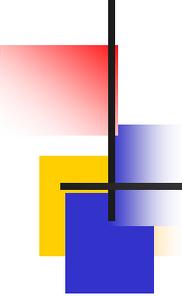


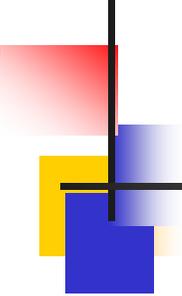
Ensayos de información complementaria





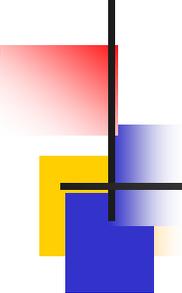
Ensayos de información complementaria (EIC)

- EHE. Instrucción de hormigón estructural
 - Artículo 86.8. Ensayos de información complementaria del hormigón
 - Artículo 101. Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria



Ensayos de información complementaria del hormigón (EIC)

- ¿Qué son ensayos de información complementaria?
- ¿Cuándo se deben realizar?
- ¿Qué información se puede obtener?
- Conclusiones



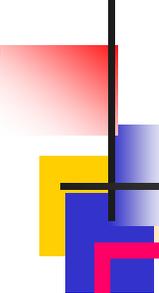
¿Qué son ensayos de información complementaria?

Su objeto es estimar la resistencia del hormigón de una parte determinada de la obra, a una cierta edad (>28 d) o tras un curado en condiciones análogas a las de la obra. Los ensayos de información del hormigón pueden consistir en:

a) la fabricación y rotura de probetas, en forma análoga a la indicada para los ensayos de control, pero conservando las probetas no en condiciones normalizadas, sino en condiciones análogas a las de la obra.

b) la rotura de probetas testigo extraídas del hormigón endurecido, conforme a UNE-EN 12390-3. Este ensayo no deberá realizarse cuando la extracción pueda afectar de un modo sensible a la capacidad resistente del elemento en estudio, hasta el punto de resultar un riesgo inaceptable.

c) el empleo de métodos no destructivos fiables, como complemento de los anteriormente descritos y debidamente correlacionados con los mismos.



Ensayos de información complementaria (IEC)

- Fabricación probetas estándar, curado obra
 - Extracción de testigos - ensayo de compresión
 - Esclerómetro - dureza superficial
 - Ultrasonidos - velocidad de propagación de las ondas
-
- Pachómetro - localizar las armaduras

Resistencia del hormigón

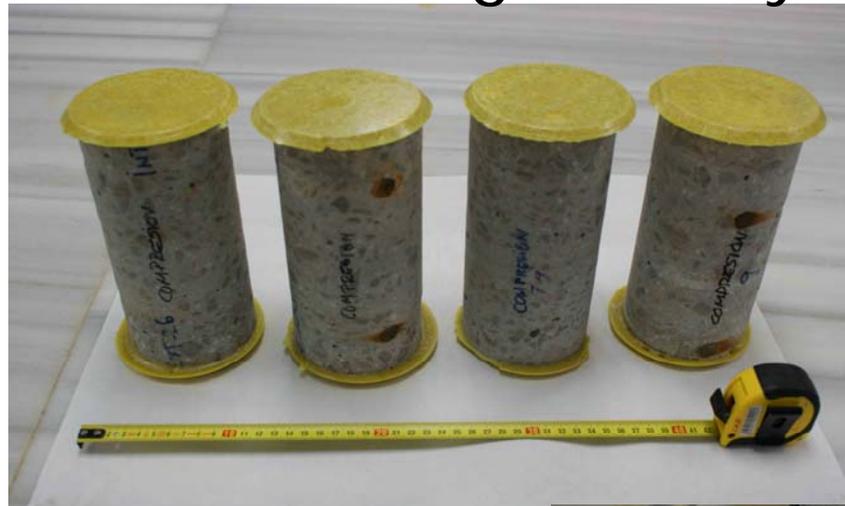
Ensayos de información complementaria (IEC)

- Curado en obra de probetas estandar



Ensayos de información complementaria (IEC)

- Extracción de testigos-ensayos de rotura



Ensayos de información complementaria (IEC)

■ Esclerómetro



Ensayos de información complementaria (IEC)

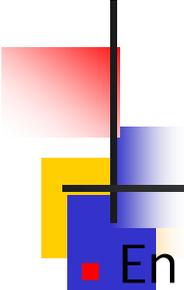
- Equipo medidor de ultrasonidos



Ensayos de información complementaria (IEC)

■ Pachómetro

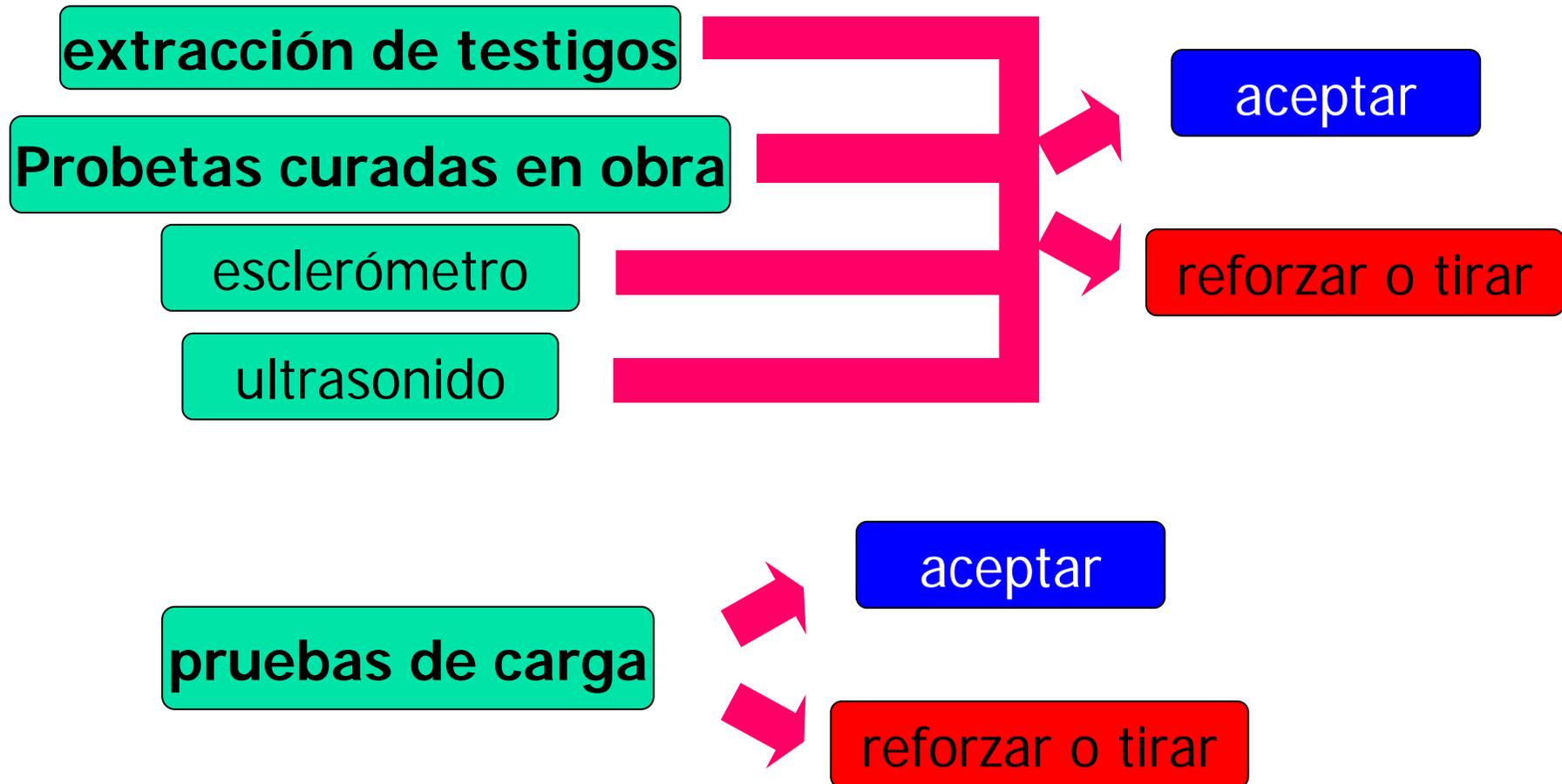


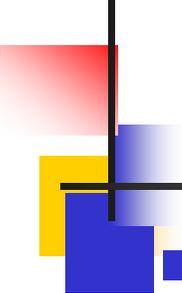


¿Cuándo es preceptiva la realización de EIC?

- En los casos previstos por la EHE-08 en el apartado 86.7
 - 86.7. Decisiones derivadas del control. La decisión de aceptación de un hormigón estará condicionada a la comprobación de su conformidad, aplicando los criterios establecidos para ello en esta Instrucción o, en su caso, mediante las conclusiones extraídas de los estudios especiales que proceda efectuar, de conformidad con lo indicado en este apartado en el caso de incumplimiento en los referidos criterios.
- Cuando lo contemple el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares
- Cuando así lo exija la Dirección Facultativa, en alguna de las siguientes circunstancias:
 - Cuando se haya producido un incumplimiento al aplicar los criterios de aceptación en el caso de control estadístico del hormigón, o
 - Por solicitud de cualquiera de las partes, cuando existan dudas justificadas sobre la representatividad de los resultados

Ensayos de información complementaria

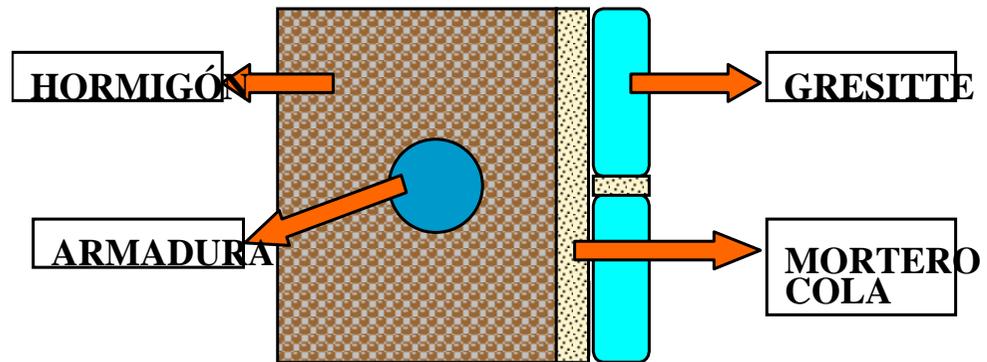




Pachómetro

- Principio: El funcionamiento se basa en la medida de resistencia al flujo magnético generado por la sonda, que cuanto más cerca está de un elemento metálico, más pequeña es la resistencia.
- Determina la localización, profundidad, diámetro, distancia entre armaduras
 - ¿cuándo utilizarlo?
 - Diagnóstico preliminar
 - En combinación con otros equipos

Pachómetro

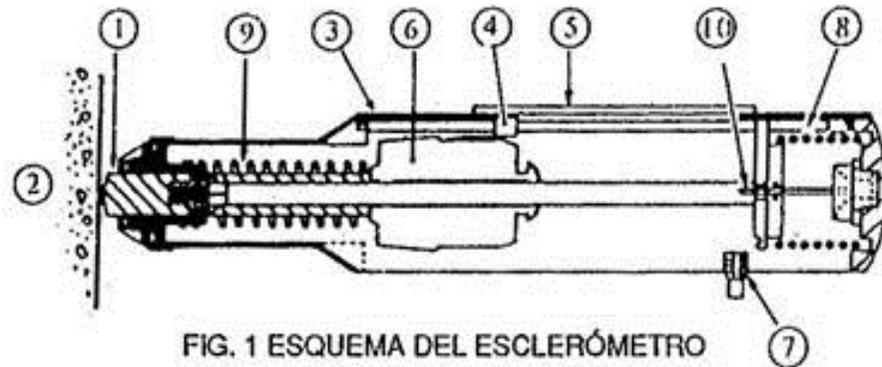


Esclerómetro



Norma UNE-EN 12504-2:2002. Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote

- Fundamento. Una masa proyectada, por un muelle, golpea un vástago en contacto con la superficie del hormigón y el resultado del ensayo se expresa en términos de la medida de la distancia de rebote de la masa. La cantidad de energía recuperada en este rebote, permite obtener un índice de dureza.

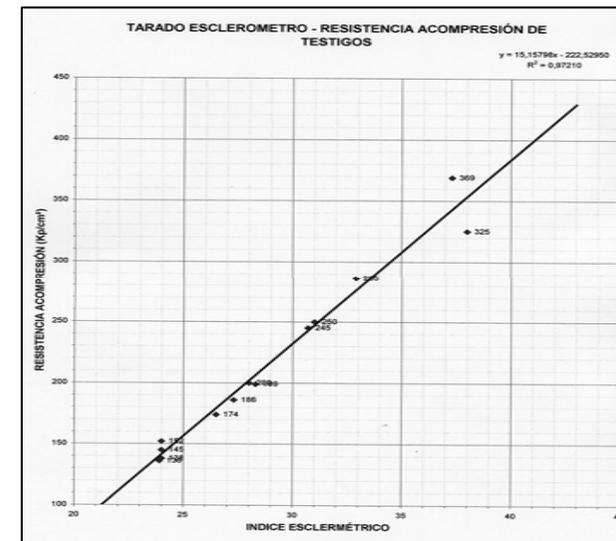
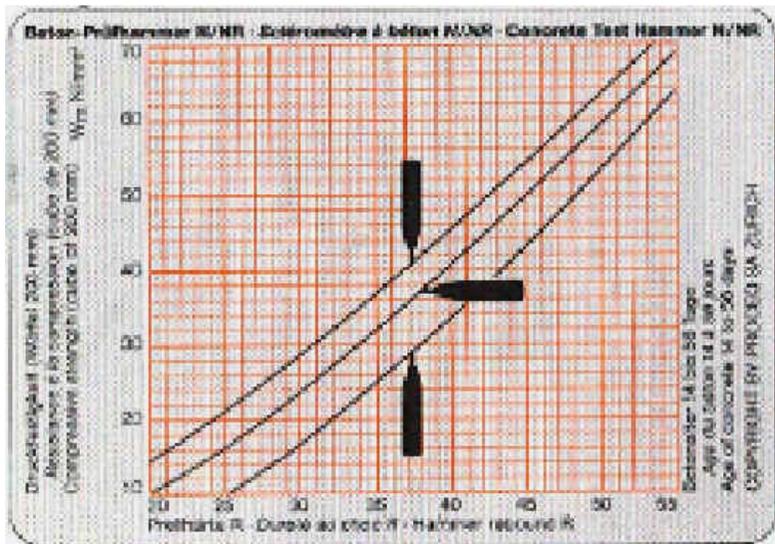


Esclerómetro



■ Estimación de la resistencia

- No es recomendable la predicción de la resistencia a compresión partiendo únicamente de los índices de rebotes
- Correlacionar
 - probetas-testigo en las zonas en que esto sea posible
 - o probetas representativas realizadas durante la construcción y curadas en las mismas condiciones



Esclerómetro



Procedimiento

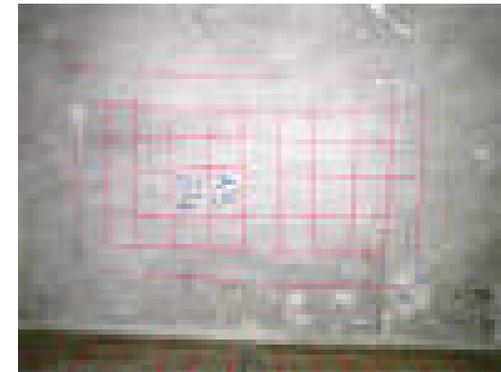
■ Zona de ensayo

- Espesor mayor de 100 mm y estar fijas a una estructura
- Limpias, secas y ser lo más planas y lisas posibles; preferiblemente se elegirán zonas que hayan sido encofradas
 - evitar textura fuertemente rugosa, alta porosidad, exfoliaciones o aspecto en forma de "avisperos"

■ Preparación de la zona de ensayo

■ Dibujar una retícula/cuadrícula

- líneas separadas entre 25 y 50 mm señalándose así los puntos posibles de ensayo
- No se deben elegir dos puntos de impacto a una distancia inferior a 25 mm entre ellos, ni a 25 milímetros del borde de la pieza o elemento



Esclerómetro



Resultados

- Se han de tomar, al menos, 9 lecturas con el fin de disponer de una estimación fiable del índice de rebote en la zona de ensayo
- El resultado se tomará como la mediana de todas las lecturas corregidas
- Si más del 20% de todas las lecturas difieren de la mediana en más de 6 unidades, se descartan la totalidad
- Periódicamente verificar la calibración con yunque
- Un solo aparato por estudio
- Ensayo perpendicular al elemento ensayado

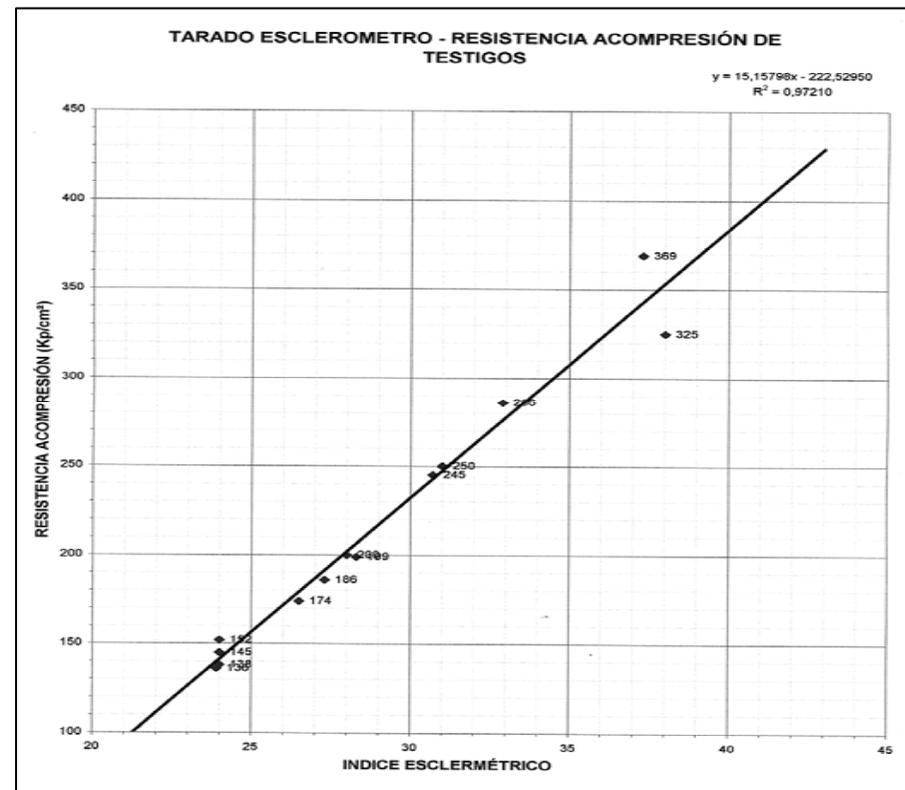
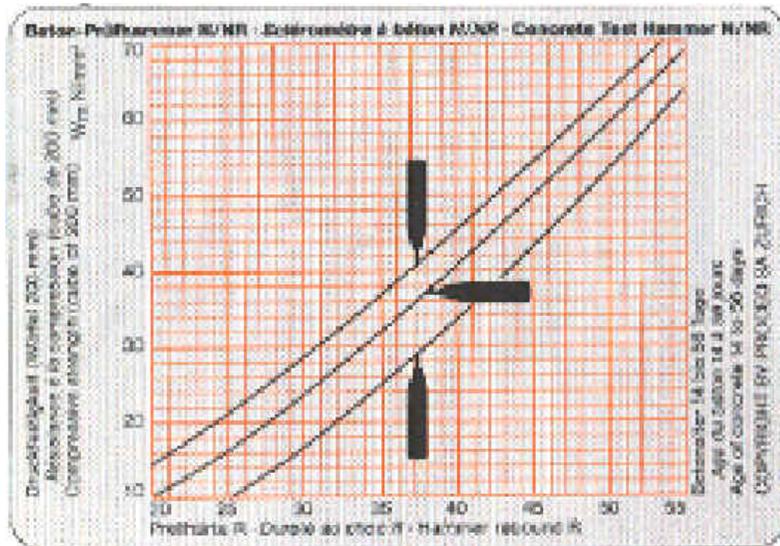
Esclerómetro



- Factores que influyen en los resultados
 - composición del hormigón
 - carbonatación
 - humedad superficial
 - peso
 - esbeltez de la pieza
 - tipo y curvatura de la superficie
 - edad
 - condiciones de curado
 - estado tensional

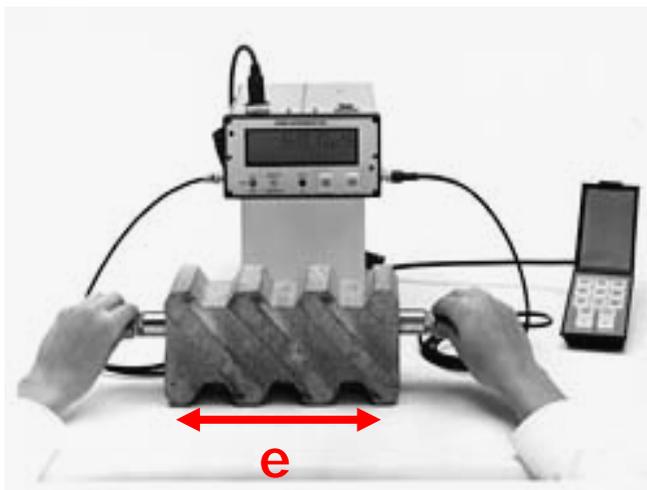
Esclerómetro. Conclusiones

- Índice de rebote / dureza superficial
- Estimación resistencia: mejor correlacionando R_c testigos vs índice esclerométrico



Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos: UNE-EN 12504-2006

Principio: Un palpador electroacústico (TRANSMISOR) mantenido en contacto con la superficie del hormigón en ensayo emite impulsos de vibraciones longitudinales. Después de atravesar en el hormigón una trayectoria de longitud conocida, el impulso de vibraciones se convierte en una señal eléctrica por un segundo palpador (RECEPTOR) mientras que circuitos electrónicos de temporización miden el tiempo de tránsito del impulso.



- velocidad

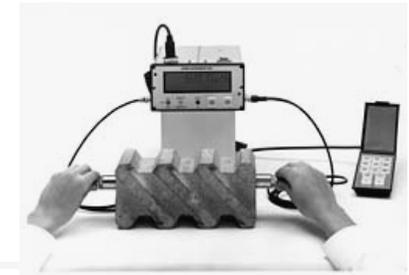
$$e = v \cdot t$$
$$v = e / t$$

donde:

e es la longitud del camino recorrido en metros

t es el tiempo de propagación, en segundos

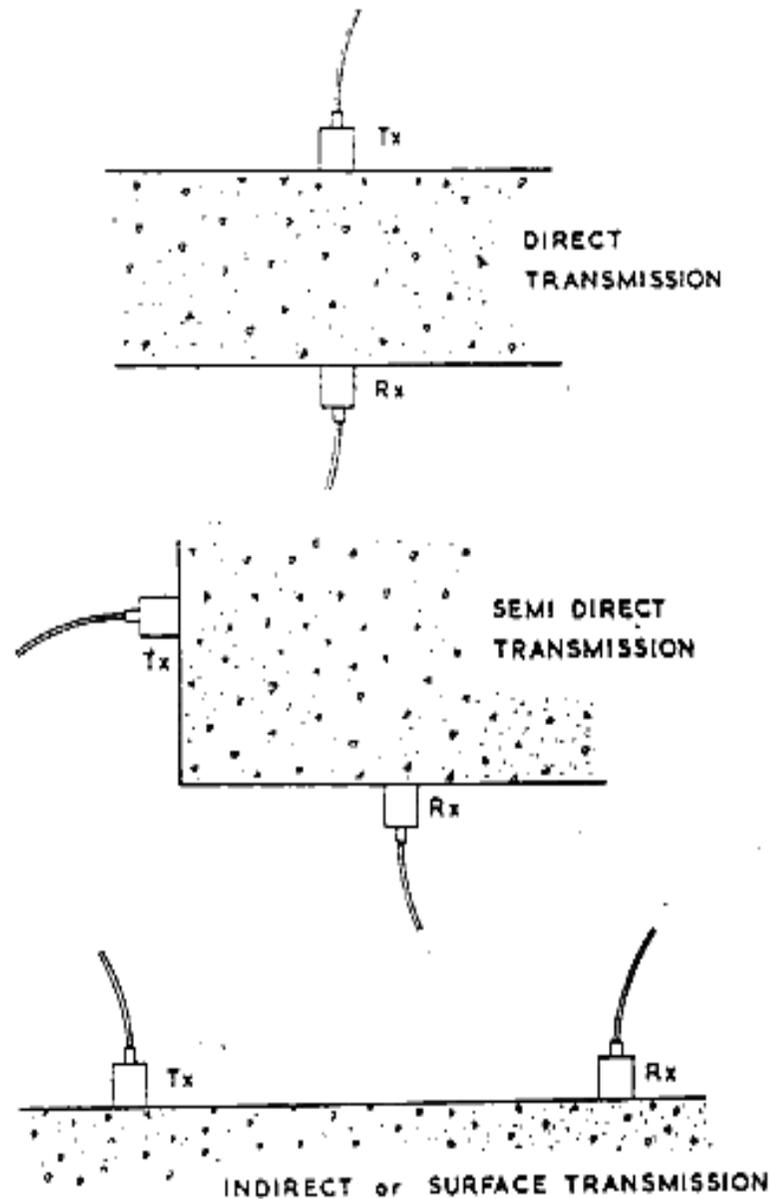
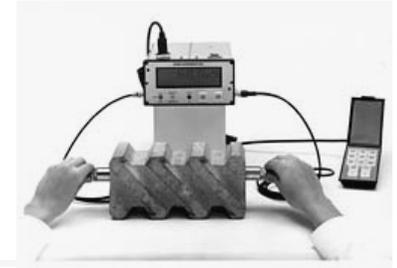
Ultrasonidos



- Velocidad ultrasonidos vs calidad / resistencia

Velocidad m/s	Calidad del hormigón / resistencia
Mayor de 5000	Muy buena / muy elevada resistencia
5000- 4000	Buena / muy elevada resistencia
4000- 3500	Media / elevada resistencia
3500- 3000	Baja / Media resistencia
3000-2500	Mala / Baja resistencia
Menos de 2500	Muy mala / Muy baja resistencia

- Elementos de acoplamiento típicos son:
 - vaselina, grasa, jabón líquido, pasta de caolín y glicerina
- Calibrado del equipo
 - acoplando los palpadores a los extremos opuestos de un elemento de tarado cuyo tiempo de propagación sea conocido



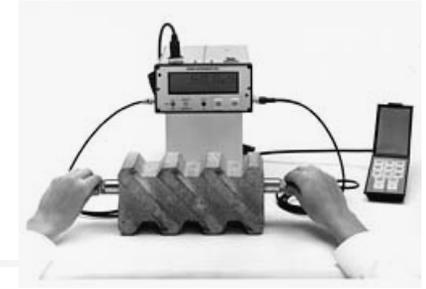
Mayor sensibilidad

Es la más recomendable, ya que la máxima energía de los impulsos se dirige hacia el palpador receptor, obteniéndose la máxima sensibilidad.

Menor sensibilidad

características de esta capa pueden no ser representativas de las del resto del hormigón

Ultrasonidos



■ Información obtenida en el hormigón

- Detección de defectos: coqueras, grietas y fisuras
- Estimación orientativa de la resistencia de los hormigones.
 - correlacionando con probetas testigos
 - Probetas fabricadas en la obra y curadas en las mismas condiciones

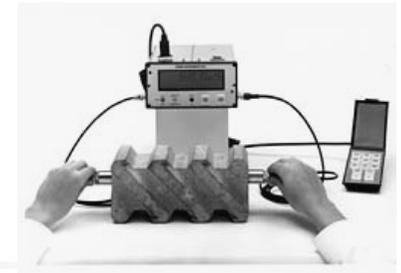
Transmisión
directa

Transmisión
indirecta o
superficial

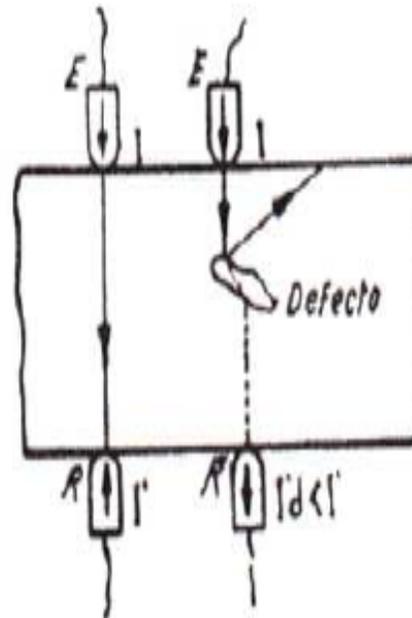
- Estudio de uniformidad del hormigón en los distintos elementos estructurales, delimitando las zonas de hormigones de baja calidad.

Ultrasonidos

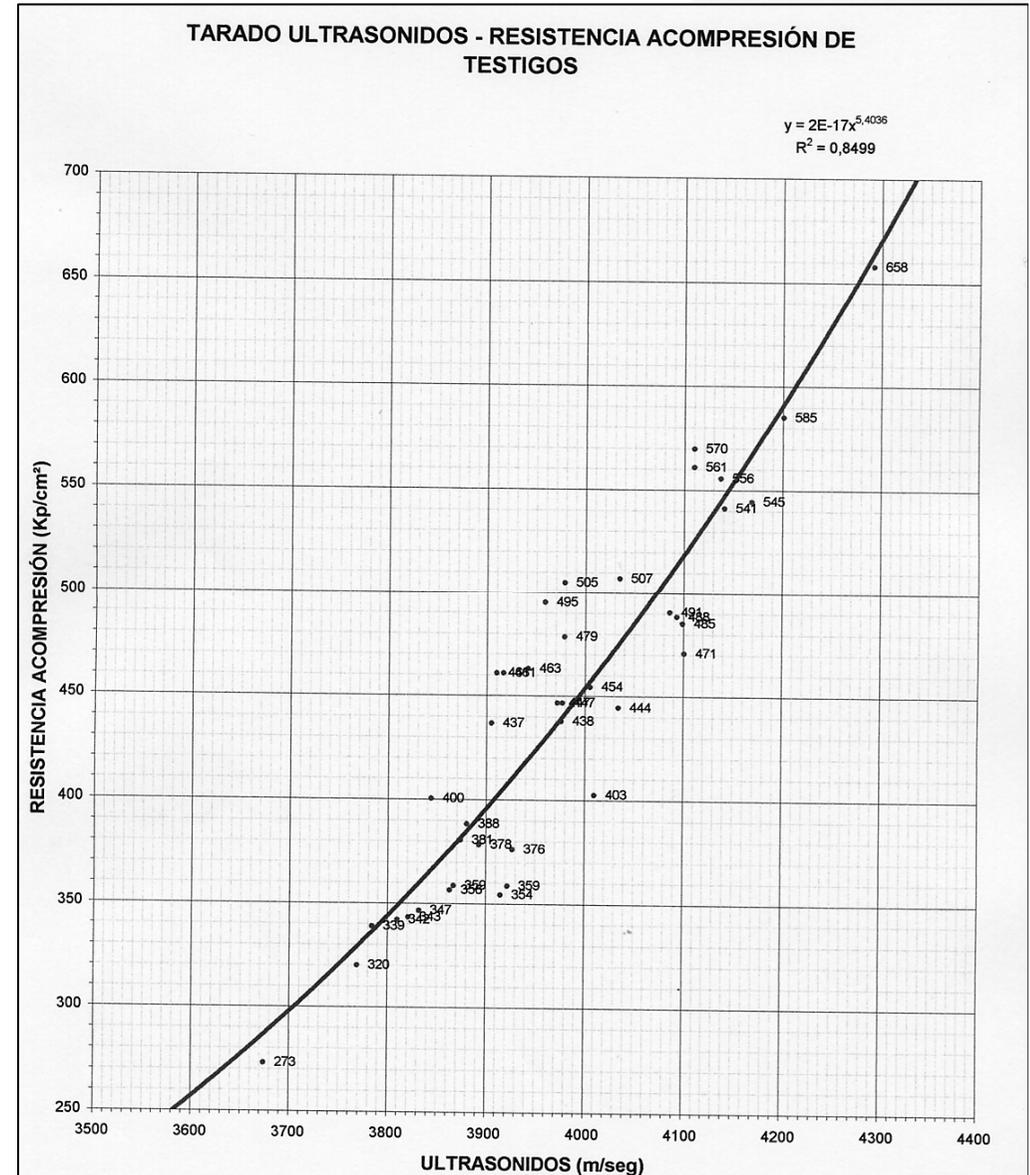
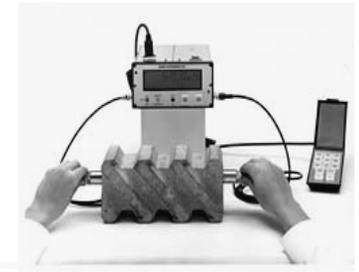
Transmisión directa. Búsqueda de coqueras.



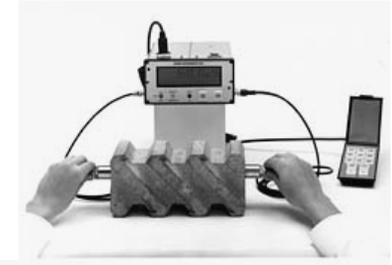
1. **Por transparencia:** por la disminución de intensidad de ultrasonido medido por el receptor al atravesar la onda una zona defectuosa.



Ultrasonidos. Transmisión directa. Estimación de la resistencia vs probetas testigos

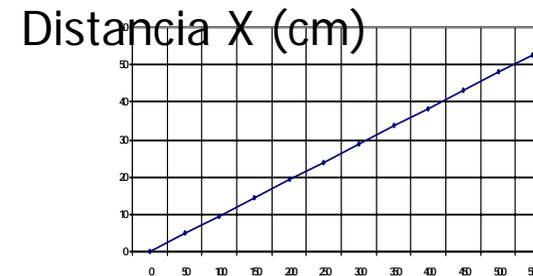
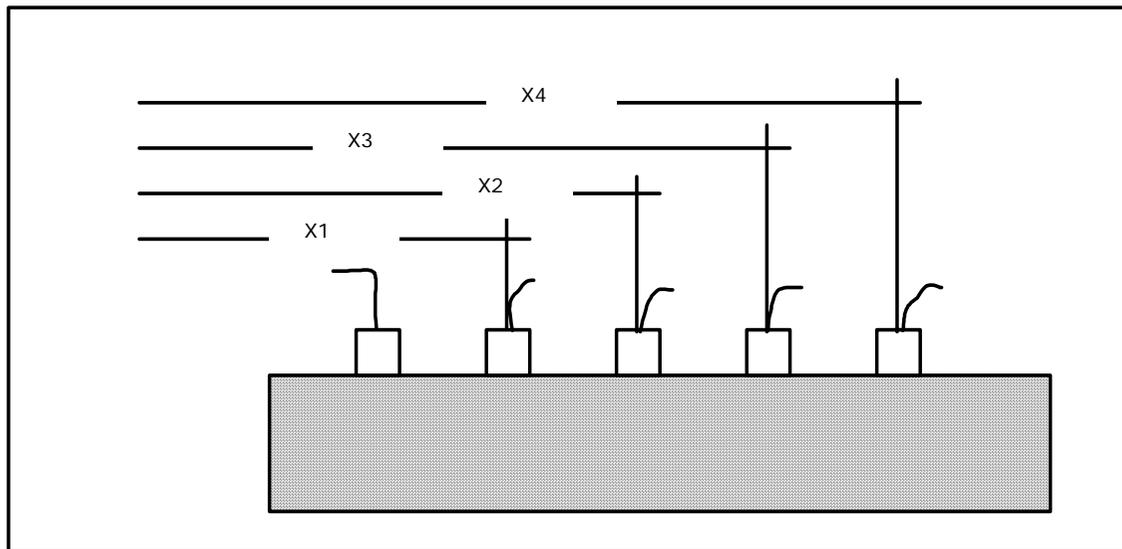


ultrasonidos.- en la misma cara (transmisión superficial o indirecta)

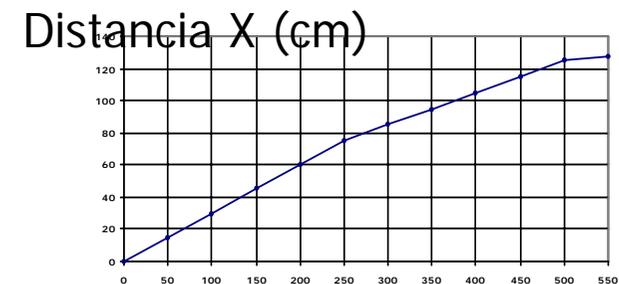


Es la menos sensible y se utiliza cuando solo es accesible una cara del hormigón. Puede utilizarse:

- Para determinar la calidad de un hormigón en su capa superficial.

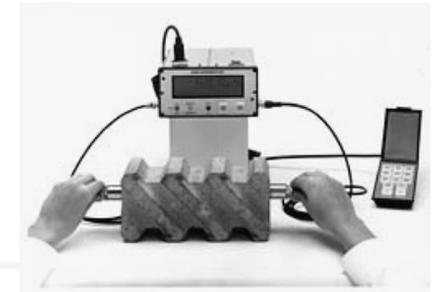


Tiempo (μs)

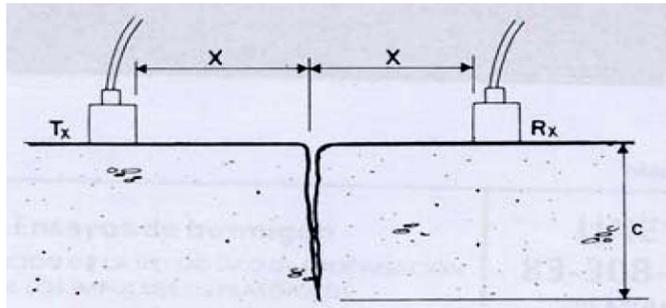


Tiempo (μs)

ultrasonidos.- en la misma cara (transmisión superficial o indirecta)

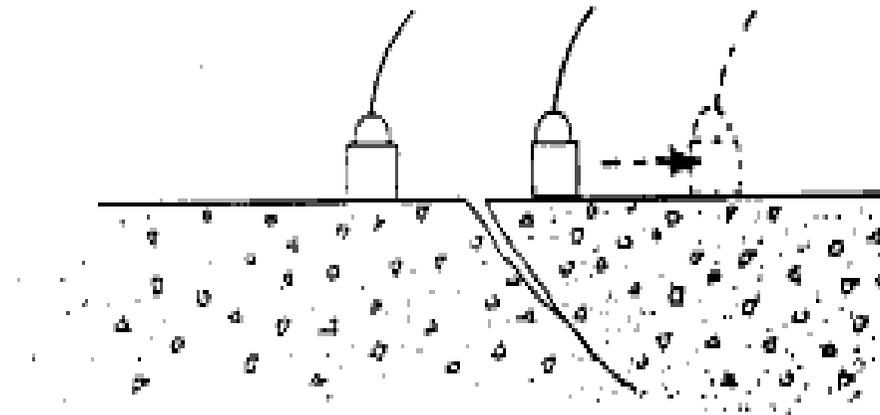


- Para determinar la profundidad y la orientación de las fisuras



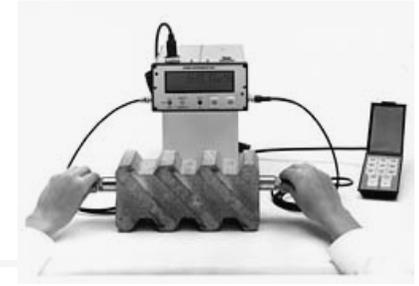
$$c = \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

x es la distancia de los palpadores a la grieta
 t_1 el tiempo de propagación para $x=150$ mm
 t_2 el tiempo de propagación para $x=300$ mm



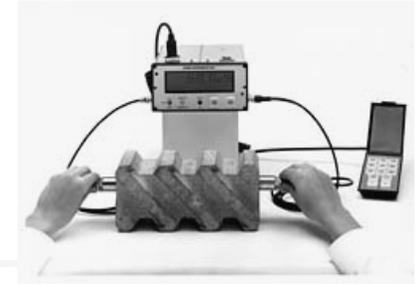
colocar los dos palpadores muy próximos a la grieta y mover alternativamente cada uno de ellos alejándolo de la grieta y repitiendo los tiempos de paso correspondientes a cada posición. Si se produce una disminución del tiempo medido, eso indicara que la grieta se inclina en la dirección en la que el transductor se mueve (cf. figura 3.11).

Ultrasonidos. Influencia de las condiciones de ensayo



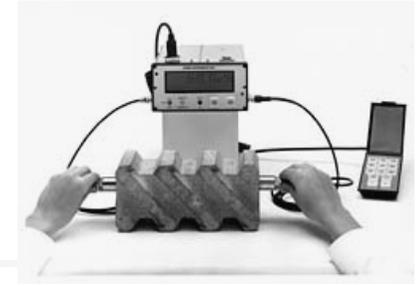
- Superficie
- Humedad
- Temperatura
- Estado tensional
- Longitud del camino (no excesivamente pequeña)
- Forma y tamaño de los elementos a ensayar
- Las armaduras

Ultrasonidos. Superficie de ensayo.



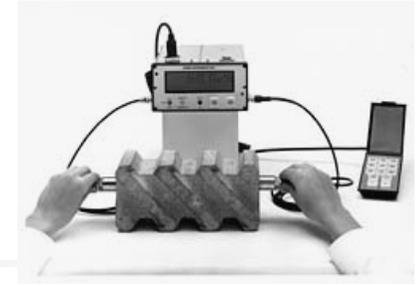
- Debe de ser lo más lisa posible para facilitar un buen contacto entre el palpador y la superficie ensayada a través del acoplante.
- Se prefiere superficies encofradas. Si no es posible, realizar las medidas sobre longitudes de recorrido mayores que las normalmente utilizadas. Si tampoco es posible esto, se deberá tratar la superficie con piedra abrasiva.

Ultrasonidos. Humedad, temperatura y estado tensional del hormigón



- La existencia de humedad puede influir en la velocidad. Llegando a veces a ser de hasta un 5% mayor que un hormigón seco.
- Variaciones en el rango de 5 a 30°C no producen cambios significativos en las velocidades.
- Cuando un hormigón está sometido a tensiones que puedan producir microfisuración, la velocidad medida se reduce, debido a la presencia de éstas

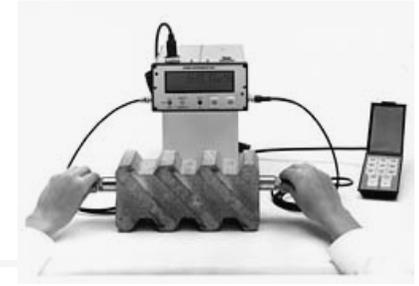
Ultrasonidos. Longitud del camino recorrido



Las velocidades de los impulsos no están significativamente influenciadas por la longitud del camino recorrido siempre que este no sea muy pequeña, en cuyo caso, la naturaleza heterogénea del hormigón puede afectar a la medida. **Por ello, se recomienda que la longitud sea al menos cinco veces mayor que el tamaño máximo del árido.**

- **No medir en longitudes mayores a los tres metros.** Ya que los componentes de alta frecuencia de los impulsos se atenúan más que los de baja y la forma del frente de onda se vuelve más redondeada.

Ultrasonidos. Forma y tamaño de los elementos a ensayar.

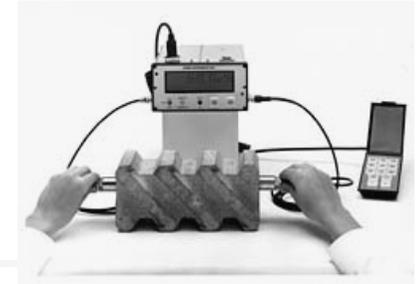


La velocidad de propagación es independiente.

- Las dimensiones transversales a la dirección de la propagación del impulso no deben de ser inferiores a la longitud de onda de los impulsos, ya que pueden producirse reducciones significativas en las **velocidades medidas por lo menos un 5% más lenta.**

Por ejemplo: para una frecuencia natural de 50 Khz el valor mínimo de dimensiones transversales es de 8 cm

Ultrasonidos. Efecto de las armaduras.



Evitar realizar medidas en proximidades de estas, sobre todo en disposición paralela. En perpendicular el efecto es pequeño **si la densidad de armaduras es baja.**

- El valor de la velocidad de propagación en el acero es de 5,1 Km/s, por lo que hay que utilizar valores de corrección que no son fáciles de establecer.

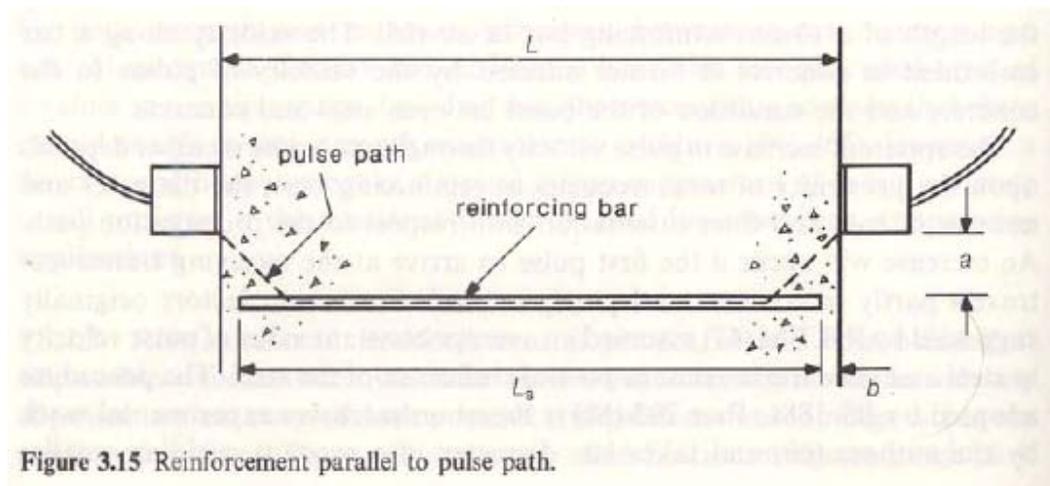
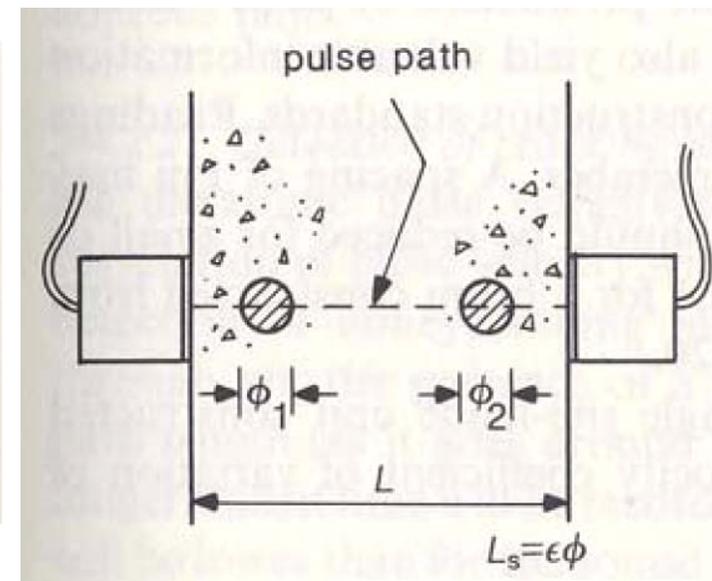
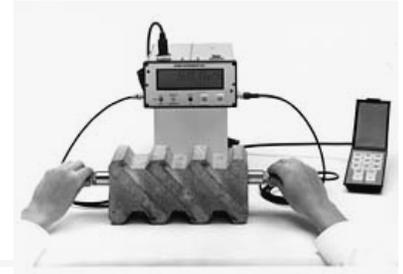


Figure 3.15 Reinforcement parallel to pulse path.



Ultrasonido



- El informe de los resultados debe incluir:
 - Identificación de la estructura
 - Localización de las zonas de ensayo
 - Esquema mostrando la localización
 - Composición del hormigón ensayado si se conoce
 - Contenido de humedad
 - Temperatura
 - Tipo de aparato
 - Condiciones de la superficie
 - Valores medidos del recorrido y de los tiempos
 - Valores deducidos de la velocidad

Extracción de testigos



UNE-EN 12504-1:2009. Ensayos de hormigón en estructuras. Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.



Extracción de testigos



- Corona diamantada o perforadora tubular
 - Edad del hormigón sea superior a 28 días aunque en casos particulares esta edad puede rebajarse a 14 días
 - Se recomienda eliminar la parte de ésta que contenga las armaduras
 - Extraerse perpendicularmente a la superficie del hormigón y lo más alejado posible de las juntas de hormigonado o del borde de la pieza
 - Forma cilíndrica, prismática o cúbica

Extracción de testigos



■ Geometría

- Esbeltez (L/\emptyset) = 2,0 si el resultado va a compararse con F_c de probeta cilíndrica
- Esbeltez (L/\emptyset) = 1,0 si el resultado va a compararse con F_c de probeta cúbica
- La relación entre el tamaño máximo del árido en hormigón y el diámetro del testigo tiene una influencia importante en la determinación de la resistencia cuando la relación es superior a la 1:3

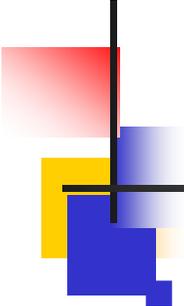
CUADRO 10.4.a

Ensayos de compresión sobre probetas de distinto tipo y a la misma edad

Tipo de probeta (supuesta con caras refrentadas)	Dimensiones (cm)	Coeficiente de conversión a la probeta cilíndrica de 15 x 30 cm	
		Límites de variación	Valores medios
Cilindro	15 x 30	—	1,00
Cilindro	10 x 20	0,94 a 1,00	0,97
Cilindro	25 x 50	1,00 a 1,10	1,05
Cubo	10	0,70 a 0,90	0,80
Cubo	15	0,70 a 0,90	0,80
Cubo	20	0,75 a 0,90	0,83
Cubo	30	0,80 a 1,00	0,90
Prisma	15 x 15 x 45	0,90 a 1,20	1,05
Prisma	20x20 x60	0,90 a 1,20	1,05



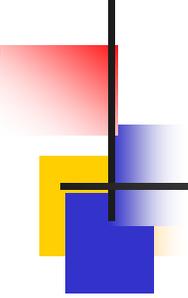




Esclerómetro vs Ultrasonidos vs Probetas testigo

Los ensayos de información complementaria como el ultrasonido o el índice de rebote no sustituyen los ensayos de rotura a compresión como método para conocer la resistencia del hormigón

- Estos ensayos si permiten obtener información valiosa en corto tiempo y permiten conocer la homogeneidad y calidad del hormigón mediante pruebas no destructivas



Ensayos de información complementaria (EIC)

- EHE. Instrucción de hormigón estructural
 - Artículo 86.8. Ensayos de información complementaria del hormigón
 - **Artículo 101. Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria**

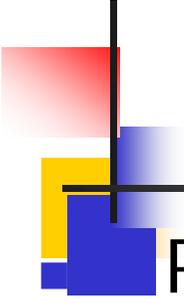
Artículo 101. Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria



101.1. Generalidades

De las estructuras proyectadas y construidas con arreglo a la presente Instrucción, en las que los materiales y la ejecución hayan alcanzado la calidad prevista, comprobada mediante los controles preceptivos, sólo necesitan someterse a ensayos de información y en particular a pruebas de carga, las incluidas en los supuestos que se relacionan a continuación:

- a) cuando así lo dispongan las Instrucciones, reglamentos específicos de un tipo de estructura o el pliego de prescripciones técnicas particulares.
- b) cuando debido al carácter particular de la estructura convenga comprobar que la misma reúne ciertas condiciones específicas. En este caso el pliego de prescripciones técnicas particulares establecerá los ensayos oportunos que deben realizar, indicando con toda precisión la forma de realizarlos y el modo de interpretar los resultados.
- c) cuando a juicio de la Dirección Facultativa existan dudas razonables sobre la seguridad, funcionalidad o durabilidad de la estructura.



Artículo 101. Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria

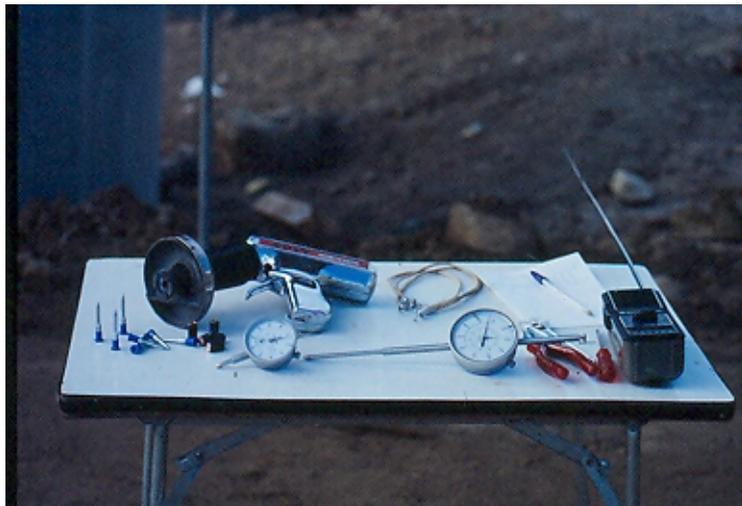
Pruebas de carga

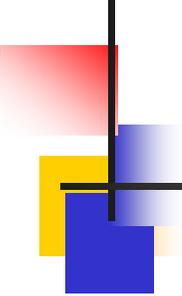
- a) **Reglamentarias** (ej. puentes de carretera y de ferrocarril).
 1. Estas pruebas tienen por objeto el comprobar la adecuada concepción y la buena ejecución de las obras frente a las cargas normales de explotación, comprobando si la obra se comporta según los supuestos de proyecto, garantizando con ello su funcionalidad.
 2. Pueden contemplar diversos sistemas de carga, tanto estáticos como dinámicos.
 3. Proyecto de Prueba de Carga
 4. Resultado satisfactorio si: no aparecen fisuras imprevistas, las flechas no exceden valores máximos de proyecto, si los giros, flechas y frecuencias de vibración no exceden 15% en HA y el 10% HP, y finalmente si la flecha residual es pequeña (estructura elástica)

REGLAMENTARIAS



REGLAMENTARIAS

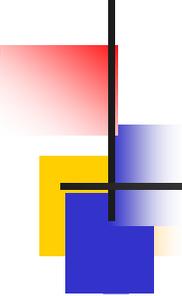




Artículo 101. Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria

- Pruebas de carga
 - b) Información complementaria
 - En el caso de haberse producido cambios o problemas durante la construcción.
 - No sobrepasar las acciones de servicio





Artículo 101. Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria

Pruebas de carga

b) Para evaluar la capacidad resistente

1. Medio para evaluar la seguridad de estructuras; en estos casos la carga a materializar deberá ser una fracción de la carga de cálculo superior a la carga de servicio.
2. Requieren plan de ensayos
 - i. - Viabilidad y finalidad de la prueba.
 - ii. - Magnitudes que deben medirse y localización de los puntos de medida.
 - iii. - Procedimientos de medida.
 - iv. - Escalones de carga y descarga.
 - v. - Medidas de seguridad.
3. Elementos sometidos a flexión

Pruebas de carga. Para evaluar la capacidad resistente.



Pruebas de carga. Para evaluar la capacidad resistente.



Pruebas de carga. Para evaluar la capacidad resistente.

Prueba de carga

Lectura deformaciones



Pruebas de carga. Para evaluar la capacidad resistente.



Ensayos de información complementaria

