

# Inyección de Compactación

La Inyección de Compactación (IC) es una técnica de mejoramiento de suelos que consiste en la inyección de un mortero de cemento, de bajo revenimiento, la cual tiene el objetivo primordial de densificar a profundidad suelos predominantemente arenosos. La Inyección de Compactación (IC) se realiza mediante el bombeo a baja presión del mortero, a través de una boquilla colocada en la punta de la herramienta de perforación, con el fin de desplazar lateralmente el suelo circundante y densificarlo sobre un volumen predeterminado, resultando así en una compactación uniforme del suelo.

Este procedimiento genera cilindros verticales (columnas) formados con el mortero inyectado, quedando embebidos en los suelos en toda la profundidad de perforación. Por medio de la secuencia de la inyección del mortero durante la extracción continua y controlada de la herramienta, se van formando diferentes diámetros de las columnas de mortero dentro de los suelos circundantes densificados, según las necesidades del mejoramiento.

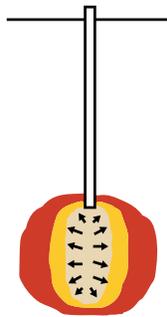
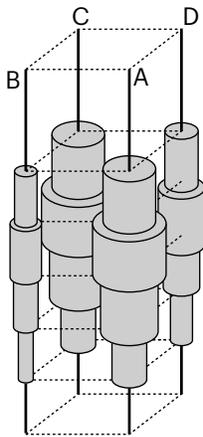
Para generar un mejoramiento uniforme en la masa de suelo, el volumen de mortero inyectado, que corresponderá al volumen de suelo densificado, debe instalarse previendo la colocación de las columnas en diferentes trazos de mallas: primaria, secundaria y/o terciaria, de manera que se maximice la densificación de los suelos y se minimice el volumen inyectado.





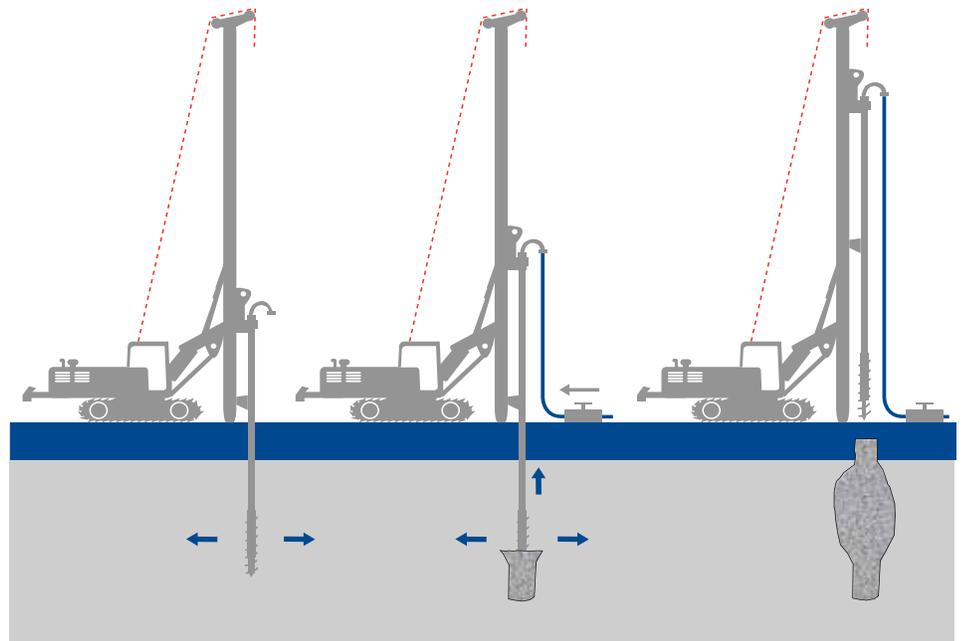
# Inyección de Compactación

## Implementación y métodos



- Mortero
- Zona plástica
- Zona pseudo-elástica

La perforación mediante el uso de una barrena de desplazamiento produce, de inicio, una compresión lateral del suelo equivalente al volumen de la propia barrena. Posteriormente, durante la fase de extracción de la barrena, se realiza una segunda compresión del suelo por medio de la inyección a presión de un mortero de cemento altamente viscoso y de bajo revenimiento, controlando las velocidades de extracción de la herramienta, y los volúmenes de inyección. La Inyección de Compactación generalmente se aplica sobre el trazo de mallas cuadradas con el fin de realizar múltiples fases de inyección (la utilización de mallas triangulares genera secuencias de ejecución más complejas). Tras la aplicación de la primera fase de inyección, el suelo circundante queda estabilizado. Con las fases subsiguientes se termina por obtener una densificación homogénea del suelo. En la figura se muestra una secuencia típica de instalación en el orden siguiente: A, C, D, B.



La velocidad de extracción de la herramienta se controla para evitar el fracturamiento del suelo (formación de grandes grietas en el suelo, que crecen con la presión de inyección). El diámetro final de la columna formada por la Inyección y la densificación de suelos obtenida, dependen de la compresibilidad inicial de los suelos. Para la Inyección de Compactación (IC) se recomienda el empleo de una mezcla de mortero de cemento altamente viscoso con un ángulo de fricción elevado. El mortero está hecho a base de arena, cemento, finos de cemento (escoria, cenizas, etc.), agua y agregados químicos (retardantes, plastificantes, etc.). La mezcla es rica en arenas y finos de cemento con el objetivo de conseguir una distribución del tamaño del grano bien graduada.

## Panel de prueba / Calibración

Un panel de prueba siempre se lleva a cabo al inicio de cada proyecto de Inyección de Compactación, con el fin de seleccionar / validar los parámetros siguientes:

- Mezcla óptima del mortero dependiendo de los agregados disponibles localmente.
- Definir presión máxima y parámetros de inyección.
- Seleccionar la tasa de reemplazo o incorporación requerida para obtener el resultado esperado en el diseño.
- Optimizar el método de ejecución del tratamiento: definición de la malla de instalación por cada fase, volumen del mortero por columna y parámetros de inyección (velocidad, presión, etc.).
- El mejoramiento del suelo se puede evaluar por medio de pruebas in situ como pueden ser CPT´s con medición de la presión de poro (piezoconos o CPTu).



Panel de prueba de Inyección de Compactación (IC).



Inyección de Compactación para autopista -S8- en Rzgów, Polonia.

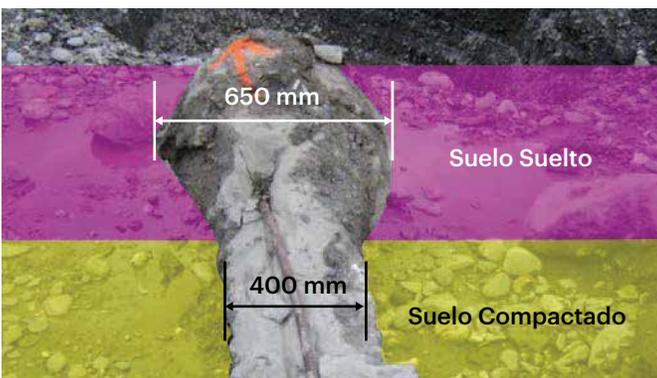


Las características con las que debe contar la mezcla son:

- El mortero tendrá la capacidad de bombearse a alta presión.
- La inyección del mortero no debe provocar que el suelo se fracture.
- El mortero no deberá perder el agua prematuramente, pues esto evitaría una expansión eficiente del volumen inyectado.

La tasa de reemplazo o incorporación requerida y la densificación del suelo se controlan por medio de un cuidadoso monitoreo del volumen del mortero incorporado en el suelo hasta la profundidad de diseño. Así mismo, se realiza el registro de datos de los parámetros de perforación y de inyección, el cual resulta ser una herramienta eficiente de control de calidad. La Inyección de Compactación es típicamente utilizada para densificar arenas sueltas y mitigar el riesgo de licuación, además aporta capacidad de carga y rigidez vertical adicional al terreno. La Inyección de Compactación (IC) se adapta particularmente bien para mitigar el riesgo de licuación por las razones siguientes:

- Existe un incremento de la compacidad relativa de suelos arenosos.
- Incrementan el coeficiente horizontal de presión de tierras en reposo  $K_0$ .
- La aplicación de esta técnica induce el envejecimiento del suelo mediante la deformación de cortante de baja amplitud.



## Ventajas

- La Inyección de Compactación se emplea para estabilizar y mejorar los suelos compresibles, incluyendo la mitigación del riesgo de licuación.
- No es necesario construir toda la longitud de la columna, se puede lograr un tratamiento selectivo limitado a las capas compresibles.
- La técnica se realiza sin vibraciones, no produce daño aparente en las capas superficiales y, por lo tanto, puede ejecutarse cerca de estructuras vecinas sensibles.
- Las columnas que se forman al aplicar la Inyección de Compactación también pueden emplearse como elementos verticales de refuerzo similares a las inclusiones rígidas.

