



## Soil mixing / Mezcla de suelos

Una tecnología eficiente y flexible para solucionar problemas de suelos muy diversos

## Una manera económica de mejorar el terreno

Soil mixing es una técnica avanzada de mejora del suelo que requiere una experiencia considerable en planificación, diseño y ejecución. La técnica conlleva una mejora significativa de las propiedades mecánicas y físicas del suelo in situ, que se mezcla con cemento o compuestos aglutinantes para formar el denominado soil mix o suelo mezclado. El suelo estabilizado resultante generalmente tiene una mayor resistencia, una menor permeabilidad y una menor compresibilidad que el suelo original. Para el tratamiento medio-ambiental, agentes de oxidación química u otros materiales reactivos también pueden usarse para neutralizar a los contaminantes.

### Deep soil mixing / Mezcla de suelos profunda y estabilización en masa

La mezcla del suelo se puede hacer con una proporción de reemplazo del 100% tratando todo el suelo dentro de un bloque en particular, como es el caso de la estabilización en masa, o con una relación inferior, como es el caso de la mezcla profunda. Se utilizan diferentes patrones de ejecución para lograr el resultado requerido mediante la utilización de columnas espaciadas o superpuestas, columnas individuales o combinadas y también paneles.

### Vía húmeda y seca

El suelo a mejorar se mezcla mecánicamente in situ, bien con un aglutinante en forma de lodo líquido (vía húmeda), bien con un aglutinante en seco (vía seca). El lodo también se puede aplicar como un chorro a presión mejorando el mezclado mecánico e incrementando el diámetro de la columna. La capacidad de elegir la vía húmeda o seca permite a Keller ofrecer aplicaciones de soil mixing a la medida.

### Beneficios del soil mixing

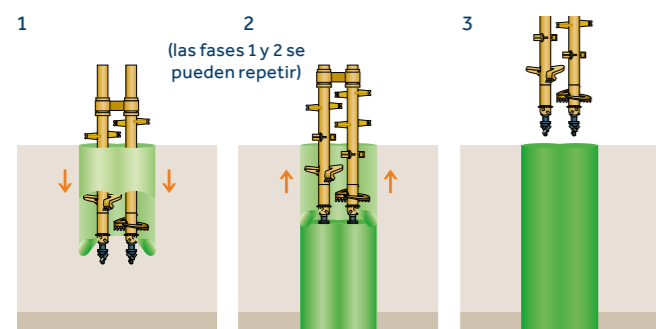
Soil mixing se basa en el concepto de mejorar los suelos naturales o los materiales de antiguas zonas industriales para cumplir con los requisitos de diseño, evitando excavaciones problemáticas o el reemplazo de suelos, y sustituyendo a métodos más caros de cimentación profunda. La amplia gama de aplicaciones y los diferentes métodos de ejecución de soil mixing permiten soluciones de ingeniería del terreno seguras y muy económicas. El uso de aglutinantes no tóxicos como aditivos para el suelo, incluidos los subproductos industriales, así como la reducción del volumen de rechazo en comparación con el jet grouting o los pilotes perforados clásicos, por citar dos ejemplos, posicionan firmemente a soil mixing como una tecnología respetuosa con el medio ambiente.

- Económico
- Puede reemplazar métodos de cimentación profunda más caros
- Sin vibraciones
- Flexible en la aplicación
- Reduce el tiempo de construcción
- Respetuoso con el medio ambiente



### Wet deep soil mixing / Mezcla profunda de suelo por vía húmeda

En la vía húmeda se inserta en el suelo una herramienta de mezclado especial que comprende varillaje de perforación individual o múltiple, rigidizadores transversales y brocas helicoidales. La penetración y extracción de la herramienta de mezclado se facilita por la salida de lechada de cemento a través de las toberas localizadas expresamente en el extremo inferior de la broca y, en el caso de las columnas de gran diámetro, también a lo largo de las cuchillas de mezclado. La herramienta de mezclado, que también puede moverse hacia arriba y hacia abajo a lo largo de la columna para mejorar la homogeneidad del soil mix, asegura una mezcla exhaustiva de la lechada con el suelo. La composición y la velocidad de bombeo del lodo se ajustan y controlan para lograr las propiedades de diseño del suelo estabilizado. Las columnas de deep soil mixing de suelos tienen un diámetro típicamente entre 0,6 y 2,4 m, dependiendo de la aplicación. Se puede insertar un refuerzo de acero en una mezcla de suelo fresca para aumentar la resistencia a la flexión, como ocurre en columnas profundas utilizadas para contener una excavación.



### Control de calidad

La garantía y control de calidad se obtienen a partir de los protocolos de ejecución de la columna y de los resultados de pruebas relevantes de laboratorio y verificaciones de campo. Cada columna está provista de un registro de gráficos, que habitualmente comprende: identificación de elementos, información de la herramienta de mezcla, profundidad de mezcla, tiempo de mezcla, especificación de la lechada, flujo y presión de la inyección, volumen total de lechada utilizada, velocidades de la herramienta de mezclado y rpm durante la penetración y extracción y torsión del eje. A partir de esta información, la energía de la mezcla y el contenido del aglutinante se calculan para que cumplan con los requisitos de proyecto. Generalmente las muestras de suelos estabilizados para ensayar se obtienen a partir de columnas frescas y un dispositivo "toma muestras". La perforación con extracción de testigo y otros métodos de ensayos de campo también se pueden utilizar para obtener muestras y examinar la continuidad, uni-formidad y rigidez de las columnas de "deep soil mixing". La selección de métodos de verificación adecuados depende de su relevancia, precisión y aplicabilidad en relación con el propósito y el patrón de tratamiento del suelo, así como de las propiedades de diseño del suelo estabilizado.

Proceso de mezclado profundo por vía húmeda

# Aplicaciones

- Terraplenes de carreteras y ferrocarriles
- Soporte de zapatas aisladas o corridas y losas
- Pilas y estribos de puentes, cimientos de turbinas eólicas
- Sistemas de contención y refuerzo de excavaciones
- Estabilización de taludes
- Mitigación del potencial de licuación
- Diques, muros pantalla y barreras contra la filtración
- Mejora del suelo y saneamiento de lugares a través de la estabilización en masa
- Encapsulado e inmovilizado de contaminantes

### Dry deep soil mixing / Mezcla profunda de suelo por vía seca

El método seco es aplicable en suelos que tienen un alto contenido de humedad que facilita la reacción química del suelo y las aguas subterráneas con aglutinantes y estabilizantes inyectados por vía seca. La ventaja fundamental de la mezcla en seco es que los efectos positivos de la estabilización se pueden obtener en depósitos profundos de suelos muy blandos, incluso en suelos orgánicos, con una alta productividad, casi sin generación de desechos y con un costo competitivo. Además, permite operaciones a bajas temperaturas.

El equipo típico para la mezcla profunda de suelo por vía seca comprende una planta de alimentación y almacenamiento (estacionaria o móvil) de aglutinantes, un equipo de perforación diseñado expresamente para la instalación de las columnas, y una herramienta de mezclado especial en el extremo del varillaje de mezcla. El diámetro de columna típico es de 0,6 a 1 m y la profundidad del tratamiento puede alcanzar hasta 25 m.

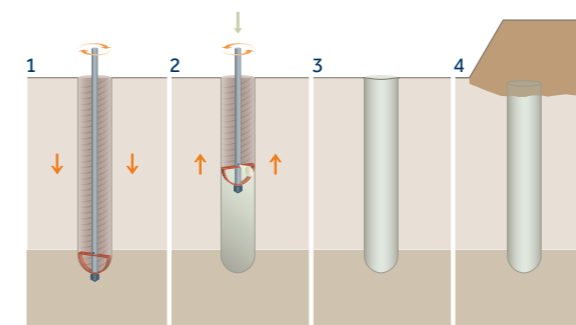
La mezcla del aglutinante seco con el suelo tiene lugar mientras se retira el varillaje y la herramienta de mezclado rota en la dirección opuesta a la de la fase de penetración. El aglutinante se impulsa desde la lanzadera hacia el equipo a través de

mangueras de conexión que utilizan aire comprimido. La cantidad de aglutinante se ajusta cambiando la velocidad de rotación de la rueda de alimentación. La presión del aire y la cantidad de aglutinante se controlan automáticamente para suministrar la dosis especificada de aglutinante a la zona tratada del suelo. Como regla general, las arcillas plásticas y los limos se mejoran con cal o cemento con cal, mientras que los suelos orgánicos se mejoran con mezclas que contienen escoria de altos hornos.

### Control de calidad

Al igual que con la vía húmeda, el control de calidad y las pruebas se realizan tanto durante la ejecución como después de la finalización de los trabajos. Durante la ejecución la instrumentación registra los datos de cada columna, y una vez terminadas éstas, se realizan pruebas de control para garantizar el cumplimiento de las suposiciones adoptadas en el proyecto. Los sondeos son las pruebas más habituales y son viables en columnas diseñadas con una resistencia baja. También se pueden ejecutar pruebas de penetración de cono modificadas y ensayos de tracción para evitar la tendencia del cono a salirse fuera de las columnas más profundas. Si fuese necesario también se podrían ejecutar pruebas de laboratorio sobre muestras extraídas de columnas a la vista.

Proceso de mezcla profunda por vía seca

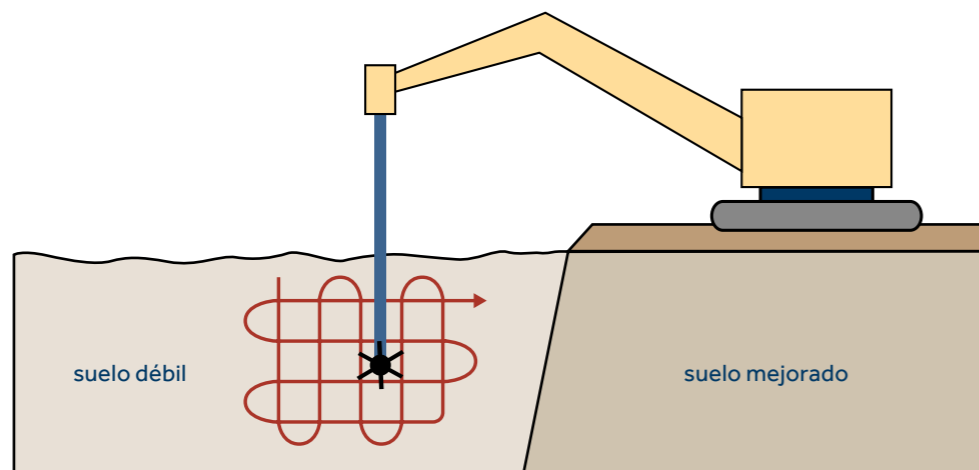




### Estabilización en masa

La estabilización en masa ofrece una solución rentable para las obras de mejora del suelo o la descontaminación de una zona, especialmente cuando se trata de volúmenes sustanciales de suelos superficiales muy débiles, o contaminados y con un alto contenido de agua. Estos suelos pueden aparecer en depósitos tales como sedimentos dragados, suelos orgánicos húmedos o lodo de desecho. En este método se utilizan herramientas de mezclado especiales que en la mayoría de los casos se montan sobre un equipo de excavación. La mezcla se realiza vertical u horizontalmente, con herramientas de mezcla que se asemejan a propulsores de turbina y que incorporan una tobera central para el aglutinante. El aglutinante por vía seca se introduce desde una

unidad separada que aloja un depósito presurizado para el aglutinante, un compresor, un secador de aire y la unidad de control de suministro. Alternativamente, la vía húmeda también puede utilizarse para la estabilización en masa. La estabilización se ejecuta por fases, dependiendo del rango operacional del equipo de perforación, que generalmente comprende un área de 8 a 10 m<sup>2</sup> y una profundidad de hasta aprox. 8 m. Una vez que se ha aplicado el volumen de aglutinante requerido, se continúa mezclando para garantizar las propiedades de mezcla óptimas.



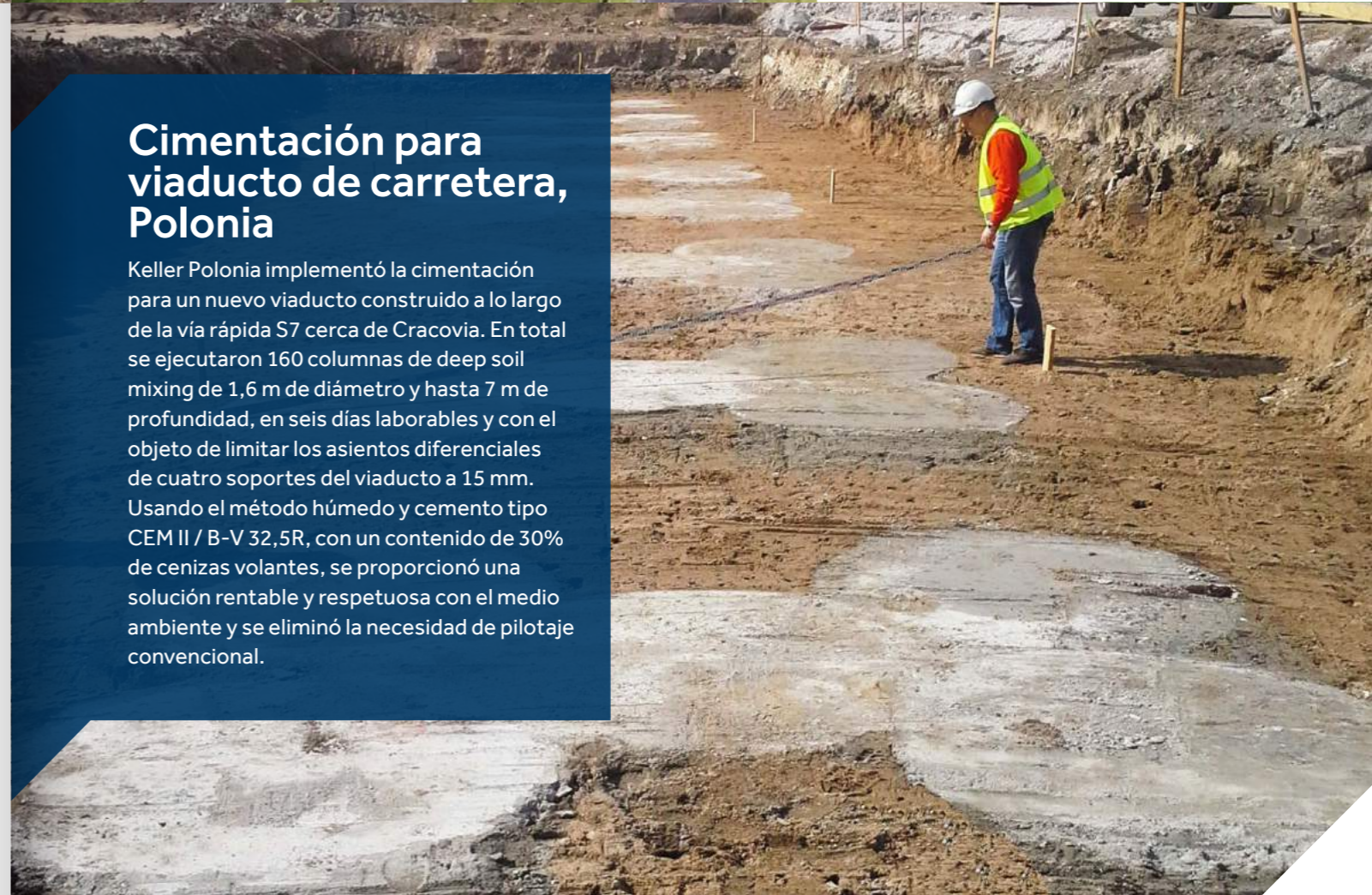
Proceso de estabilización en masa

## Caso de soil mixing



### Cimentación para viaducto de carretera, Polonia

Keller Polonia implementó la cimentación para un nuevo viaducto construido a lo largo de la vía rápida S7 cerca de Cracovia. En total se ejecutaron 160 columnas de deep soil mixing de 1,6 m de diámetro y hasta 7 m de profundidad, en seis días laborables y con el objeto de limitar los asentamientos diferenciales de cuatro soportes del viaducto a 15 mm. Usando el método húmedo y cemento tipo CEM II / B-V 32,5R, con un contenido de 30% de cenizas volantes, se proporcionó una solución rentable y respetuosa con el medio ambiente y se eliminó la necesidad de pilotaje convencional.





**Keller Group Plc**

Especialista en soluciones geotécnicas  
[www.keller.com](http://www.keller.com)