

EMPLEO DE MAQUINARIA INADECUADA EN LAS OBRAS DE ESTABILIZACIÓN

Asociación Nacional Técnica de Estabilizado de Suelos y Reciclado de Firmes

Madrid, 17 de Julio de 2009

INDICE

1. MAQUINARIA PARA LA EJECUCIÓN DE ESTABILIZACIONES
2. DEFINICIONES
 - 2.1 Punto de Control
 - 2.2 Consecuencia
 - 2.3 Criterio de aptitud
3. EQUIPOS PARA LA EJECUCIÓN DEL MEZCLADO
 - 3.1 Estabilizadora-Recicladora
 - 3.2 Pata de cabra
 - 3.3 Rotovator agrícola
 - 3.4 Otros aperos agrícolas (Arados, Vertederas, Subsoladores...)
4. EQUIPOS PARA LA DOSIFICACIÓN DEL CONGLOMERANTE
 - 4.1 Distribuidor de polvo cerrado con dosificador volumétrico proporcional a la velocidad de avance
 - 4.2 Distribuidor de polvo abierto sin dosificador volumétrico proporcional a la velocidad de avance
 - 4.3 Distribuidor de polvo mediante aire a presión acoplado a cisterna de transporte
 - 4.4 Dosificador de lechada

1. MAQUINARIA PARA LA EJECUCIÓN DE ESTABILIZACIONES

Un equipo de estabilización de suelos está formado por el equipo básico de tratamiento del suelo más un equipo normal de humectación, extendido y compactación de tierras.

El equipo básico de tratamiento del suelo está formado a su vez por una máquina dosificadora y/o distribuidora de conglomerantes, y la máquina mezcladora, también llamada estabilizadora o recicladora, ya que también se emplea en el reciclado de carreteras in situ.



Foto 1: Equipo de estabilización in situ con cemento por vía seca y nivelación con 3D

Las dosificadoras pueden ser de dos tipos:

- Dosificadoras en forma de polvo
- Dosificadoras en forma de lechada

Las primeras son las indicadas en el procedimiento de trabajo que se conoce habitualmente como vía seca, frente a las segundas, que son necesarias para llevar a cabo la estabilización por vía húmeda.

La diferencia fundamental entre los dos sistemas es que mientras que en el primero la cal se extiende en forma de polvo y se mezclan dos sólidos, el conglomerante y

el suelo, en el segundo sistema, el conglomerante es previamente mezclado con el agua, formando una lechada, que posteriormente es dispersada por el suelo en la cámara de la recicladora, de manera que se mezcla un líquido con un sólido.

El hecho de hidratar completamente todo el conglomerante antes de ser mezclado con el suelo hace que todas sus partículas trabajen perfectamente, no quedando ninguna envuelta entre partículas sólidas inertes de suelo.

La mal llamada "vía mixta" no es más que un intento de ahorro en el que se mezcla el conglomerante en forma sólida, junto con el suelo en forma sólida con agua, sin asegurar que todas las partículas de conglomerante están hidratadas como en el caso de formación de lechada.

El procedimiento habitual de trabajo para la vía seca puede ser:

- Riego de agua necesaria para la humedad óptima de compactación
- Extendido del conglomerante
- Mezclado
- Precompactación
- Nivelación
- Compactación final

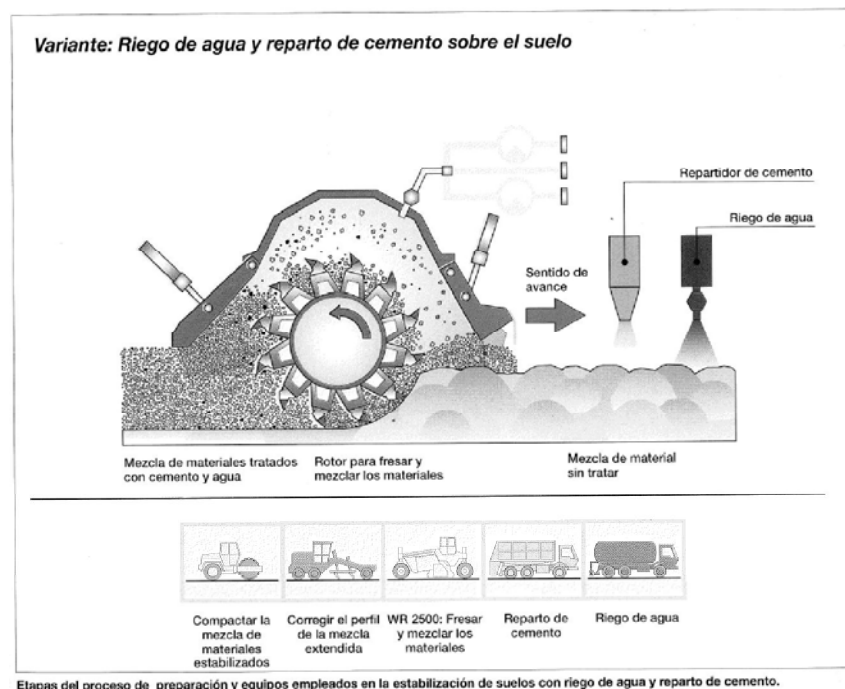


Figura 1: Esquema de trabajo para una VÍA SECA

Para la vía húmeda, sería:

- Mezclado junto con la inyección de la lechada con la cantidad de agua necesaria para conseguir la humectación óptima
- Precompactación

- Nivelación
- Compactación final

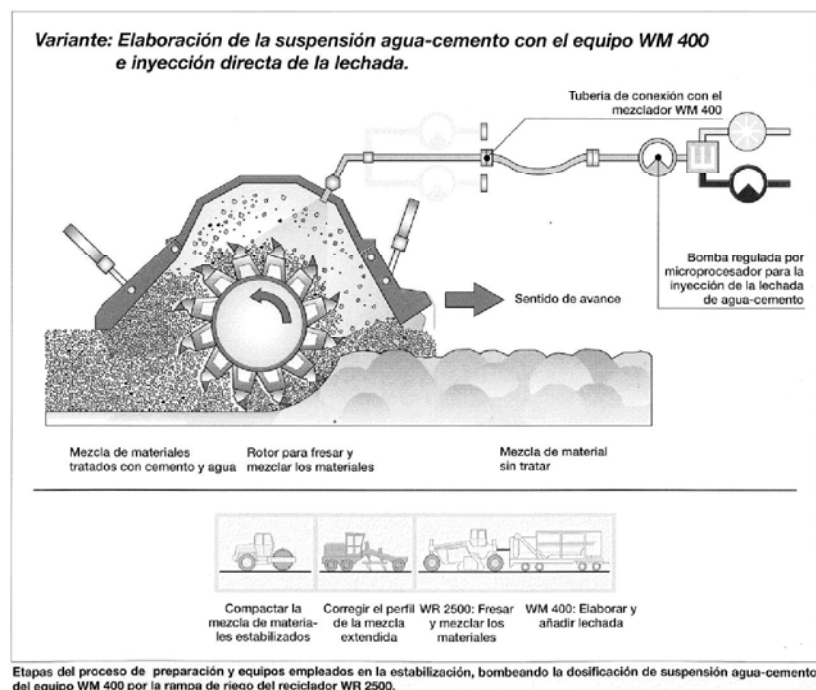


Figura 2: Esquema de trabajo para una VÍA HÚMEDA

2. DEFINICIONES

2.1. Punto de Control

Punto de Control es aquel aspecto técnico, mecánico o normativo en base al cual se va a realizar la evaluación de los equipos.

La selección de los *puntos de control* es producto de las normativa de aplicación y de la observación de determinadas prácticas constructivas en obra, variando ésta según la tipología de los equipos estudiados.

2.2 Consecuencia

Consecuencia es el resultado positivo o negativo que puede darse en los trabajos de estabilización por la correcta o incorrecta utilización de un determinado equipo de trabajo .

2.3 Criterio de aptitud

Se considerará *APTO* para un trabajo de estabilización determinado aquel equipo que cumpla con todos y cada uno de los *puntos de control* establecidos

3. EQUIPOS PARA LA EJECUCIÓN DEL MEZCLADO

Según el Art. 512.4 del PG-3 (Incluido en la OC 10/2002 Min. de Fomento) los equipos para la ejecución del mezclado deben cumplir:

- “Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en los equipos empleados en la ejecución de obras”
- “Para las carreteras con categoría pesado T00 a T1 o cuando la superficie a tratar sea superior a los setenta mil metros cuadrados (70.000 m²), será preceptivo el empleo de equipos que integren en una sola máquina las operaciones de disgregación, de dosificación y distribución de la cal o del cemento y del agua, y de mezcla
- “La mezcla in situ del suelo con cal o con cemento se realizará con equipos autopropulsados que permitan una suficiente disgregación de aquél hasta la profundidad establecida en los Planos”
- “Deberá disponer de sistema de control y regulación de la profundidad de mezcla”
- “En las zonas tales que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de paso o de drenaje, a muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando, se emplearán los medios adecuados en cada caso, de forma que las características obtenidas no difieran de las exigidas en las demás zonas”
- “Cuando el cemento o la cal se aporten en forma de lechada, el equipo para su fabricación tendrá un mezclador con alimentación volumétrica de agua y dosificación ponderal del conglomerante. El equipo de estabilización deberá estar provisto de un dispositivo de rociado, así como de control automático programable de dosificación, que permita adecuar las dosificaciones a la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y la anchura de la capa que se vaya a estabilizar, y según el avance de la máquina”

En base a lo cual se seleccionan los siguiente Puntos de Control:

NORMATIVOS

- 1.1. Cumple con la normativa de seguridad vigente
- 1.2. Cumple con la normativa medioambiental vigente
- 1.3. Dispone de marcado CE

TÉCNICO-CONSTRUCTIVOS

- 2.1. El equipo es autopropulsado
- 2.2. Dispone de control de profundidad
- 2.3. Capacidad para la disgregación del suelo
- 2.4. Dosifica lechadas agua+conglomerante

3.1 Estabilizadora-Recicladora



Foto 2: Estabilizadora de última generación

	PUNTO DE CONTROL	CUMPLE	CONSECUENCIA
1	NORMATIVO		
1.1	Cumple normativa de seguridad vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.2	Cumple normativa medioambiental vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.3	Dispone de marcado CE	SI	El equipo es apto para el trabajo
2	TÉCNICO-CONSTRUCTIVO		
2.1	El equipo es autopropulsado	SI	Grandes rendimientos de trabajo
2.2	Dispone de control de profundidad	SI	Garantiza la profundidad de trabajo a diferentes profundidades (Hasta 50 cm)
2.3	Capacidad para la disgregación del suelo	SI	Mezcla más homogénea y con mejor comportamiento estructural
2.4	Dosifica lechadas agua+conglomerante	SI	Apto para trabajos con tráfico >T1 y superficies > 70.000m2

Conclusiones/Criterio de Aptitud: **EQUIPO APTO**

Las recicladoras-estabilizadoras de última generación cumplen con todos los aspectos, técnicos, mecánicos y normativos y por tanto son las máquinas idóneas para la realización de trabajos de estabilización.

Sólo podrán ser sustituidas por "los medios adecuados" en aquellas zonas "tales que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de paso o de drenaje, a muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando". (Art. 512.4 PG-3, incluido en OC 10/2002 del Min. Fomento)

3.2 Pata de cabra



Foto 3: Pata de cabra con pala

	PUNTO DE CONTROL	CUMPLE	CONSECUENCIA
1	NORMATIVO		
1.1	Cumple normativa de seguridad vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.2	Cumple normativa medioambiental vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.3	Dispone de marcado CE	SI	El equipo es apto para el trabajo
2	TÉCNICO-CONSTRUCTIVO		
2.1	El equipo es autopropulsado	SI	Grandes rendimientos de trabajo
2.2	Dispone de control de profundidad	NO	Las zonas profundas de las capas quedan sin tratar. La profundidad del tratamiento está limitada por la longitud de los pisones (Máx. 20 cm)
2.3	Capacidad para la disgregación del suelo	NO	Puntos con exceso o defecto de conglomerante. Zonas sin tratar.
2.4	Dosifica lechadas agua+conglomerante	NO	No apto para trabajos con tráfico >T1 y superficies > 70.000m2

Conclusiones/Criterio de Aptitud: **EQUIPO NO APTO**

El pata de cabra no es apto para trabajos de estabilización, el efecto de amasado de sus pisones no realiza una correcta distribución del conglomerante, sobre todo cuando el material se encuentra húmedo y no se produce su desterronamiento.

Sólo se podrá utilizar en capas exentas de riesgo estructural de espesor inferior a 20cm y con materiales muy secos.

3.3 Rotovator agrícola



Foto 4: Rotovator agrícola

	PUNTO DE CONTROL	CUMPLE	CONSECUENCIA
1	NORMATIVO		
1.1	Cumple normativa de seguridad vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.2	Cumple normativa medioambiental vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.3	Dispone de marcado CE	SI	El equipo es apto para el trabajo
2	TÉCNICO-CONSTRUCTIVO		
2.1	El equipo es autopropulsado	NO	Menor rendimiento de trabajo
2.2	Dispone de control de profundidad	NO	Las zonas profundas de las capas quedan sin tratar.
2.3	Capacidad para la disgregación del suelo	SI	Mezcla más homogénea y con mejor comportamiento estructural.
2.4	Dosifica lechadas agua+conglomerante	NO	No apto para trabajos con tráfico >T1 y superficies > 70.000m2

Conclusiones/Criterio de Aptitud: **EQUIPO NO APTO**

El rotovator agrícola no es apto para trabajos de estabilización. Para ser un equipo que trabaja únicamente por gravedad, su ligereza (± 1.000 Kg) no le permite mezclar con garantía en toda la profundidad de la capa.

Además, debido a su fragilidad mecánica sólo podrá trabajar en aquellos suelos con bajo nivel de compactación. Esta fragilidad mecánica se suele superar con el escarificado previo de las capas.

3.4 Otros aperos agrícolas (Arados, Vertederas, Subsoladores...)



Foto 5: Vertedera de cuatro tejas

	PUNTO DE CONTROL	CUMPLE	CONSECUENCIA
1	NORMATIVO		
1.1	Cumple normativa de seguridad vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.2	Cumple normativa medioambiental vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.3	Dispone de marcado CE	SI	El equipo es apto para el trabajo
2	TÉCNICO-CONSTRUCTIVO		
2.1	El equipo es autopropulsado	NO	Menor rendimiento de trabajo
2.2	Dispone de control de profundidad	NO	Pueden llegar a zonas profundas de forma incontrolada. Ripado y Descompactado de capas subyacentes
2.3	Capacidad para la disgregación del suelo	NO	Puntos con exceso o defecto de conglomerante. Zonas sin tratar.
2.4	Dosifica lechadas agua+conglomerante	NO	No apto para trabajos con tráfico >T1 y superficies > 70.000m ²

Conclusiones/Criterio de Aptitud: **EQUIPO NO APTO**

El uso de maquinaria agrícola no es apto para la estabilización por la falta de control que supone el uso de ésta. Su homogeneidad de envuelta y profundidad no puede ser controlada, dependiendo en gran medida del peso del equipo y del interés del operador en realizar multitud de pasadas.

El descontrol de profundidad que se produce con el trabajo de vertederas y/o subsoladores puede producir ripados y descompactados en zonas tan profundas que los compactadores no puedan volver a compactarlas.

4. EQUIPOS PARA LA DOSIFICACIÓN DEL CONGLOMERANTE

Según el Art. 512.4 del PG-3 (Incluido en la OC 10/2002 Min. de Fomento) los equipos para la distribución y/o dosificación del conglomerante deben cumplir:

- “Lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en los equipos empleados en la ejecución de obras”
- “Para las carreteras con categoría pesado T00 a T1 o cuando la superficie a tratar sea superior a los setenta mil metros cuadrados (70.000 m²), será preceptivo el empleo de equipos que integren en una sola máquina las operaciones de disgregación, de dosificación y distribución de la cal o del cemento y del agua, y de mezcla”
- “Salvo justificación en contrario, el cemento o la cal se dosificarán como lechada. Se podrá dosificar en polvo en obras pequeñas (menos de 70.000 m²) o cuando sea conveniente una reducción de la humedad natural del suelo”
- “Se emplearán equipos con dosificación ligada a la velocidad de avance, que podrán consistir en camiones-silo o en tanques remolcados con tolvas acopladas en la parte posterior con compuerta regulable”
- “Cuando el cemento o la cal se aporten en forma de lechada, el equipo para su fabricación tendrá un mezclador con alimentación volumétrica de agua y dosificación ponderal del conglomerante. El equipo de estabilización deberá estar provisto de un dispositivo de rociado, así como de control automático programable de dosificación, que permita adecuar las dosificaciones a la fórmula de trabajo correspondiente, según la profundidad y la anchura de la capa que se vaya a estabilizar, y según el avance de la máquina”

En base a lo cual se seleccionan los siguiente Puntos de Control:

NORMATIVOS

- 1.1. Cumple con la normativa de seguridad vigente
- 1.2. Cumple con la normativa medioambiental vigente
- 1.3. Dispone de marcado CE

TÉCNICO-CONSTRUCTIVOS

- 2.1. Sistema de control de dosificación proporcional al avance
- 2.2. Aísla el conglomerante de factores externos
(Procesos de Hidratación y/o Carbonatación)
- 2.3. Fabrica lechadas agua+conglomerante

4.1 Distribuidor de polvo cerrado con dosificador volumétrico proporcional a la velocidad de avance



Foto 6: Distribuidor de polvo cerrado con dosificación proporcional a la velocidad

	PUNTO DE CONTROL	CUMPLE	CONSECUENCIA
1	NORMATIVO		
1.1	Cumple normativa de seguridad vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.2	Cumple normativa medioambiental vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.3	Dispone de marcado CE	SI	El equipo es apto para el trabajo
2	TÉCNICO-CONSTRUCTIVO		
2.1	Sistema de control proporcional al avance	SI	Evita el exceso o defecto de conglomerante producido por la variación de velocidad.
2.2	Aisla el conglomerante de factores externos (Procesos de Hidratación y/o Carbonatación)	SI	El conglomerante mantiene sus propiedades hasta el momento de su puesta en obra.
2.3	Fabrica lechadas agua+conglomerante	NO (*)	No apto para trabajos con tráfico >T1 y superficies > 70.000m ²

Conclusiones/Criterio de Aptitud: **EQUIPO APTO (*)**

Este equipo garantiza la precisión de la dosificación por “vía seca” con independencia del factor humano. Su sistema de control de dosificación evita los problemas de excesos o faltas de conglomerante debidos a las variaciones de la velocidad de trabajo.

Aunque no debe utilizarse en explanadas con tráfico >T1 ni con superficies de ejecución superiores a 70.000m², podrá utilizarse cuando sea conveniente una reducción de la humedad natural del suelo.

4.2 Distribuidor de polvo abierto sin dosificador volumétrico proporcional a la velocidad de avance



Foto 7: Distribuidor de polvo abierto sin dosificación proporcional a la velocidad

	PUNTO DE CONTROL	CUMPLE	CONSECUENCIA
1	NORMATIVO		
1.1	Cumple normativa de seguridad vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.2	Cumple normativa medioambiental vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.3	Dispone de marcado CE	SI	El equipo es apto para el trabajo
2	TÉCNICO-CONSTRUCTIVO		
2.1	Sistema de control proporcional al avance	NO	Aparición de zonas con excesos o defectos de conglomerante.
2.2	Aísla el conglomerante de factores externos (Procesos de Hidratación y/o Carbonatación)	NO	El conglomerante puede hidratarse y/o carbonatarse perdiendo sus propiedades
2.3	Fabrica lechadas agua+conglomerante	NO	No apto para trabajos con tráfico >T1 y superficies > 70.000m ²

Conclusiones/Criterio de Aptitud: **EQUIPO NO APTO**

El equipo no es apto para la ejecución de estabilizaciones por "vía seca". La ausencia de sistema de control de la dosificación provoca la aparición de zonas con excesos o defectos de conglomerante. La precisión de la dosificación depende de la destreza del operador.

En los equipos abiertos, el conglomerante puede hidratarse o carbonatarse perdiendo sus propiedades estabilizantes. Además, la carga del dosificador desde acopio permite la contaminación del conglomerante con el suelo de la zona de apoyo.

4.3 Distribuidor de polvo mediante aire a presión acoplado a cisterna de transporte



Foto 8: Distribuidor de conglomerante acoplado a cisterna de transporte

	PUNTO DE CONTROL	CUMPLE	CONSECUENCIA
1	NORMATIVO		
1.1	Cumple normativa de seguridad vigente	NO	Riesgo de accidentes
1.2	Cumple normativa medioambiental vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.3	Dispone de marcado CE	NO	Equipo no apto para el trabajo
2	TÉCNICO-CONSTRUCTIVO		
2.1	Sistema de control proporcional al avance	NO	Aparición de zonas con excesos o defectos de conglomerante.
2.2	Aísla el conglomerante de factores externos (Procesos de Hidratación y/o Carbonatación)	SI	El conglomerante mantiene sus propiedades hasta su puesta en obra.
2.3	Fabrica lechadas agua+conglomerante	NO	No apto para trabajos con tráfico >T1 y superficies > 70.000m ²

Conclusiones/Criterio de Aptitud: **EQUIPO NO APTO**

El conjunto cisterna-distribuidor no es apto para la estabilización por "vía seca". El conjunto no cuenta con dispositivos que permitan asociar la velocidad de avance y la dosificación del pulverulento pudiendo provocar la aparición de zonas con excesos o defectos de conglomerante. La presión de descarga y la velocidad de desplazamiento determina los escalones de dosificación.

A día de hoy, los conjuntos cisterna-distribuidor no disponen de certificado de conformidad de equipos de trabajo según RD 1215/97 ni declaración CE de conformidad que deben acompañar a cada máquina desde el 1 de enero de 1995.

4.4 Dosificador de lechada



Foto 9: Dosificador de lechada acoplado a estabilizadora

	PUNTO DE CONTROL	CUMPLE	CONSECUENCIA
1	NORMATIVO		
1.1	Cumple normativa de seguridad vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.2	Cumple normativa medioambiental vigente	SI	El equipo es apto para el trabajo
1.3	Dispone de marcado CE	SI	El equipo es apto para el trabajo
2	TÉCNICO-CONSTRUCTIVO		
2.1	Sistema de control proporcional al avance	SI	Evita el exceso o defecto de conglomerante producido por la variación de velocidad.
2.2	Aísla el conglomerante de factores externos (Procesos de Hidratación y/o Carbonatación)	SI	El conglomerante mantiene sus propiedades hasta su puesta en obra.
2.3	Fabrica lechadas agua+conglomerante	SI	Apto para trabajos con tráfico >T1 y superficies > 70.000m ²

Conclusiones/Criterio de Aptitud: **EQUIPO APTO**

Este equipo garantiza la precisión de la dosificación por “vía húmeda” con independencia del factor humano. Su sistema de control de dosificación evita los problemas de excesos o faltas de conglomerante debidos a las variaciones de la velocidad de trabajo.

Puede utilizarse en explanadas con tráfico >T1 y con superficies de ejecución superiores a 70.000m². Deberá ser sustituido por un distribuidor en polvo cuando sea conveniente una reducción de la humedad natural del suelo o cuando las características de la obra no permitan su adecuada movilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MINISTERIO DE FOMENTO. "Norma 6.1. I.C. Secciones de firmes". Madrid 1989.

MINISTERIO DE FOMENTO. "Orden Circular 10/2002 sobre secciones de firmes y capas estructurales de firmes". Madrid 2002.

MINISTERIO DE FOMENTO. "Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes PG-3, 2ª edición". Madrid 2001.

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. "Recomendaciones de proyecto y construcción de firmes y pavimentos". Valladolid 2004.

JUNTA DE ANDALUCIA. "Instrucción para el diseño de firmes de la red de carreteras de Andalucía". Sevilla 2007.

CEDEX-IECA. "Manual de firmes con capas tratadas con cemento". Madrid 2003.

ANCADE. "Manual de Estabilización de suelos con cal". Madrid 1997.

ANTER "Informe nº 09166INMA-VR-IF-01 rev. 00 de fecha 17/07/09. Informe de la inspección realizada a un dosificador de pulverulentos". Madrid 2009.

ANTER "Informe sobre la declaración CE de conformidad". Madrid 2009.

ANTER "Fichas de equipos". Madrid 2007.