2.5.2	Preparación de la superficie existente.....	72
2.5.3	Fabricación de la mezcla.....	72
2.5.4	Transporte.....	72
2.5.5	Vertido y extensión.....	73
2.5.6	Prefisuración.....	73
2.5.7	Compactación y terminación.....	73
2.5.8	Ejecución de juntas de trabajo.....	73
2.5.9	Curado y protección superficial.....	73
2.6	Tramo de prueba.....	73
2.7	Especificaciones de la unidad terminada.....	74
2.7.1	Densidad.....	74
2.7.2	Resistencia mecánica.....	74
2.7.3	Terminación, rasante, anchura y espesor.....	75
2.7.4	Regularidad superficial.....	75
2.8	Limitación de la ejecución.....	75
2.9	Control de calidad.....	75
2.9.1	Control de procedencia de los materiales. Control documental.....	75
2.9.2	Control de ejecución.....	81



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.9.3	Control de recepción de la unidad terminada	84
2.10	Criterios de aceptación o rechazo	85
2.10.1	Densidad	85
2.10.2	Resistencia mecánica.....	85
2.10.3	Espesor	85
2.10.4	Rasante	85
2.10.5	Regularidad superficial.....	85
2.11	MEDICIÓN Y ABONO	85
	Normas referidas en estas Recomendaciones	86
	ANEJO 1.....	88
	ANEJO 2.....	90
3	ARTICULO 3. HORMIGÓN COMPACTADO CON HRB	102
3.0	Consideraciones previas	102
3.1	Definición.....	103
3.2	Materiales	104
3.2.1	HRB	104
3.2.2	Áridos.....	106
3.2.3	Agua	112
3.2.4	Aditivos	113
3.3	Tipo y composición de la mezcla	113
3.4	Equipo necesario para la ejecución de las obras.....	114
3.4.1	Central de fabricación.....	114
3.4.2	Elementos de transportes	115
3.4.3	Equipo de extensión	115
3.4.4	Equipo de compactación	115
3.4.5	Equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco	115
3.5	Ejecución de las obras	115
3.5.1	Estudio de la mezcla y obtención de la formula de trabajo.....	115
3.5.2	Preparación de la superficie existente	116
3.5.3	Fabricación de la mezcla.....	117
3.5.4	Transporte de la mezcla.....	117
3.5.5	Vertido y extensión de la mezcla.....	117
3.5.6	Prefisuración.....	117



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

3.5.7	Compactación y terminación	117
3.5.8	Ejecución de las juntas de trabajo.....	117
3.5.9	Curado y protección superficial	117
3.6	Tramo de prueba	117
3.7	Especificaciones de la unidad terminada	118
3.7.1	Densidad	118
3.7.2	Resistencia mecánica.....	119
3.7.3	Terminación, rasante, anchura y espesor	119
3.8	Limitaciones de la ejecución	119
3.9	Control de calidad.....	119
3.9.1	Control de procedencia de los materiales. Control documental.....	119
3.9.2	Control de ejecución.....	124
3.9.3	Control de recepción de la unidad terminada	127
3.10	Criterios de aceptación o rechazo	128
3.10.1	Densidad	128
3.10.2	Resistencia mecánica.....	128
3.10.3	Espesor	130
3.10.4	Rasante	130
3.11	Medición y abono	130
	Normas referidas en estas Recomendaciones	131
	ANEJO 1.....	133
	ANEJO 2.....	134

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

0 Artículo 0. CONSIDERACIONES GENERALES

0.1 Notas previas para su uso.

Los artículos de estas recomendaciones se han redactado a modo de Pliego, de tal forma que facilite el trabajo de incorporación a los Proyectos tras la lectura y revisión, en su caso, de los mismos.

A lo largo de los distintos apartados de las recomendaciones y para su mejor comprensión se han incluido numerosos comentarios aclaratorios enmarcados por un recuadro. Cuando los comentarios se refieren a normativa, los párrafos están en letra cursiva

0.2 Antecedentes Normativos

Los artículos de estas recomendaciones se han redactado a modo de Pliego, de tal forma que facilite el trabajo de incorporación a los Proyectos tras la lectura y revisión, en su caso, de los mismos.

A lo largo de los distintos apartados de las recomendaciones y para su mejor comprensión se han incluido numerosos comentarios aclaratorios enmarcados por un recuadro. Cuando los comentarios se refieren a normativa, los párrafos están en letra cursiva.

- **UNE-EN 13282-1:2013.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 1: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- **UNE-EN 13282-2:2016.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 2: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento normal. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- **UNE-EN 13282-3:2015.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 3: Evaluación de la conformidad.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

0.3 Artículo Técnico

Estas recomendaciones se redactan en base a artículos independientes para cada suelo estabilizado in situ con HRB, que se emplearán en obras de tierra y explanado, y materiales preparados a partir de la mezcla con HRB como son los suelocementos, gravacimientos y hormigón compactado que se emplearan en capas de subbases y bases.

ARTÍCULO	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
	SUELOS ESTABILIZADO	
1	Suelo tratado (mejorado o estabilizado) in situ	Es el resultante de la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con un HRB, y eventualmente agua, con el objetivo de disminuir su plasticidad y susceptibilidad al agua o aumentar su resistencia, y que convenientemente compactada, se utiliza en la formación de explanadas (prioritariamente tipo E3) y rellenos tipo terraplén.
	MATERIALES TRATADOS CON HRB. SUELOHRB Y GRAVAHRB.	
2	SUELOHRB. GRAVAHRB.	En este artículo el material (granular o áridos) se tratará con HRB para cumplir con las características de los materiales tratados con cemento definidas en el PG-3.
	HORMIGÓN SECO COMPACTADO CON HRB	
3	Hormigón seco compactado HRB	En este artículo se define un hormigón seco compactado fabricado con HRB.

0.4 Documentos de los HRB

0.4.1 Documentos Marcado CE

Los HRB son materiales sujetos al marcado CE.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

El sistema de certificación es el 2+. El fabricante debe facilitar los siguientes documentos:

- Declaración de prestaciones (Documento elaborado por el fabricante)
- Marcado CE (Documento elaborado por el fabricante)
- Certificado de conformidad del control de producción en fábrica (Documento elaborado por un Organismo Notificado).

0.4.2 Documento adicional para HRB con prestaciones específicas

Teniendo como objetivo la sostenibilidad en la construcción, las obras de infraestructuras viarias hay que realizarlas con los materiales existentes en la traza y con los procesos constructivos que requieran menos consumo energético.

Pero hay suelos y materiales que para su correcto tratamiento de estabilización requieren HRB “especiales”, como por ejemplo:

Los suelos arcillosos con yesos no son aptos para su empleo en las obras de infraestructuras viarias y la normativa tradicional tampoco permite su estabilización. Estos materiales, en la actualidad, son eliminados de las obras y enviados a vertederos.

Con **áridos procedentes del reciclado de residuos de construcción y demolición, RCD**, se puede fabricar suelocemento, gravacemento y hormigón compactado, pero si estos áridos presentan arcillas o yesos se requiere conglomerantes especiales,

Con **arcillas de baja calidad geotécnica, para fabricar explanadas tipo E3** la normativa tradicional exige un doble tratamiento, primero uno de mejora y posteriormente el de estabilización con cemento.

Las **arcillas con margas** con la normativa tradicional están siendo tratadas, para su mejora, con cal. Este tratamiento está en discusión. Investigaciones realizadas sobre estos materiales indican que las margas no reaccionan adecuadamente con la cal.

Con los HRB se puede estabilizar todos estos tipos de suelos y materiales, pero requieren un diseño “particular” para cada uno de ellos.

En estas Recomendaciones, y para materiales que presenten problemas técnicos para su estabilización, se decide el empleo de HRB “específicos”.

Los HRB “específicos” los debe diseñar el fabricante a partir de la caracterización geotécnica y mineralógica del material a tratar.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Es por ello que estas Recomendaciones exigen:

- Que los HRB “específicos” deben ir acompañados de un documento de idoneidad de uso, elaborado por el fabricante, para el suelo o material a tratar.
- Que la estabilización de materiales que requieran HRB “específicos” debe realizarse con un exigente control de ejecución, como mínimo el indicado en esta Recomendaciones.

0.4.3 Documentación que garantice la calidad de la estabilización realizada

Los tratamientos de suelos y materiales con conglomerantes tienen por objetivo conseguir, a partir de materiales de baja calidad productos que se van a colocar en capas con alta responsabilidad estructural de la carretera como son las explanadas y las capas del firme.

Si no se realiza una correcta estabilización se estará colocando en estas capas materiales que no cumplen lo que supone un elevado riesgo de fracaso de la obra.

Resulta fundamental garantizar que la estabilización se ha realizado de acuerdo con el proyecto y que ello quede documentado.

La documentación, que en este apartado exige las presentes Recomendaciones es:

0.4.3.1 Tipo y cantidad de HRB empleado en la obra

El Contratista dispondrá actualizado en cualquier momento de la ejecución, y archivada una vez terminada la obra los siguientes documentos que serán facilitados por el fabricante del HRB:

- Tipo de HRB empleado.
- Cantidad de HRB suministrado a dicha obra.

En estas Recomendaciones se propone un modelo, para esta documentación.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

0.4.3.2 Control de calidad efectuado

Para posibles reclamaciones sobre la calidad del HRB será necesario que se aporte los resultados del Control de Calidad efectuado, que deberá ser, como mínimo, el indicado en estas Recomendaciones.

1 ARTICULO 1. SUELOS TRATADOS (MEJORADOS O ESTABILIZADOS) IN SITU.

1.0 Consideraciones previas

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (en adelante PG-3) no se cita explícitamente el empleo como material para el tratamiento de suelos de los conglomerantes hidráulicos de carreteras (en adelante con sus siglas en inglés HRB Hydraulic road binders).

Pero en el apartado 512.2.1 de consideraciones generales para los materiales para el tratamiento de suelos in situ, el PG-3 indica:

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción

Los HRB son productos con marcado CE y por tanto regulados en el Reglamento 305/2011. La serie normativa que los define es la UNE EN 13282.

En los apartados de objeto y campo de aplicación de las normas UNE EN 13282-1 y UNE EN 13282-2 se indica que:

Estas normas europeas definen y proporcionan las especificaciones de los conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido o normal

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

producidos en una fábrica y suministrados listos para su empleo en el tratamiento de materiales para capas de base, subbases y coronaciones de explanada, así como para obras de tierra, en carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y otros tipos de infraestructuras.

Los HRB son conglomerantes, con marcado CE, específicos para el tratamiento de suelos para su empleo en las capas del terraplén y explanada, pero que, al no estar mencionados de forma explícita en el PG-3, se requiere la redacción de estas Recomendaciones para que puedan ser empleados en el proyecto y ejecución de obras viarias.

Además los HRB son conglomerantes que pueden actuar sobre suelos que no son correctamente tratados con cal aérea o los cementos indicados en la Instrucción de recepción de cementos, la RC 16.

De acuerdo con ello, este artículo 1 de estas Recomendaciones se fundamenta y ajusta al artículo 512 del PG-3, legislando solo las diferencias de actuación de los HRB frente a los conglomerantes tradicionales como son las cales aéreas (UNE EN 459-1) y cementos (RC 16).

1.1 Definición

Se define como suelo tratado in situ la mezcla homogénea y uniforme de un suelo con un HRB y eventualmente agua, con el objetivo de disminuir su plasticidad y susceptibilidad al agua o aumentar su resistencia, y que convenientemente compactada, se utiliza en la formación de explanadas y rellenos tipo terraplén.

La ejecución de un suelo tratado in situ incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie existente, cuando proceda.
- Disgregación del suelo.
- Humectación o desecación del suelo.
- Distribución del conglomerante.
- Ejecución de la mezcla.
- Compactación.
- Terminación de la superficie.
- Curado y protección superficial.

En estas Recomendaciones se distinguen dos tipos de tratamientos: la mejora y la estabilización.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.1.1 Tratamiento de mejora

Un tratamiento de mejora es el que se aplica sobre suelos cuyas características geotécnicas no cumplen con las especificaciones para su empleo en alguna capa del terraplén o explanada de la infraestructura viaria. El objetivo de la mejora es conseguir, a partir de la mezcla del suelo con el conglomerante, un producto que cumpla con las exigencias de dicha capa del terraplén o explanada. Serían los suelos mejorados indicados en el PG-3 tipo S-EST1 y S-EST2.

1.1.2 Tratamiento de estabilización

El tratamiento de estabilización se precisa para conseguir un material con unas características de capacidad soporte que un suelo, de manera natural, no puede aportar. Sería el suelo estabilizado indicado en el PG-3 tipo S-EST3.

1.2 Materiales

1.2.1 Consideraciones generales

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de los mismos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento. Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en estas Recomendaciones, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.2.2 HRB

1.2.2.1 HRB genéricos

Para los tratamientos de suelos que no requieran el empleo de HRB con prestaciones específicas, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la clase resistente y el tipo de HRB de los indicados en las siguientes normas:

- **UNE-EN 13282-1:2013.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 1: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- **UNE-EN 13282-2:2016.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 2: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento normal. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.

En estas Recomendaciones se denominan como “HRB genéricos” aquellos conglomerantes para los que el fabricante, además de la documentación relativa al marcado CE, solo declara como prestación adicional, la relativa a los tiempos de inicio de fraguado que se indicará a continuación.

- **Tiempos de inicio de fraguado**

Estas Recomendaciones exigen que el fabricante del HRB declare como prestación que el producto cumple las dos condiciones de los tiempos de inicio de fraguado solicitados por el artículo 512 del PG-3:

- El inicio del tiempo de fraguado será superior a los cien minutos (100 m).
- 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).

1.2.2.2 HRB con prestaciones específicas

Hay suelos que por sus características o fines para los que se van a tratar, precisan de HRB, que estando recogidos en las dos normas anteriormente citadas, requieren que el fabricante certifique prestaciones específicas para dicho suelo o tratamiento.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

HRB con prestaciones específicas serán necesarios para los siguientes tipos de suelos o tratamientos:

- **Suelos con sulfatos**

Si el contenido ponderal de sulfatos solubles (SO₃) en el suelo que se vaya a estabilizar (norma UNE 103201), fuera superior al cinco por mil (> 5 ‰) en masa, deberá emplearse un HRB resistente a los sulfatos y aislar adecuadamente estas capas de las obras de hormigón.

Se deberá tener experiencia de uso del HRB con el tipo de suelo con sulfatos, en el caso de que no haya experiencia de uso se requerirá que se realicen estudios específicos que certifiquen que el HRB que se emplee actúa eficazmente con el suelo con sulfatos.

- **Suelos finos y/o arcillosos para conseguir explanada tipo E3**

Conseguir suelos tipo SEST-3 a partir de suelos finos y arcillosos con un solo tratamiento requiere que el HRB disponga de un certificado del fabricante que recoja esta posibilidad.

Se deberá tener experiencia de uso del HRB con el tipo de suelo fino o arcilloso, en el caso de que no haya experiencia de uso se requerirá que se realicen estudios específicos que certifiquen que el HRB que se emplee actúa eficazmente con el suelo.

- **Suelos arcillosos con margas**

Investigaciones recientes indican que los suelos arcillosos con margas no son correctamente mejorados con cales aéreas.

Con un adecuado HRB se puede estabilizar arcillas margosas.

Estas Recomendaciones solicitan para la estabilización de arcillas margosas que el fabricante del HRB que se propone para este tratamiento declare, en la documentación de su producto, esta prestación específica.

Se deberá tener experiencia de uso del HRB con el tipo de suelo arcilloso margoso, en el caso de que no haya experiencia de uso se requerirá que se realicen

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

estudios específicos que certifiquen que el HRB que se emplee actúa eficazmente con el suelo.

1.2.3 Suelo

1.2.3.1 Características generales

Los materiales que se vayan a estabilizar in situ serán suelos de la traza u otros materiales locales que no contengan materia orgánica, u otros compuestos químicos en cantidades perjudiciales (en especial para el fraguado).

En cuanto al contenido en sulfatos se actuará de acuerdo con lo indicado en el apartado 1.2.3.4 de estas Recomendaciones

1.2.3.2 Granulometría

Para el tratamiento de suelos finos, con las características granulométricas en la tabla 1.1.a, se requiere un HRB con una declaración específica por parte del fabricante de que el conglomerante está preparado para la mejora o estabilización de este tipo de suelos.

TABLA 1.1.a – GRANULOMETRÍA DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON HRB ESPECÍFICO PARA SUELOS FINOS

TIPO DE SUELO MEJORADO O ESTABILIZADO	CERNIDO ACUMULADO (% en masa)	
	ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)	
	80	0,063
S-EST1, S-EST2 y S-EST3	100	≥ 15

Por su parte, para el tratamiento de mejora o estabilización de los suelos con las características granulométricas indicadas en la tabla 1.1.b, se precisa cualquier HRB genérico con la única prestación adicional de los tiempos de inicio de fraguado solicitados por estas Recomendaciones

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

TABLA 1.1.b – GRANULOMETRÍA DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON HRB GENÉRICO

TIPO DE SUELO MEJORADO O ESTABILIZADO	CERNIDO ACUMULADO		
	ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)		
	80	2	0,063
S-EST1 y S-EST2	100	> 20	< 50
S-EST3			< 35

1.2.3.3 Composición química

Para el tratamiento de mejora o estabilización de los suelos con las características químicas indicadas en la tabla 1.2 se precisa cualquier HRB genérico con la única prestación adicional de los tiempos de inicio de fraguado solicitados por estas Recomendaciones

TABLA 1.2 – COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES CON HRB GENÉRICO

CARACTERÍSTICAS	NORMA	UNIDAD	TIPO DE SUELO MEJORADO O ESTABILIZADO		
			S-EST1	S-EST2	S-EST3
MATERIA ORGÁNICA (MO)	UNE 103204	% en masa	< 2	< 1	
SULFATOS SOLUBLES (SO ₃)	UNE 103201	% en masa	< 0,7 %		

1.2.3.4 Suelos con sulfatos

PG-3. Apartado 512.2.4.3 Composición química

La utilización de suelos con sulfatos solubles puede dar lugar a problemas de hinchamiento por la formación de etringitas y otros compuestos. Por ello la realización de estabilizaciones de suelos con contenidos de sulfatos solubles iguales o superiores a siete décimas porcentuales ($\geq 0.7\%$) en masa requerirá la realización de un estudio específico de aptitud aprobado por el Director de las Obras. Conforme al indicado en el epígrafe 512.3.3.3 de este artículo.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Para suelos con contenidos en sulfatos solubles expresados en % S03, según la UNE 103201, superiores a 0.7% se requiere el empleo de un HRB que el fabricante haya declarado, en la documentación, que presenta la prestación específica de resistente a los sulfatos.

De existir experiencia de uso del HRB con suelos con sulfatos similares a los de la obra que se van a emplear, bastará la declaración del fabricante, en caso contrario, se requerirá un estudio específico para determinar la idoneidad del conglomerante.

Uno de estos estudios puede ser el indicado en el artículo 512.3.3.3 del PG-3 en el que se determina la posible expansión producida por los posibles compuestos que se formen a partir de los sulfatos del suelo y el conglomerante, empleando para ello el ensayo de expansión acelerada definido en UNE EN 13286-49.

Se acepta que el tratamiento del suelo es adecuado con ese HRB si:

- El valor de la expansión volumétrica del suelo estabilizado, después de siete días (7 d) de inmersión en agua (norma UNE-EN 13286-49) deberá ser inferior al cinco por ciento ($GV < 5\%$).
- Se deberá cumplir además que la resistencia a tracción indirecta (norma UNE-EN 13286-42) sea mayor o igual a dos décimas de megapascal ($\geq 0,2$ MPa). Este valor de resistencia se deberá determinar sobre una muestra de tres probetas idénticas a las indicadas para el ensayo de hinchamiento acelerado y sometidas a las mismas condiciones de conservación e inmersión en agua a cuarenta grados Celsius ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante siete días (7d), con la única diferencia de que esta inmersión se hará con las probetas dentro de sus moldes.

1.2.3.5 *Plasticidad*

Para el tratamiento de suelos plásticos, con los índices de plasticidad indicados en la tabla 1.3.a, se requiere un HRB con una declaración específica por parte del fabricante de que el conglomerante está preparado para la mejora o estabilización de este tipo de suelos.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

TABLA 1.3.a – PLASTICIDAD DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES
CON HRB ESPECÍFICO PARA SUELOS PLÁSTICOS

CARACTERÍSTICAS	NORMA	TIPO DE SUELO MEJORADO O ESTABILIZADO
		S-EST1, S-EST2 Y S-EST3
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	UNE 103103	≤ 65
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	UNE 103103 UNE 103104	≤ 40

Si el índice de plasticidad fuera superior a cuarenta (> 40), el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá disponer que la mezcla del suelo con el HRB se realice en dos (2) etapas.

Por su parte, para el tratamiento de mejora o estabilización de los suelos con las características de plasticidad indicadas en la tabla 1.3.b, se precisa cualquier HRB genérico con la única prestación adicional de los tiempos de inicio de fraguado solicitados por estas Recomendaciones

El índice de plasticidad (IP) del suelo mejorado o estabilizado in situ, deberá cumplir los requisitos exigidos al mismo, para cada zona de empleo, según lo especificado en el artículo 330 del PG-3.

TABLA 1.3.b – PLASTICIDAD DEL SUELO EN LAS ESTABILIZACIONES
CON HRB GENÉRICO

CARACTERÍSTICAS	NORMA	TIPO DE SUELO MEJORADO O ESTABILIZADO
		S-EST1, S-EST2 Y S-EST3
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	UNE 103103	≤ 40



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	UNE 103103 UNE 103104	≤ 15
----------------------------	-----------------------	-----------

1.2.3.6 *Hinchamiento libre*

Se deberá determinar el valor de hinchamiento libre del suelo (norma UNE 103601), para muestra remoldeada (ensayo Próctor normal, norma UNE 103500).

El ensayo de hinchamiento libre UNE 103601 se realiza sobre una muestra que se obtiene por extrusión o tallado de una probeta de suelo tratado.

En el caso de suelos estabilizados con conglomerantes hidráulicos, no se puede extraer la muestra, correctamente, a partir de una probeta de suelo estabilizado que puede presentar una resistencia a compresión superior a 1.5 MPa.

Por otra parte existe una norma específica para hinchamientos de suelos tratados con conglomerantes hidráulicos: la norma UNE EN 13286-49, que es la norma que estas Recomendaciones emplea para el estudio de los suelos con sulfatos.

De igual manera en estas Recomendaciones la norma UNE EN 13286-49 será la que se emplee para determinar si persisten los hinchamientos en los suelos, que de manera natural presentaban esta característica, tras su tratamiento de mejora o estabilización con un HRB

Si el suelo a estabilizar presentara hinchamiento en este ensayo, deberá evaluarse también esta característica en el suelo tratado.

Se acepta que el suelo es adecuado, tanto para su empleo en explanada como en el terraplén, si tras su tratamiento con el HRB:

- El valor de la expansión volumétrica del suelo estabilizado, después de siete días (7 d) de inmersión en agua (norma UNE-EN 13286-49) deberá ser inferior al cinco por ciento ($GV < 5\%$).

1.2.3.7 *Asiento en ensayo de colapso*



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Se deberá determinar el potencial porcentual de colapso (lpc) (norma UNE 103406) para muestra remoldeada (ensayo Próctor normal, norma UNE 103500) y presión de ensayo de dos décimas de megapascal (0,2 MPa).

Al igual que en el caso del hinchamiento libre, el ensayo de colapso UNE 103406 se realiza sobre una muestra obtenida por extrusión o tallado de una probeta de suelo compactado.

Pero no hay normas específicas para determinar el colapso en suelos tratados con conglomerantes hidráulicos.

Es por ello que en estas Recomendaciones, de presentar colapso el suelo que se va a tratar, para determinar si persiste el colapso tras la mejora o estabilización de dicho suelo con un HRB, se utilizará el ensayo descrito en la norma UNE 103406, siendo la muestra de ensayo extraída de una probeta fabricada según la UNE EN 13286-49.

Si el suelo a estabilizar presentara colapso, deberá evaluarse también esta característica en el suelo estabilizado.

Para el suelo estabilizado se determinará el colapso según la norma UNE 103406.

La muestra para ensayo se obtendrá por tallado de una probeta fabricada de según la UNE EN 13286-49 que tras su fabricación se ha conservado en el molde durante siete días (7 d) en la cámara húmeda dentro de una bolsa de plástico.

Se acepta que el suelo es adecuado, tras su tratamiento con el HRB, si:

- Para su empleo en explanada, espaldón o coronación del terraplén no se produce colapso.
- Para el cimientado y núcleo del terraplén si el colapso es inferior al 0.5%.

1.2.4 Agua

El agua deberá cumplir las prescripciones de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.2.5 Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por el Director de las Obras. Éste podrá autorizar el empleo de un retardador de fraguado para ampliar el periodo de trabajabilidad del material, según las condiciones meteorológicas, así como establecer el método que se vaya a emplear para su incorporación, las especificaciones que debe cumplir dicho aditivo y las propiedades de la mezcla tras su incorporación.

Únicamente se autorizará el uso de los aditivos cuyas características, y especialmente su comportamiento y los efectos sobre la mezcla al emplearlos en las proporciones previstas, vengan garantizados por el fabricante, siendo obligatorio realizar ensayos previos para comprobar que cumplen su función con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

1.3 Tipo y composición del suelo tratado (mejorado o estabilizado)

1.3.1 Consideraciones generales

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y la composición del suelo mejorado o estabilizado, cuyo contenido de HRB, resistencia o capacidad de soporte y densidad deberán cumplir lo especificado en la tabla 1.4.

TABLA 1.4 – TIPOS Y ESPECIFICACIONES DEL SUELO MEJORADO O ESTABILIZADO IN SITU

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	NORMA	TIPO DE SUELO MEJORADO O ESTABILIZADO		
			S-EST1	S-EST2	S-EST3
CONTENIDO DE CONGLOMERANTE	% en masa del suelo seco		≥ 2	≥ 3	≥ 3
ÍNDICE CBR, a 7 días (1)		UNE 103502	≥ 6	≥ 12	



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

RESISTENCIA a COMPRESIÓN SIMPLE, a 7 días (1)	MPa	UNE-EN 13286-41			$\geq 1,5(3)$
DENSIDAD (Próctor modificado)	% de la densidad máxima	UNE 103501	$\geq 95(2)$	≥ 97	≥ 98

(1) PARA LA REALIZACIÓN DE ESTOS ENSAYOS, LAS PROBETAS SE COMPACTARÁN Y CONSERVARÁN (NORMA UNE-EN 13286-51) CON LA DENSIDAD ESPECIFICADA EN LA FÓRMULA DE TRABAJO.

(2) PARA LA CAPA SUPERIOR DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA E1 DEFINIDA EN LA NORMA 6.1 IC SECCIONES DE FIRME, ESTE VALOR SERÁ DEL NOVENTA Y SIETE POR CIENTO (97%).

(3) EN LOS CASOS EN LOS QUE DEBA TENERSE EN CUENTA EL EFECTO DE LAS HELADAS ESTE VALOR PODRÁ AUMENTARSE A DOS MEGAPASCALES (2 MPA).

En el caso de estabilización en rellenos tipo terraplén, el contenido mínimo de conglomerante podrá disminuirse hasta un uno y medio por ciento (1,5%) siempre que se justifique adecuadamente, se compruebe en el tramo de prueba con los medios y equipos que se vayan a emplear en la obra, y se cuente con la autorización del Director de las Obras. De igual forma, en los rellenos tipo terraplén, para obtener una reducción de la humedad o para posibilitar el tráfico de obra se podrá admitir, con la aprobación del Director de las Obras, un contenido mínimo de conglomerante de hasta un uno por ciento (1%) así como el empleo de cales aéreas CL 80-Q y CL 80-S.

Los suelos estabilizados no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Se debe garantizar tanto la durabilidad a largo plazo, como que no pudieran dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del firme, o contaminar 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 la aptitud para su empleo y ser aprobado por el Director de las Obras.

1.3.2 Especificaciones para empleo en explanadas

En el caso de que el suelo original resultara expansivo o colapsable, de acuerdo con los criterios establecidos en el artículo 330 del PG-3, el suelo tratado

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

con el HRB deberá cumplir con las especificaciones de hinchamiento o colapso indicadas en los apartados 1.2.3.6 y 1.2.3.7 de estas Recomendaciones.

El espesor de capa estabilizada será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en toda ella las características de la estabilización pretendida y el grado de compactación exigido. En general, y salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, dicho espesor no será inferior a veinticinco centímetros (< 25 cm).

1.3.3 Especificaciones para empleo en rellenos tipo terraplén.

Cuando como resultado de la caracterización de los materiales para la formación de rellenos tipo terraplén, efectuada de acuerdo a los criterios establecidos en el artículo 330 del PG-3, el Proyecto determine la necesidad de su mejora o estabilización, el suelo tratado deberá cumplir con carácter general las especificaciones de la tabla 1.4 para el tipo solicitado.

El índice de plasticidad (IP) del suelo tratado in situ, deberá cumplir los requisitos exigidos al mismo, para cada zona de empleo, según lo especificado en el artículo 330 del PG-3.

En el caso de que el suelo original resultara expansivo o colapsable, de acuerdo con los criterios establecidos en el artículo 330 del PG-3, el suelo tratado con el HRB deberá cumplir con las especificaciones de hinchamiento o colapso indicadas en los apartados 1.2.3.6 y 1.2.3.7 de estas Recomendaciones.

Los materiales utilizados serán extendidos en tongadas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la rasante de la explanada final. El espesor de estabilización será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en toda la capa las características de la estabilización pretendida y el grado de compactación exigido. En general, y salvo especificación en contra del Proyecto o del Director de las Obras, el espesor máximo de la tongada de suelo será conforme a lo especificado en el artículo 330 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.3.4 Periodo de trabajabilidad del suelo tratado con HRB

El suelo mejorado o estabilizado in situ con un HRB deberá tener un período de trabajabilidad, determinado a la máxima temperatura esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45) para permitir completar la compactación de una franja antes de que haya finalizado dicho plazo en la adyacente estabilizada previamente, no pudiendo ser inferior al especificado en la tabla 1.6.

TABLA 1.6 – PERIODO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (W_{pc}) DEL SUELO ESTABILIZADO IN SITU CON CEMENTO

TIPO DE OBRA	W_{pc} (horas) (norma UNE-EN 13286-45)
ANCHURA COMPLETA	2
POR FRANJAS	3

Dada la influencia que las condiciones climáticas tienen sobre el periodo de trabajabilidad, éste se determinará de forma periódica a lo largo de la realización de los trabajos, adaptándose a los cambios estacionales que pudieran producirse.

Dependiendo del tipo de tratamiento que se efectúe y de las condiciones climáticas en las que se ejecute la obra, puede resultar necesario el empleo de aditivos retardadores de fraguado.

1.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras.

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.4 del PG-3.

1.5 Ejecución de las obras

1.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo

La mejora o estabilización de suelos in situ no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo,

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

previo estudio en laboratorio y comprobación en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La elección del adecuado HRB, que podrá ser uno de los definidos en la serie normativa UNE EN 13282, con solo las especificaciones de inicio de fraguado indicadas en estas Recomendaciones, o un HRB con prestación específica para su empleo con suelos finos o plásticos o con sulfatos.
- La dosificación mínima del HRB referida a la masa total de suelo seco y, en su caso, por metro cuadrado (m²) de superficie, la cual no deberá ser inferior a la mínima fijada en la tabla 1.4.
- El contenido de humedad, (norma UNE 103300), del suelo inmediatamente antes de su mezcla con el conglomerante, y el de la mezcla en el momento de su compactación.
- El valor mínimo de la densidad a obtener que deberá cumplir lo fijado en la tabla 1.4.
- El índice CBR a siete días (7 d) o la resistencia a compresión simple a la misma edad, según el tipo de suelo estabilizado, cuyos valores deberán cumplir lo fijado en la tabla 1.4.
- El periodo de trabajabilidad (W_{pc}) en el caso de las estabilizaciones con cemento, cuyo valor deberá cumplir lo indicado en la tabla 1.6.

Si la marcha de los trabajos lo aconsejase, el Director de las Obras podrá modificar la fórmula de trabajo, a la vista de los resultados obtenidos de los ensayos, pero respetando la dosificación mínima del HRB, el valor mínimo del índice CBR o de la resistencia a compresión simple, ambos a siete días (7 d), y las demás especificaciones fijadas en este artículo para la unidad terminada. En todo caso, se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo, de acuerdo con lo indicado en este epígrafe, cada vez que varíen las características del suelo a estabilizar, o de alguno de los componentes de la estabilización, o las condiciones ambientales.

La tolerancia admisible, respecto a la fórmula de trabajo, del contenido de humedad del suelo estabilizado en el momento de su compactación, será de dos puntos porcentuales (± 2 %) respecto a la humedad óptima definida en el ensayo Próctor modificado (norma UNE 103501).

En el caso de suelos inadecuados o marginales susceptibles de hinchamiento o colapso, la humedad de mezcla y la de compactación más conveniente deberá ser objeto de estudio especial.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.5.2 Preparación de la superficie existente

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.2 del PG-3.

1.5.3 Disgregación del suelo

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.3 del PG-3.

1.5.4 Humectación o desecación del suelo

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.4 del PG-3.

1.5.5 Distribución del conglomerante

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.5 del PG-3.

1.5.6 Ejecución de la mezcla

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.6 del PG-3.

1.5.7 Compactación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.7 del PG-3.

1.5.8 Terminación de la superficie

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.8 del PG-3.

1.5.9 Ejecución de las juntas

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.9 del PG-3.

1.5.10 Curado y protección superficial

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.5.10 del PG-3.

1.6 Tramo de prueba

Antes de iniciarse el tratamiento in situ del suelo será preceptiva la realización de un tramo de prueba. Se comprobará la fórmula de trabajo y el funcionamiento de los equipos necesarios, especialmente la forma de actuación de los equipos de mezcla y compactación. Se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del suelo tratado con las condiciones especificadas sobre humedad, eficacia de

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

disgregación, espesor de estabilización, homogeneidad de mezclado, contenido de conglomerante y demás requisitos exigidos.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras fijará la longitud del tramo de prueba, que no podrá ser inferior a cien metros (100 m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

Además, al comienzo de cada tramo homogéneo:

- Se comprobará la profundidad de la estabilización.
- Se ajustará la velocidad de avance del equipo para obtener la profundidad de estabilización, la disgregación requerida y una mezcla uniforme y homogénea.
- Se comprobará y ajustará la fórmula de trabajo obtenida para ese tramo.

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:

- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación de conglomerante establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas y otros métodos rápidos de control:
 - Se determinará el PH en la parte superior e inferior de la tongada.
 - Se tomarán muestras para determinar la resistencia a compresión de la parte superior e inferior de la tongada.
- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la densidad y la humedad in situ establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas y otros métodos rápidos de control.
- Correlación en su caso, entre el método de control del módulo de la capa terminada, según el ensayo de carga vertical de suelos mediante placa estática, (norma UNE 103808) y otros métodos de mayor rendimiento.
- Se comprobará en la mezcla la precisión de los sistemas de dosificación del conglomerante y del agua y, en su caso, de los aditivos.
- Se establecerán las relaciones entre humedad y densidad alcanzada.
- Se establecerán las relaciones entre orden y número de pasadas de los compactadores y la densidad alcanzada.
- Se medirá el esponjamiento de la capa estabilizada, por diferencia de los espesores antes de la disgregación y después de la compactación.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo. En el primer caso se podrá iniciar la ejecución de la estabilización; en el segundo, el Contratista deberá proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en los sistemas de dosificación, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista. En el primer caso, aprobará su forma específica de actuación; en el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros adicionales a los existentes.

1.7 Especificaciones de la unidad terminada

1.7.1 Resistencia, densidad y capacidad soporte

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.7.1 del PG-3.

1.7.2 Terminación, rasante, anchura y espesor

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.7.2 del PG-3.

1.7.3 Regularidad superficial en capa superior de explanada

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.7.3 del PG-3.

1.8 Limitaciones de la ejecución

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.8 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.9 Control de calidad

1.9.1 Control de procedencia de los materiales control documental

1.9.1.1 Consideraciones previas

Se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en este Pliego. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011, se deberá llevar a cabo obligatoriamente los ensayos de identificación y caracterización para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

1.9.1.2 HRB genérico, sin prestaciones específicas

Para estos HRB se solicitará:

- La documentación requerida para el marcado CE:
 - Declaración de prestaciones
 - Marcado CE
 - Certificado de conformidad del control de producción emitido por un Organismo Notificado.
- Declaración de que el HRB cumple las especificaciones de tiempos de inicio de fraguado indicado en estas Recomendaciones.
- Modelo de Certificado de suministro a obra.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.9.1.3 HRB con prestaciones específicas

Para estos HRB se solicitará:

- La documentación requerida para el marcado CE:
 - Declaración de prestaciones
 - Mercado CE
 - Certificado de conformidad del control de producción emitido por un Organismo Notificado
- Documento de idoneidad de uso para las prestaciones específicas indicadas en estas Recomendaciones:
 - Para el tratamiento de suelos finos y/o arcillosos
 - Para el tratamiento de suelos arcillosos con margas
 - Para el tratamiento de suelos con sulfatos
- Declaración de que el HRB cumple las especificaciones de tiempos de inicio de fraguado indicado en estas Recomendaciones.
- Modelo de Certificado de suministro a obra.

1.9.1.4 Suelo

Antes de iniciar la mejora o estabilización, se identificará cada tipo de suelo, determinando su aptitud. El reconocimiento se realizará de la forma más representativa posible, mediante sondeos, calicatas u otros métodos de toma de muestras. El Director de las Obras comprobará, además, la retirada de la eventual montera del suelo y la exclusión de vetas no utilizables.

De cada tipo de suelo, y sea cual fuere la cantidad que se va a estabilizar, se tomarán como mínimo cuatro (4) muestras, añadiéndose una (1) más por cada cinco mil metros cúbicos (5 000 m³), o fracción, de exceso sobre veinte mil metros cúbicos (20 000 m³) de suelo. Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Granulometría por tamizado (norma UNE 103101).
- Límite líquido e índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Contenido de materia orgánica (norma UNE 103204).
- Contenido de sulfatos solubles, expresados en SO₃, (norma UNE 103201).
- Ensayo de colapso (norma UNE 103406).
- Ensayo de hinchamiento libre (norma UNE 103601)

El Director de las Obras podrá ordenar la repetición de estos ensayos con nuevas muestras, así como la realización de ensayos adicionales.

1.9.1.5 *Aditivos*

- Control documental

En el caso de empleo de aditivos:

- La documentación exigida para productos con marcado CE:
 - Etiqueta del producto.
 - Declaración de conformidad.
 - Certificado de la Entidad Notificada.
- Modelo de certificado de suministro.

1.9.2 *Control de ejecución*

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el método de control, tamaño del lote y el tipo y el número de ensayos a realizar. También se establecerán los métodos rápidos de control que puedan utilizarse y las condiciones básicas de empleo.

La realización de los ensayos in situ y la toma de muestras se realizará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal; de tal forma que haya al menos una (1) toma o un ensayo por cada hectómetro (hm).

Se desecharán los suelos que, a simple vista, contengan restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo admisible.

Se tomará diariamente un mínimo de dos (2) muestras del suelo antes de mezclarlo con el HRB, una por la mañana y otra por la tarde, sobre las que se determinará su humedad natural (norma UNE 103300).



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Se comprobará la eficacia de disgregación pasando el equipo de trabajo sin incorporar el conglomerante del orden de unos veinte metros (20 m) una vez al día. Se considerará que se mantienen los resultados de eficacia de disgregación, mientras no cambie el tipo de suelo o el contenido de humedad de forma significativa, se mantenga la velocidad de avance y la velocidad del rotor del equipo de disgregación. La frecuencia de ensayo podría ser disminuida por el Director de las Obras si se observa que la eficacia de disgregación es correcta y no cambia de unos días a otros.

En el caso que el tratamiento del suelo sea por vía húmeda, al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), se comprobará el funcionamiento de las boquillas de inyección de la lechada. En cada camión de suministro se controlará, además, el consumo efectivo de conglomerante. En el caso de distribución en lechada, se contrastará con la información proporcionada por el equipo para el control del volumen de lechada añadido. En el caso de distribución en seco, se comprobará además la dotación de conglomerante utilizada mediante el pesaje de bandejas metálicas u otros dispositivos similares colocados sobre la superficie.

Por cada lote de los definidos en el epígrafe 1.9.3, se tomarán como mínimo dos (2) amasadas diferentes (mañana y tarde) del suelo recién mezclado con el conglomerante. El número de probetas confeccionadas de cada amasada no será inferior a tres (<3), sobre las que se determinará el índice CBR a siete días (7 d) (norma UNE 103502) para los suelos mejorados S-EST1 y S-EST2 o la resistencia a compresión simple a siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41) para los suelos estabilizados S-EST3. En ambos casos, las probetas se fabricarán según el procedimiento descrito en la norma UNE-EN 13286-51 y con la densidad exigida en obra.

Por cada diez mil metros cúbicos (10 000 m³) de suelo estabilizado in situ o una (1) vez a la semana, si se estabilizara una cantidad menor, se realizará un ensayo Próctor modificado de la mezcla (norma UNE 103501), que se empleará como referencia para la compactación.

En el caso de la estabilización de suelos que presenten hinchamiento o colapso en las condiciones descritas en el apartado 512.3, por cada diez mil metros cúbicos (10 000 m³) de suelo estabilizado in situ o una (1) vez a la semana, si se estabilizara una cantidad menor, se realizará:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Un (1) ensayo de colapso (norma UNE 103406) fabricando las probetas de acuerdo con lo indicado en el apartado 1.2.3.7
- Un (1) ensayo de hinchamiento acelerado (norma UNE EN 13286-49)

Para verificar que tras el tratamiento se cumplen los valores de hinchamiento acelerado o colapso indicados en los apartados 1.2.3.6 y 1.2.3.7 de estas Recomendaciones.

En el caso de estabilización de suelos con un contenido de sulfatos solubles superior a siete décimas porcentuales ($SO_3 > 0,7 \%$) por cada diez mil metros cúbicos (10 000 m³) de suelo estabilizado in situ o una (1) vez a la semana, si se tratara una cantidad menor, se comprobará:

- La expansión volumétrica (GV) (norma UNE-EN 13286-49) que deberá cumplir lo establecido en el apartado 1.2.3.4 de estas Recomendaciones.
- La resistencia a tracción indirecta (norma UNE-EN 13286-42), en las condiciones y con los criterios indicados en el apartado 1.2.3.4.

En el caso de estabilización de suelos plásticos cada veinte mil metros cúbicos (20 000 m³) se comprobará que el índice de plasticidad del suelo estabilizado cumple las especificaciones indicadas en el epígrafe 1.2.3.5.

El Director de las Obras podrá reducir la frecuencia de ensayos a la mitad (1/2) si considerase que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recepción de la unidad terminada (apartado 1.9.3) se hubieran aprobado diez (10) lotes consecutivos.

Se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) por cada lote de los definidos en el apartado 1.9.3. En el caso de que se empleen sondas nucleares u otros métodos rápidos de control, éstos habrán sido convenientemente contrastados y calibrados en el tramo de prueba, con los ensayos de determinación de humedad natural (norma UNE 103300) y de densidad in situ (norma UNE 103503). La medición de la densidad por el método nuclear se llevará a cabo según la norma UNE 103900, y en el caso de que la capa inferior esté estabilizada, se deberá hincar el vástago de la sonda en todo el espesor de la capa a medir, para asegurar la medida correcta



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

de la densidad, pero sin profundizar más para no dañar dicha capa inferior. Sin perjuicio de lo anterior será preceptivo que la calibración y contraste de estos equipos con los ensayos de las normas UNE 103300 y UNE 103503 se realice periódicamente durante la ejecución de las obras, en plazos no inferiores a catorce días (< 14 d), ni superiores a veintiocho (>28 d).

En caso de que las densidades obtenidas fuesen inferiores a las especificadas se proseguirá el proceso de compactación hasta alcanzar los valores prescritos dentro del periodo de trabajabilidad.

Durante la ejecución de las obras se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de las Obras:

- La temperatura y la humedad relativa del aire mediante un termohigrógrafo registrador.
- El espesor de material estabilizado tras el paso del equipo de estabilización y antes de la compactación, mediante un procedimiento aprobado por el Director de las Obras, teniendo en cuenta la disminución que sufrirá al compactarse el material.
- La humedad del suelo mediante un procedimiento aprobado por el Director de las Obras.
- La composición y forma de actuación del equipo utilizado en la ejecución de la estabilización, verificando:
 - Que el número y el tipo de los equipos sean los aprobados.
 - En su caso, el funcionamiento de los dispositivos de disgregación, humectación, limpieza y protección.
 - El lastre y el peso total de los compactadores.
 - La presión de inflado en los compactadores de neumáticos.
 - La frecuencia y la amplitud en los compactadores vibratorios.
 - El número de pasadas de cada equipo, especialmente de los compactadores.

Se realizará como mínimo un (1) control diario de la dotación de emulsión bituminosa empleada para el riego de curado o protección y, en su caso, del árido de cobertura, conforme a lo especificado en el artículo 532 del PG-3.

En cualquier fase de la ejecución del tratamiento del suelo, el Director de las obras, podrá solicitar el certificado de suministro, comprobando que la cantidad de HRB(s) suministrada(s) a obra ha(n) sido la(s) necesaria(s) en función de la

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

dotación solicitada por la fórmula de trabajo y los volúmenes de suelo(s) mejorado(s) o estabilizado(s) hasta la fecha.

1.9.3 Control de recepción de la unidad terminada

1.9.3.1 Control documental. Certificado de suministro

Se analizará la documentación aportada por el fabricante comprobando:

- A partir de la documentación técnica, que el(los) HRB(s) suministrado(s) a obra era (son) los requeridos en Proyecto.
- A partir del certificado de suministro, que la cantidad de HRB(s) suministrada(s) a obra ha(n) sido la(s) necesaria(s) en función de la dotación solicitada por la fórmula de trabajo y los volúmenes de suelo(s) mejorado(s) o estabilizado(s).

1.9.3.2 Definición de lote

Si durante la construcción apareciesen defectos localizados, tales como blandones, se corregirán antes de iniciar el muestreo.

Se considerará como lote de recepción, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los cuatro (4) criterios siguientes a una (1) sola capa de suelo estabilizado in situ:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- En el caso de formación de explanadas o en la coronación de rellenos tipo terraplén, tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada.
- En el caso de zonas de relleno tipo terraplén distintas de la coronación, cinco mil metros cuadrados (5 000 m²) si el terraplén es de menos de cinco metros (< 5 m) de altura y de diez mil metros cuadrados (10 000 m²) para terraplenes de mayor altura.
- La fracción construida diariamente.
- La fracción construida con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de ejecución.

Se asignarán a cada lote de recepción las probetas fabricadas durante el control de ejecución que le correspondan. En los puntos donde se realice el control

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

de la compactación, se determinará el espesor de la capa de suelo estabilizado in situ.

1.9.4 Ensayos de control de unidad terminada

En la capa superior de la formación de explanadas, del cimiento y de la coronación en la formación de rellenos tipo terraplén, se realizarán por cada lote, un (1) ensayo de carga vertical de suelos mediante placa estática (norma UNE 103808). Si durante la ejecución del tramo de prueba se hubiera determinado la correspondencia con otros equipos de medida de mayor rendimiento, el Director de las Obras podrá emplear dichos equipos en el control.

En capas de formación de explanada, se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad ($>1/2$) de la distancia entre los perfiles del Proyecto. Se comprobará la anchura y el espesor de la capa en perfiles transversales cada veinte metros (20 m).

Cuando se trate de las capas superiores de coronación de explanadas para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, la regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará, en tramos de mil metros de longitud (1 000 m), mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330) calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro, y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 512.7.3. del PG-3. Además de lo anterior, se exigirá la deflexión patrón máxima (Norma 6.1 IC Secciones de firme), medida entre los catorce y veintiocho días (14 a 28 d), desde su puesta en obra, de acuerdo con lo indicado en la tabla 1.9.

TABLA 1.9 - DEFLEXIÓN PATRÓN (*)

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
DEFLEXIÓN PATRÓN (10-2 mm)	≤ 250	≤ 200	≤ 150

(*) VALOR PROBABLE DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA EXPLANADA, DENTRO DEL CAMPO DE VARIACIÓN DEBIDO A LOS CAMBIOS DE HUMEDAD.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

1.10 Criterios de aceptación o rechazo

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el apartado 1.9.3, según lo indicado a continuación.

1.10.1 Densidad

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.10.1 del PG-3.

1.10.2 Capacidad soporte o resistencia

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.10.2 del PG-3.

1.10.3 Espesor

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.10.3 del PG-3.

1.10.4 Rasante

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.10.5 del PG-3.

1.10.5 Regularidad superficial

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.10.6 del PG-3.

1.11 Medición y abono

Será de aplicación lo indicado en el apartado 512.11 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

NORMAS REFERIDAS EN ESTAS RECOMENDACIONES

Las normas recogidas en este artículo podrán ser sustituidas por otras de las utilizadas en cualquiera de los otros Estados miembros de la Unión Europea, o que sean parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, y en aquellos Estados que tengan un acuerdo de asociación aduanera con la Unión Europea, siempre que se demuestre que poseen idénticas especificaciones técnicas.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- NLT-330 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.
- UNE 103101 Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- UNE 103103 Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.
- UNE 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.
- UNE 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103406 Ensayo de colapso en suelos.
- UNE 103500 Geotecnia. Ensayo de compactación. Próctor normal.
- UNE 103501 Geotecnia. Ensayo de compactación. Próctor modificado.
- UNE 103502 Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice CBR de un suelo.
- UNE 103503 Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena.
- UNE 103601 Ensayo del hinchamiento libre de un suelo en edómetro.
- UNE 103808 Ensayo de carga vertical de suelos mediante placa estática.
- UNE 103900 Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
- UNE 146508 EX Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice y álcali-silicato de los áridos. Método acelerado en probetas de mortero.
- UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
- UNE-EN 459-1 Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.
- UNE-EN 13282-1:2013 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 1: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE-EN 13282-2:2016 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 2: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento normal. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE-EN 13282-3:2015 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 3: Evaluación de la conformidad.
- UNE-EN 13286-41 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 41: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- UNE-EN 13286-42 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 42: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la tracción indirecta de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.
- UNE-EN 13286-45 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 45: Método de ensayo para la determinación del periodo de trabajabilidad.
- UNE-EN 13286-49 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 49: Ensayo de hinchamiento acelerado para suelos tratados con cal o con conglomerante hidráulico.
- UNE-EN 13286-51 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 51: Métodos de elaboración de probetas de mezclas con conglomerante hidráulico utilizando martillo vibratorio de compactación.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ANEJO

DOCUMENTACIÓN DE CONTROL Y SUMINISTRO.

DOCUMENTACIÓN EXIGIDA PARA TODOS LOS HRB

- **Documentos Marcado CE.**
 - **Declaración de prestaciones**
 - **Marcado CE**
 - **Certificado de conformidad del control de producción en fábrica.**

- **Declaración de prestación tiempos de inicio de fraguado**

- **Certificado de suministro a obra**

DOCUMENTACIÓN ADICIONAL EXIGIDA PARA LOS HRB CON PRESTACIONES ESPECÍFICAS

- **Documento de idoneidad de uso del HRB**



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DECLARACIÓN DE PRESTACIONES



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



FYM
HEIDELBERGCEMENT Group

Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 - Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es



DECLARACION DE PRESTACIONES

Nº

- Identificación del producto: Conglomerante hidráulico para carreteras de endurecimiento rápido EN 13282-1 HRB E 4
- Usos previstos del producto: Tratamiento de materiales para capas de base, **subbases**, coronaciones de explanada y obras de tierras en carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y otros tipos de infraestructuras.
- Fabricante: Sociedad Financiera y Minera, S.A., Ctra. Almería Km 8, 29720, Málaga.
- Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones: Sistema 2+
- Norma armonizada: EN 13282-1:2013

El Organismo notificado **NºXXXX** (Nombre del Organismo Notificado) ha realizado la evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones y ha expedido el Certificado de conformidad del control de producción en fábrica Nº _____ emitido el **fecha**

- Prestaciones declaradas:

Características esenciales	Prestación
Resistencia a compresión (a 7 y a 28 días)	E 4
Tiempo de fraguado	Cumple
Finura	Cumple
Estabilidad de volumen – Expansión máxima	Cumple
Contenido de SO ₃	≤ 2%
Durabilidad	NPD
Sustancias peligrosas	Ver ficha de seguridad

- Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de las prestaciones declaradas.

La presente declaración de prestaciones se emite de conformidad con el Reglamento (UE) Nº 305/2011 bajo la única responsabilidad del fabricante arriba identificado

Firmado por y en nombre del fabricante:

Firma

Nombre
Cargo


En lugar, el fecha



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

MARCADO CE




<p>SOCIEDAD FINANCIERA Y MINERA, S.A. Ctra. Almería, km. 8 29720, Málaga</p> <p>YY</p> <p>Nº Declaración Prestaciones</p>
<p>EN 13282-1:2013</p> <p>Conglomerante hidráulico para carreteras de endurecimiento rápido</p> <p>HRB E 4</p> <p>Resistencia a compresión (a 7 y a 28 días): E 4</p> <p>Tiempo de fraguado: Cumple</p> <p>Finura: Cumple</p> <p>Estabilidad de volumen – Expansión máxima: Cumple</p> <p>Contenido de SO₂: ≤ 4%</p> <p>Sustancias peligrosas: Ver ficha de seguridad</p>





Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Tel. 952209100
Ctra. Almería Km. 8
29720 Málaga (España)
www.fym.es

CERTIFICADO DE SUMINISTRO

Sociedad Financiera y Minera S.A., como empresa suministradora, con domicilio social en Ctra. Almería km.8, CP 29720 en Málaga y CIF A28036408, y en su nombre, (*Responsable Ventas*), como responsable de Ventas y con NIF 12345678A

Certifica:

Que se han realizado los suministros detallados en el anexo al presente certificado, entregados en la obra de XXXXXXXXX., denominada "YYYYYY".

Málaga, a X de Y de 2018

Fdo. XXXXX
Responsable Ventas
FYM-HeidelbergCement

FECHA	Nº ALBARAN	PRODUCTO	TNE
21.03.2018	2011-E128-52593	i.work STABILE	27,00



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DECLARACIÓN TIEMPOS DE INICIO DE FRAGUADO



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 - Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es

Declaración de tiempos de inicio de fraguado

D. (nombre) , como (cargo) de la Empresa Sociedad Financiera y Minera, S.A., declara que el producto HRB denominado (identificación del producto) y Declaración de Prestaciones Nº , cumple las siguientes especificaciones para los tiempos de inicio de fraguado:

Método de ensayo	Inicio de fraguado
Principio de fraguado. Método de ensayo de acuerdo a UNE-EN 196-3	Mayor a 100 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Mayor a 120 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Principio de fraguado. Método de ensayo basado en la UNE-EN 196-3 modificado a 40±2°C	Mayor a 60 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

Firmado
Nombre
Cargo
En lugar, el fecha



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DOCUMENTO DE IDONEIDAD DE USO



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 – Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es

Documento de Idoneidad de Uso

D. (nombre) , como (cargo) de la Empresa Sociedad Financiera y Minera, S.A., declara que el producto HRB denominado (identificación del producto) y Declaración de Prestaciones Nº , es adecuado para el tratamiento de:

- Suelos finos o arcillosos
- Suelos arcillosos con margas
- Suelos, materiales granulares y áridos con sulfatos
- Materiales granulares y áridos con arcilla

Con las siguientes limitaciones físico-químicas del suelo:

Tipo de material	Parámetro	Valor

Este documento está basado en la experiencia y estudios realizados por FYM con estos tipos de materiales hasta la fecha de emisión del mismo. No supone ninguna certificación de garantía de éxito del tratamiento con un material específico, aunque este cumpla las limitaciones indicadas anteriormente; la compatibilidad debe asegurarse para cada obra según los ensayos y estudios indicados en las Recomendaciones para la "Utilización de Conglomerantes Hidráulicos para Cameteras (HRB) en Firmes Viales en las Calles de la Ciudad de Málaga", en especial en el tramo de prueba.

Firmado
Nombre
Cargo
En lugar, el fecha

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2 ARTICULO 2. MATERIALES TRATADOS CON HRB. SUELOHRB Y GRAVAHRB.

2.0 Consideraciones previas

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (en adelante PG-3) no se cita explícitamente el empleo como material para el tratamiento de materiales granulares y áridos para capas de infraestructuras viarias a los conglomerantes hidráulicos de carreteras (en adelante con sus siglas en inglés HRB *Hydraulic road binders*).

Pero en el apartado 513.2.1 de consideraciones generales para los materiales para el tratamiento de suelos in situ, el PG-3 indica:

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción

Los HRB son productos con marcado CE y por tanto regulados en el Reglamento 305/2011. La serie normativa que los define es la UNE EN 13282.

En los apartados de objeto y campo de aplicación de las normas UNE EN 13282-1 y UNE EN 13282-2 se indica que:

Estas normas europeas definen y proporcionan las especificaciones de los conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido o normal producidos en una fábrica y suministrados listos para su empleo en el tratamiento de materiales para capas de base, subbases y coronaciones de explanada, así como para obras de tierra, en carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y otros tipos de infraestructuras.

Los HRB son conglomerantes, con marcado CE, especialmente diseñados para el tratamiento de suelos (artículo 1 de estas Recomendaciones) y materiales para la fabricación de SUELOHRB y GRAVAHRB, esta especificidad se manifiesta en

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

prestaciones de los HRB que mejoran las de los cementos indicados en el artículo 513 del PG-3, como son:

- Los HRB recogidos en estas Recomendaciones deben estar certificados por sus fabricantes respecto al cumplimiento de los tiempos de inicio de fraguado exigidos en el artículo 513 del PG-3.
- Los HRB pueden tratar materiales granulares (para fabricar sueloHRB) y áridos (para fabricar gravaHRB) que presenten arcillas o sulfatos, como sería el caso de los áridos procedentes del reciclado de residuos de construcción y demolición (en adelante RCD).

De acuerdo con ello, este artículo 2 de estas Recomendaciones se fundamenta en el artículo 513 del PG-3, legislando las diferencias de actuación de los HRB frente a los cementos indicados en dicho artículo del PG-3.

Es objetivo de estas Recomendaciones todo lo relativo a la sostenibilidad en la construcción, fomentando el empleo de materiales (suelos y áridos) RCD, es por ello que:

- Para suelos y áridos naturales sus especificaciones se basan en lo especificado en el PG-3.
- Para suelos y áridos RCD sus especificaciones se basan en las Recomendaciones para el empleo de áridos RCD de la GMU de Málaga.

2.1 Definición

Se define como material tratado con HRB la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas, de material granular, el HRB, agua y, eventualmente aditivos, realizada en central, que convenientemente compactada, se utiliza como capa estructural en firmes de carretera. Dependiendo del material granular utilizado se distinguen dos tipos de materiales tratados con HRB: sueloHRB y gravaHRB.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Elección del adecuado HRB.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla en central.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Preparación de la superficie existente, cuando proceda.
- Transporte y extensión de la mezcla.
- Prefisuración, cuando sea necesario.
- Compactación y terminación.
- Curado y protección superficial

2.2 Materiales

2.2.1 Consideraciones generales.

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de los mismos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento. Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista deberá verificar que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en este Pliego, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Los RCD deberán cumplir con las especificaciones indicadas en las ***Recomendaciones para la utilización de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) en firmes de viales en calles de la ciudad de Málaga.***

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.2.2 HRB

2.2.2.1 HRB genéricos

Para los tratamientos de materiales granulares y áridos que no requieran el empleo de HRB con prestaciones específicas, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la clase resistente y el tipo de HRB de los indicados en las siguientes normas:

- **UNE-EN 13282-1:2013.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 1: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- **UNE-EN 13282-2:2016.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 2: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento normal. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.

Salvo justificación en contrario, cualquier clase resistente del HRB será válida para los propósitos de estas Recomendaciones.

En estas Recomendaciones se denominan como “HRB genéricos” aquellos conglomerantes para los que el fabricante, además de la documentación relativa al marcado CE, solo debe declarar como prestación adicional, la relativa a los tiempos de inicio de fraguado que se indicará a continuación.

- **Tiempos de inicio de fraguado**

Estas Recomendaciones exigen que el fabricante del HRB declare como prestación adicional a las del marcado CE, que el producto cumple las dos condiciones de los tiempos de inicio de fraguado solicitados en el artículo 513 del PG-3:

- El principio de fraguado será superior a las dos horas (2 h) conforme a las condiciones de ensayo de la EN 196-3
- 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).

2.2.2.2 HRB con prestaciones específicas

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Hay materiales y áridos, como pueden ser los RCD, para fabricar sueloHRB y/o gravaHRB, que por sus características o fines para los que se van a tratar, precisan de HRB que estando recogidos en las dos normas anteriormente citadas, hayan sido especialmente diseñados para estos tipos de materiales.

Estos HRB requieren, además de las prestaciones exigidas por la normativa, presentar prestación(es) específica(s) para los tiempos de inicio de fraguado y para los siguientes tipos de materiales o áridos

- **Materiales granulares o áridos con sulfatos**

Se precisará el empleo de HRB con la prestación adicional para conglomerar material granular o áridos con sulfatos, cuando estos presenten la siguiente composición en sulfatos:

- Si el contenido ponderal en azufre total (expresado en S) (norma UNE EN 1744-1) es superior al uno por ciento ($S > 1\%$)
- Y/o el de sulfatos solubles en ácido (SO_3), (norma UNE-EN 1744-1) es superior a ocho décimas porcentuales ($SO_3 > 0,8\%$).
- Si en la descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) se apreciara presencia de pirrotina, el contenido ponderal en azufre total (S) deberá limitarse a cuatro décimas porcentuales ($\leq 0,4\%$).

Se deberá tener experiencia de uso del HRB con materiales granulares o áridos con sulfatos, en el caso de que no haya experiencia de uso se requerirá que se realicen estudios específicos que demuestren que el HRB empleado actúa eficazmente con este tipo de materiales.

- **Material granular o áridos con arcillas**

Se precisará el empleo de HRB con la prestación adicional para conglomerar materiales granulares o áridos con arcillas, cuando:

- El límite líquido del material granular del suelocemento, (norma UNE 103103), sea superior a treinta (> 30), y su índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104) superior a doce (> 12).

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- El árido fino para capas de gravacemento, presente la siguiente plasticidad:
 - Límite líquido superior a veinticinco ($LL > 25$), (norma UNE 103103).
 - Índice de plasticidad superior a seis ($IP > 6$), (normas UNE 103103 y UNE 103104).

Se deberá tener experiencia de uso del HRB con materiales granulares o áridos con arcillas, en el caso de que no haya experiencia de uso se requerirá que se realicen estudios específicos que demuestren que el HRB empleado actúa eficazmente con este tipo de materiales.

2.2.3 Materiales granulares y áridos

2.2.3.1 Características generales materiales y áridos naturales

Para el sueloHRB se utilizará un suelo granular o material de origen natural, rodado o triturado, o una mezcla de ambos, exento de todo tipo de materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa.

En la gravaHRB se utilizará un árido natural procedente de la trituración de piedra de cantera o de gravera. El árido se suministrará, al menos, en dos (2) fracciones granulométricas diferenciadas.

El material granular del sueloHRB o el árido de la gravaHRB, 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.

2.2.3.2 Características generales materiales granulares y áridos RCD

Para el sueloHRB y la gravaHRB podrán utilizarse subproductos, residuos de construcción y demolición (entendiendo por tales a aquellos resultantes del tratamiento de material inorgánico previamente utilizado en la construcción) siempre

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

que cumplan con lo indicado en las **Recomendaciones para la utilización de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) en firmes de viales en calles de la ciudad de Málaga**

2.2.3.2.1 Procedencia

El material procederá de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición. Dicha instalación y el gestor correspondiente deberá estar autorizada, por la administración competente, para el tratamiento de estos residuos.

La dirección técnica podrá autorizar la utilización de material reciclado procedente de instalaciones móviles asociadas a la obra, cumpliendo con las reglamentaciones vigentes.

2.2.3.2.2 Composición RCD

- **Material granular RCD para el sueloHRB**

El material reciclado para la fabricación de suelocemento reciclado cumplirá con las siguientes limitaciones de composición:

- $X < 1\%$ en masa
- $FL < 1 \text{ cm}^3/\text{kg}$.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)

Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho.

- **Áridos RCD para la gravaHRB**

La categoría de este material, según la norma UNE EN 13242:2003+A1:2008 se especificará como $(Rc + Ru)_{90}$, Rb_{5-} , Ra_{5-} , X_{1-} , FL_{2-} . El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- $R_c + R_u \geq 90$ % en masa
- $R_b \leq 5$ % en masa
- $R_a \leq 5$ % en masa
- $X < 1$ % en masa
- $FL < 2$ cm³/kg.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- R_c = Hormigón, productos de hormigón, morteros
Unidades de albañilería de hormigón
- R_u = Áridos no tratados, piedra natural.
Áridos tratados con conglomerantes hidráulicos
- R_b = Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas).
Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio
Hormigón aireado no flotante.
- R_a = Materiales bituminosos.
- R_g = Vidrio
- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)

Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho

2.2.3.3 Composición química

- **Presencia de sulfatos**

En el apartado 2.2.2.2 se indica que HRB emplear en el caso de la presencia de sulfatos en el material granular para el sueloHRB o áridos para la gravaHRB.

De existir experiencia de uso del HRB con material granular o áridos con sulfatos similares a los de la obra que se van a emplear, bastará la declaración del fabricante, en caso contrario, se requerirá un estudio específico para determinar la idoneidad del conglomerante.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Uno de estos estudios puede ser el indicado en el artículo 512.3.3.3 del PG-3 en el que se determina la posible expansión producida por los compuestos que se formen a partir de los sulfatos de los materiales y el conglomerante, empleando para ello el ensayo de expansión acelerada definido en UNE EN 13286-49.

Se acepta que el tratamiento del material es adecuado con ese HRB si:

- El valor de la expansión volumétrica del suelo estabilizado, después de siete días (7 d) de inmersión en agua (norma UNE-EN 13286-49) deberá ser inferior al cinco por ciento ($GV < 5\%$).
- Se deberá cumplir además que la resistencia a tracción indirecta (norma UNE-EN 13286-42) sea mayor o igual a dos décimas de megapascal ($\geq 0,2$ MPa). Este valor de resistencia se deberá determinar sobre una muestra de tres probetas idénticas a las indicadas para el ensayo de hinchamiento acelerado y sometidas a las mismas condiciones de conservación e inmersión en agua a cuarenta grados Celsius ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante siete días (7d), con la única diferencia de que esta inmersión se hará con las probetas dentro de sus moldes.
- **Presencia de materia orgánica**

Si en el árido para gravaHRB se detectara la presencia de sustancias orgánicas, de acuerdo con el apartado 15.1 de la norma UNE-EN 1744-1, se determinará su efecto sobre el tiempo de fraguado y la resistencia a compresión, de conformidad con el apartado 15.3 de esa norma. El mortero preparado con estos áridos deberá cumplir simultáneamente que:

- El aumento de tiempo de fraguado de las muestras de ensayo de mortero sea inferior a ciento veinte minutos (< 120 min).
- La disminución de resistencia a la compresión de las muestras de ensayo de mortero a los veintiocho días (28 d) sea inferior al veinte por ciento ($< 20\%$).
- **Reactividad potencial**

El material granular del sueloHRB o el árido de la gravaHRB no presentarán reactividad potencial con los álcalis del cemento. Con materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con HRB y que por su naturaleza petrográfica puedan tener constitutivos reactivos con los álcalis, el

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o el Director de las Obras, podrá exigir que se lleve a cabo un estudio específico sobre la reactividad potencial de los áridos, que definirá su aptitud de uso, siguiendo los criterios establecidos a estos efectos en el apartado 28.7.6 de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

2.2.3.4 *Plasticidad*

En el apartado 2.2.2.2 se indica que HRB emplear en el caso de la presencia de plasticidad en el material granular para el sueloHRB o áridos para la gravaHRB.

Para el tratamiento de materiales granulares o áridos finos plásticos, con los índices de plasticidad indicados en apartado 2.2.2.2, se requiere un HRB con una declaración específica por parte del fabricante de que el conglomerante está preparado para la mejora o estabilización de este tipo de suelos.

Se deberá determinar el valor de hinchamiento libre del suelo (norma UNE 103601), para muestra remoldeada (ensayo Próctor normal, norma UNE 103500).

Se acepta que el material granular o árido tratado con HRB específico es adecuado, tanto para su empleo en sueloHRB o gravaHRB, si:

- El valor de la expansión volumétrica del material granular o árido, después de siete días (7 d) de inmersión en agua (norma UNE-EN 13286-49) deberá ser inferior al cinco por ciento ($GV < 5\%$).

2.2.3.5 *Características específicas del árido para gravaHRB*

2.2.3.5.1 *Árido grueso*

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm (norma UNE-EN 933-2).

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

La proporción de partículas total y parcialmente trituradas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5), deberá cumplir lo fijado en la tabla 2.1.a.

TABLA 2.1.a - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS (% en masa)

TIPO DE CAPA	CATEGRÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T00 a T1	T2	T3 y T4
CALZADA	≥ 70	≥50	≥30
ARCENES	≥ 50	≥30	

Adicionalmente, la proporción de partículas totalmente redondeadas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5), deberá cumplir lo fijado en la tabla 2.1.b.

TABLA 2.1.b - PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS (% en masa)

TIPO DE CAPA	CATEGRÍA DE TRÁFICO PESADO		
	T00 a T1	T2	T3 y T4
CALZADA	≤ 10	≤10	≤30
ARCENES	≤10	≤30	

El máximo índice de lajas (FI) de las distintas fracciones del árido grueso (norma UNE-EN 933-3), será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, sin que en ningún caso sea superior al indicado en la tabla 2.2.

TABLA 2.2 - VALOR MÁXIMO DEL ÍNDICE DE LAJAS (FI)

TIPO DE CAPA	CATEGRÍA DE TRÁFICO PESADO	
	T00 a T2	T3 y T4



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

CALZADA	30	35
ARCENES	40	

El máximo valor del coeficiente de Los Ángeles (LA) de las distintas fracciones del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2), deberá establecerse en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, sin que en ningún caso sea superior al indicado en la tabla 2.3.

TABLA 2.3 - VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE LOS ÁNGELES (LA)

TIPO DE CAPA	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	
	T00 a T2	T3 y T4
CALZADA	30	35
ARCENES	40	

Para las categorías de tráfico pesado T1 y T2, cuando se utilicen en capas de calzada materiales reciclados procedentes de capas de mezclas bituminosas, pavimentos de hormigón, materiales tratados con cemento o de demoliciones de hormigones, el valor del coeficiente de los Ángeles (LA) deberá ser inferior a treinta y cinco (< 35).

2.2.3.5.2 Árido fino

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido fino a la parte del árido total que pasa por el tamiz 4 mm (norma UNE-EN 933-2).

El equivalente de arena (SE_4), según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-8, para la fracción 0/4 según las proporciones fijadas en la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cuarenta (> 40), para la gravaHRB tipo GC20, y a treinta y cinco (> 35), para la gravaHRB tipo GC32. De no cumplirse estas condiciones, su valor de azul de metileno (MBF), según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-9 para la fracción 0/0,125, deberá ser inferior a diez gramos por kilogramo ($MBF < 10 \text{ g/kg}$) y, simultáneamente, el equivalente de arena (SE_4), deberá ser superior a treinta (> 30), para ambos tipos.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.2.4 Agua

El agua deberá cumplir las prestaciones de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

2.2.5 Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por el Director de las Obras. Éste podrá autorizar el empleo de un retardador de fraguado para ampliar el periodo de trabajabilidad del material, según las condiciones meteorológicas, así como establecer el método que se vaya a emplear para su incorporación, las especificaciones que debe cumplir dicho aditivo y las propiedades de la mezcla tras su incorporación.

El empleo de retardadores de fraguado será obligatorio cuando la temperatura ambiente durante la extensión de la mezcla supere los treinta grados Celsius (> 30 °C), salvo que el Director de las Obras ordene lo contrario.

Únicamente se autorizará el uso de los aditivos cuyas características, y especialmente su comportamiento y los efectos sobre la mezcla al emplearlos en las proporciones previstas, vengan garantizados por el fabricante, siendo obligatorio realizar ensayos previos para comprobar que cumplen su función con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

2.3 Tipo y composición de la mezcla

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición del material tratado, sueloHRB o gravaHRB, cuya granulometría, tipo y contenido de HRB y resistencia a compresión simple deberán cumplir lo indicado en este apartado.

La granulometría del material granular empleado en la fabricación del sueloHRB deberá ajustarse a uno de los husos definidos en la tabla 2.4.a. El tipo SC20 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

TABLA 2.4.a - HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL MATERIAL GRANULAR DEL SUELOHRB

TIPO DE SUELOHRB	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	54	40	32	20	12,5	8	4	2	0,500	0,063
SC40	100	80-100	75-100	62-100	53-100	45-89	30-65	20-52	5-37	2-20
SC20			100	92-100	76-100	63-100	48-100	36-94	18-65	2-35

La granulometría de los áridos empleados en la fabricación de la gravaHRB deberá ajustarse a uno de los husos definidos en la tabla 2.4.b. El tipo GC32 sólo se podrá emplear en carreteras con categoría de tráfico pesado T3 y T4 y en arcenes, en sustitución del sueloHRB.

TABLA 2.4.b - HUSOS GRANULOMÉTRICOS DEL ÁRIDO DE LA GRAVAHRB

TIPO DE GRAVAHRB	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (% en masa) ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)									
	40	32	20	12,5	8	4	2	0,500	0,063	
GC32	100	88-100	67-91	52-77	38-63	25-48	16-37	6-21	1-7	
GC20		100	80-100	62-84	44-68	28-51	19-39	7-22	1-7	

El contenido mínimo de HRB del sueloHRB será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla 2.5. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres por ciento (< 3%) en masa, respecto del total del material granular en seco.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

El contenido mínimo de HRB de la gravaHRB será tal que permita la consecución de las resistencias indicadas en la tabla 2.5. En cualquier caso dicho contenido no será inferior al tres y medio por ciento (< 3,5%) en masa, respecto del total del árido en seco.

TABLA 2.5 - RESISTENCIA MEDIA (*) A COMPRESIÓN A SIETE DÍAS (7 d)
(NORMA UNE-EN 13286-41) (MPa)

MATERIAL	ZONA	MÍNIMA	MÁXIMA
GRAVAHRB	CALZADA	4,5	7,0
	ARCENES	4,5	6,0
SUELOHRB	CALZADA Y ARCENES	2,5	4,5

(*) POR RESISTENCIA MEDIA SE ENTIENDE LA MEDIA ARITMÉTICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS AL MENOS SOBRE TRES (3) PROBETAS DE LA MISMA AMASADA, DEFINIDA DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL EPÍGRAFE 2..9.2.1.

Las probetas se compactarán (UNE-EN 13286-51) con la energía que proporcione la densidad mínima requerida en el epígrafe 2.7.1 y nunca con una energía mayor.

El periodo de trabajabilidad de una mezcla con HRB, determinado a la temperatura máxima esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45), no deberá ser inferior al indicado en la tabla 2.6. En el supuesto de la puesta en obra por franjas, el material resultante deberá tener un periodo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas, antes de que haya finalizado dicho plazo en la franja adyacente ejecutada previamente.

TABLA 2.6 – PERIODO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (Wpc)

TIPO DE EJECUCIÓN	Wpc (horas) (UNE-EN 13286-45)
ANCHURA COMPLETA	3
POR FRANJAS	4



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

El espesor de capa de material tratado, sueloHRB o gravaHRB, será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en toda la capa las características deseadas y el grado de compactación exigido. Dicho espesor 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 veinte centímetros (< 20 cm).

2.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras

2.4.1 Consideraciones generales

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.1 del PG-3.

2.4.2 Central de fabricación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.2 del PG-3.

2.4.3 Elementos de transporte

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.3 del PG-3.

2.4.4 Equipo de extensión

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.4 del PG-3.

2.4.5 Equipo de compactación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.5 del PG-3.

2.4.6 Equipo para la ejecución de la junta longitudinal y las transversales en fresco

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.6 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.5 Ejecución de las obras

2.5.1 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

La producción del material tratado con HRB no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación del HRB:
 - Genérico o con prestaciones específicas
 - Clase resistente.
- La identificación y proporción (en seco) del material granular o de cada fracción de árido en la alimentación (en masa).
- La granulometría del material granular o, en su caso, del árido combinado, por los tamices establecidos en el huso granulométrico del apartado 2.3. de estas Recomendaciones.
- La dosificación en masa o en volumen, según corresponda, del HRB, de agua y, eventualmente, de aditivos.
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado (norma UNE-EN 13286-2).
- La densidad mínima a alcanzar.
- El periodo de trabajabilidad de la mezcla.

Si la marcha de las obras lo requiere, el Director de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 2.7, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

TABLA 2.7 – TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO (*)

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	TOLERANCIA
CERNIDO TAMICES (UNE-EN 933-2)	TAMAÑO MÁXIMO	% sobre la masa total del material	0
	> 4 mm		±6
	≤ 4 mm		±3
	0,063 mm (incluido el cemento)		±1,5
CEMENTO	±0,3		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN (agua total)		% respecto de la óptima	-1,0 / +0,5

(*) EN EL SUELOCEMENTO ÚNICAMENTE SE EXIGEN LAS RELATIVAS AL CEMENTO Y A LA HUMEDAD DE COMPACTACIÓN.

2.5.2 Preparación de la superficie existente

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.2 del PG-3.

2.5.3 Fabricación de la mezcla

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.3 del PG-3.

2.5.4 Transporte

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.4 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.5.5 Vertido y extensión

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.5 del PG-3.

2.5.6 Prefisuración

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.6 del PG-3.

2.5.7 Compactación y terminación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.7 del PG-3.

2.5.8 Ejecución de juntas de trabajo

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.8 del PG-3.

2.5.9 Curado y protección superficial

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.9 del PG-3.

2.6 Tramo de prueba

Antes de iniciarse la puesta en obra de los materiales tratados con HRB será preceptiva la realización de un tramo de prueba. Se comprobará la fórmula de trabajo y el funcionamiento de los equipos necesarios, especialmente la forma de actuación del equipo de compactación y el de prefisuración, y se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del material tratado con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de capa, densidad, contenido de cemento y demás requisitos exigidos.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

En el caso de obras que requieran el empleo de HRB con prestaciones específicas (sulfatos, presencia de plasticidad) se verificará:

- La documentación del HRB
- La dotación aplicada
- Las características de la mezcla

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la humedad y densidad in situ, establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control. En el caso de emplearse sondas nucleares (UNE 103900), y en el caso de que la capa inferior esté estabilizada, la medición de la densidad por este método, deberá realizarse hincando el vástago de la sonda en todo el espesor de la capa a medir, para asegurar la medida correcta de la densidad, pero sin profundizar más para no dañar dicha capa inferior.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a cien metros (< 100 m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo; en el primer caso se podrá iniciar la fabricación del material tratado con HRB. En el segundo, deberá proponer el Contratista las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación y en los sistemas de extensión y compactación, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista; en el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros adicionales a los existentes.

2.7 Especificaciones de la unidad terminada

2.7.1 Densidad

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.1 del PG-3.

2.7.2 Resistencia mecánica

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.2 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.7.3 Terminación, rasante, anchura y espesor

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.3 del PG-3.

2.7.4 Regularidad superficial

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.4 del PG-3.

2.8 Limitación de la ejecución

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.8 del PG-3.

2.9 Control de calidad

2.9.1 Control de procedencia de los materiales. Control documental.

2.9.1.1 Consideraciones previas

En el caso de productos que deban tener el marcado CE, según el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en estas Recomendaciones. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011, se deberá llevar a cabo obligatoriamente los ensayos de identificación y caracterización para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.9.1.2 *HRB genérico, sin prestaciones específicas*

Para estos HRB se solicitará:

- La documentación requerida para el mercado CE:
 - Declaración de prestaciones
 - Mercado CE
 - Certificado de conformidad del control de producción emitido por un Organismo Notificado.
- Declaración de que el HRB cumple las especificaciones de tiempos de inicio de fraguado indicado en estas Recomendaciones.
- Modelo de certificado de suministro a obra.

2.9.1.3 *HRB con prestaciones específicas*

Para estos HRB se solicitará:

- La documentación requerida para el mercado CE:
 - Declaración de prestaciones
 - Mercado CE
 - Certificado de conformidad del control de producción emitido por un Organismo Notificado.
- Documento de idoneidad de uso para las prestaciones específicas indicadas en estas Recomendaciones:
 - Para el tratamiento de materiales con sulfatos
 - Para el tratamiento de materiales granulares o áridos con arcillas.
- Declaración de que el HRB cumple las especificaciones de tiempos de inicio de fraguado indicado en estas Recomendaciones.
- Modelo de certificado de suministro a obra.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.9.1.4 *Material granular para suelo HRB*

2.9.1.4.1 *Material granular natural*

De cada procedencia del material granular para la fabricación de suelocemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras (norma UNE-EN 932-1) y de cada una de ellas se determinará:

- La granulometría (norma UNE-EN 933-1).
- El límite líquido y el índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).
- El contenido de materia orgánica (norma UNE 103204).
- El contenido ponderal en azufre total (S) y sulfatos solubles en ácido (SO₃) (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del Director de las Obras.

2.9.1.4.2 *Material granular RCD*

- **Control documental**

La documentación mínima que el Contratista debe entregar a la Dirección de la Obra será:

- Para el material reciclado:
 - La documentación de que este material es gestionado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
 - En su caso, certificación de este material. Esta certificación consistirá como mínimo en:
 - Declaración de conformidad del fabricante.
 - Etiqueta de características.
 - Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.
 - Modelo de certificado de suministro.
 - Certificado de garantía.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- **Ensayos de control de procedencia**

De cada procedencia del material reciclado para la fabricación de suelocemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- El límite líquido y el índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- El contenido de materia orgánica, según la UNE 103204.
- El contenido de sulfatos solubles en ácido, según la UNE EN 1744-1
- El contenido en compuestos totales de azufre, según la UNE EN 1744-1
- La granulometría del material reciclado, según la UNE-EN 933-1.

Este control de procedencia no será de aplicación obligatoria si la planta productora dispone de certificación para este material reciclado.

2.9.1.5 Áridos para gravaHRB

2.9.1.5.1 Áridos naturales

- **Control documental**

Los áridos, incluidos los procedentes del reciclado, en su caso, deberán disponer del marcado CE, según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

En el primer caso, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este Pliego.

- **Ensayos de control de procedencia**

En el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1) y para cada una de ellas se determinará:

- La granulometría de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- El coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- Índice de lajas (FI) del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- El contenido ponderal en azufre total (S) y sulfatos solubles en ácido (SO₃) (norma UNE-EN 1744-1). -
- Determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.
- El límite líquido y el índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).
- Equivalente de arena (SE₄) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933- 8), y, en su caso, de azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNEEN 933-9).

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del Director de las Obras.

2.9.1.5.2 Áridos RCD

- **Control documental**

La documentación mínima que el Contratista deberá entregar a la Dirección de la Obra será:

- La documentación de que este material ha sido preparado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
- Certificación de este material. La documentación de esta certificación consistirá como mínimo en:
 - Declaración de conformidad del fabricante.
 - Etiqueta de características.
 - Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.
- Modelo de certificado de suministro.
- Certificado de garantía.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- **Ensayos de control de procedencia**

De cada procedencia del árido de la gravacemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según el apartado 5.6 de la norma UNE-EN 13242:2003+A1:2008. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- El contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1.
- Determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.
- Equivalente de arena (SE_4) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8), y, en su caso, de azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
- Límite líquido y el índice de plasticidad del árido fino, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.

El Director de las Obras podrá ordenar la realización de los siguientes ensayos adicionales:

- Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino, según la UNE 7133.

Este control de procedencia no será de aplicación obligatoria si la planta productora dispone de certificación para este material reciclado.

2.9.1.6 Aditivos

- **Control documental**



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

En el caso de empleo de aditivos:

- La documentación exigida para productos con marcado CE:
 - Etiqueta del producto.
 - Declaración de conformidad.
 - Certificado de la Entidad Notificada.
- Modelo de certificado de suministro.

2.9.2 Control de ejecución

2.9.2.1 Fabricación

Se examinará la descarga al acopio o la alimentación de la central de fabricación, desechando los materiales granulares que, a simple vista, presenten materias extrañas o tamaños superiores al máximo aprobado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte los que presenten alguna anomalía de aspecto, tales como distinta coloración, segregación, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores, así como el correcto vertido del material desde los acopios para evitar su segregación.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de las siguientes propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación de los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE. No obstante, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento la realización de comprobaciones o ensayos que considere oportunos sobre los materiales suministrados.

En los materiales que no tengan marcado CE, con el material granular del sueloHRB o con cada fracción granulométrica del árido de la gravaHRB que se produzca o reciba, se realizarán obligatoriamente los siguientes ensayos:

Por cada mil metros cúbicos (1 000 m³) de materiales granulares o cada día si se emplea menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:

- Humedad natural (norma UNE-EN 1097-5).
- Con el material granular del suelocemento, límite líquido e índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).
- Para el árido fino de la gravacemento, equivalente de arena (SE4) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) y, en su caso, azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Para cada fracción del árido de la gravacemento, granulometría por tamizado (norma UNE-EN 933-1).

Por cada cinco mil metros cúbicos (5 000 m³) de áridos de la gravacemento o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:

- Límite líquido e índice de plasticidad del árido fino (normas UNE 103103 y UNE 103104).

Por cada cinco mil metros cúbicos (5 000 m³) de material granular para suelocemento o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:

- Contenido de materia orgánica (norma UNE 103204) del material granular para suelocemento.

Al menos una (1) vez al mes:

- Presencia de sustancias orgánicas (norma UNE-EN 1744-1) en el árido para gravacemento.
- Contenido ponderal en azufre total (S) y sulfatos solubles en ácido (SO₃) del material granular (norma UNE-EN 1744-1).
- El índice de lajas (FI) del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).
- Coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso de la gravacemento, (norma UNE-EN 1097-2).

En el caso de que el material granular o los áridos procedan de RCD se determinará además:

- Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m³) o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:
 - Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según el apartado 5.6 de la norma UNE-EN 13242:2003+A1:2008. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.

Además, un mínimo de dos (2) veces al día (mañana y tarde) (norma UNE-EN 932- 1) se tomará, al menos, una (1) muestra representativa de la mezcla de componentes en seco y se determinará su granulometría (norma UNE-EN 933-1).

En las instalaciones de fabricación con mezclador de funcionamiento continuo se calibrará diariamente el flujo de la cinta suministradora de materiales en seco, deteniéndola cargada, recogiendo y pesando el material existente en una longitud elegida. Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará, en su caso, la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

A la salida del mezclador se controlará el aspecto del material tratado en cada elemento de transporte, rechazándose aquellos que presenten segregaciones o cuya envuelta no sea homogénea.

Al menos una (1) vez por lote se determinará la humedad del material tratado (norma UNE 103300) y en todo caso se llevará a cabo este control dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde. Además, se llevará un control del consumo medio de HRB.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el número de amasadas diferentes sobre las que se deberá controlar la resistencia a compresión, así como el número de probetas por amasada que haya que fabricar.

En carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T1, se controlarán por cada lote, como mínimo tres (3) amasadas diferentes, valor que se podrá reducir a dos (2) en los restantes casos. El número de probetas confeccionadas de cada amasada no será inferior a tres (< 3).

A estos efectos, en el caso de centrales discontinuas se considerará como amasada cada una de las descargas de la mezcladora, mientras que en centrales continuas será el producto resultante de tres (3) descargas seguidas de la mezcladora.

Se tomarán muestras a la salida de la mezcladora y se fabricarán y conservarán las probetas (UNE-EN 13286-51), si bien teniendo en cuenta que deberán compactarse hasta alcanzar una densidad seca no superior a la mínima exigida en el epígrafe 513.7.1. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41).

2.9.2.2 *Puesto en obra*

2.9.2.2.1 *Vertido, extensión y prefisuración*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.1 del PG-3.

2.9.2.2.2 *Compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.2 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

2.9.2.2.3 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.3 del PG-3.

2.9.3 *Control de recepción de la unidad terminada*

2.9.3.1 *Control documental. Certificado de suministro*

Se analizará la documentación aportada por el fabricante comprobando:

- A partir de la documentación técnica, que el(los) HRB(s) suministrado(s) a obra era (son) los requeridos en Proyecto.
- A partir del certificado de suministro, que la cantidad de HRB(s) suministrada(s) a obra ha(n) sido la(s) necesaria(s) en función de la dotación solicitada por la fórmula de trabajo y los volúmenes de suelo(s) mejorado(s) o estabilizado(s).

2.9.3.2 *Definición de lote*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

2.9.3.3 *Ensayos de control de unidad terminada*

El espesor y densidad de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, en número no inferior al establecido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. El número mínimo de testigos por lote será de seis (6). Los orificios producidos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará, en tramos de mil metros de longitud (1 000 m), mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330) calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm)

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro (hm), y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 513.7.4. del PG-3.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebras de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones, en perfiles transversales cada veinte metros (20 m). Se verificará también la anchura de la capa para el cumplimiento de lo establecido en el epígrafe 513.7.3. del PG-3.

2.10 Criterios de aceptación o rechazo

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10 del PG-3.

2.10.1 Densidad

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.1 del PG-3.

2.10.2 Resistencia mecánica

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.2 del PG-3.

2.10.3 Espesor

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.3 del PG-3.

2.10.4 Rasante

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.4 del PG-3.

2.10.5 Regularidad superficial

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.5 del PG-3.

2.11 MEDICIÓN Y ABONO

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.11 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

NORMAS REFERIDAS EN ESTAS RECOMENDACIONES

- NLT-330 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras
- UNE 103103 Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande. UNE 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.
- UNE 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103503 Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena.
- UNE 103900 Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
- UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
- UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.
- UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.
- UNE-EN 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
- UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.
- UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
- UNE-EN 933-11. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11 Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados.
- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 1097-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE-EN 13242 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.
- UNE-EN 13282-1:2013 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 1: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE-EN 13282-2:2016 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 2: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento normal. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE-EN 13282-3:2015 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 3: Evaluación de la conformidad.
- UNE-EN 13286-2 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 2: Métodos de ensayo para la determinación en laboratorio de la densidad de referencia y el contenido en agua. Compactación Proctor.
- UNE-EN 13286-41 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 41: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.
- UNE-EN 13286-45 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 45: Método de ensayo para la determinación del periodo de trabajabilidad.
- UNE-EN 13286-51 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 51: Métodos de elaboración de probetas de mezclas

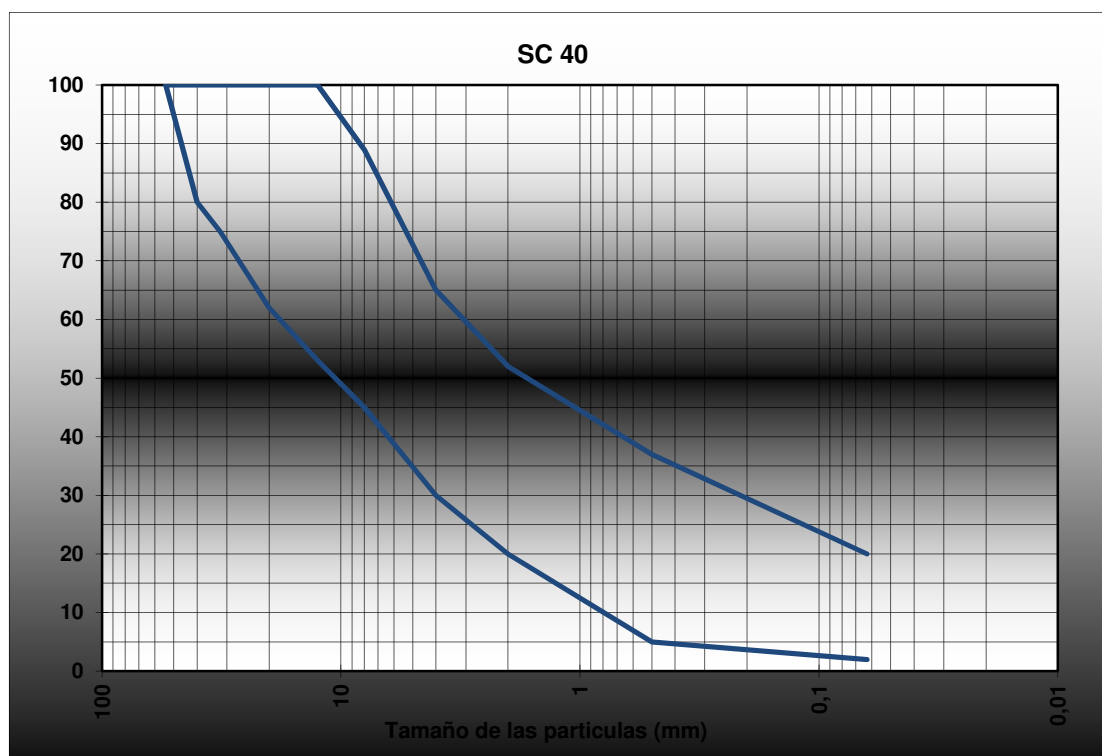


Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

con conglomerante hidráulico utilizando martillo vibratorio de compactación.

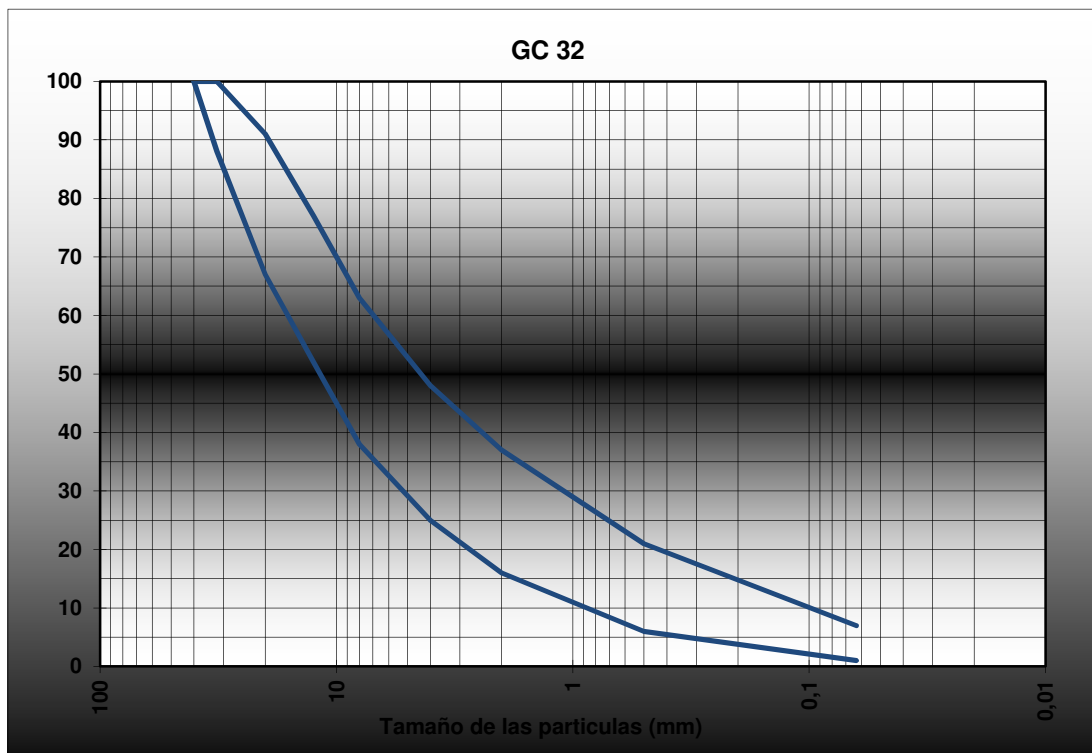
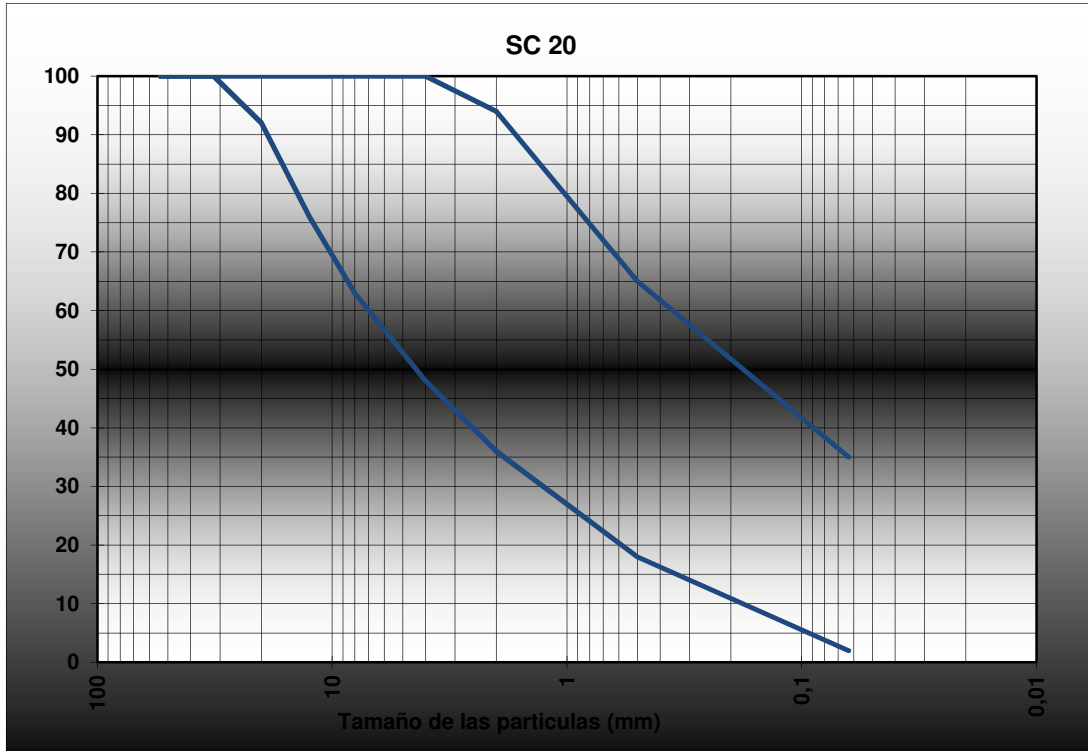
ANEJO 1

HUSOS GRANULOMÉTRICOS

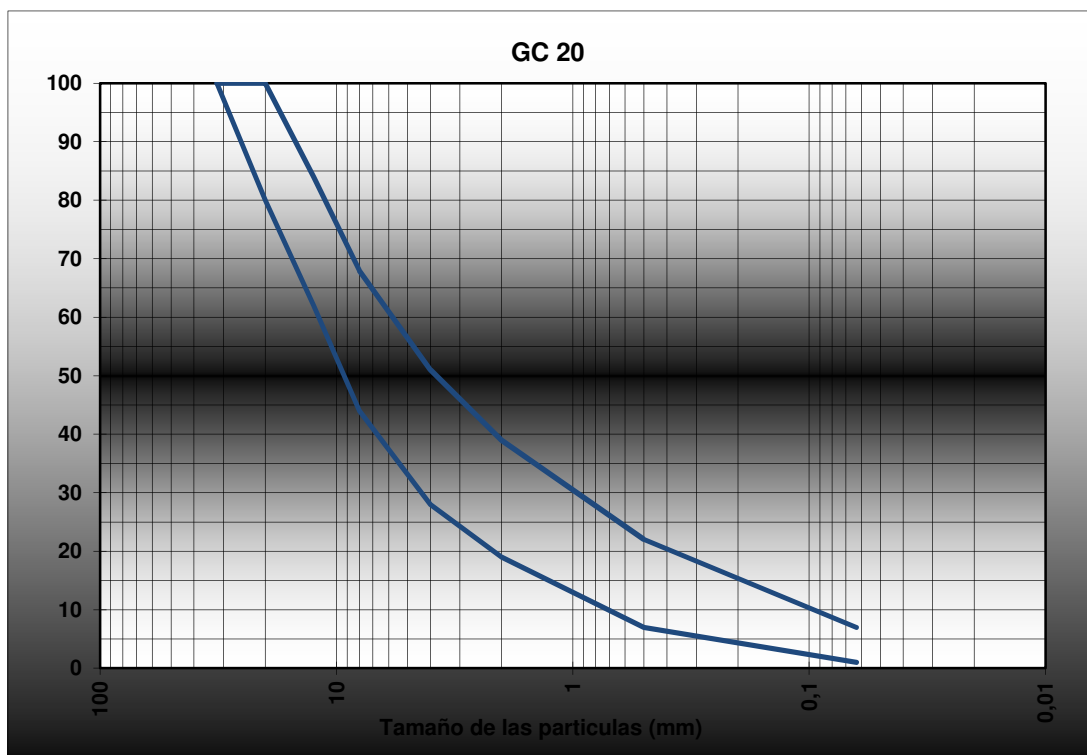




Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



ANEJO 2

DOCUMENTACIÓN DE CONTROL Y SUMINISTRO.

DOCUMENTACIÓN EXIGIDA PARA TODOS LOS HRB

- **Documentos Marcado CE.**
 - Declaración de prestaciones
 - Marcado CE
 - Certificado de conformidad del control de producción en fábrica.
 - Certificado de suministro a obra
- **Declaración de prestación tiempos de inicio de fraguado**



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DOCUMENTACIÓN EXIGIDA PARA LOS HRB CON PRESTACIONES ESPECÍFICAS

- **Documento de idoneidad de uso del HRB**

RESTO DE CONSTITUYENTES

- **Documentos Marcado CE.**
 - **Declaración de prestaciones**
 - **Marcado CE**
 - **Certificado de conformidad del control de producción en fábrica.**

PARA LOS ÁRIDOS RECICLADOS

- **Documentos que garanticen que el productor es un gestor autorizado para la valorización de los residuos de construcción y demolición.**
- **Certificado de garantía del fabricante.**
- **Certificado de suministro del fabricante.**

DECLARACIÓN DE PRESTACIONES



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



FYM
HEIDELBERGCEMENT Group

Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 – Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es



DECLARACION DE PRESTACIONES

Nº

- Identificación del producto: Conglomerante hidráulico para carreteras de endurecimiento rápido EN 13282-1 HRB E 4
- Usos previstos del producto: Tratamiento de materiales para capas de base, **subbases**, coronaciones de explanada y obras de tierras en carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y otros tipos de infraestructuras.
- Fabricante: Sociedad Financiera y Minera, S.A., Ctra. Almería Km 8, 29720, Málaga.
- Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones: Sistema 2+
- Norma armonizada: EN 13282-1:2013

El Organismo notificado **NºXXXX** (Nombre del Organismo Notificado) ha realizado la evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones y ha expedido el Certificado de conformidad del control de producción en fábrica Nº _____ emitido el **fecha**

- Prestaciones declaradas:

Características esenciales	Prestación
Resistencia a compresión (a 7 y a 28 días)	E 4
Tiempo de fraguado	Cumple
Finura	Cumple
Estabilidad de volumen – Expansión máxima	Cumple
Contenido de SO ₃	≤ 2%
Durabilidad	NPD
Sustancias peligrosas	Ver ficha de seguridad

- Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de las prestaciones declaradas.
La presente declaración de prestaciones se emite de conformidad con el Reglamento (UE) Nº 305/2011 bajo la única responsabilidad del fabricante arriba identificado

Firmado por y en nombre del fabricante:

Firma

Nombre
Cargo

En lugar, el fecha




Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

MARCADO CE



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras




<p>SOCIEDAD FINANCIERA Y MINERA, S.A. Ctra. Almería, km. 8 29720, Málaga</p> <p>YY</p> <p>Nº Declaración Prestaciones</p>
<p>EN 13282-1:2013</p> <p>Conglomerante hidráulico para carreteras de endurecimiento rápido</p> <p>HRB E 4</p> <p>Resistencia a compresión (a 7 y a 28 días): E 4</p> <p>Tiempo de fraguado: Cumple</p> <p>Finura: Cumple</p> <p>Estabilidad de volumen – Expansión máxima: Cumple</p> <p>Contenido de SO₂: ≤ 4%</p> <p>Sustancias peligrosas: Ver ficha de seguridad</p>





Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO



Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Tel. 952209100
Ctra. Almería Km. 8
29720 Málaga (España)
www.fym.es

CERTIFICADO DE SUMINISTRO

Sociedad Financiera y Minera S.A., como empresa suministradora, con domicilio social en Ctra. Almería km.8, CP 29720 en Málaga y CIF A28036408, y en su nombre, (*Responsable Ventas*), como responsable de Ventas y con NIF 12345678A

Certifica:

Que se han realizado los suministros detallados en el anexo al presente certificado, entregados en la obra de XXXXXXXXXX, denominada "YYYYYY".

Málaga, a X de Y de 2018

Fdo. XXXXX
Responsable Ventas
FYM-HeidelbergCement

FECHA	Nº ALBARAN	PRODUCTO	TNE
21.03.2018	2011-E128-52593	i.work STABILE	27,00



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DECLARACIÓN TIEMPOS DE INICIO DE FRAGUADO



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



FYM
HEIDELBERGCEMENT Group

Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 - Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es

Declaración de tiempos de inicio de fraguado

D. (nombre) , como (cargo) de la Empresa Sociedad Financiera y Minera, S.A., declara que el producto HRB denominado (identificación del producto) y Declaración de Prestaciones Nº , cumple las siguientes especificaciones para los tiempos de inicio de fraguado:

Método de ensayo	Inicio de fraguado
Principio de fraguado. Método de ensayo de acuerdo a UNE-EN 196-3	Mayor a 100 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Mayor a 120 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Principio de fraguado. Método de ensayo basado en la UNE-EN 196-3 modificado a 40±2°C	Mayor a 60 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

Firmado
Nombre
Cargo
En lugar, el fecha



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DOCUMENTO DE IDONEIDAD DE USO



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras



Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 – Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es

Documento de Idoneidad de Uso

D. (nombre) , como (cargo) de la Empresa Sociedad Financiera y Minera, S.A., declara que el producto HRB denominado (identificación del producto) y Declaración de Prestaciones Nº , es adecuado para el tratamiento de:

- Suelos finos o arcillosos
- Suelos arcillosos con margas
- Suelos, materiales granulares y áridos con sulfatos
- Materiales granulares y áridos con arcilla

Con las siguientes limitaciones físico-químicas del suelo:

Tipo de material	Parámetro	Valor

Este documento está basado en la experiencia y estudios realizados por FYM con estos tipos de materiales hasta la fecha de emisión del mismo. No supone ninguna certificación de garantía de éxito del tratamiento con un material específico, aunque este cumpla las limitaciones indicadas anteriormente; la compatibilidad debe asegurarse para cada obra según los ensayos y estudios indicados en las Recomendaciones para la "Utilización de Conglomerantes Hidráulicos para Cameteras (HRB) en Firmes Viales en las Calles de la Ciudad de Málaga", en especial en el tramo de prueba.

Firmado
Nombre
Cargo
En lugar, el fecha



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

3 ARTICULO 3. HORMIGÓN COMPACTADO CON HRB

3.0 Consideraciones previas

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (en adelante PG-3) no se contempla al hormigón compactado (en adelante HC). Este material fue definido por el MOPU en el año 1987 en la Instrucción de firmes para autovías.

El HC es un material similar a la gravaHRB, pero con diferencias como son:

- Se trata de un hormigón, lo que condicionará las normas de ensayos ajustándolas a este tipo de material.
- La resistencia será la solicitada para cada obra en su Pliego Particular.

En el caso del Excmo. Ayuntamiento de Málaga, se contempla como hormigón de calzada un hormigón compactado de resistencia a compresión 10 Mpa a los 28 días de edad.

Los HRB son productos con marcado CE y por tanto regulados en el Reglamento 305/2011. La serie normativa que los define es la UNE EN 13282.

En los apartados de objeto y campo de aplicación de las normas UNE EN 13282-1 y UNE EN 13282-2 se indica que:

Estas normas europeas definen y proporcionan las especificaciones de los conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido o normal producidos en una fábrica y suministrados listos para su empleo en el tratamiento de materiales para capas de base, subbases y coronaciones de explanada, así como para obras de tierra, en carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y otros tipos de infraestructuras.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Los HRB son conglomerantes, con marcado CE, especialmente diseñados para el tratamiento de suelos (artículo 1 de estas Recomendaciones), materiales para la fabricación de sueloHRB y gravaHRB (artículo 2 de estas Recomendaciones), y el HC definido en este artículo 3.

Esta especificidad se manifiesta en prestaciones de los HRB que mejoran las de los cementos indicados en el artículo 513 del PG-3, como son:

- Los HRB recogidos en estas Recomendaciones deben estar certificados por sus fabricantes respecto al cumplimiento de los tiempos de inicio de fraguado exigidos en el artículo 513 del PG-3.
- Los HRB pueden tratar a materiales granulares (para fabricar sueloHRB) y áridos (para fabricar gravaHRB) que presenten arcillas o sulfatos, como sería el caso de los áridos procedentes del reciclado de residuos de construcción y demolición (en adelante RCD).

De acuerdo con ello, este artículo 3 de estas Recomendaciones se fundamenta en el artículo 513 del PG-3, legislando las diferencias de actuación de los HRB frente a los cementos indicados en dicho artículo del PG-3.

Es objetivo de estas Recomendaciones todo lo relativo a la sostenibilidad en la construcción, fomentando el empleo de áridos RCD, es por ello que:

- Para suelos y áridos naturales sus especificaciones se basan en lo especificado en el PG-3.
- Para áridos RCD sus especificaciones se basan en las Recomendaciones para el empleo de áridos RCD de la GMU de Málaga.

3.1 Definición

Se define el hormigón compactado, (HC), como una mezcla homogénea, 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 calles y carreteras.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fabricación de la mezcla en central.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Preparación de la superficie existente.
- Transporte y extensión de la mezcla.
- Prefisuración.
- Compactación y terminación.
- Curado y protección superficial

En estas Recomendaciones se define un hormigón compactado de resistencia 10 MPa a los 28 días de edad (HC-10).

3.2 Materiales

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

- El Reglamento Europeo de productos de construcción N° 305/2011
- Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.
- Lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008 de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados

3.2.1 HRB

3.2.1.1 HRB genéricos

Para los tratamientos de áridos que no requieran el empleo de HRB con prestaciones específicas, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la clase resistente y el tipo de HRB de los indicados en las siguientes normas:

- **UNE-EN 13282-1:2013.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 1: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- **UNE-EN 13282-2:2016.** Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 2: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento normal. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Salvo justificación en contrario, cualquier clase resistente del HRB será válida para los propósitos de estas Recomendaciones.

En estas Recomendaciones se denominan como “HRB genéricos” aquellos conglomerantes para los que el fabricante, además de la documentación relativa al marcado CE, solo debe declarar como prestación adicional, la relativa a los tiempos de inicio de fraguado que se indicará a continuación.

- **Tiempos de inicio de fraguado**

Estas Recomendaciones exigen que el fabricante del HRB declare como prestación adicional a las del marcado CE, que el producto cumple las dos condiciones de los tiempos de inicio de fraguado solicitados en el artículo 513 del PG-3:

- El inicio del tiempo de fraguado será superior a las dos horas (2 h).
- 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).

3.2.1.2 HRB con prestaciones específicas

Hay áridos, como pueden ser los RCD, que por sus características precisan de HRB que, estando recogidos en las dos normas anteriormente citadas, hayan sido especialmente diseñados para estos tipos de materiales, para la fabricación de HC.

Estos HRB requieren, además de las prestaciones exigidas por la normativa, presentar prestación(es) específica(s) para los tiempos de inicio de fraguado y para los siguientes tipos de áridos

- **Materiales con sulfatos**

Se precisará el empleo de HRB con la prestación adicional para conglomerar áridos con sulfatos, cuando estos presenten la siguiente composición en sulfatos:

- Si el contenido ponderal en azufre total (expresado en S) (norma UNE EN 1744-1) es superior al uno por ciento ($S > 1\%$)



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Y/o el de sulfatos solubles en ácido (SO₃), (norma UNE-EN 1744-1) es superior a ocho décimas porcentuales (SO₃ > 0,8%).
- Si en la descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) se apreciara presencia de pirrotina, el contenido ponderal en azufre total (S) deberá limitarse a cuatro décimas porcentuales ($\leq 0,4\%$).

Se deberá tener experiencia de uso del HRB con áridos con sulfatos, en el caso de que no haya experiencia de uso se requerirá que se realicen estudios específicos que demuestren que el HRB que se emplee actúa eficazmente con este tipo de materiales.

- **Áridos con arcillas**

Se precisará el empleo de HRB con la prestación adicional para conglomerar áridos con arcillas, cuando:

- El árido fino presente la siguiente plasticidad:
 - Límite líquido inferior a veinticinco (LL < 25), (norma UNE 103103).
 - Índice de plasticidad inferior a seis (IP < 6), (normas UNE 103103 y UNE 103104).

Se deberá tener experiencia de uso del HRB con áridos con arcillas, en el caso de que no haya experiencia de uso se requerirá que se realicen estudios específicos que demuestren que el HRB que se emplee actúa eficazmente con este tipo de materiales.

3.2.2 Áridos

3.2.2.1 Características generales áridos naturales

Se utilizará un árido natural procedente de la trituración de piedra de cantera o de gravera. El árido se suministrará, al menos, en dos (2) fracciones granulométricas diferenciadas.

Los áridos no serán susceptibles a ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que,



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

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.

3.2.2.2 Características generales áridos RCD

En estas Recomendaciones se permite el empleo del material grueso procedente de residuos de construcción y demolición (entendiendo por tales a aquellos resultantes del tratamiento de material inorgánico previamente utilizado en la construcción) siempre que cumplan con lo indicado en las **Recomendaciones para la utilización de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) en firmes de viales en calles de la ciudad de Málaga**

3.2.2.2.1 Procedencia

El árido grueso RCD procederá de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición. Dicha instalación y el gestor correspondiente deberá estar autorizada, por la administración competente, para el tratamiento de estos residuos.

La Dirección Técnica podrá autorizar la utilización de material reciclado procedente de instalaciones móviles asociadas a la obra, cumpliendo con las reglamentaciones vigentes.

3.2.2.2.2 Composición RCD

La categoría de este material, según la norma UNE EN 13242 se especificará como (Rc+Ru) 90, Rb5-, Ra5-, X1-, FL2-. El material grueso analizado de acuerdo con la norma UNE-EN 933-11, debe contener un porcentaje de:

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- $R_c + R_u \geq 90$ % en masa
- $R_b \leq 5$ % en masa
- $R_a \leq 5$ % en masa
- $X < 1$ % en masa
- $FL < 2$ cm³/kg.

La nomenclatura utilizada para los componentes es:

- R_c = Hormigón, productos de hormigón, morteros
Unidades de albañilería de hormigón
- R_u = Áridos no tratados, piedra natural.
Áridos tratados con conglomerantes hidráulicos
- R_b = Piezas para fábrica de albañilería de arcilla (es decir, ladrillos y tejas).
Piezas para fábrica de albañilería de silicato de calcio
Hormigón aireado no flotante.
- R_a = Materiales bituminosos.
- R_g = Vidrio
- FL = Material flotante en volumen.
- X = Otros: Cohesivos (es decir, arcillas y arena)
Varios: metales (ferrosos y no ferrosos), madera no flotante, plástico y caucho.

3.2.2.3 Composición química

- **Presencia de sulfatos**

En el apartado 3.2.1.2 se indica que HRB emplear en el caso de la presencia de sulfatos en los áridos.

De existir experiencia de uso del HRB con material granular o áridos con sulfatos similares a los de la obra que se van a emplear, bastará la declaración del fabricante, en caso contrario, se requerirá un estudio específico para determinar la idoneidad del conglomerante.

Uno de estos estudios puede ser el indicado en el artículo 512.3.3.3 del PG-3 en el que se determina la posible expansión producida por los compuestos que se

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

formen a partir de los sulfatos de los materiales y el conglomerante, empleando para ello el ensayo de expansión acelerada definido en UNE EN 13286-49.

Se acepta que el tratamiento del material es adecuado con ese HRB si:

- El valor de la expansión volumétrica del suelo estabilizado, después de siete días (7 d) de inmersión en agua (norma UNE-EN 13286-49) deberá ser inferior al cinco por ciento ($GV < 5\%$).
- Se deberá cumplir además que la resistencia a tracción indirecta (norma UNE-EN 13286-42) sea mayor o igual a dos décimas de megapascal ($\geq 0,2$ MPa). Este valor de resistencia se deberá determinar sobre una muestra de tres probetas idénticas a las indicadas para el ensayo de hinchamiento acelerado y sometidas a las mismas condiciones de conservación e inmersión en agua a cuarenta grados Celsius ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante siete días (7d), con la única diferencia de que esta inmersión se hará con las probetas dentro de sus moldes.
- **Presencia de materia orgánica**

Si en el árido se detectara la presencia de sustancias orgánicas, de acuerdo con el apartado 15.1 de la norma UNE-EN 1744-1, se determinará su efecto sobre el tiempo de fraguado y la resistencia a compresión, de conformidad con el apartado 15.3 de esa norma. El mortero preparado con estos áridos deberá cumplir simultáneamente que:

- El aumento de tiempo de fraguado de las muestras de ensayo de mortero sea inferior a ciento veinte minutos (< 120 min).
- La disminución de resistencia a la compresión de las muestras de ensayo de mortero a los veintiocho días (28 d) sea inferior al veinte por ciento ($< 20\%$).
- **Reactividad potencial**

Los áridos no presentarán reactividad potencial con los álcalis del HRB. Con materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento en mezclas con HRB y que por su naturaleza petrográfica puedan tener constitutivos reactivos con los álcalis, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o el Director de las Obras, podrá exigir que se lleve a cabo un estudio específico sobre la reactividad potencial de los áridos, que definirá su aptitud de uso, siguiendo los

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

criterios establecidos a estos efectos en el apartado 28.7.6 de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

3.2.2.4 *Plasticidad*

En el apartado 3.2.1.2 se indica que HRB emplear en el caso de la presencia de plasticidad en el material fino de los áridos.

Para el tratamiento de materiales granulares o áridos finos plásticos, con los índices de plasticidad indicados en apartado 2.2.2.2, se requiere un HRB con una declaración específica por parte del fabricante de que el conglomerante está preparado para la mejora o estabilización de este tipo de suelos.

Se deberá determinar el valor de hinchamiento libre del suelo (norma UNE 103601), para muestra remoldeada (ensayo Próctor normal, norma UNE 103500).

Se acepta que el material granular o árido tratado con HRB específico es adecuado, tanto para su empleo en sueloHRB o gravaHRB, si:

- El valor de la expansión volumétrica del material granular o árido, después de siete días (7 d) de inmersión en agua (norma UNE-EN 13286-49) deberá ser inferior al cinco por ciento ($GV < 5\%$).

3.2.2.5 *Características específicas de los áridos gruesos*

3.2.2.5.1 *Forma del árido grueso*

La forma del árido grueso debe ser determinada mediante el índice de lajas, según la norma UNE-EN 933-3.

La categoría mínima será la indicada en la tabla 3.1

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

TABLA 3.1 – CATEGORÍA PARA LOS VALORES MÁXIMOS DEL ÍNDICE DE LAJAS

Tipo de capa	Categoría de tráfico pesado	Índice de lajas	Categoría (FI)
Calzada	T2	≤ 30	F ₃₅
	T3 y T4	≤ 35	
Arcenes	T2 a T4	≤ 40	

3.2.2.5.2 *Porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos.*

El porcentaje de partículas trituradas o fracturadas y el porcentaje de partículas totalmente redondeadas de los áridos gruesos, se determinarán según la norma UNE-EN 933-5.

Las categorías mínimas serán las indicadas en la tabla número 3.2

TABLA 3.2 – CATEGORÍA DE LOS PORCENTAJES DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS Y DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS EN LOS ÁRIDOS GRUESOS

Partículas trituradas.		CATEGORÍA DE TRÁFICO	
		T2	T3-T4
Partículas total y parcialmente trituradas (%)	CALZADA	≥ 50	≥ 30
	ARCEN	≥ 30	
Partículas totalmente redondeadas (%)	CALZADA	≤ 10	≤ 30
	ARCEN	≤ 30	

3.2.2.5.3 *Resistencia a la fragmentación*

La resistencia a la fragmentación se debe determinar por medio del coeficiente de los Ángeles, de acuerdo con la norma UNE-EN 1097-2.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Los coeficientes de desgaste los Ángeles, no deberán de superar las categorías indicadas en la tabla número 3.3

TABLA 3.3 – CATEGORÍA DEL VALOR MÁXIMO DEL COEFICIENTE DE LOS ÁNGELES

Desgaste los Ángeles	CATEGORÍA DE TRÁFICO	
	T2	T3-T4
CALZADA	≤ 35	≤ 40
ARCEN	≤ 40	

3.2.2.6 Características específicas del árido fino

Se define como árido fino a la fracción del árido total inferior a cuatro (4) milímetros.

El árido fino procederá de la trituración de piedra de cantera o gravera.

3.2.2.6.1 Equivalente de arena

El equivalente de arena (SE_4), según el Anexo A de la UNE-EN 933-8 para la fracción 0/4 según las proporciones fijadas por la fórmula de trabajo, deberá ser superior a cuarenta (40). De no cumplirse estas condiciones, su valor de azul de metileno, según el Anexo A de la norma UNE-EN 933-9, deberá ser inferior a diez gramos por kilogramos ($MBF < 10 \text{ g/kg}$) y, simultáneamente, el equivalente de arena, (SE_4) deberá ser superior a treinta (> 30).

3.2.3 Agua

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.2.4 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

3.2.4 Aditivos

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.2.5 del PG-3.

3.3 Tipo y composición de la mezcla

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición del hormigón compactado, cuya granulometría, tipo y contenido de HRB y resistencia a compresión simple deberán cumplir lo indicado en este apartado.

La granulometría de los áridos empleados en la fabricación del hormigón compactado deberá ajustarse al huso definido en la tabla 3.4.

TABLA 3.4 – HUSO GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO DEL HORMIGÓN COMPACTADO

TIPO	GRANULOMETRIA % PASA TAMIZ									
	50	40	25	20	12,5	8	4	2	0,50	0,063
HCR	100	100	100	100	100	78	58	47	27	19
	100	100	100	100	85	52	36	30	16	9

En el anejo de estas Recomendaciones figuran los gráficos del huso granulométrico indicado.

El Pliego particular de la obra, o en su defecto el Director de las Obras podrá indicar otro tipo de huso granulométrico para el HC.

El contenido mínimo de HRB será tal que permita la consecución de una resistencia media a compresión, determinada según la norma UNE EN 12390-3, de 10 MPa a la edad de 28 días, entendiéndose por resistencia media la media aritmética de los resultados obtenidos al menos sobre tres (3) probetas de la misma amasada, definida de acuerdo a lo indicado en el apartado 3.9.2.1.

El Pliego particular de la obra podrá indicar otras resistencias para el hormigón compactado.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Las probetas se fabricarán en moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura definidos en la norma UNE EN 12390-1, que se compactarán según la UNE EN 13286-51, con la energía que proporcione la densidad mínima requerida en el apartado 3.7.1 y nunca con una energía mayor, y se conservarán según la norma UNE EN 12390-2.

El periodo de trabajabilidad del HRB, determinado a la temperatura máxima esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45), no deberá ser inferior al indicado en la tabla 3.5. En el supuesto de la puesta en obra por franjas, el material resultante deberá tener un periodo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas, antes de que haya finalizado dicho plazo en la franja adyacente ejecutada previamente.

TABLA 3.5 – PLAZO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD (W_{pc})

TIPO DE EJECUCIÓN	W _{pc} (horas)
Anchura completa	3
Por franjas	4

El espesor de la capa será el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga en toda la capa las características deseadas y el grado de compactación exigido y en cualquier caso no será inferior a los veinte centímetros (< 20 cm).

3.4 Equipo necesario para la ejecución de las obras

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4 del PG-3.

3.4.1 Central de fabricación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.1 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

3.4.2 *Elementos de transportes*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.2 del PG-3.

3.4.3 *Equipo de extensión*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.3 del PG-3.

3.4.4 *Equipo de compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.4 del PG-3.

3.4.5 *Equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.4.5 del PG-3.

3.5 **Ejecución de las obras**

3.5.1 *Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo*

La producción del HC no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en el laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación del HRB:
 - Genérico o con prestaciones específicas
 - Clase resistente.

- La identificación y proporción (en seco) de cada fracción de árido en la alimentación (en masa). En el caso del árido grueso reciclado se controlará que su categoría es la R_{CU90} .
- La granulometría del árido combinado, por los tamices establecidos en la definición del huso granulométrico dada en el apartado 1.3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
 Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- La dosificación en masa o en volumen, según corresponda, de HRB, de agua y, eventualmente, de aditivos (*).
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado, según la UNE 103501 (*).
- La densidad mínima a alcanzar.
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla (*).

(*) En el caso de emplear árido grueso RCD, los ensayos físico mecánicos para las determinaciones de Proctor Modificado, resistencias a compresión simple o plazos de trabajabilidad, se realizarán con el árido grueso reciclado previamente saturado de agua.

Si la marcha de las obras lo aconseja, el Director de las Obras podrá corregir la fórmula de trabajo, justificándolo debidamente mediante un nuevo estudio y los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 3.6, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos en el correspondiente huso granulométrico adoptado.

TABLA 3.6 – TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

CARACTERÍSTICA		UNIDAD	TOLERANCIA
Cernido tamices UNE-EN 933-2	Tamaño máximo	% sobre la masa total de material	0
	> 4 mm.		± 6
	≤ 4 mm.		± 3
	0.063 mm. (incluido cemento)		± 1.5
HRB			± 0.3
Humedad de compactación (agua total)		% respecto de la óptima	-1.0 / +0.5

3.5.2 Preparación de la superficie existente

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.2 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

3.5.3 Fabricación de la mezcla

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.3 del PG-3.

3.5.4 Transporte de la mezcla

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.4 del PG-3.

3.5.5 Vertido y extensión de la mezcla

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.5 del PG-3.

3.5.6 Prefisuración

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.6 del PG-3.

3.5.7 Compactación y terminación

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.7 del PG-3.

3.5.8 Ejecución de las juntas de trabajo

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.8 del PG-3.

3.5.9 Curado y protección superficial

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.5.9 del PG-3.

3.6 Tramo de prueba

Antes de iniciarse la puesta en obra del HC será preceptiva la realización de un tramo de prueba. Se comprobará la fórmula de trabajo y el funcionamiento de los equipos necesarios, especialmente la forma de actuación del equipo de compactación y el de prefisuración, y se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del material tratado con las condiciones especificadas sobre



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

humedad, espesor de capa, densidad, contenido de cemento y demás requisitos exigidos.

En el caso de obras que requieran el empleo de HRB con prestaciones específicas (sulfatos, presencia de plasticidad) se verificará:

- La documentación del HRB
- La dotación aplicada
- Las características de la mezcla

Durante la ejecución del tramo de prueba se analizará la correspondencia, en su caso, entre los métodos de control de la humedad y densidad in situ, establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control. En el caso de emplearse sondas nucleares (UNE 103900), y en el caso de que la capa inferior esté estabilizada, la medición de la densidad por este método, deberá realizarse hincando el vástago de la sonda en todo el espesor de la capa a medir, para asegurar la medida correcta de la densidad, pero sin profundizar más para no dañar dicha capa inferior.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a cien metros (< 100 m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las Obras definirá:

- Si es aceptable o no la fórmula de trabajo; en el primer caso se podrá iniciar la fabricación del material tratado con HRB. En el segundo, deberá proponer el Contratista las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, correcciones en la central de fabricación y en los sistemas de extensión y compactación, etc.).
- Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista; en el primer caso, aprobará su forma específica de actuación. En el segundo, el Contratista deberá proponer nuevos equipos o incorporar otros adicionales a los existentes.

3.7 Especificaciones de la unidad terminada

3.7.1 Densidad

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.1 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

En el caso del empleo del árido grueso RCD, la densidad de referencia, según lo indicado en el apartado 3.5.1 es la determinada con el ensayo de Proctor modificado tras saturación.

3.7.2 Resistencia mecánica

La resistencia a compresión simple a veintiocho días (28 d), según la UNE EN 12390-3, deberá ser superior a 10 Mpa, o a la solicitada por el Pliego particular de la obra.

3.7.3 Terminación, rasante, anchura y espesor

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.7.3 del PG-3.

3.8 Limitaciones de la ejecución

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.8 del PG-3.

3.9 Control de calidad

3.9.1 Control de procedencia de los materiales. Control documental.

3.9.1.1 Consideraciones previas

En el caso de productos que deban tener el marcado CE, según el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en estas Recomendaciones. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011, se deberá llevar a cabo obligatoriamente los ensayos de identificación y caracterización para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

3.9.1.2 HRB

3.9.1.2.1 HRB genérico, sin prestaciones específicas.

Para estos HRB se solicitará:

- La documentación requerida para el marcado CE:
 - Declaración de prestaciones
 - Mercado CE
 - Certificado de conformidad del control de producción emitido por un Organismo Notificado.
- Declaración de que el HRB cumple las especificaciones de tiempos de inicio de fraguado indicado en estas Recomendaciones.
- Modelo de certificado de suministro a obra.

3.9.1.2.2 HRB con prestaciones específicas

Para estos HRB se solicitará:

- La documentación requerida para el marcado CE:
 - Declaración de prestaciones
 - Mercado CE
 - Certificado de conformidad del control de producción emitido por un Organismo Notificado.
- Declaración de que el HRB cumple las especificaciones de tiempos de inicio de fraguado indicado en estas Recomendaciones.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Documento de idoneidad de uso para las prestaciones específicas indicadas en estas Recomendaciones:
 - Materiales con sulfatos
 - Materiales granulares o áridos con arcillas
- Modelo de certificado de suministro a obra.

3.9.1.3 Áridos

3.9.1.3.1 Áridos naturales

- **Control documental**

Los áridos, incluidos los procedentes del reciclado, en su caso, deberán disponer del marcado CE, según el Anejo ZA de la norma UNE-EN 13242, con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

En el primer caso, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este Pliego.

- **Ensayos de control de procedencia**

En el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra, de cada procedencia y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1) y para cada una de ellas se determinará:

- La granulometría de cada fracción (norma UNE-EN 933-1).
- El coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- Índice de lajas (FI) del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Proporción de caras de fractura de las partículas del árido grueso (norma UNE-EN 933-5).



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- El contenido ponderal en azufre total (S) y sulfatos solubles en ácido (SO₃) (norma UNE-EN 1744-1). -
- Determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.
- El límite líquido y el índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).
- Equivalente de arena (SE4) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933- 8), y, en su caso, de azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNEEN 933-9).

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del Director de las Obras.

3.9.1.3.2 Áridos RCD

- **Control documental**

La documentación mínima que el Contratista deberá entregar a la Dirección de la Obra será:

- La documentación de que este material ha sido preparado por un Gestor Autorizado para el tratamiento de RCD.
 - Certificación de este material. La documentación de esta certificación consistirá como mínimo en:
 - Declaración de conformidad del fabricante.
 - Etiqueta de características.
 - Certificado del Control de Producción por una Entidad Notificada para la certificación de áridos.
 - Certificado de suministro.
 - Certificado de garantía.
-
- **Ensayos de control de procedencia**

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

De cada procedencia del árido de la gravacemento y para cualquier volumen de producción previsto, se tomarán cuatro (4) muestras, según la UNE-EN 932-1, y de cada una de ellas se determinará:

- Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según el apartado 5.6 de la norma UNE-EN 13242:2003+A1:2008. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11.
- La granulometría de cada fracción, según la UNE-EN 933-1.
- El coeficiente de Los Ángeles del árido grueso, según la UNE-EN 1097-2.
- Índice de lajas, según la UNE-EN 933-3.
- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- El contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1.
- Determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (norma UNE-EN 1744-1).
- Descripción petrográfica (norma UNE-EN 932-3) para detectar la presencia de pirrotina y la reactividad potencial con los álcalis del cemento, en el caso de no contar con experiencia previa en el uso del material de esa procedencia.
- Equivalente de arena (SE_4) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933- 8), y, en su caso, de azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
- Límite líquido y el índice de plasticidad del árido fino, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.

El Director de las Obras podrá ordenar la realización de los siguientes ensayos adicionales:

- PROPORCIÓN DE TERRONES DE ARCILLA DEL ÁRIDO GRUESO Y DEL ÁRIDO FINO, SEGÚN LA UNE 7133.

Este control de procedencia no será de aplicación obligatoria si la planta productora dispone de certificación para este material reciclado.

3.9.1.4 Aditivos

- **Control documental**

En el caso de empleo de aditivos:

- La documentación exigida para productos con marcado CE:
 - Etiqueta del producto.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Declaración de conformidad.
 - Certificado de la Entidad Notificada.
- Modelo de certificado de suministro.

3.9.2 Control de ejecución

3.9.2.1 Fabricación

Se examinará la descarga al acopio o la alimentación de la central de fabricación, desechando los áridos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica.

En el caso del empleo de árido grueso RCD se examinará los componentes del que no corresponda con su clasificación $(Rc+Ru)_{90}$ o tamaños superiores al máximo aprobado en la fórmula de trabajo.

Se acopiarán aparte los que presenten alguna anomalía de aspecto, tales como distinta coloración, segregación, plasticidad, etc., hasta la decisión de su aceptación o rechazo.

Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

A cada fracción granulométrica del árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

- Por cada mil metros cúbicos (1.000 m³) o cada día si se emplea menos material, sobre un mínimo de dos (2) muestras, una por la mañana y otra por la tarde:
 - Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1, para cada fracción del árido.
 - Para el árido fino de la gravacemento, equivalente de arena (SE₄) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) y, en su caso, azul de metileno (MBF) (Anexo A de la norma UNE-EN 933-9).
 - Humedad del árido grueso reciclado UNE 103300.
- Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m³) o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:
 - El índice de lajas del árido grueso, según la UNE-EN 933-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

- Proporción de partículas trituradas del árido grueso, según la UNE-EN 933-5.
- Contenido ponderal de compuestos totales de azufre y sulfatos solubles en ácido, según la UNE-EN 1744-1, del material granular.
- Coeficiente de Los Ángeles del árido grueso de la gravacemento, según la UNE-EN 1097-2.
- Proporción de terrones de arcilla del árido grueso y del árido fino, según la UNE 7133.

De emplearse árido grueso RCD:

Antes del proceso de amasado se comprobará que el árido grueso de reciclado se encuentra convenientemente humectado.

Y además se realizarán los siguientes ensayos:

- Por cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m³) o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:
 - Clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados, según el apartado 5.6 de la norma UNE-EN 13242:2003+A1:2008. Ensayo realizado según UNE-EN 933-11

Asimismo se tomará un mínimo de dos (2) veces al día (mañana y tarde), según la UNE-EN 932-1, al menos una (1) muestra representativa de la mezcla de componentes en seco, y se determinará su granulometría, según la UNE-EN 933-1.

Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará, en su caso, la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.

A la salida del mezclador se controlará el aspecto de la mezcla en cada elemento de transporte, rechazándose todas las mezclas segregadas y aquella cuya envuelta no sea homogénea.

Al menos una (1) vez por lote se determinará la humedad del material tratado, según la UNE 103300, y en todo caso se llevará a cabo este control dos (2) veces

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

al día, una por la mañana y otra por la tarde. Asimismo, se llevará un control del consumo medio de HRB.

Se tomarán muestras a la descarga del mezclador con las que se fabricarán probetas para la comprobación de su resistencia a compresión, que se fabricarán y conservarán según las condiciones previstas en la UNE-EN 13286-51. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el número de amasadas diferentes que se deben controlar, así como el número de probetas por amasada que haya que fabricar.

Se controlarán por cada lote, como mínimo dos (2) amasadas diferentes. El número de probetas confeccionadas de cada amasada no será inferior a tres (< 3).

A estos efectos, en el caso de centrales discontinuas se considerará como amasada cada una de las descargas de la mezcladora, mientras que en centrales continuas será el producto resultante de tres (3) descargas seguidas de la mezcladora.

Se tomarán muestras en la descarga en obra y se fabricarán y conservarán las probetas (UNE-EN 13286-51), si bien teniendo en cuenta que deberán compactarse hasta alcanzar una densidad seca no superior a la mínima exigida en el epígrafe 2.7.1. Dichas probetas se ensayarán a resistencia a compresión simple a la edad de siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41).

3.9.2.2 *Puesto en obra*

3.9.2.2.1 *Vertido y extensión*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.1 del PG-3.

3.9.2.2.2 *Compactación*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.2 del PG-3.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

3.9.2.2.3 *Curado y protección superficial*

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.9.2.2.3 del PG-3.

3.9.3 *Control de recepción de la unidad terminada*

3.9.3.1 *Control documental. Certificado de suministro*

Se analizará la documentación aportada por el fabricante comprobando:

- A partir de la documentación técnica, que el(los) HRB(s) suministrado(s) a obra era (son) los requeridos en Proyecto.
- A partir del certificado de suministro, que la cantidad de HRB(s) suministrada(s) a obra ha(n) sido la(s) necesaria(s) en función de la dotación solicitada por la fórmula de trabajo y los volúmenes de suelo(s) mejorado(s) o estabilizado(s).

3.9.3.2 *Definición de lote*

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

3.9.3.3 *Ensayos de control de unidad terminada*

El espesor y densidad de la capa se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, en número no inferior al establecido por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de las Obras. El número mínimo de testigos por lote será de seis (6). Los orificios producidos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará, en tramos de mil metros de longitud (1 000 m), mediante el Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330) calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro (hm), y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 513.7.4 del PG-3.

Se comparará la rasante de la superficie terminada con la teórica establecida en los Planos del Proyecto, en el eje, quiebros de peralte si existieran, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad de la distancia entre los perfiles del Proyecto. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto uniforme, así como una ausencia de segregaciones, en perfiles transversales cada veinte metros (20 m). Se verificará también la anchura de la capa para el cumplimiento de lo establecido en el epígrafe 513.7.3. del PG-3.

3.10 Criterios de aceptación o rechazo

3.10.1 Densidad

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.1 del PG-3.

3.10.2 Resistencia mecánica

La resistencia media de un lote a una determinada edad, se determinará como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.9.2.1. Si la resistencia media de las probetas del lote a los veintiocho días (28 d) fuera superior a 10 Mpa e inferior a 15 Mpa, se aceptará el lote.

Si la resistencia media fuera superior a 15 Mpa deberán realizarse juntas de contracción por serrado a una distancia no superior a la indicada en el apartado 3.5.6 y de forma que no queden a menos de dos metros y medio (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar.

Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

Si la resistencia media fuera inferior a la mínima exigida, pero no a su noventa por ciento (90%), el Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o solicitar la realización de ensayos de información. Si fuera inferior al noventa por ciento (90%) de la mínima exigida el Contratista podrá elegir entre demoler el lote o esperar a los resultados de los ensayos de resistencia sobre testigos.

Los ensayos de información para la evaluación de la resistencia mecánica del lote no conforme se realizarán, en su caso, comparando los resultados de ensayos a compresión simple de testigos extraídos de ese lote con los de extraídos de un lote aceptado. Éste deberá estar lo más próximo posible y con unas condiciones de puesta en obra similares a las del lote no conforme.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el número de testigos a extraer en cada uno de los lotes (aceptado y no conforme), que en ningún caso deberá ser inferior a cuatro (4). La edad de rotura de los testigos, que será la misma para ambos lotes, será fijada por el Director de las Obras.

El valor medio de los resultados de los testigos del lote no conforme se comprobará con el valor medio de los extraídos en el lote aceptado:

- Si no fuera inferior, el lote se podrá aceptar.
- Si fuera inferior a él pero no a su noventa por ciento (90%), se aplicará al lote las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si fuera inferior a su noventa por ciento (90%) pero no a su ochenta por ciento (80%), el Director de las Obras podrá aplicar las sanciones previstas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien ordenar la demolición del lote y su reconstrucción, por cuenta del Contratista.
- Si fuera inferior a su ochenta por ciento (80%), se demolerá el lote y se reconstruirá, por cuenta del Contratista.

Si no se cumple alguna de las condiciones indicadas se rechazará el lote, que será demolido, y su producto trasladado a vertedero o empleado como indique el Director de las Obras.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

3.10.3 Espesor

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.3 del PG-3.

3.10.4 Rasante

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.10.4 del PG-3.

3.11 Medición y abono

Será de aplicación lo indicado en el apartado 513.11 del PG-3.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

NORMAS REFERIDAS EN ESTAS RECOMENDACIONES

- UNE- EN 13242:2003+A1:2008 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.
- UNE-EN 933-11. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 11 Ensayo de clasificación de los componentes de los áridos gruesos reciclados.
- NLT-330 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras
- UNE 103103 Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande. UNE 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.
- UNE 103104 Determinación del límite plástico de un suelo.
- UNE 103201 Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
- UNE 103204 Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
- UNE 103300 Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.
- UNE 103503 Determinación "in situ" de la densidad de un suelo por el método de la arena.
- UNE 103900 Determinación in situ de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
- UNE-EN 196-3 Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
- UNE-EN 932-1 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
- UNE-EN 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-1 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.
- UNE-EN 933-2 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.
- UNE-EN 932-3 Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
- UNE-EN 933-3 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
- UNE-EN 933-5 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

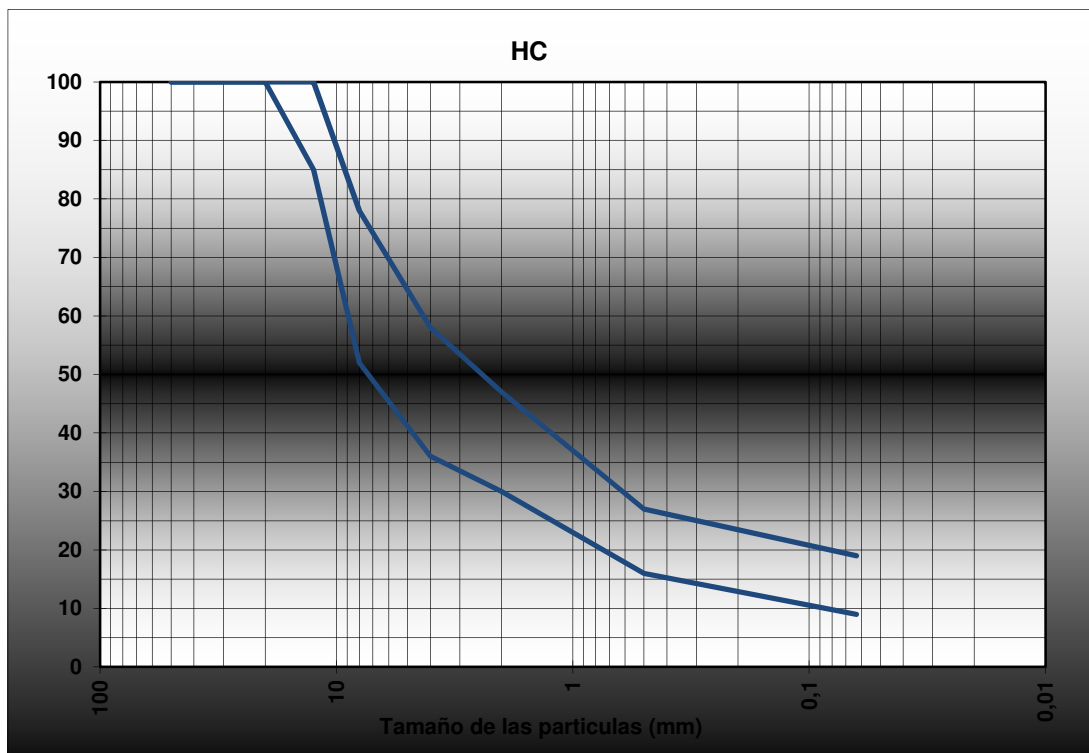
- UNE-EN 933-8 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
- UNE-EN 933-9 Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9: Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno.
- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 1097-5 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 5: Determinación del contenido en agua por secado en estufa.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE-EN 13242 Áridos para capas granulares y capas tratadas con conglomerados hidráulicos para uso en capas estructurales de firmes.
- UNE-EN 13282-1:2013 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 1: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento rápido. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE-EN 13282-2:2016 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 2: Conglomerantes hidráulicos para carreteras de endurecimiento normal. Composición, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE-EN 13282-3:2015 Conglomerantes hidráulicos para carreteras. Parte 3: Evaluación de la conformidad.
- UNE-EN 13286-2 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 2: Métodos de ensayo para la determinación en laboratorio de la densidad de referencia y el contenido en agua. Compactación Proctor.
- UNE-EN 13286-41 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 41: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de las mezclas de áridos con conglomerante hidráulico.
- UNE-EN 13286-45 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 45: Método de ensayo para la determinación del periodo de trabajabilidad.
- UNE-EN 13286-51 Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 51: Métodos de elaboración de probetas de mezclas con conglomerante hidráulico utilizando martillo vibratorio de compactación.
- UNE 7133 Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ANEJO 1.

HUSO GRANULOMÉTRICO



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

ANEJO 2.

DOCUMENTACIÓN DE CONTROL Y SUMINISTRO.

DOCUMENTACIÓN EXIGIDA PARA TODOS LOS HRB

- **Documentos Marcado CE.**
 - **Declaración de prestaciones**
 - **Marcado CE**
 - **Certificado de conformidad del control de producción en fábrica.**
 - **Certificado de suministro a obra**

- **Declaración de prestación tiempos de inicio de fraguado**

DOCUMENTACIÓN EXIGIDA PARA LOS HRB CON PRESTACIONES ESPECÍFICAS

- **Documento de idoneidad de uso de la prestación específica del HRB**

RESTO DE CONSTITUYENTES

- **Documentos Marcado CE.**
 - **Declaración de prestaciones**
 - **Marcado CE**
 - **Certificado de conformidad del control de producción en fábrica.**

PARA LOS ÁRIDOS RECICLADOS

- **Documentos que garanticen que el productor es un gestor autorizado para la valorización de los residuos de construcción y demolición.**
- **Certificado de garantía del fabricante.**
- **Certificado de suministro del fabricante.**



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DECLARACIÓN DE PRESTACIONES



FYM
HEIDELBERGCEMENT Group

Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 - Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es



DECLARACION DE PRESTACIONES

Nº

1. Identificación del producto: Conglomerante hidráulico para carreteras de endurecimiento rápido EN 13282-1 HRB E 4
2. Usos previstos del producto: Tratamiento de materiales para capas de base, ~~subbases~~, coronaciones de explanada y obras de tierras en carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y otros tipos de infraestructuras.
3. Fabricante: Sociedad Financiera y Minera, S.A., Ctra. Almería Km 8, 29720, Málaga.
4. Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones: Sistema 2+
5. Norma armonizada: EN 13282-1:2013

El Organismo notificado ~~NºXXXX~~ (Nombre del Organimos Notificado) ha realizado la evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones y ha expedido el Certificado de conformidad del control de producción en fábrica N° emitido el ~~fecha~~

6. Prestaciones declaradas:

Características esenciales	Prestación
Resistencia a compresion (a 7 y a 28 días)	E 4
Tiempo de fraguado	Cumple
Finura	Cumple
Estabilidad de volumen – Expansión máxima	Cumple
Contenido de SO ₃	≤ 2%
Durabilidad	NPD
Sustancias peligrosas	Ver ficha de seguridad

7. Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de las prestaciones declaradas.

La presente declaración de prestaciones se emite de conformidad con el Reglamento (UE) N° 305/2011 bajo la única responsabilidad del fabricante arriba identificado

Firmado por y en nombre del fabricante:

Firma

Nombre
Cargo


En lugar, el fecha



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

MARCADO CE




<p>SOCIEDAD FINANCIERA Y MINERA, S.A. Ctra. Almería, km. 8 29720, Málaga</p> <p>YY</p> <p>Nº Declaración Prestaciones</p>
<p>EN 13282-1:2013</p> <p>Conglomerante hidráulico para carreteras de endurecimiento rápido</p> <p>HRB E 4</p> <p>Resistencia a compresión (a 7 y a 28 días): E 4</p> <p>Tiempo de fraguado: Cumple</p> <p>Finura: Cumple</p> <p>Estabilidad de volumen – Expansión máxima: Cumple</p> <p>Contenido de SO₂: ≤ 4%</p> <p>Sustancias peligrosas: Ver ficha de seguridad</p>





Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

MODELO DE CERTIFICADO DE SUMINISTRO



Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Tel. 952209100
Ctra. Almería Km. 8
29720 Málaga (España)
www.fym.es

CERTIFICADO DE SUMINISTRO

Sociedad Financiera y Minera S.A., como empresa suministradora, con domicilio social en Ctra. Almería km.8, CP 29720 en Málaga y CIF A28036408, y en su nombre, (*Responsable Ventas*), como responsable de Ventas y con NIF 12345678A

Certifica:

Que se han realizado los suministros detallados en el anexo al presente certificado, entregados en la obra de XXXXXXXXX, denominada "YYYYYY".

Málaga, a X de Y de 2018

Fdo. XXXXX
Responsable Ventas
FYM-HeidelbergCement

FECHA	Nº ALBARAN	PRODUCTO	TNE
21.03.2018	2011-E128-62593	i.work STABILE	27,00



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DECLARACIÓN TIEMPOS DE INICIO DE FRAGUADO



Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 - Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es

Declaración de tiempos de inicio de fraguado

D. (nombre) , como (cargo) de la Empresa Sociedad Financiera y Minera, S.A., declara que el producto HRB denominado (identificación del producto) y Declaración de Prestaciones N° , cumple las siguientes especificaciones para los tiempos de inicio de fraguado:

Método de ensayo	Inicio de fraguado
Principio de fraguado. Método de ensayo de acuerdo a UNE-EN 196-3	Mayor a 100 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Mayor a 120 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Principio de fraguado. Método de ensayo basado en la UNE-EN 196-3 modificado a 40±2°C	Mayor a 60 minutos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

Firmado
Nombre
Cargo
En lugar, el fecha



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

DOCUMENTO DE IDONEIDAD DE USO



Sociedad Financiera y Minera, S.A.
Ctra. Almería, Km. 8
29720 - Málaga
T - +34952209100
F - +34952209162
www.fym.es

Documento de Idoneidad de Uso

D. (nombre) , como (cargo) de la Empresa Sociedad Financiera y Minera, S.A., declara que el producto HRB denominado (identificación del producto) y Declaración de Prestaciones Nº , es adecuado para el tratamiento de:

- Suelos finos o arcillosos
- Suelos arcillosos con margas
- Suelos, materiales granulares y áridos con sulfatos
- Materiales granulares y áridos con arcilla

Con las siguientes limitaciones físico-químicas del suelo:

Tipo de material	Parámetro	Valor

Este documento está basado en la experiencia y estudios realizados por FYM con estos tipos de materiales hasta la fecha de emisión del mismo. No supone ninguna certificación de garantía de éxito del tratamiento con un material específico, aunque este cumpla las limitaciones indicadas anteriormente; la compatibilidad debe asegurarse para cada obra según los ensayos y estudios indicados en las Recomendaciones para la "Utilización de Conglomerantes Hidráulicos para Carreteras (HRB) en Firmes Viales en las Calles de la Ciudad de Málaga", en especial en el tramo de prueba.

Firmado
Nombre
Cargo
En lugar, el fecha