

# PLIEGO DE SUELO ESTABILIZADO CON CEMENTO PARA CAMINOS

## 1.- DEFINICIÓN Y AMBITO DE APLICACION

Se define como suelo estabilizado in situ con cemento la mezcla homogénea, uniforme y correctamente compactada de un suelo con cemento y agua en la propia traza del camino, con espesores comprendidos entre 20 cm y 30 cm. La incorporación del cemento al suelo tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua de este suelo, proporcionarle cohesión para evitar pérdidas de material, aumentar la vida útil e incrementar su capacidad de soporte.

La ejecución de un suelo estabilizado in situ con cemento incluye las siguientes operaciones, realizándose a veces, varias de ellas simultáneamente:

- Estudio de la mezcla, obtención de la fórmula de trabajo y del plazo de trabajabilidad.
- Preparación de la superficie existente.
- En caso necesario, transporte y extensión del suelo.
- Humectación o desecación del suelo.
- Distribución del cemento.
- Ejecución de la mezcla.
- Compactación.
- Terminación de la superficie.
- Curado y protección superficial.

Este pliego se redacta para su aplicación en caminos agrícolas, rurales o forestales, vías pecuarias, caminos en encauzamientos, caminos transitorios de obra, vías de servicio, superficies de apoyo y caminos de parques de aerogeneración o de huertos solares, plataformas, rellenos y terraplenes u otros similares. Quedan expresamente excluidos de este Pliego las explanadas de carreteras que se rigen por la normativa vigente del Ministerio de Fomento.

## 2.- MATERIALES Y SUELO ESTABILIZADO

El cemento cumplirá las prescripciones establecidas en la vigente Instrucción para la recepción de cementos RC-08 o normativa que la sustituya. La clase resistente del cemento será preferiblemente la 32,5 N. Si el contenido de sulfatos solubles ( $SO_3$ ) en el suelo a estabilizar, determinado según la UNE 103201, fuera superior al cinco por mil (0,5%) en masa, deberá emplearse un cemento resistente a los sulfatos (SR).

La dotación mínima de cemento será del tres por ciento (3%) sobre la masa del suelo seco.

Los suelos que se vayan a estabilizar in situ con cemento serán suelos o mezclas totalmente homogéneas de éstos formados por los propios materiales de la traza u otros materiales. Podrán utilizarse todo tipo de suelos para estabilizar con cemento siempre que quede garantizada la estabilidad volumétrica del suelo estabilizado a largo plazo y su durabilidad. Se deberán cumplir las prescripciones incluidas en el Apartado 4. Control de Calidad de este pliego.

Se podrán emplear todas las aguas que la práctica haya sancionado como aceptables. Si existen dudas deberá comprobarse que no alteran los procesos de fraguado y endurecimiento del cemento.

La resistencia a compresión simple de acuerdo con UNE 13286-41 a siete (7) días del material mezclado en probetas compactadas según UNE-EN 13286-50 o UNE-EN 13286-51, deberá ser superior a un megapascal y medio (1,5 MPa). El Director de la Obra podrá incrementar este valor en el caso de requerir protección a la helada, cuando se quiera asegurar cierta durabilidad o cuando se prevea el paso eventual de algún vehículo pesado. En el caso de que vayan a circular más de 5 vehículos pesados al día o una concentración temporal de los mismos, se deberá buscar otra solución estructural.

El plazo mínimo de trabajabilidad de la mezcla, determinado a la máxima temperatura esperada en obra durante la ejecución de acuerdo con la UNE-EN 13286-45, deberá ser superior al necesario para realizar todas las operaciones de mezclado, compactación y terminación más un margen de seguridad de treinta (30) minutos.

### **3.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y EQUIPO NECESARIO**

Antes de comenzar las obras deberá estar definida la fórmula de trabajo, previo estudio en laboratorio (según Apartado 4. Control de Calidad), la cual deberá señalar al menos la dosificación mínima de cemento, el contenido de humedad del suelo inmediatamente antes de su mezcla con el cemento, la densidad a obtener y el plazo de trabajabilidad.

Es conveniente realizar, como parte de la obra, un tramo de prueba, que se realizará con el espesor y la fórmula de trabajo prescritos y empleando los mismos medios que se vayan a utilizar en la ejecución, para comprobar dicha fórmula de trabajo y el adecuado funcionamiento de los equipos. En este tramo se determinará el proceso de compactación (número de pasadas y modo del compactador) hasta conseguir la densidad mínima requerida del noventa y ocho por ciento (98%) de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado según UNE 103501.

Antes de iniciar el estabilizado, el camino deberá tener la rasante y los peraltes definitivos. La maquinaria y procedimiento de ejecución se adaptarán a las condiciones de la obra y rendimientos requeridos.

En caso de no requerirse rendimientos elevados y en superficies reducidas o de forma irregular, tras la humectación o secado del suelo hasta la humedad óptima, la extensión del cemento se podrá realizar por medios manuales, distribuyendo los sacos en una cuadrícula calculada según la dosificación y espesor de la capa a estabilizar, y extendiendo el cemento con ayuda de rastrillos. Inmediatamente después, se mezclará el suelo y el cemento utilizando equipos automotrices de estabilizado u otros equipos de menor entidad, como equipos agrícolas tipo rotavator, siempre que garanticen un mezclado y amasado homogéneos en toda la masa. No se permitirá maquinaria agrícola tipo ripper o escarificadora, ya que no garantizan la homogeneidad transversal. Una vez realizada la mezcla, se procederá a una primera compactación (1 ó 2 pasadas de rodillo), seguido de un refinado con la motoniveladora, sin compensar partes bajas con excedentes de partes altas, y terminando con el resto de la compactación hasta conseguir la densidad requerida del 98% Proctor modificado.

En todos los demás casos, la mezcla del suelo con el cemento se realizará con una máquina estabilizadora/recicladora formada por un equipo automotriz dotado de un rotor con uno o varios ejes horizontales de paletas o picas situadas dentro de una carcasa en la que se puede inyectar el agua o el cemento en forma de lechada. El equipo deberá garantizar la disgregación del suelo hasta la profundidad establecida en los planos o mediciones, y la mezcla uniforme de éste con el cemento y el agua. Los equipos dosificadores de cemento deberán realizar el extendido del conglomerante de forma ponderal, sincronizado con la velocidad de avance. Salvo que las circunstancias de la obra lo aconsejen, como en el caso de exceso de humedad en el suelo, o el Director de la Obra lo apruebe, será aconsejable el empleo de equipos dosificadores por vía húmeda, que inyecten directamente el cemento en forma de lechada en el tambor de la estabilizadora, evitando todo tipo de pérdidas y levantamiento de polvo. Antes de terminar la compactación, se deberá nivelar la superficie, para lo cual se reperfilará con motoniveladora retirando el material sobrante, sin compensar partes bajas con excedentes de partes altas, y se compactará hasta obtener una superficie cerrada, sin material suelto, hasta conseguir la densidad requerida del 98% Proctor modificado.

Sea cual sea el procedimiento de ejecución, el equipo de compactación estará compuesto como mínimo por un compactador vibratorio que dispondrá de un rodillo metálico capaz de alcanzar una masa de al menos quince toneladas (15 t). Todos los elementos de mezclado adaptarán su velocidad para obtener la máxima eficacia, manteniéndose por debajo de diez metros por minuto (10 m/min), y darán las pasadas necesarias para obtener un mezclado homogéneo del cemento y el suelo, lo que se reconoce por la ausencia de terrones y por un color uniforme. Los trabajos de mezclado, nivelación y compactación deberán realizarse siempre dentro del plazo de trabajabilidad, que deberá conocerse antes de comenzar las obras.

Una vez terminada la puesta en obra, se mantendrá la superficie húmeda durante un periodo mínimo de tres días (3 d) para asegurar un curado correcto.

No se permitirá la circulación sobre la capa estabilizada de vehículos ligeros en los tres (3) primeros días después de su terminación, ni de vehículos pesados en los siete (7) primeros días, salvo los de obra que tengan que circular.

#### 4.- CONTROL DE CALIDAD, PLAN DE ENSAYOS Y ESPECIFICACIONES

Los ensayos a realizar se resumen en la siguiente tabla, junto con las especificaciones para cada uno:

Tipo de ensayo	Criterio de aceptación	Norma de referencia	Frecuencia mínima ensayos
<b>1.- Identificación del suelo a estabilizar (control previo)</b>			
Análisis granulométrico de suelos	Tamaño máximo < 100 mm / Pasa por 0,063 < 50%	UNE-EN 933-2	2/suelo
Límites de Atterberg	IP < 20	UNE 103104	2/suelo
Contenido de materia orgánica en suelos	< 2%	UNE 103204	2/suelo
Contenido de sulfatos solubles en suelos	< 1%	UNE-EN 1744-1	2/suelo
<b>2.- Dosificación de la mezcla (control previo)</b>			
Fórmula de trabajo para estabilización de suelo con cemento	Densidad y humedad óptimas Proctor modificado. Contenido mínimo de cemento del 3%. Resistencia objetivo > 1,8 MPa en laboratorio	UNE 103501 UNE 13286-41	1/suelo 2 probetas x 2 porcentajes de cemento
Plazo de trabajabilidad	> 120 min	UNE 41240	1/suelo
<b>3.- Control de ejecución</b>			
Resistencia a compresión simple (a 7 días)	Cada probeta > 1,5 MPa	UNE-13286-41	2/día
Densidad y humedad "in situ", introduciendo vástago hasta menos de 5 cm del fondo de la capa	Densidad > 98% Proctor m. Humedad ± 1% Proctor m.	ASTM D-3017 ASTM D-2922	7/día
Catas o testigos para determinar espesor de la estabilización y cohesión del material	Correcto espesor y cohesión del material	-	3/obra
Comprobación documental de consumo de cemento. Recopilación de albaranes de sacos o de cisternas suministrados a la obra	Dotación media de cemento adecuada en función de dosificación, espesor, anchura y longitud	Calcular dotación media = t cemento/superficie /espesor	1/cisterna de cemento

#### 5.- MEDICIÓN Y ABONO

El cemento empleado en la estabilización in situ se abonará por toneladas (t) realmente empleadas, obtenidas multiplicando la medición obtenida de suelo estabilizado por la dosificación media deducida del control de dosificación de cada cisterna.

La ejecución del suelo estabilizado in situ con cemento se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de material estabilizado, los cuales se obtendrán como producto de la superficie realmente estabilizada, medida sobre el terreno, por el espesor medio de estabilización deducido de los ensayos de control.