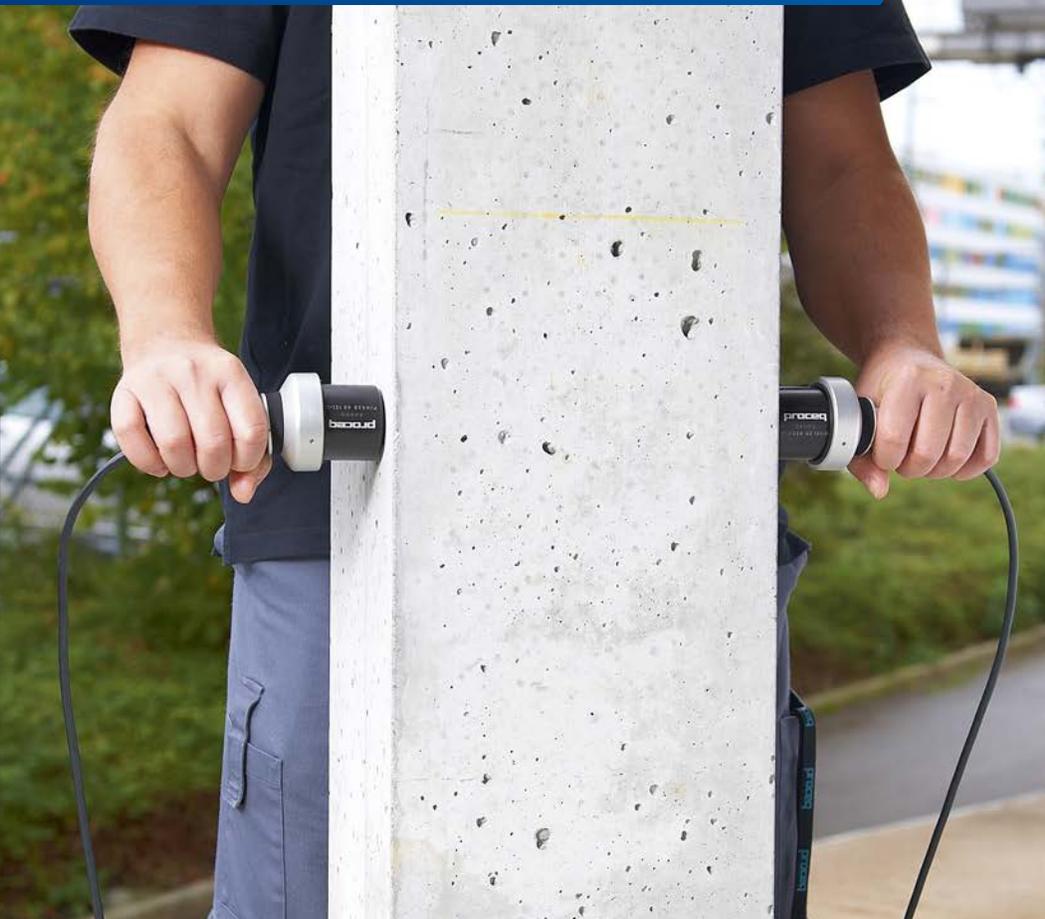


# Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido

*La prueba ultrasónica ahora se utiliza extensamente a través del mundo y está claro que las ventajas de este método sobre los métodos tradicionales de prueba, son probables a aumentar en su aplicación mucho más. En particular su capacidad al examinar el estado del concreto en intensidad es incomparable.*



Luis Edgar Aguirre Quispe - [aguirre.luis@pucp.pe](mailto:aguirre.luis@pucp.pe)  
Alumno PUCP

El concreto es el material de construcción por excelencia en la actualidad. En efecto, hoy en día resulta casi imposible encontrar una construcción en la que no esté presente, al menos en alguna parte de la misma. Desde el pavimento de carreteras hasta las grandes obras de ingeniería civil como puentes, túneles o presas, el concreto forma parte de nuestra vida.

Sin embargo, pocas veces nos detenemos a pensar en cómo se ha proyectado el concreto, de qué manera se ha puesto en obra o en otros aspectos del material que tanto servicio proporciona. Por lo tanto, es necesario determinar su calidad y adecuado comportamiento frente a cargas de diseño y durante los procesos constructivos, para lo que normalmente se efectúan diversos ensayos de control cuando está en estado fresco y endurecido.

En la definición de las características del material, el diseño de mezclas juega un papel primordial. Efectivamente, la dosificación y la relación agua-cemento tienen un gran impacto en el resultado final: un ejemplo claro de variabilidad del concreto es la trabajabilidad o revenimiento, que se incrementa a mayor cantidad de agua. Además, como se mencionó, también la resistencia del concreto depende de la relación agua-cemento: a mayor cantidad de agua, será menor la resistencia del concreto. Esto implica que deban introducirse ciertas modificaciones en su constitución o en su tecnología, básicamente a través de la incorporación de otros materiales que permitan mejorar las propiedades del concreto.

Por otro lado, los ensayos de concreto juegan un papel relevante en el conocimiento de la estructura interna del concreto. A partir de estos ensayos, será posible crear concreto de mayor calidad de acuerdo a cada situación específica en la que se desee utilizar. Los ensayos de concreto pueden ser de dos tipos: destructivos, que se emplean para determinar la resistencia del concreto por medio de la rotura de probetas o de piezas de concreto, y no

destruictivos, que permiten conocer la calidad del concreto sin destruir o afectar a su estructura interna, y sus propiedades físicas, químicas o mecánicas.

Cada método presenta ventajas y limitaciones, pero en general los ensayos no destructivos proveen datos poco exactos acerca del estado de la variable a evaluar a comparación de los ensayos destructivos, por lo cual es conveniente complementar los resultados de ambos. Sin embargo, los primeros suelen ser más económicos, ya que no implican la destrucción del elemento evaluado y algunos permiten realizar más de una repetición.

Existen distintos métodos de ensayos no destructivos para concreto: la elección de cuál utilizar depende del parámetro que se desee controlar, por ejemplo la velocidad de onda, la resistencia del concreto adquirida a partir del tiempo de fragua y las condiciones bajo las cuales se realiza el ensayo, como la temperatura y las variaciones de presiones. Entre estos métodos tenemos el ensayo de ultrasonido, con esclerómetro, radiográfico, de emisiones e impacto acústicos, entre otros.

### Ultrasonido en el concreto (ensayo no destructivo)

Este método de ensayo consiste en determinar la velocidad de pulso ultrasónico a partir de la generación de pulsos de ondas de tensión longitudinal emitidos por un transductor electro acústico que se mantiene en contacto con la superficie del concreto bajo prueba. Después de recorrer la muestra de concreto, estos pulsos son recibidos y convertidos en energía eléctrica por un segundo transductor situado a una distancia de la transmisión del primer transductor; el tiempo de tránsito se mide electrónicamente y la velocidad del pulso ultrasónico se puede establecer dividiendo la distancia de los transductores entre el tiempo de tránsito. La velocidad del pulso ultrasónico está asociada a las propiedades del concreto y su densidad; por lo tanto, permite predecir el estado de calidad del mismo en estado endurecido, que se expresa en metros por segundos (m/s).

Este método se puede usar principalmente para pruebas de control de calidad e inspección en estructuras de concreto.

Como indica la ficha técnica de un proveedor del equipo, "El sistema es ideal para revisar la uniformidad del concreto y la presencia de cavidades, fisuras o defectos por hielo-deshielo o fuego, como también para la determinación de resistencias". Este método, como ensayo no destructivo, resulta útil por su simplicidad, versatilidad y repetibilidad.

Pundit PL-200, velocidad de pulso ultrasónico, es una tecnología de punta que tiene como objetivo examinar la calidad de los materiales de concreto y otras como la madera, la cerámica y distintas rocas. Proporciona una amplia gama de modos de medición y accesorios de calidad para las pruebas de concreto y sus propiedades, es decir, para evaluar la uniformidad de concreto, estimar la resistencia a la compresión del concreto, o medir la velocidad de la superficie y la profundidad grietas de perpendiculares.

El modo de medición de registro de datos permite la automatización de las mediciones a largo plazo. El software inteligente soporta configuraciones directamente accesibles en tiempo real desde la pantalla táctil de medición. La resolución más alta y la imagen más nítida permiten el mejor análisis posible de las formas de onda medidas. PROCEQ, fábrica de instrumentos portátiles de alta calidad para la ejecución de ensayos no destructivos de propiedades de materiales, ofrece una amplia gama de transductores para Pundit PL-200, que proporciona mayor precisión y una trayectoria probada de campo.

Esta tecnología fue adquirida en 2014 por la Pontificia Universidad Católica del Perú, y se está empleando en estudios de investigación y la formación de los alumnos de Ingeniería Civil en cursos de especialidad (Materiales de Construcción y Tecnología del Concreto).

Por otro lado, se encuentra New Mira, el cual presenta una matriz de 4 X 12 conformada por un conjunto de transductores y receptores de ondas de ultrasonido que permiten mayor precisión en la obtención de datos al emitir mucho más ondas de ultrasonido, a diferencia de Pundit PL-200, que presenta una matriz de 4 X 6 de transductores y receptores.

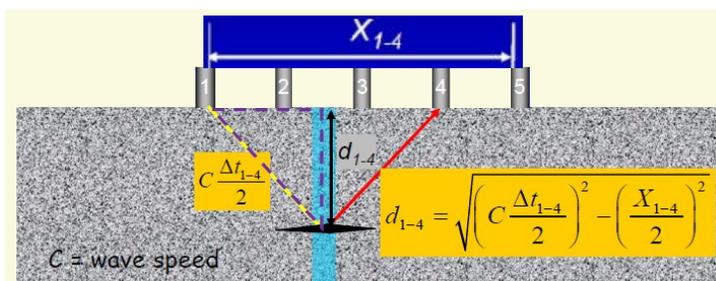
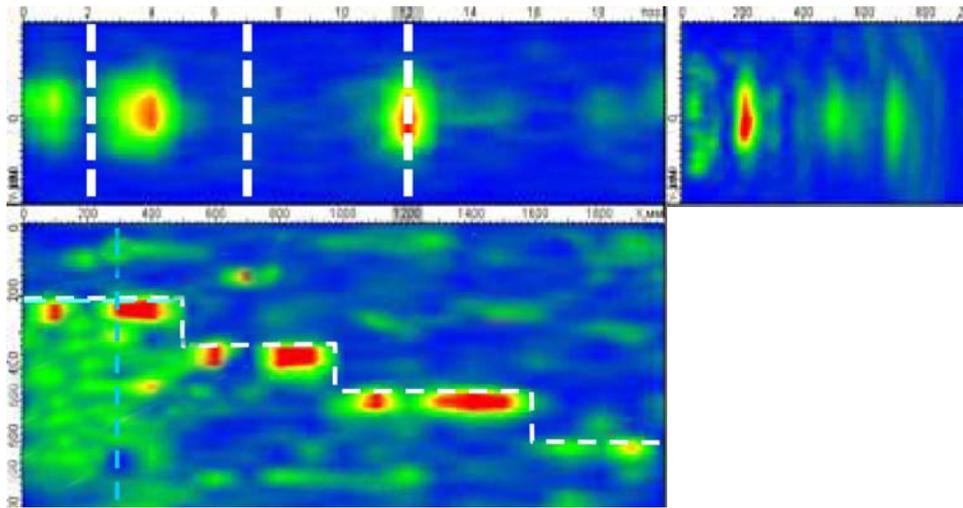


Figura 1

### Cálculo Profundidad del aire contenido en el concreto

- Las distancias entre pares de transductores son conocidos,  $X_{1-4}$
- Profundidad del defecto se calcula a partir del tiempo de vuelo,  $\Delta t_{1-4}$  medido
- Por lo tanto se puede obtener  $d_{1-4}$

Sin embargo, New Mira es mucho más costoso y presenta mayores dimensiones. El Laboratorio de Estructuras de la Facultad de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú está considerando la adquisición de New Mira con el objetivo de realizar más trabajos de investigación sobre el concreto y sus propiedades.



### Reconstrucción de imagen EN 2D

- Para cada par de transductores, la señal es asociada con la reflexión en la interfaz situada a lo largo del punto medio.
- Los datos de tiempo de vuelo se convierten en "Profundidad defecto".
- Método de procesamiento de señal utiliza esta información para generar una imagen 2-D de la sección transversal.



### PUNDIT PL-200 VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO

El instrumento de velocidad de pulso ultrasónico extiende ampliamente el rango de aplicaciones de la unidad de pantalla táctil Pundit y ofrece una variedad de características especiales

- ▶Determinación del espesor de losa desde un solo lado.
- ▶Detección y localización de huecos, tuberías, grietas (paralelas a la superficie) y nidos de abeja.



### GLOSARIO:

**1. DOSIFICACIÓN:** La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen al concreto, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos.

**2. TRABAJABILIDAD O REVENIMIENTO:**

Es la consistencia del concreto, esta evaluación consiste en medir que tan aguada es la mezcla, si ésta consistencia es aceptable para emplear la mezcla en la obra.

**3. FRAGUA:**

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos, procedentes de la reacción química del agua de amasado, con los óxidos metálicos presentes en el clinker que compone el cemento.

**4. TRANSDUCTOR:**

Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir una determinada manifestación de energía de entrada, en otra diferente a la salida, pero de valor muy pequeños en términos relativos con respecto a un generador.



### BIBLIOGRAFÍA:

- ▶ASTM C597 - Método de prueba estándar para la velocidad de pulso a través del concreto.
- ▶2003 Resistencia a la comprensión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido. Marco Antonio Céspedes García. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, consulta: 02 de abril del 2015. <[http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1338/ICI\\_100.pdf?sequence=1](http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1338/ICI_100.pdf?sequence=1)>
- ▶2015 Velocidades de pulso ultrasónico, Ultrasonic Pulse Velocity - Pundit PL-200, consulta: 02 de abril del 2015. <<http://www.proceq.com/site/downloads/Pundit%20PL-200.html>>
- ▶2010 Multi-Directional SAFT Method for Detecting the Defect inside Concrete Structures Department of Construction Engineering, consulta: 02 de abril del 2015. <<http://www.ndt.net/article/apcndt2013/papers/180.pdf>>