

DISTRIBUCIÓN DEL CONGLOMERANTE EN OBRAS DE
ESTABILIZACIÓN O RECICLADO:
VÍA SECA Y VÍA HÚMEDA



ASOCIACIÓN NACIONAL TÉCNICA
DE ESTABILIZADOS DE SUELOS
Y RECICLADO DE FIRMES

Ponentes

Miguel López-Bachiller Fernández

Presidente de ANTER

Asociación Nacional Técnica de Estabilizado de Suelos y Reciclado de Firmes

Diego Parejo Vadillo

Vicepresidente de ANTER

Asociación Nacional Técnica de Estabilizado de Suelos y Reciclado de Firmes

RESUMEN

Nuestro parque de maquinaria para trabajos de estabilización o reciclado in situ se ha desarrollado a un gran ritmo en la última década, pasando de un equipo en 1.997 hasta más de sesenta en la actualidad.

En los trabajos de estabilización se han perfeccionado las técnicas tanto de distribución como de mezclado y aparecen en las obras conceptos nuevos con una terminología a veces no suficientemente aclarada.

Términos como "vía mixta" o "vía semihúmeda" sin una definición concreta pueden confundir a los técnicos no especializados en este trabajo.

El objetivo de esta ponencia es aclarar toda esta nomenclatura.



INDICE

1. Descripción breve de una estabilización de suelos
2. Definición de "vía seca". Máquinas repartidoras en forma de polvo
3. Definición de "vía húmeda". Sistemas diferentes para fabricar lechada
4. Ventajas de uno y otro sistema
5. CONCLUSIONES



1. Descripción breve de una estabilización de suelos

La estabilización de suelos consiste en la mezcla de suelo con aditivos para mejorar sus características. Los conglomerantes o aditivos más usuales son la cal y el cemento, aunque pueden utilizarse otros (emulsiones o betún, cenizas volantes, escorias, etc.).

Los conglomerantes pueden adquirirse en forma de polvo, gránulos, escamas o líquidos.

Pese a ser una técnica empleada desde hace más de 3.000 años, en las últimas décadas han aparecido máquinas de alto rendimiento que permiten ejecutar estabilizaciones con un precio muy competitivo, haciendo viable el empleo de un gran número de materiales que hasta hace bien poco se enviaban a vertedero.

Estas máquinas modernas están dotadas de un cilindro, normalmente llamado rotor, equipado con elementos que atacan directamente al suelo, picas o paletas, y lo levantan, mezclándolo un cierto tiempo en una cámara de envuelta.

El conglomerante y el agua u otros líquidos son añadidos, bien antes del mezclado, bien en la misma cámara de mezclado.

El tamaño del rotor, diámetro y longitud, el número y forma de los elementos de ataque, paletas o picas, la velocidad de giro del mismo y la velocidad de avance de la máquina junto con la dureza del terreno, definen la potencia necesaria que tiene que poner la máquina a disposición del mezclado.

Las primeras máquinas de este tipo vienen del campo agrícola, pero en general se trata de rotores muy pequeños (inferiores a 2,0 metros) y cuyo diámetro y potencia no permiten mezclar suelos con conglomerantes en más de 15 cm efectivos (18 cm con el esponjamiento) sin garantía de conseguir esta profundidad en muchos casos además de ser necesarias varias pasadas, hasta 5 o más, para

conseguir una mezcla homogénea por lo que no es maquinaria apta para estabilizaciones en carreteras.

Los rotores de estas máquinas están colocados normalmente en la parte trasera de la máquina tractora, como un apero agrícola más, contando para su introducción en el terreno con poco más que su propio peso (en torno a 1.000 kg).

Independientemente de la forma en la que se distribuya el conglomerante, estas máquinas no se utilizan más que para trabajos de pequeño tamaño (inferiores a 500 m²).

Las estabilizadoras modernas son máquinas mucho más pesadas, con un rotor mucho mayor (anchura de 2,5 m muchas de ellas, diámetro del tambor de 1,5 m y un gran número de picas o elementos de mezclado, hasta 278 en algunos modelos, y con la posibilidad de mezclar con eficacia hasta 45 ó 50 cm de espesor en el terreno, y con velocidades del rotor entre 100 y 200 rpm).

La potencia de estas máquinas es mucho mayor que la de la gran mayoría de los tractores agrícolas, con frecuencia superior a los 350 kw. Estas máquinas garantizan un mezclado mucho mejor (más fino y homogéneo), por lo que la cantidad de conglomerante puede reducirse sin perder cualidades en el producto final conseguido. También permiten introducir dentro del tambor uno o varios líquidos convenientemente dosificados.

Es en estos casos cuando la dotación puede bajarse hasta el mínimo imprescindible, ya que podemos estar seguros de la calidad de la mezcla obtenida.

2. Definición de “estabilización por vía seca”. Máquinas repartidoras en forma de polvo

En la estabilización por vía seca, el conglomerante se deposita en el suelo en forma de polvo como una alfombra de espesor uniforme.

El conglomerante que es transportado desde la fábrica o silo se descarga hasta un depósito, normalmente por vía neumática, que puede ser arrastrado con un tractor como un remolque o también ser automotriz.



Foto 1 Repartidor de vía seca remolcado

Mediante cinta transportadora, tornillos sinfín o inclinando el depósito, el conglomerante se lleva hasta la parte trasera del depósito, donde se dosifica con un alveolar u otro tornillo sinfín de paso variable.

En ningún caso debe dosificarse el conglomerante mediante aire a presión.

Los sistemas de dosificación pueden ser independientes de la velocidad de avance o estar conectados a la misma.

En los aparatos más sencillos, dos motores independientes controlan la velocidad, y por lo tanto el volumen, de arrastre del conglomerante hacia la parte del dosificador, y la dosificación como tal.

Esta dosificación, en conjunción con la velocidad de avance, da como resultado la dotación por superficie.

A partir de este esquema sencillo, los sistemas pueden complicarse, conectando la velocidad de avance con la del arrastre del conglomerante hacia el dosificador y con la del mismo dosificador, de manera que cuanto más deprisa avanza el repartidor, más conglomerante deja caer al suelo, manteniendo la dotación por superficie.



Foto 2 Repartidor de vía seca autopropulsado

Hasta hace poco tiempo, los dosificadores de vía seca eran sólo volumétricos.

Actualmente en el mercado hay disponibles dosificadores ponderales: Mediante células de pesaje, se conoce instantáneamente la cantidad de conglomerante que queda en el depósito. Por diferencia entre dos instantes determinados, se tiene el dato de la cantidad de conglomerante



Foto 3 Pantalla de control de un dosificador de vía seca ponderal

dosificación ponderal muy precisa.

Cuando el conglomerante es un polvo fino, como es el caso de la cal o el cemento, se descarga en el depósito por vía neumática.

ASOCIACIÓN NACIONAL TÉCNICA
DE ESTABILIZADOS DE SUELOS
Y RECICLADO DE FIRMES

Estas máquinas se completan con multitud de opciones:

- Ruedas extra-anchas para transitar por superficies difíciles (barro).
- Recogedores del polvo que se emite durante la descarga.
- Impresora de los datos de dosificación y superficie recorrida.
- Dispositivos para esparcir agua o cualquier otro producto para evitar que se levante polvo.



Foto 4 Controles de dosificación

empleado, que junto con la superficie cubierta, nos da el dato de la dosificación exacta por superficie. Un microprocesador permite reajustar el sistema continuamente, obteniéndose una

3. Definición de “estabilización por vía húmeda”. Sistemas diferentes para fabricar lechada.

En las estabilizaciones por vía húmeda, antes de mezclar el suelo con el conglomerante, se fabrica una lechada agua-conglomerante, que es la que se mezcla con el suelo.

Hay dos tipos en el mercado: estáticos y remolcables, siendo éstos últimos los más utilizados en nuestro entorno.



Ilustración 1 Hidratador estático de cal transportable

Los estáticos se utilizan sólo en el empleo de cal.

Constan de un depósito de unos 60 m³ que se llena de agua hasta un cierto nivel. Después se descarga dentro una cisterna de cal viva que se va hidratando conforme va entrando en contacto con el agua.

El agua sirve para hidratar la cal y también como refrigerante para absorber parte del calor que se emite en la reacción del agua con la cal.

En el fondo del hidratador hay unos agitadores cuyo objetivo es mantener la lechada en suspensión y evitar que se decante y mantener la composición uniforme de la misma.

Una vez formada la lechada se descarga mediante una bomba en las cisternas que la llevan al tajo para inyectarla directamente en el suelo mediante bombas de caudal controlado o para añadirla a la cámara de mezclado de la recicladora, también mediante una bomba de caudal controlado.



Foto 5 Equipo de reciclado de vía húmeda

El segundo sistema consta de un remolque sobre el que se han colocado depósitos para el conglomerante y el agua, el motor que debe mover todas las bombas y tornillos sinfines y el sistema de dosificación.

El conglomerante y el agua se descargan cada uno en su depósito.

La máquina que prepara la lechada va conectada a la recicladora-estabilizadora mediante una barra fija, de manera que ambas avanzan a la misma velocidad.

En la preparadora de lechada hay un microprocesador en el que se introducen los siguientes parámetros de trabajo: Densidad del suelo mezclado con el conglomerante, anchura y profundidad de trabajo, dotación de conglomerante y agua en %.

Conforme las máquinas avanzan, hay un dispositivo que mide la velocidad de avance, que junto con el resto de parámetros, sirve para calcular la cantidad de lechada que es necesaria en cada momento para conseguir la mezcla prevista.

La medición del agua empleada se hace mediante un caudalímetro muy preciso. La medición del conglomerante, mediante una báscula dinámica, también es bastante precisa, pero que es necesario calibrar en función del tipo de conglomerante empleado.



Foto 6 Detalle del display de control de la lechada

La dosificación del agua se hace automáticamente mediante una bomba de caudal variable, y la del conglomerante actuando directamente sobre el sinfín que lo transporta hasta el mezclador.

Tanto el conglomerante como el agua se llevan hacia un mezclador en el que se forma la lechada y de ahí, con unas bombas de caudal variable también, se inyecta al interior de la cámara de mezclado de la recicladora-estabilizadora en la que el suelo que está en suspensión.

En todo el proceso explicado, y tanto con el sistema estático como en el remolcado, se produce una lechada homogénea con las proporciones de conglomerante y agua requeridas en cada momento.

4. Ventajas de uno y otro sistema

La formación de lechada implica ventajas claras sobre el producto final. Estas ventajas no se obtienen cuando el conglomerante se extiende en forma de polvo y el agua se pulveriza en la cámara de mezclado.

Las ventajas de las que hablamos son:

- Se asegura la hidratación de todas las partículas del conglomerante, ya sea cal, cemento o cualquier otro.
- Se consigue un mejor reparto del conglomerante en el suelo si éste es en forma de fluido (lechada) que en forma de polvo.
- Se mejora el intercambio iónico en el caso de la cal.

En definitiva, se consigue un empleo más eficiente del conglomerante, lo que se traduce en poder emplear una cantidad inferior del mismo para conseguir unas determinadas prestaciones del producto final, o bien obtener un mejor producto final con la misma cantidad de conglomerante que en el caso de emplearlo por vía seca.

Por estos motivos en el PG3 se indica claramente que para trabajos mayores de 70.000 m², o tráfico T00, T0 y T1 debe emplearse la vía húmeda salvo justificación.

En muchas ocasiones, los inconvenientes que supone el no poder disponer de un equipo de vía húmeda pueden paliarse con un empleo de más cantidad de conglomerante.

En otras, la vía seca tiene ventajas sobre la vía húmeda:

- Suelos con exceso de humedad que es necesario secar
- Suelos que no es necesario secar pero se encuentran con humedad superior en uno o dos puntos al óptimo de compactación
- Zonas o épocas de pluviometría frecuente
- Obras de tamaño reducido (menos de 15.000 m²)
- Obras de bajo rendimiento (menos de 1.000 m²/jornada)
- Obras en las que la circulación de camiones es difícil, ya sea por los accesos o por el tipo de suelo.

En estos casos, puede suplirse las ventajas de la vía húmeda añadiendo algo más de conglomerante.

La dosificación del conglomerante en forma de polvo añadiendo el agua al tambor de la recicladora no es más que una variante de la vía seca. El beneficio aportado por el hecho de añadir agua a la cámara de mezclado en ningún caso consigue las ventajas de la vía húmeda.

En los casos en los que no haya más remedio que emplear este sistema, se debería subir la dotación de conglomerante.

CONCLUSIONES

- Con el método de vía húmeda, la formación de lechada asegura la hidratación de todas las partículas del conglomerante, con lo que se consigue un empleo más eficiente del mismo.
- Se consigue una mejor mezcla suelo-conglomerante si éste está en forma de lechada.

- El empleo del conglomerante en polvo y el agua pulverizada en la cámara de mezclado da al producto final unas prestaciones inferiores que cuando se emplea el conglomerante en forma de lechada.
- La falta de hidratación y eficiencia en el mezclado puede suplirse con un incremento en la dotación del conglomerante.
- En las obras en las que el objetivo principal sea secar, el procedimiento correcto será siempre la vía seca, empleando cal viva.
- En otras muchas obras el sistema de vía seca puede tener ventajas sobre la vía húmeda, por su pequeño tamaño, por bajo rendimiento, por accesibilidad o por encontrarse el suelo con una humedad superior a la óptima de compactación o con riesgo inminente de lluvia.
- La adición de agua al tambor en ningún caso es vía húmeda, sino una variante de la vía seca.
- En ningún caso debe emplearse el conglomerante aplicando aire a presión para depositarlo en el suelo.
- En el PG3 se indica claramente que para trabajos mayores de 70.000 m², o tráficos T00, T0 y T1 debe emplearse la vía húmeda salvo justificación.

ASOCIACIÓN NACIONAL TÉCNICA DE ESTABILIZADOS DE SUELOS Y RECICLADO DE FIRMES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Asociación nacional de fabricantes de cales y derivados de España ANCADE. 1997. *Manual de estabilización de suelos con cal.* Madrid : s.n., 1997.

Carreteras. Lazcano Acedo, Juan Francisco, Uriol Salcedo, Jose Ignacio y Lacleta Muñoz, Ángel. 1999. 3388, Madrid : Revista de Obras Públicas, 1999.

Carreteras, Dirección General de. 2002. *Secciones de firme y capas estructurales de firmes.* Madrid : Ministerio de Fomento. Secretaría general técnica, 2002. 84-498 0632-1.

del Val Melús, Miguel Angel; Díaz Minguela, Jesús; Solís Villa, Luis Alberto. 2004. *Recomendaciones de proyecto y construcción de firmes y pavimentos.* Valladolid : Junta de Castilla y León, 2004. S 497-2004.

Fomento, Ministerio de. 2000. Instrucción de Carreteras 3.1 IC Trazado, 6.1 IC Firmes. BOE. 2000, 28 Feb 2000.

Instituto español del cemento y sus aplicaciones IECA; Asociación nacional de fabricantes de cales y derivados de España ANCADE; Asociación nacional técnica de estabilizados de suelos y reciclado de firmes ANTER. 2008. *Manual de estabilizaciones con cal y cemento.* Madrid : En imprenta, 2008.

Jofré Ibañez, Carlos; Ruiz Rubio, Aurelio et al. 2003. *Manual de firmes con capas tratadas con cemento*. Madrid : Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento, 2003. 84-7790-393-X.

Kraemer, Carlos; Pardillo, José M^a et al. 2004. *Ingeniería de Carreteras*. Madrid : McGraw Hill/Interamericana de España s.a.u., 2004. 84-481-3999-2.

Laboratoire central des ponts et chaussées; Service d'etudes techniques des routes et autoroutes. 2000. *Traitement des sols à la chaux et/ou liants hydrauliques*. Paris, Bagneux : Ministère de l'équipement, des transports, et du logement, 2000. 2-7208-3810-1.

Ministerio de Fomento. 2008. *Pliego General para la construcción de Carreteras y puentes PG 3*. Madrid : Ministerio de Fomento, 2008.

Williams, R.I.T. 1986. *Cement-treated pavements*. London : Elsevier Applied Science Publishers, 1986.

