

Barcelona, lunes 5 octubre de 2026

Un nuevo método del CSIC convierte el ruido urbano e industrial en una herramienta para vigilar el subsuelo

- REFTION es el nombre de esta nueva técnica, ideada por un equipo investigador de GEO3BCN-CSIC y probada con datos de una red de estaciones sísmicas en la mina de Riotinto
- El trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto STONE en colaboración con la empresa Atalaya Mining



Equipo investigador de GEO3BCN del CSIC instalando estaciones sísmicas en la mina Riotinto en Huelva. / Martin Schimmel (GEO3BCN-CSIC).

Un equipo de Geociencias Barcelona (GEO3BCN) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) ha desarrollado un método pionero que utiliza el ruido generado por la actividad humana para vigilar de forma continua y no invasiva el subsuelo. La técnica, llamada REFTION, se ha probado con datos de una red de estaciones sísmicas instalada en la mina de Riotinto, en Huelva, un entorno especialmente complejo por la presencia de numerosas fuentes de ruido industrial.

El tráfico, los trenes y la maquinaria industrial, como trituradoras de roca, molinos, cintas transportadoras o sistemas de ventilación, generan vibraciones constantemente en ciudades e instalaciones industriales. Estas señales suelen considerarse un ruido

molesto y pueden interferir en las mediciones sísmicas. Sin embargo, también contienen información sobre el terreno por el que se propagan. La técnica REFTION permite aprovecharlas para observar de forma continua qué ocurre bajo nuestros pies.

“El reto es distinguir si una variación en las señales procede de un cambio real en el subsuelo o de la máquina que genera las vibraciones. REFTION permite reducir esa ambigüedad y aprovechar como herramienta de monitorización unas señales que hasta ahora podían dificultar la interpretación”, explica Pilar Sánchez-Pastor, investigadora de GEO3BCN-CSIC y primera autora del estudio.

El método, presentado en un estudio publicado en la revista *Geophysical Research Letters*, se ha desarrollado en el marco del proyecto STONE, una colaboración público-privada entre GEO3BCN-CSIC y la empresa Atalaya Mining.

Iluminar el subsuelo con vibraciones

Observar cómo cambia el subsuelo a lo largo del tiempo ayuda a vigilar minas, túneles y presas de residuos mineros, así como a estudiar la evolución de acuíferos, campos geotérmicos o sistemas de almacenamiento subterráneo de gas. También aporta información sobre el terreno situado bajo otras infraestructuras y zonas urbanas.

Una de las técnicas utilizadas para ello es la interferometría de ruido sísmico. Este método no invasivo aprovecha las vibraciones que se propagan por el terreno y son registradas por estaciones sísmicas instaladas en la superficie. Al atravesar el subsuelo, las ondas se ven afectadas por las propiedades de los materiales que encuentran. Su observación continua permite detectar pequeñas variaciones a lo largo del tiempo.

Para Sánchez-Pastor, monitorizar el subsuelo mediante esta técnica puede compararse con seguir la evolución de un hueso a través de sucesivas radiografías: “Las vibraciones sísmicas cumplen el papel de la fuente de iluminación, mientras que las señales registradas proporcionan una imagen indirecta del terreno que han atravesado. Sin embargo, si las radiografías se realizan con máquinas o ajustes diferentes, las imágenes pueden cambiar, aunque el hueso permanezca igual”.

De forma similar, explica la investigadora, cuando cambia el funcionamiento de una máquina industrial, también pueden variar la frecuencia o la intensidad de las vibraciones utilizadas para estudiar el terreno. Por ello, los métodos convencionales necesitan fuentes de vibración estables, una condición que no siempre se cumple, especialmente en zonas urbanas e industriales.

Comparar en el espacio para seguir cambios en el tiempo

Para identificar un cambio es necesario una referencia. Los métodos convencionales utilizan una observación anterior y comparan con ella las nuevas señales. “Siguiendo la analogía, sería como tomar una primera radiografía de un hueso como referencia y compararla con las obtenidas posteriormente. Si cambian la máquina o sus ajustes, resulta difícil saber qué parte de la diferencia procede realmente del hueso”, detalla Pilar Sánchez-Pastor.

Sin embargo, una radiografía también se interpreta en su contexto espacial. Una zona fracturada o dañada se reconoce porque presenta un aspecto diferente al de las zonas sanas que aparecen en la misma imagen, todas ellas observadas al mismo tiempo, con la misma máquina y bajo las mismas condiciones.

REFTION aplica una idea similar, ya que compara las señales registradas en la zona que se quiere monitorizar con las obtenidas simultáneamente en otro punto considerado estable. “La clave es que la zona que queremos monitorizar y la referencia se observan al mismo tiempo, bajo las mismas condiciones de iluminación sísmica. Así podemos reducir la influencia de los cambios en las fuentes de vibración”, subraya la investigadora de GEO3BCN-CSIC.

Al repetir esta comparación de forma continua, el nuevo método permite seguir la evolución temporal del subsuelo. La referencia puede ser una estación situada en una zona estable o, si no se dispone de ella, una combinación de las señales registradas por toda la red.

Vigilar una presa con el ruido de trituradoras en Riotinto

El equipo probó REFTION en la presa de residuos mineros de Aguzadera, situada en la mina de Riotinto. En colaboración con Atalaya Mining, GEO3BCN-CSIC instaló una red de 30 estaciones sísmicas a lo largo de Vaguada Norte, uno de los muros de la presa.

El equipo investigador utilizó las vibraciones generadas por trituradoras de roca para iluminar el subsuelo. Sin embargo, la investigación señala que pequeñas variaciones en la frecuencia de estas máquinas producían cambios aparentes que, con los métodos sísmicos convencionales, creaban artefactos y ocultaban la respuesta de la presa.

REFTION redujo esta interferencia e identificó pequeñas alteraciones en la presa asociadas al recrecimiento del muro y a los posteriores depósitos de residuos. “Los resultados fueron consistentes con medidas independientes realizadas mediante prismas geodésicos y piezómetros”, indica Sánchez-Pastor.

De la mina a nuevas aplicaciones

El equipo tiene previsto probar REFTION en otros entornos geológicos, con diferentes redes sísmicas y fuentes de vibración. Además de explotaciones mineras y presas de residuos, el método podría aplicarse en túneles, campos geotérmicos, instalaciones industriales, entornos urbanos o sistemas de almacenamiento subterráneo de gas. El objetivo final es integrarlo en sistemas operativos de monitorización continua y en tiempo casi real.

“REFTION convierte una de las principales dificultades de los entornos industriales y urbanos, la presencia de fuentes de vibración complejas y variables, en una oportunidad para observar el subsuelo de forma no invasiva”, destaca la investigadora.

El método está protegido por una patente concedida en España, mientras que la solicitud de patente europea se encuentra en evaluación, con vistas a su transferencia y

aplicación en sectores como la minería, la construcción, la energía y la gestión de infraestructuras.

Sánchez-Pastor, P., Schimmel, M., Jorde, S., Seivane, H., Díaz, J., Balaguera, A., et al. (2026). **Source-Unbiased Subsurface Monitoring With Seismic Noise**. *Geophysical Research Letters*, 53, e2026GL124481. <https://doi.org/10.1029/2026GL124481>

CSIC Comunicación

comunicacion@csic.es