

---

## RECICLADO *IN SITU* CON CEMENTO DE CAPAS DE FIRME

### 21.1 DEFINICIÓN

Se define como reciclado *in situ* con cemento de capas de firme la mezcla homogénea, convenientemente extendida y compactada, del material granular procedente del fresado de una o varias capas de un firme existente, con excepción de las de pavimento de hormigón y de hormigón magro vibrado, con cemento, agua y, eventualmente, aditivos y material de aportación.

Todo el proceso de ejecución se realiza a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar, en una profundidad adecuada para que el espesor resultante tras la compactación esté comprendido entre veinte y treinta y cinco centímetros (20 a 35 cm).

Aunque no es objeto de aplicación de este artículo, si el material procedente del fresado o demolición de capas de firmes (incluidos pavimentos de hormigón y hormigón magro vibrado) se lleva a una instalación para su tratamiento, clasificación y mezclado con cemento, dicha mezcla resultante podrá considerarse un material tratado con cemento (suelocemento o gravacemento), si cumple los requisitos del artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), así como con lo indicado en el epígrafe 21.2.3.5 de este artículo.

Su ejecución *in situ* incluye las siguientes operaciones:

- Estudio previo de los materiales.
- Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.
- Fresado de la parte del firme a reciclar.
- Incorporación del cemento, el agua y, eventualmente, los aditivos y el material de aportación.
- Mezclado y extensión.
- Realización de juntas en fresco (prefisuración).
- Compactación y terminación.

- Curado y, en su caso, protección superficial mediante la extensión de un árido de cobertura.

## **21.2 MATERIALES**

### **21.2.1 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 son conformes con 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.

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 de suelos contaminados.

### **21.2.2 Cemento**

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará el tipo y la clase resistente del cemento, que cumplirá las prescripciones del artículo 202 y 513 del PG-3 y las adicionales que en él se establezcan.

### **21.2.3 Material existente a reciclar**

#### **21.2.3.1 Características generales**

El material a reciclar estará constituido por partículas pétreas, recubiertas o no por ligante hidrocarbonado envejecido o por cemento, resultantes de la adecuada disgregación mediante fresado del firme existente en la profundidad establecida.

El Director de las Obras, de acuerdo con las características y el estado del firme, determinará si existen zonas en las que no deba reutilizarse el material existente, en cuyo caso se tratarán como un residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, y se sustituirán por un material aprobado por el Director de las Obras, quien podrá autorizar la reutilización de material fresado procedente de localizaciones distintas a la que se esté reciclando.

#### **21.2.3.2 Granulometría**

El material a reciclar no contendrá elementos de tamaño superior a ochenta milímetros ( $\nless 80$  mm). En caso contrario, el Director de las Obras aprobará las medidas a adoptar para su eliminación.

El contenido de partículas cernido por el tamiz 4 mm (norma UNE-EN 933-2) no será inferior al treinta por ciento ( $\nless 30\%$ ) en masa.

#### **21.2.3.3 Composición química**

Se cumplirán las prescripciones del artículo 513 del PG-3.

#### **21.2.3.4 Plasticidad**

El límite líquido (norma UNE 103103) será inferior a treinta y cinco ( $LL < 35$ ) y el índice de plasticidad (norma UNE 103104), será igual o inferior a quince ( $IP \leq 15$ ).

#### **21.2.3.5 Material de aportación**

Si fuera necesario material de aportación para corregir peraltes, completar el espesor de capa reciclada o efectuar un ensanche, su empleo tendrá que ser aprobado previamente por el Director de las Obras. En caso necesario, podrá utilizarse una

zahorra o un suelo granular que deberá cumplir las exigencias establecidas en el artículo 510 ó 513, según corresponda, del PG-3.

También podrán utilizarse materiales granulares reciclados, áridos siderúrgicos, residuos de construcción y demolición o productos inertes de desecho, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en este artículo, y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación europea sobre estas materias. Para su empleo se exigirá que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El material de aportación no presentará reactividad potencial con los álcalis del cemento, ni contendrá elementos que perjudiquen su fraguado. No podrán utilizarse tampoco aquellos clasificados como peligrosos, por no cumplir la legislación ambiental y de seguridad y salud vigente.

#### **21.2.4 Agua**

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

#### **21.2.5 Aditivos**

Se cumplirán las prescripciones del artículo 513 del PG-3.

### **21.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA**

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá el tipo y composición de la mezcla reciclada, cuyo contenido de cemento, resistencia y período de trabajabilidad deberán cumplir lo indicado en este apartado.

El contenido mínimo de cemento será el necesario para conseguir que la resistencia media a compresión simple a los siete días (7 d) del material resultante esté comprendida entre un mínimo de dos con cinco megapascales (2,5 MPa) y un máximo de cuatro con cinco megapascales (4,5 MPa). En cualquier caso, dicho contenido no será inferior al tres por ciento ( $\geq 3\%$ ) de la masa total en seco.

Las probetas para la determinación de las resistencias se compactarán (norma UNE-EN 13286-51) con la energía que proporcione la densidad mínima exigida en el epígrafe 21.7.1 de este artículo o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, pero nunca mayor.

El periodo de trabajabilidad de la mezcla obtenida, determinado a la temperatura máxima esperada durante la puesta en obra (norma UNE-EN 13286-45), no será inferior al indicado en la tabla 21.1. En el supuesto de una ejecución por franjas, el material resultante tendrá un periodo de trabajabilidad tal que permita completar la compactación de cada una de ellas, antes de que se haya finalizado dicho periodo en la franja adyacente reciclada previamente.

**TABLA 21.1 – PERIODO MÍNIMO DE TRABAJABILIDAD ( $W_{pc}$ ) DEL RECICLADO *IN SITU* CON CEMENTO**

TIPO DE OBRA		$W_{pc}$ (horas) (UNE-EN 13286-45)
<b>SIN TRÁFICO</b>	<b>ANCHURA COMPLETA</b>	2
	<b>POR FRANJAS</b>	3
<b>CON TRÁFICO</b>		4

## 21.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### 21.4.1 Consideraciones generales

No se podrá utilizar en la ejecución del reciclado *in situ* con cemento ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por el Director de las Obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

## **21.4.2 Equipo de ejecución**

La ejecución se llevará a cabo con equipos mecánicos que integren en una sola unidad las operaciones de fresado, dosificación y distribución del cemento y del agua, mezclado y extensión.

El suministro del cemento, agua y demás componentes se realizará desde cubas o depósitos móviles, de modo que no se produzcan paradas del equipo.

Se dispondrán los medios y la mano de obra necesarios para que las zonas entre franjas de reciclado cumplan todas las condiciones de dosificación, compactación y regularidad superficial especificadas en este artículo.

### **21.4.2.1 Fresado**

El equipo estará dotado de un rotor de fresado de eje horizontal capaz de disgregar el firme existente en la profundidad y la anchura especificadas produciendo, en una sola pasada y a una velocidad constante adecuada, un material suelto y homogéneo con la granulometría requerida. Dispondrá, además, de un dispositivo de control automático que asegure el espesor especificado y prefijado, y de un sistema que evite el levantamiento en bloques del material existente.

### **21.4.2.2 Dosificación**

El cemento se aplicará en forma de lechada, para lo cual el equipo de reciclado incluirá un mezclador con alimentación volumétrica de agua y dosificación ponderal de cemento y, en su caso, de aditivos.

Además, dicho equipo estará provisto de un dosificador-distribuidor volumétrico de lechada con bomba de caudal variable y dispositivo de rociado, así como control automático programable que permita realizar los ajustes de la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y anchura del material fresado, y la velocidad de avance del equipo, con las tolerancias fijadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, en este artículo.

### **21.4.2.3 Mezclado y extensión**

El mezclado efectuado aprovechando la energía del rotor de fresado deberá garantizar una mezcla homogénea y uniforme en toda la anchura y profundidad del reciclado.

La cámara de mezclado dispondrá de una compuerta posterior, en el sentido de avance del equipo, que regule la altura de salida del material y el tiempo que éste permanece en ella, e incorporará también un elemento alisador que mejore el acabado, proporcione una precompactación homogénea y permita obtener el perfil deseado.

### **21.4.2.4 Compactación**

Se cumplirán las prescripciones indicadas al respecto en el artículo 513 del PG-3.

Para espesores de reciclado superiores a treinta centímetros (>30 cm), se utilizarán compactadores de la máxima carga disponible, si lo considera necesario el Director de las Obras.

### **21.4.2.5 Equipo para la ejecución de juntas transversales en fresco**

Se cumplirán las prescripciones indicadas al respecto en el artículo 513 del PG-3.

## **21.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

### **21.5.1 Estudio previo de los materiales**

#### **21.5.1.1 Estudio del material existente a reciclar y comprobación de la tramificación**

Previamente a la formulación de la mezcla se realizará una inspección de la superficie a reciclar comprobando los datos del reconocimiento de proyecto y la tramificación propuesta. Se tomarán muestras representativas de los materiales existentes en los diferentes tramos comprobando el espesor y el tipo de material de las diferentes capas. Como mínimo se realizarán dos (2) sondeos y una (1) calicata por kilómetro (km) o tramo diferenciado si su longitud fuera menor.

En cada tramo homogéneo se tomarán muestras de material fresado en el espesor previsto en el Proyecto, empleando una fresadora de iguales o similares características o que produzca un fresado adecuado y semejante al de la máquina que se vaya a emplear en la ejecución de la obra.

Sobre las muestras de cada tipo de material fresado en cada tramo homogéneo se determinará:

- Análisis granulométrico (norma UNE-EN 933-1).
- Límite líquido e índice de plasticidad (normas UNE 103103 y UNE 103104).
- Contenido de sulfatos (norma UNE 103201).
- Contenido de materia orgánica (norma UNE 103204).
- Contenido de humedad (norma UNE-EN ISO 17892-1).
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado (norma UNE-EN 13286-2).
- La presencia de elementos inhibidores del fraguado del cemento, tales como sulfuros (piritas) o cloruros (sal gema).

Los resultados del reconocimiento y de los ensayos deberán servir para verificar que los tramos en que se ha dividido la obra sean suficientemente homogéneos en relación con los objetivos pretendidos por el procedimiento de reciclado.

#### **21.5.1.2 Valores de referencia de las características**

Una vez comprobado que el material cumple todas las condiciones establecidas en este artículo y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el Director de las Obras lo aprobará y fijará las características de referencia en cada tramo homogéneo.

Se tomarán como características de referencia, para cada tipo de material, la media de todos los resultados de cada ensayo prescrito. Los valores así obtenidos deberán diferir de los valores límite establecidos un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la heterogeneidad propia del material y la dispersión que introduce la ejecución en obra y su control, los valores obtenidos en el control de calidad de la ejecución de las obras cumplan los límites establecidos.

### 21.5.2 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La ejecución del reciclado *in situ* con cemento no se podrá iniciar hasta que el Director de las Obras haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en obra, la cual señalará, como mínimo:

- El espesor del reciclado *in situ*.
- La granulometría del material fresado y, en su caso, la proporción y la granulometría del material de aportación a emplear en la mezcla.
- La proporción en masa de cemento, indicando su tipo y clase resistente, agua de amasado y, en su caso, aditivos con indicación de su tipo, todo ello respecto a la masa total del material a reciclar en seco.
- La humedad de compactación.
- El periodo de trabajabilidad de la mezcla.
- La densidad máxima y la humedad óptima del Proctor modificado (norma UNE-EN 13286-2).

En el caso de que la capa reciclada *in situ* vaya a abrirse de forma inmediata al tráfico, se deberá determinar su índice de carga inmediato (IBI) (norma UNE-EN 13286-47).

La proporción de agua de amasado será la correspondiente a la humedad óptima determinada en el ensayo Proctor modificado (norma UNE-EN 13286-2), realizado sobre el material a reciclar, el de aportación, en su caso, y el contenido de cemento correspondiente a cada tramo homogéneo.

El contenido necesario de cemento en la mezcla reciclada se determinará mediante el ensayo de resistencia a compresión simple (norma UNE 13286-41) a siete días (7 d), de modo que se cumplan los límites especificados en el apartado 21.3.

Se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo, de acuerdo con lo indicado en este apartado, cada vez que varíen las características del material a reciclar o de alguno de los componentes de la mezcla, o las condiciones ambientales.

Las tolerancias admisibles respecto a la fórmula de trabajo serán las indicadas en la tabla 21.2, teniendo en cuenta que en ningún caso los valores podrán sobrepasar los límites establecidos.

**TABLA 21.2 – TOLERANCIAS ADMISIBLES RESPECTO DE LA FÓRMULA DE TRABAJO**

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	TOLERANCIA
<b>CEMENTO</b>	% sobre la masa total del material a reciclar	± 0,3
<b>HUMEDAD DE COMPACTACIÓN</b> (agua total)	en seco	-1,5 / +0,5

### 21.5.3 Fresado del espesor del firme a reciclar

El fresado se realizará con el equipo y el método aprobados por el Director de las Obras después de la ejecución del tramo de prueba, de acuerdo con lo establecido en el apartado 21.4.

La velocidad de avance del equipo será constante en cada tramo homogéneo, a fin de asegurar una profundidad uniforme de fresado y la homogeneidad del material obtenido. Se evitarán, en lo posible, las paradas y cuando sean inevitables se cortarán de forma inmediata las entradas de cemento y de agua para evitar sobredosificaciones o encharcamientos. Deberá comprobarse, con la frecuencia que el Director de las Obras considere necesario, que la granulometría del material fresado corresponde a la obtenida en el tramo de prueba y, por tanto, a la utilizada para la elaboración de la fórmula de trabajo.

Donde resultase imposible el empleo de máquinas fresadoras, el material se demolerá con otros medios mecánicos y los productos así obtenidos se tratarán como un residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, pudiéndose utilizar en los términos previstos para ellos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). Estas zonas se rellenarán con materiales que, en cualquier circunstancia, deberán cumplir las prescripciones establecidas para el conjunto de la unidad de obra.

### 21.5.4 Distribución de cemento, agua y aditivos

El cemento, el agua y los aditivos se distribuirán uniformemente mediante equipos mecánicos con la dosificación fijada en la fórmula de trabajo, garantizando su mezcla homogénea en todo el ancho efectivo de trabajo.

Antes de iniciarse los trabajos, y fuera del lugar de empleo, se purgarán y pondrán a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, para garantizar las dotaciones establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. En cada parada del equipo se realizará la limpieza de los difusores y siempre como mínimo dos (2) veces al día.

Las operaciones para abastecer de cemento y agua al equipo se realizarán sin afectar al tráfico que circule por los carriles que se mantengan en servicio durante la ejecución de las obras.

### **21.5.5 Ejecución de la mezcla y extensión**

El equipo de reciclado deberá contar con los dispositivos necesarios para asegurar una mezcla homogénea en toda la anchura y profundidad del tratamiento, lo que se reconocerá visualmente por su color uniforme y la ausencia de grumos. Si se detectaran segregaciones, partículas sin mezclar, diferencias de contenido de cemento o de agua en zonas del firme reciclado, o siempre que se observe que no se cumplen las tolerancias admisibles citadas en la tabla 21.2, deberá detenerse el proceso y realizar las oportunas correcciones hasta solucionar favorablemente las deficiencias, a juicio del Director de las Obras.

Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar la ejecución del reciclado en zonas en las que la superficie del firme presente encharcamientos, deteniendo el proceso cuando se observe tal circunstancia.

Cuando la anchura de la superficie a reciclar sea superior a la del equipo de trabajo el reciclado se realizará por franjas paralelas, que se solaparán en una anchura comprendida entre quince y treinta centímetros (15 a 30 cm) para no dejar materiales sin mezclar en sus bordes, debiéndose adoptar las precauciones necesarias para evitar que se produzcan sobredosificaciones de cemento o de agua en estas zonas de solape.

Si estas franjas paralelas se ejecutan dentro del periodo de trabajabilidad de la mezcla obtenida, el resultado se considerará como una banda continua; en caso contrario se considerará que en el borde de la zona de solape correspondiente a la franja extendida en primer lugar existe una junta longitudinal, cuya situación deberá respetar lo indicado en el epígrafe 21.5.8.

La anchura de las franjas longitudinales de extensión será la mayor posible con la maquinaria disponible, y se fijará de manera que se realice el menor número de solapes posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento y seguridad de la circulación viaria y las características del equipo empleado.

La ejecución por franjas se deberá planificar adecuadamente para permitir el paso alternativo del tráfico, si fuera necesario, dando la máxima relevancia a las condiciones de seguridad de la circulación viaria y del personal de las obras.

Se delimitarán cuidadosamente los arcenes o zonas adyacentes a la calzada a fin de evitar que los materiales de aquéllos se mezclen con los de ésta durante el proceso de ejecución del reciclado.

Donde resultase imposible el empleo del equipo de reciclado aprobado y haya de procederse a la utilización de otro distinto, se emplearán equipos de extensión aprobados por el Director de las Obras que proporcionen un producto acabado con unas características similares a las del resto de la unidad de obra.

#### **21.5.6 Prefisuración**

Antes de iniciarse la compactación de la capa extendida, se procederá a la realización de juntas en fresco, de acuerdo con las prescripciones específicas del artículo 513 del PG-3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, establecerá la distancia a la que deben realizarse las juntas en fresco, dependiendo de la categoría de tráfico pesado, de la zona climática, del espesor y de la tipología de las capas que se dispongan por encima. Salvo justificación en contrario, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

#### **21.5.7 Compactación**

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Director de las Obras, de acuerdo con los resultados del tramo de prueba.

La compactación comenzará inmediatamente después de la mezcla y la ejecución de las juntas en fresco para evitar pérdidas de humedad y continuará mientras el material

esté dentro de su periodo de trabajabilidad. Se realizará longitudinalmente, de manera continua y sistemática, hasta alcanzar la densidad especificada en el epígrafe 21.7.1. La compactación se iniciará por el borde más bajo de la franja que se esté tratando y se continuará hacia el más alto, solapándose las sucesivas pasadas. Si la extensión se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior. Si la extensión se realiza con dos máquinas en paralelo con un ligero desfase, se compactarán las dos franjas a la vez.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de extensión, y los cambios de dirección y de sentido se realizarán sobre material ya compactado y con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso, o con fuerte viento, deberá mantenerse húmeda la superficie mediante un riego con agua finamente pulverizada.

Una vez terminada la compactación de la capa, no se permitirá su recrecimiento. Sin embargo, y siempre dentro del periodo de trabajabilidad de la mezcla, el Director de las Obras podrá autorizar un reperfilado de las zonas que rebasen la superficie teórica, recompactando posteriormente la zona corregida.

Las zonas que, por su reducida extensión, pendiente o proximidad a obras de paso o de desagüe, muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando, se compactarán con medios adecuados, de forma que las densidades que se alcancen no resulten inferiores, en ningún caso, a las exigidas.

#### **21.5.8 Ejecución de juntas**

La ejecución de los trabajos se realizará en toda la anchura completa del carril de modo que no se produzcan juntas longitudinales en el interior de la zona reciclada, y únicamente sea necesaria una junta transversal al final de la jornada de trabajo. Para ello se utilizará una sola máquina de la anchura necesaria o bien dos trabajando en paralelo con el mínimo desfase posible, de modo que después de haber ejecutado una franja, se realice la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado.

Preferentemente las juntas longitudinales entre la zona reciclada y el firme existente deberán situarse en los bordes del carril, pero nunca en las franjas de rodadura (rodadas) de paso del tráfico.

Se dispondrán juntas transversales de trabajo cuando el proceso constructivo se interrumpiera un tiempo superior al periodo de trabajabilidad de la mezcla, y siempre al final de cada jornada

Las juntas transversales de trabajo se ejecutarán fresando el material de una zona ya tratada en longitud suficiente, en general no inferior al diámetro del rotor de fresado, bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que pueda regularse con precisión la incorporación del cemento y el agua en la zona no tratada.

#### **21.5.9 Curado y protección superficial**

Una vez terminada la capa, y en cualquier caso siempre antes de que transcurran tres horas (3 h) desde la finalización de la compactación, se procederá a la aplicación de un riego de curado con una emulsión bituminosa, del tipo y en la cantidad que figure en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, señale el Director de las Obras de acuerdo con lo indicado en el artículo 532 del PG-3. Su extensión se efectuará de manera uniforme en toda la superficie expuesta, la cual se deberá mantener en estado húmedo hasta la aplicación del riego.

Se prohibirá la circulación de todo tipo de vehículos sobre las capas recién ejecutadas, durante el tiempo necesario para que se produzca el fraguado del cemento en la mezcla reciclada y se alcancen las características resistentes deseadas. El Director de las Obras podrá autorizar el paso de tráfico siempre que la mezcla resultante presente un índice de carga inmediato (norma UNE-EN 13286-47) superior a cincuenta (IBI > 50).

Inmediatamente después de la aplicación del riego de curado, y salvo que la carretera vaya a permanecer cerrada a todo tipo de tráfico hasta la extensión de la capa superior de mezcla bituminosa, se procederá a la extensión de un árido de cobertura que cumplirá lo especificado en el artículo 532 del PG-3. Tras su extensión se procederá al apisonado con un compactador de neumáticos y, previamente a la apertura al tráfico, se barrerá para eliminar el árido sobrante cuidando de no dañar el riego.

Antes de proceder a la extensión de las capas superiores de mezclas bituminosas, se deberá comprobar que se han formado las juntas prefisuradas descritas en el epígrafe 21.5.7. En caso contrario se procederá a su ejecución mediante serrado, de acuerdo a las indicaciones del Director de las Obras, a una distancia no superior a la indicada en el epígrafe 21.5.8 y de forma que no queden a menos de dos metros y medio ( $\neq 2,5$  m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar.

## 21.6 TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse el reciclado *in situ* con cemento será preceptiva la realización de un tramo de prueba en cada tramo homogéneo, según lo establecido en el epígrafe 21.5.1, con el espesor y la fórmula de trabajo prescritos, y empleando los mismos medios que vayan a utilizarse para la ejecución de las obras. Se comprobará la fórmula de trabajo, el funcionamiento de los equipos previstos (especialmente, la forma de actuación de los de compactación y prefisuración) y se verificará, mediante toma de muestras, la conformidad del material reciclado resultante con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de capa, densidad, contenido de cemento 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 será inferior a cien metros ( $\neq 100$  m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

Al comienzo de cada tramo homogéneo:

- Se comprobará la profundidad de fresado.
- Se ajustará la velocidad de avance del equipo para obtener la profundidad de fresado 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 también los siguientes aspectos:

- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la dosificación de cemento establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnica Particulares, y otros métodos rápidos de control.

- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de la densidad y la humedad *in situ* establecidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, y otros métodos rápidos de control.
- Se comprobará en la mezcla la precisión de los sistemas de dosificación del cemento y del agua y, en su caso, de los aditivos.
- Se establecerán las relaciones entre humedad y densidad alcanzada, así como entre ésta última y el orden y número de pasadas de los compactadores.
- Se evaluará el esponjamiento de la capa reciclada, por diferencia de espesor antes del fresado y después de la compactación, al objeto de garantizar el espesor mínimo de reciclado necesario.

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 del reciclado. En el segundo, deberá proponer al Contratista las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la ensayada, 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.

Los resultados obtenidos en el tramo de prueba definitivo servirán para fijar la fórmula de trabajo y los valores de referencia para los ensayos de control de calidad.

Se fijará como densidad de referencia la alcanzada en el tramo de prueba con los equipos propuestos y el plan de compactación empleado. Esta densidad deberá ser igual o superior a la obtenida en laboratorio con la fórmula de trabajo propuesta. En caso de no alcanzarse, no se considerará aceptable el equipo de compactación utilizado y el Contratista deberá optar por proponer una mejora del equipo de compactación o modificar la fórmula de trabajo propuesta.

## 21.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

### 21.7.1 Densidad

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará la densidad de la capa tras la compactación, expresada como porcentaje de la densidad de referencia definida en la fórmula de trabajo, la cual no será inferior al noventa y siete por ciento ( $\geq 97\%$ ).

### 21.7.2 Resistencia mecánica

La resistencia a compresión simple a siete días (7 d) (norma UNE-EN 13286-41) deberá estar comprendida entre los límites especificados en el apartado 21.3.

### 21.7.3 Terminación, rasante, anchura y espesor

La superficie de la capa terminada presentará una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes adecuadas. La rasante no superará a la teórica en ningún punto, ni quedará por debajo de ella en más de veinte milímetros ( $\geq 20$  mm).

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m) se comprobará la anchura de la capa reciclada, que en ningún caso será inferior ni superará en más de diez centímetros ( $\geq 10$  cm) a la establecida en los planos del Proyecto.

El espesor de la capa reciclada no deberá ser inferior en ningún punto al previsto en los planos de secciones tipo del Proyecto.

### 21.7.4 Regularidad superficial

El índice de regularidad internacional (IRI) (norma NLT-330) de la capa terminada cumplirá los valores indicados en la tabla 21.3.

TABLA 21.3 - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	IRI (dm/hm)
50	< 3,0
80	< 3,5
100	< 4,0

## 21.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

Salvo autorización expresa del Director de las Obras, no se permitirá la ejecución del reciclado *in situ* con cemento, cuando:

- La temperatura ambiente a la sombra sea superior a los treinta y cinco grados Celsius ( $> 35^{\circ}\text{C}$ ).
- La temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius ( $< 5^{\circ}\text{C}$ ). El Director de las Obras podrá variar este límite, a la vista de los resultados de compactación obtenidos.
- Se produzcan precipitaciones atmosféricas constantes o precipitaciones puntuales con una intensidad significativa, a juicio del Director de las Obras.

## 21.9 CONTROL DE CALIDAD

### 21.9.1 Consideraciones generales

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará, para cada caso, el método de control, el tamaño del lote, y el tipo y número de ensayos a realizar. También se establecerán los métodos rápidos de control que pueden 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 (1) ensayo por cada hectómetro (hm).

## **21.9.2 Control de procedencia de los materiales**

### **21.9.2.1 Cemento**

El cemento cumplirá las especificaciones establecidas en el artículo 202 del PG-3.

### **21.9.2.2 Material de aportación**

El material de aportación cumplirá las especificaciones establecidas en el artículo 510 ó 513, según corresponda, del PG-3.

## **21.9.3 Control de ejecución**

### **21.9.3.1 Dosificación del cemento**

Se controlará el funcionamiento de las boquillas de inyección de lechada al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde) y, en cualquier caso, antes del inicio de los trabajos. En cada camión de suministro se controlará, además, el consumo efectivo de cemento, que se contrastará con la información proporcionada por el equipo para el control del volumen de lechada añadido.

### **21.9.3.2 Fresado y mezcla reciclada**

Por cada lote definido en el epígrafe 21.9.4, y al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde), se efectuarán las siguientes determinaciones:

- Contenido de humedad de la mezcla (norma UNE-EN ISO 17892-1).
- Fabricación de dos (2) series de tres (3) probetas para la determinación de la resistencia a compresión (norma UNE-EN 13286-41) a siete días (7 d). Las probetas se fabricarán (norma UNE-EN 13286-51) con la densidad mínima exigida en obra, pero nunca con valores superiores.

Tanto el número de series como el de probetas por serie podrán ser incrementados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien por el Director de las Obras, si así lo aconsejase el desarrollo de las obras.

La adición de agua y de lechada de cemento se controlará por medio del caudalímetro del equipo de reciclado, que dispondrá de un sistema automático de registro, de forma que se obtenga en cada tramo la humedad especificada.

Se comprobará con la frecuencia necesaria, a juicio del Director de las Obras:

- Que la profundidad y anchura de reciclado, y la velocidad del rotor y de avance del equipo son las aprobadas de acuerdo con el apartado 21.6.
- El aspecto de la mezcla reciclada, especialmente la dispersión homogénea de la lechada de cemento, y la ausencia de grumos y segregaciones.
- El espesor extendido mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras, teniendo en cuenta la disminución que experimentará el material al ser compactado.

Si el reciclado se realiza con dos equipos trabajando en paralelo, los controles especificados en este epígrafe se efectuarán para cada uno de ellos.

### **21.9.3.3 Compactación**

Se comprobará la composición y forma de actuación del equipo de compactación, verificando:

- Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
- El funcionamiento de los dispositivos de humectación y limpieza.
- El lastre y masa total de los compactadores y, en su caso, la presión de inflado de las ruedas de los compactadores de neumáticos.
- La frecuencia y la amplitud de los compactadores vibratorios.
- El número de pasadas de cada compactador.

En cada una de las franjas de reciclado 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 epígrafe 21.9.4. En caso de que las densidades obtenidas fuesen inferiores a las especificadas se proseguirá el proceso de compactación hasta alcanzar los valores prescritos.

En caso de usarse equipo nuclear u otros métodos rápidos de control, éstos habrán sido convenientemente contrastados en la realización del tramo de prueba. La

medición de la densidad por el método nuclear se llevará a cabo según la norma UNE 103900.

#### **21.9.3.4 Curado y protección superficial**

Se vigilará que la superficie de la capa permanezca constantemente húmeda hasta la aplicación del riego de curado, pero sin que se produzcan encharcamientos.

Se controlará diariamente la dotación de emulsión bituminosa empleada en el riego de curado y, en su caso, del árido de cobertura, de acuerdo con lo especificado en el artículo 532 del PG-3.

#### **21.9.4 Control de recepción de la unidad terminada**

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes, dentro de cada tramo homogéneo, según lo establecido en el epígrafe 21.5.1:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor, la densidad y, en su caso, la resistencia de la capa, se comprobarán mediante la extracción de testigos cilíndricos (UNE-EN 12504-1) en emplazamientos aleatorios, que deberán presentar un aspecto homogéneo y compacto en todo su espesor, no admitiéndose aquellos que presenten coqueas, resulten disgregados, rotos o troceados durante su extracción. El número de testigos por lote será de tres (3), aumentándose hasta un máximo de cinco (5), en casos de detección de anomalías en espesores o densidades, a criterio del Director de las Obras. Las cavidades producidas por la extracción de testigos se rellenarán con material de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, y será correctamente compactado y enrasado.

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 mismos. Se comprobará que la superficie extendida y compactada presenta un aspecto

uniforme, así como ausencia de segregaciones, en perfiles transversales cada veinte metros (20 m). Se verificará que la anchura de la capa cumple lo establecido en el epígrafe 21.7.3.

La regularidad superficial de la capa ejecutada se comprobará, en tramos de mil metros (1 000 m) de longitud y antes de la extensión de la siguiente capa, mediante la determinación del índice de regularidad internacional (IRI) (norma NLT-330) calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 21.7.4.

## **21.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el epígrafe 21.9.4, según lo indicado a continuación:

### **21.10.1 Densidad**

Por cada lote, la densidad media obtenida no deberá ser inferior a la especificada en el epígrafe 21.7.1. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa y cinco por ciento ( $\geq 95\%$ ) de la densidad especificada, se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%) a la capa de material reciclado correspondiente al lote controlado.
- Si es inferior al noventa y cinco por ciento ( $< 95\%$ ) de la densidad especificada, se demolerá la capa de material reciclado correspondiente al lote controlado y se repondrá, con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición se empleará como indique el Director de las Obras, a cargo del Contratista o, en su defecto, se tratará como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\neq 1$ ) individuo de la muestra ensayada del lote presente un valor inferior al prescrito en más de cuatro (4) puntos porcentuales. De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán

testigos de cada una de ellas, aplicándose para cada uno los criterios descritos en este epígrafe.

### **21.10.2 Resistencia mecánica**

La resistencia media de un lote a siete días (7 d) se calculará como media de las resistencias de las probetas fabricadas de acuerdo con lo indicado en el epígrafe 21.9.3.2. Si fuera superior a la mínima e inferior a la máxima de las referenciadas en el apartado 21.3, se aceptará el lote. En caso contrario, se procederá de la siguiente manera.

- Si la resistencia media fuera superior a la máxima deberán realizarse juntas de contracción por serrado a una distancia no superior a la indicada en el epígrafe 21.5.8 y de forma que no queden a menos de dos metros y medio ( $\nless 2,5$  m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar. Esta medida no será necesaria siempre que se compruebe que se ha producido la formación de las juntas prefisuradas previstas y así lo autorice el Director de las Obras.
- Si la resistencia media fuera inferior a la mínima exigida pero no a su noventa por ciento ( $\nless 90\%$ ), 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 la resistencia media es inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ) de la mínima exigida, se realizarán ensayos de información.

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 (UNE-EN 12504-1) extraídos de ese lote con los de otro aceptado, pertenecientes ambos al mismo tramo homogéneo. En caso de que esto no fuese posible, el Director de las Obras podrá autorizar que los testigos de referencia se extraigan de un lote aceptado cuya situación, condiciones de ejecución y características lo hicieran comparable a aquél que vaya a ser sometido a ensayos de información.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, 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 ( $\nless 4$ ). 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 comparará con el de los extraídos en el aceptado y, si es igual o superior, se aceptará el lote investigado. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa por ciento ( $\geq 90\%$ ), se aplicarán al lote las sanciones previstas por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si es inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ), pero superior o igual al setenta por ciento ( $\geq 70\%$ ), el Director de las Obras aplicará las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y ordenará el aumento de espesor en la capa superior que considere compensa la merma producida de resistencia, sin incremento de coste para la Administración.
- Si es inferior al setenta por ciento ( $< 70\%$ ), se demolerá el lote y se repondrá con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición se empleará como indique el Director de las Obras, a cargo del Contratista o, en su defecto, se tratará como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

Las sanciones a las que se hace referencia en este epígrafe no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual a dos (2) veces la merma de resistencia, expresadas ambas en porcentaje.

### **21.10.3 Espesor**

El espesor medio obtenido no será inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los planos del Proyecto. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa por ciento ( $\geq 90\%$ ) del especificado, se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior aplicado en toda la anchura de la sección tipo por cuenta del Contratista, que se construirá conjuntamente en una única capa. No se permitirá en ningún caso el recrecimiento en capa delgada con ningún tipo de material.
- Si es inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ) del especificado, se demolerá la capa correspondiente al lote controlado y se repondrá con un material aceptado por el Director de las Obras, por cuenta del contratista. El producto resultante de la demolición se empleará como indique el Director de las Obras, a cargo del

Contratista o, en su defecto, se tratará como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

Adicionalmente, no se admitirá que más de un ( $\geq 1$ ) individuo de la muestra ensayada del lote presente resultados inferiores al especificado en más de un diez por ciento ( $\geq 10\%$ ). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada una de ellas, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

#### **21.10.4 Rasante**

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas, ni existirán zonas que retengan agua. Si se rebasaran dichas tolerancias, se procederá de la siguiente manera:

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la rasante siempre que se compense la merma producida con el espesor adicional necesario de la capa superior, en toda la anchura de la sección tipo y por cuenta del Contratista, de acuerdo con lo especificado en el epígrafe anterior.
- Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá mediante fresado por cuenta del Contratista, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los planos del Proyecto. El producto resultante será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente.

#### **21.10.5 Regularidad superficial**

Los resultados de la medida de la regularidad superficial de la capa acabada no excederán de los límites establecidos en el epígrafe 21.7.4. Si se sobrepasaran dichos límites, se procederá de la siguiente manera:

- Si es inferior al diez por ciento ( $< 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado se aplicará una penalización económica del diez por ciento (10%).

- Si es igual o superior al diez por ciento ( $\geq 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado se corregirán los defectos mediante fresado por cuenta del Contratista, teniendo en cuenta todo lo especificado en los epígrafes 21.10.3. y 21.10.4.

## 21.11 MEDICIÓN Y ABONO

El cemento se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, obtenidas multiplicando la medición abonable de material reciclado por la dosificación media deducida del control de dosificación de cada lote.

La ejecución del reciclado *in situ* con cemento se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ) de material reciclado, los cuales se obtendrán como producto de la superficie reciclada, obtenida multiplicando las anchuras de las secciones tipo señaladas en los Planos por la longitud realmente ejecutada y por el espesor medio de reciclado deducido de los ensayos de control.

En dicho abono se considerará incluida la disgregación por fresado de las capas del firme existente, la mezcla y homogeneización del material fresado, el agua de amasado y, en su caso, los aditivos, la extensión, la prefisuración, la compactación y la terminación de la mezcla reciclada.

El material de aportación, en su caso, se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ), obtenidos aplicando a la medición abonable de ejecución del reciclado la dosificación de la fórmula de trabajo para ese tramo.

No se tendrá derecho a un incremento de abono por las zonas solapadas o las superficies que por sus defectos haya sido necesario reciclar en más de una pasada. Tampoco serán de abono las creces laterales, ni la limpieza de la superficie existente.

La aplicación del ligante bituminoso para el riego de curado se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra, medidas antes de su empleo. El árido de cobertura superficial, incluida su extensión, apisonado y eliminación posterior, se abonará por toneladas (t) realmente empleadas en obra.

En los artículos del anexo de esta Orden Circular se establecen una serie de comprobaciones de la conformidad de los productos y los procesos incluidos en su ámbito que, en muchos casos, están referidos a normativa NLT, UNE, UNE-EN y UNE-EN ISO. A los efectos de esta Orden Circular, debe entenderse que las normas mencionadas se refieren siempre a las versiones que se relacionan en este anejo, salvo en el caso de normas UNE-EN que sean transposición de normas EN cuya referencia haya sido publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea, en el marco de aplicación del Reglamento Europeo de Productos de la Construcción UE 305/2011, en cuyo caso la cita se deberá relacionar con la última Comunicación de la Comisión que incluya dicha referencia.

Las normas aquí recogidas 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 especificaciones técnicas idénticas.

La relación de las versiones correspondientes a las normas referidas, aplicables en cada caso, con referencia a su fecha de aprobación, es la que se indica a continuación.

#### **ART. 21.- RECICLADO *IN SITU* CON CEMENTO DE CAPAS DE FIRME**

NLT-330	Cálculo del índice de regularidad internacional, IRI, en pavimentos de carreteras.
UNE 103103: 1994	Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande.
UNE 103104: 1993	Determinación del límite plástico de un suelo.
UNE 103201: 1996	Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
UNE 103201: 2003 ERRATUM	Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.
UNE 103204: 1993	Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.
UNE 103204: 1993 ERRATUM	Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.

UNE 103900: 2013	Determinación <i>in situ</i> de la densidad y de la humedad de suelos y materiales granulares por métodos nucleares: pequeñas profundidades.
UNE-EN 933-1: 2012	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.
UNE-EN 933-2: 1996	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 933-2/1M: 1999	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 12504-1: 2009	Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.
UNE-EN 13286-2: 2011	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 13286-2: 2011/AC: 2012	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: 2003	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 conglomerantes hidráulicos.
UNE-EN 13286-45: 2004	Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 45: Método de ensayo para la determinación del periodo de trabajabilidad.
UNE-EN 13286-47: 2012	Mezclas de áridos sin ligante y con conglomerante hidráulico. Parte 47: Método de ensayo para la determinación del CBR (California Bearing Ratio), del índice de carga inmediato (IBI) y del

hinchamiento lineal.

UNE-EN 13286-51: 2006

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-EN ISO 17892-1: 2015

Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 1: Determinación de la humedad

Artículo derogado por la O.C. 2/2023