

Descubriendo los secretos ocultos del hormigón: lo que el GPR puede (y no puede) revelar

Obtenga resultados óptimos de sus ensayos no destructivos de estructuras de hormigón

El radar de penetración en el suelo (GPR) se ha convertido rápidamente en un popular método no destructivo para investigaciones en hormigón debido a su gama de usos industriales, desde la simple prevención de golpes hasta el análisis de la capacidad estructural. El GPR es la herramienta definitiva para la cartografía de objetos en hormigón armado, ya que produce imágenes claras de objetos metálicos como barras de refuerzo o cables postensados. El GPR funciona tan bien en la cartografía de armaduras que a veces se olvidan las limitaciones de lo que puede y no puede encontrar. Esto puede dar lugar a información incompleta sobre lo que hay en el hormigón. Es importante reconocer la ciencia que hay detrás de un dispositivo de exploración GPR para comprender sus capacidades y limitaciones, y lo que puede hacer por el operador.

Los dispositivos GPR constan de una o más antenas que contienen un transmisor y un receptor. El transmisor emite ondas electromagnéticas en el hormigón y, cuando las ondas encuentran los límites del material, un porcentaje de la energía de las ondas se refleja y se recibe en la antena. Se registran los tiempos de reflexión y la energía y, cuando se recogen datos a distancia, se obtiene una imagen transversal del hormigón (figura 1). Los objetos suelen mostrarse como hipérbolas, porque a medida que el dispositivo se acerca al objeto, el tiempo de llegada de la onda de retorno disminuye. Cuando el dispositivo está directamente sobre el objeto, el tiempo de llegada es el más corto, lo que crea el pico de la hipérbola. A medida que el aparato se aleja, el tiempo de llegada aumenta y se forma la segunda mitad de la hipérbola. Si el objeto no es un punto único, sino constante a lo largo de la longitud de exploración, como el lado opuesto del hormigón (pared posterior), no se forma una hipérbola. En su lugar, aparece un tiempo de llegada de la reflexión constante como una banda en la sección transversal.

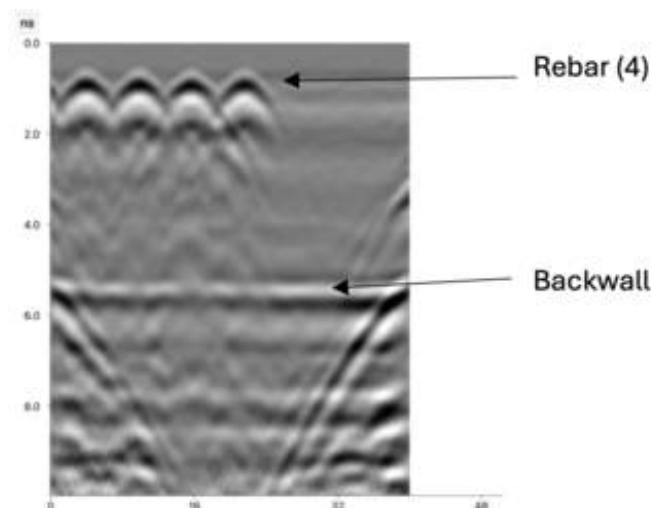


Figure 1: Typical GPR image, called radargram, with rebar and backwall

Aunque las ondas se reflejan cuando encuentran un límite material, el punto crucial es que la reflexión de las ondas depende de una única propiedad del material: la constante dieléctrica. La constante dieléctrica, o permitividad relativa, es la capacidad de un material para conducir la electricidad. El hormigón suele tener un valor comprendido entre 7 y 12, dependiendo del diseño de la mezcla y del contenido de agua. Si la onda de radar se cruza con un material que tiene una constante dieléctrica significativamente diferente a medida que viaja a través del hormigón, una parte de la energía de la onda se reflejará en función de la magnitud de la diferencia. Los metales son un fantástico conductor eléctrico y tienen una constante dieléctrica infinita. Esta diferencia infinita entre el hormigón y los metales es la razón de la fuerte señal de retorno y la clara hipérbola de los refuerzos de acero, como las barras de refuerzo.

Otros materiales habituales en el hormigón son el aire y el plástico. El aire puede ser la cara opuesta de una losa elevada o un defecto interno importante como una falta de consolidación, un alveolado o una grieta de delaminación. El aire tiene una constante dieléctrica de 1, por lo que el reflejo es más débil que el de los metales, pero a menudo sigue siendo visible en la exploración. Sin embargo, estas reflexiones rara vez son hipérbolas limpias. El lado opuesto del hormigón aparecerá como una banda, tal y como se ha comentado anteriormente. Un vacío rara vez tiene una forma bonita, y es más probable que la hipérbola aparezca distorsionada (figura 2). El plástico se utiliza comúnmente para conductos eléctricos y tiene una constante dieléctrica de aproximadamente 4. La diferencia entre el hormigón y el plástico es mucho menor que en otros materiales y es más difícil de detectar en un escaneo GPR debido a su débil señal.

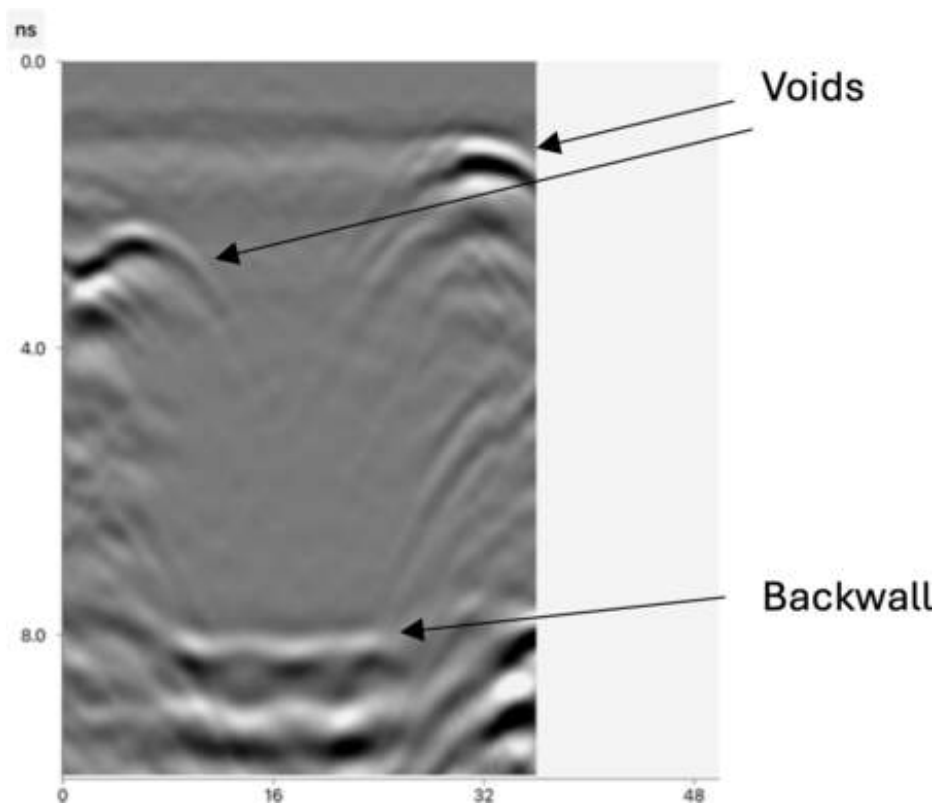


Figure 2: GPR scan showing air in concrete

Considera la siguiente ecuación para la velocidad de propagación de una onda. El dispositivo mide el tiempo de llegada y la velocidad de la luz es un valor conocido. Si se estima la constante dieléctrica, ya sea utilizando la comparación de la hipérbola o calibrando a partir de una profundidad conocida, se puede calcular la profundidad de cualquier objeto. Dado que la constante dieléctrica del hormigón tiene un amplio rango, es importante calibrar para diferentes mezclas de hormigón.

Ecuación 1:

$$v = \frac{d}{t} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

Dónde;

v es la velocidad de la onda

d es la distancia al objeto

t es la hora de llegada

c es la velocidad de la luz

ϵ es la constante dieléctrica.

El contenido de agua del hormigón también puede afectar a la constante dieléctrica y debe calibrarse. El agua tiene una constante dieléctrica de 81, muy superior a la del hormigón. Cuando el hormigón está saturado, la constante dieléctrica del sistema aumenta y el agua dispersa la energía de las ondas. Esto crea imágenes borrosas que son difíciles o imposibles de interpretar. El GPR no debe utilizarse en hormigón fresco, ya que la tecnología está significativamente limitada hasta que el hormigón está completamente curado y el contenido de agua disminuye.

La profundidad de visualización del GPR depende de varios factores, entre los que se incluyen los relacionados con la estructura, el hormigón, el entorno y el [Dispositivo GPR](#). Los objetos metálicos reflejan el 100% de la energía de las ondas, lo que significa que el objeto metálico aparecerá claramente, pero no se verá nada por debajo del metal. Esto puede ser un problema para visualizar barras de refuerzo apiladas u objetos que discurren por debajo de la rejilla de barras de refuerzo (Figura 3). Este es un problema importante con el hormigón reforzado con fibra de acero porque las fibras no permitirán el paso de las ondas, por lo que no habrá penetración visual en profundidad. El espaciado estrecho de las barras de refuerzo también puede ser un problema, ya que la onda no tiene espacio suficiente para atravesar la rejilla con eficacia (figura 3). De nuevo, esto puede ocultar cualquier objeto subyacente, incluido el muro de contención, dificultando las mediciones de espesor. Algunos dispositivos GPR pueden realizar polarización cruzada, que rota la orientación de la antena para que más energía de onda pueda pasar al lado de un objeto. Esto da lugar a una hipérbola con colas más cortas para los objetos metálicos, pero puede permitir una pared posterior más limpia.

Otros factores que determinan la profundidad de penetración potencial son la saturación y la calidad del hormigón. Cuando las ondas GPR interactúan con el agua, se pierde energía y se reduce la penetración en profundidad (figura 3). Con un hormigón de baja calidad hay más huecos y grietas presentes, cada uno con un límite adicional que atravesar y la correspondiente pérdida de energía debida a la reflexión. Cuanto peor sea la calidad del hormigón, menor será la penetración en profundidad.

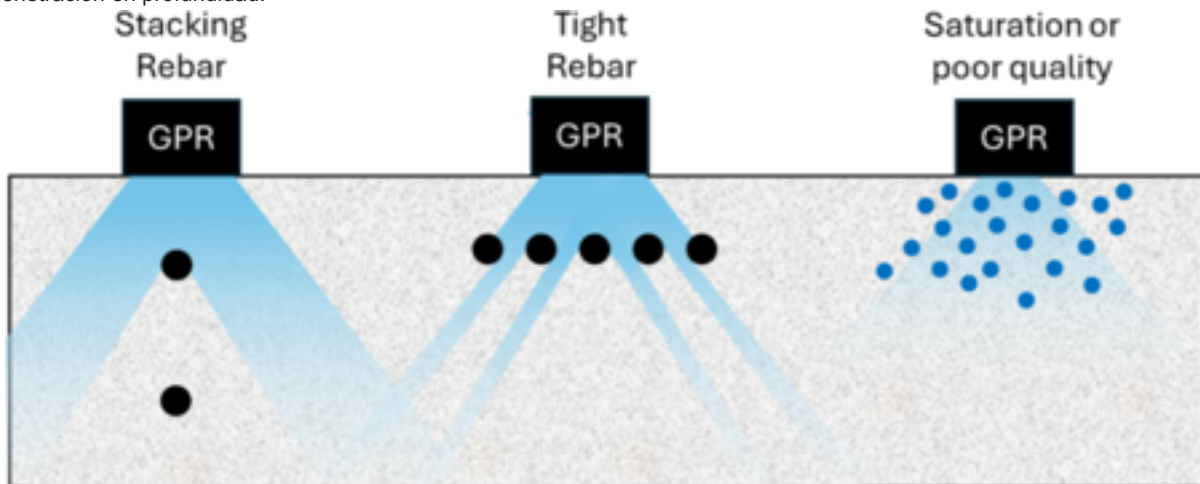


Figure 3: Factors limiting GPR imaging

Existe cierto control disponible para la penetración en profundidad. Cuando el transmisor emite ondas electromagnéticas, lo hace a una frecuencia específica, lo que determina el número de ondas que se producen en un periodo determinado. Esto define la resolución de la imagen. Cuanto mayor sea la frecuencia, mejor será la resolución, pero menor será la penetración en profundidad. Las frecuencias más bajas no tienen una resolución nítida, pero pueden obtener imágenes de objetos más profundos. Algunos dispositivos permiten al usuario elegir la profundidad de penetración deseada mediante varias opciones de antena, cada una con una frecuencia pulsada específica. En cambio, un método más reciente, denominado onda continua de frecuencia escalonada, ofrece una gama de frecuencias ultraancha que permite obtener tanto resolución como penetración en profundidad.

El GPR es un método excelente para la cartografía de objetos en la industria del hormigón. Sin embargo, es importante conocer las limitaciones del dispositivo, así como la calidad y el estado del hormigón, para aumentar la confianza en una exploración. Calibrar la constante dieléctrica cada vez que se produce un cambio en el hormigón es fundamental para obtener estimaciones precisas de la profundidad. Tenga en cuenta la calidad y el entorno del hormigón para asegurarse de que está lo suficientemente seco como para realizar una exploración adecuada y obtener la profundidad de penetración deseada. Además, la frecuencia de antena elegida, ya sea pulsada o escalonada, es importante a la hora de priorizar la resolución o la penetración en profundidad.

La doctora Katelyn Gennuso es consultora de soluciones de Proceq, miembro de la CSDA y empresa de Screening Eagle. Tiene un doctorado en ingeniería civil por la Universidad de Pittsburgh, centrado en pavimentos de hormigón. Katelyn es una ingeniera civil con experiencia en los aspectos técnicos de los ensayos no destructivos, a menudo en el análisis de estructuras de hormigón. Puede ponerse en contacto con ella en Katelyn.Gennuso@screeningeagle.com.



[Terms Of Use](#)
[Website Data Privacy Policy](#)

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.