

# **ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO**



## **ENSAYOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE PATOLOGÍAS**

Josep Gasia i Gabernet / Miquel Mateus i Gorgues

Arquitectos Tècnics

Graduados en Ingeniería de la Edificación

Profesores asociados en la UdL EPS Escuela Politécnica Superior GATE i GEM



# ENSAYOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE PATOLOGIAS

---

- **ÍNDICE**

- **Introducción**
- **Tipos de ensayo**
- **Probetas testigo de hormigón**
- **Esclerómetro**
- **Profundidad de carbonatación**
- **Ultrasonidos**
- **Rotura de elementos lineales**
- **Pruebas de carga**
- **Parámetros físicos**
- **Ejemplos de planteamientos generales**



# INTRODUCCIÓN

---

- **Patología constructiva**
  - Las diferentes lesiones que aparecen en un sistema constructivo y que se clasifican según su agente causante. (Construmática)
- **Diagnostico:**
  - El **diagnóstico** (del [griego](#) *diagnostikós*, a su vez del prefijo *día-*, "a través", y *gnosis*, "conocimiento" o "apto para conocer") alude, en general, al análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias. Esta determinación se realiza sobre la base de datos y **hechos recogidos** y ordenados sistemáticamente, que permiten juzgar mejor qué es lo que está pasando. (Wikipedia)
- **Ensayo:**
  - Se denomina **ensayo de materiales** a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades de un material. (Wikipedia)



# INTRODUCCIÓN

---

- **PLANTEAMIENTO GENERAL DE LOS ENSAYOS EN LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN:**
  - Los ensayos de información de una estructura surge de una necesidad específica de conocer las características de los materiales utilizados en su construcción
  - Por la inexistencia de un control de calidad.
  - Para obtener información para poder hacer una valoración real del estado de esa estructura.
    - Obra nueva.
    - Preexistentes / Rehabilitación.
    - Cambios de uso.
    - Informes periciales.



# INFORMACIÓN PREVIA/TRAZABILIDAD

---

- Trazabilidad de la información
- *Recopilación de información previa.*
  - *Proyecto*
  - *Libro de ordenes*
  - *Programa de control de calidad*
  - *Actas de resultados*
  - *Documentación de materiales*
  - *Visita a obra*
  - *Etc..*
- *Determinación del estado actual.*
  - *Caracterización estado actual*
- *Comparativa proyecto-ejecución.*
  - *Reajuste planos-memoria.*
- *Situación de lesiones-patologías.*
  - *Croquis de situación*



# ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

---

- **CONDICIONES BÁSICAS DEL SISTEMA / METODO A ELEGIR:**
  - Que se midan características o parámetros representativos, desde el punto de vista de la resistencia.
  - Que la relación de éstos con la resistencia no tenga grandes **dispersiones** causadas por factores no controlados, como puede ser la edad del hormigón, curado, tamaño de las piezas, ambientes...
  - Que los lotes de los elementos a estimar sean lo más homogéneos posible
  - Que se disponga de un método contrastado, por comparación con rupturas reales, en condiciones como más parecidas posibles al caso considerado.



# ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

---

- ESTABLECIMIENTO DE LOTES :

- El planteamiento general de la campaña de información, deberá especificar el **nº de ensayos** y su **localización**, y también será importante saber la **fiabilidad y la precisión** de los sistemas que podemos elegir.
- Es evidente que cuanto mas información tengamos de la estructura mucho mejor, ya que este echo, nos favorecerá para poder tomar decisiones posteriores, pero lo que no podemos hacer es debilitarla , por lo que deberemos combinar ensayos destructivos (ED) con ensayos no destructivos (END).
- Si solo tenemos un valor en cada localización (plantas, forjados...), el problema que se nos planteará será la dispersión de resultados y falta de datos para tener una estadística fiable.
- Un resultado **disperso** entre los valores de referencia de los elementos de un lote debería hacer **reconsiderar** los lotes inicialmente definidos.



# ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

- ESTABLECIMIENTO DE LOTES :

- Teniendo en cuenta que la propiedad que vamos buscando en el hormigón (resistencia), tiene una desviación típica  $\sigma$ , la distribución que representa la media  $n$  muestras de un determinado ensayo, tendrá  $\sigma/\sqrt{n}$ . Para garantizar un valor medio incluido dentro del intervalo de confianza del 95%, será necesario realizar un número de determinaciones individuales, para obtener ese índice de fiabilidad. (Intemac)

- Testigos de diámetro normalizado. 3
- Testigos de pequeño diámetro 9
- Velocidad ultrasonidos 1
- Índice esclerométrico 10/12
- Ensayo de penetración 3



# ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

---

- **MEDIDA DE RESISTENCIAS :**
  - Con cualquiera de los métodos/ensayos, destructivos o semi destructivos aplicados a una muestra de cada lote.
  - El número de elementos de la muestra dependerá del tamaño de los lotes.
  - Pueden empezar a ser representativos 3 o 4 ensayos por lote, si los resultados no son dispersos.
- **COMPROBACIÓN DE CASOS DE DUDA :**
  - Si los resultados están en su límite de utilización, factores externos que nos hagan plantear otros tipos de ensayo, puede ser útil extraer del lote alguno de los elementos ensayados en la medida anterior y hacerle una prueba de carga hasta ruptura en laboratorio (vigas, paredes de carga...).



# RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

---

- **Ensayos de laboratorio:**
  - Por un lado se pueden medir, de forma directa, los parámetros de resistencia sobre elementos que sean representativos.
    - Extracción y rotura de testigos.
    - Rotura de bigas.
  - Por otra parte, se pueden hacer correlaciones con los métodos semi destructivos o no destructivos para su utilización posterior en los reconocimientos "in situ".



# TIPOS DE ENSAYO

- **Tipologías de ensayos de información y pruebas.**
  - No destructivos: END
    - Esclerómetro (correlación con testigos)
    - Ultrasonidos (correlación con testigos)
    - Permeabilidad del hormigón al aire
    - Potencial de corrosión
    - Profundidad frente de carbonatación
    - Pruebas de carga
    - Otros parámetros físicos
  - Semi destructivos: ESD
    - Arranque Pull-off (correlación con testigos)
    - Impacto penetrante (correlación con testigos)
    - Penetración (Pistola Windsor) (correlación con testigos)
  - Destructivos: ED
    - Ensayos de ruptura
      - Probetas testigo
      - Permeabilidad del hormigón al agua
      - Ruptura de vigas

- **Principio de funcionamiento**
  - Un generador de corrientes magnéticas las traspasa a un palpador - receptor que capta la existencia de elementos metálicos (barras) embebidos en el hormigón.
  - Un procesador de señal proporciona un amplio menú de posibilidades





# PACHÓMETRO

- **Sistemática de detección**
  - Pasar el detector por la superficie del hormigón
  - Marcar la situación de las barras



- Pràcticum

- En recubrimientos de + de 50 mm.
- Marcar la situación de la barras.
- Abertura de cata hasta barras.
- Inspeccionar  $\emptyset$  y tipo de acero.





# ESCLERÓMETRO

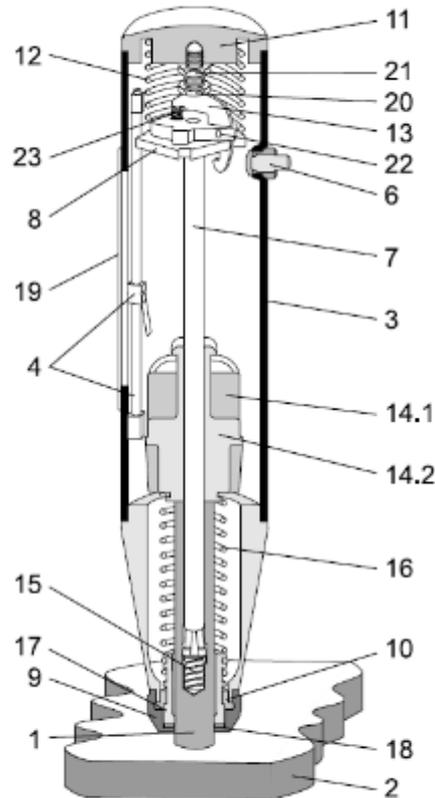
---

- **Principio de funcionamiento**
  - Golpear la superficie del hormigón mediante una masa determinada impulsada por un muelle que le proporciona una energía concreta.
  - Se mide el rebote de la masa del instrumento al impactar en la superficie del hormigón.
  - Cuando más duro sea el hormigón, mayor es el rebote. (El hormigón absorbe menos el impacto).
  - EHE 08, UNE EN 12504-2

# ESCLERÓMETRO



## 3.5.4 Martillo para ensayos de hormigón, modelo N/L



## Leyenda:

- 1 Punzón de impacto
- 2 Superficie de ensayo
- 3 Caja
- 4 Corredera con varilla de guía
- 5 Sin usar
- 6 Botón, completo
- 7 Barra de guía del martillo
- 8 Disco de guía
- 9 Capuchón
- 10 Anillo de dos partes
- 11 Cubierta trasera
- 12 Muelle de compresión
- 13 Fiador
- 14 Masa del martillo: 14.1 modelo
- 15 Muelle de retención
- 16 Muelle de impacto
- 17 Manguito de guía
- 18 Anillo de fieltro
- 19 Ventana de plexiglás
- 20 Tornillo de tope
- 21 Contratuerca
- 22 Espiga
- 23 Muelle de fiador

Fig. 3.3 Sección longitudinal a través del martillo para ensayos de hormigón

Q

# ESCLERÓMETRO





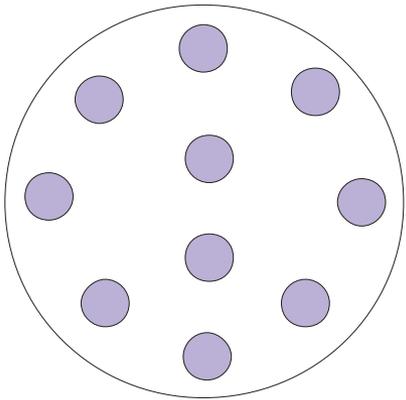
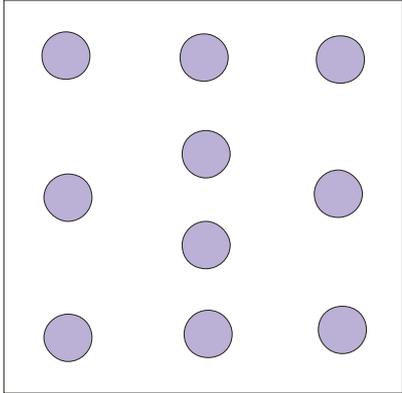
# ESCLERÓMETRO

---

- **Sistemática de prospección**
  - Pasar piedra de pulido en un área de aproximadamente 12 x 12 cm para eliminar imperfecciones.
  - Limpiar de polvo la zona pulida. (Amortiguación del golpe)
  - Dibujar un cuadrado de 10 x 10 cm, o un círculo de 10 cm de diámetro.
  - Dentro del cuadrado, o el círculo, efectuar 10 impactos.



# ESCLERÓMETRO





# ESCLERÓMETRO

- **Sistemàtica de prospecció**

- En pilares:

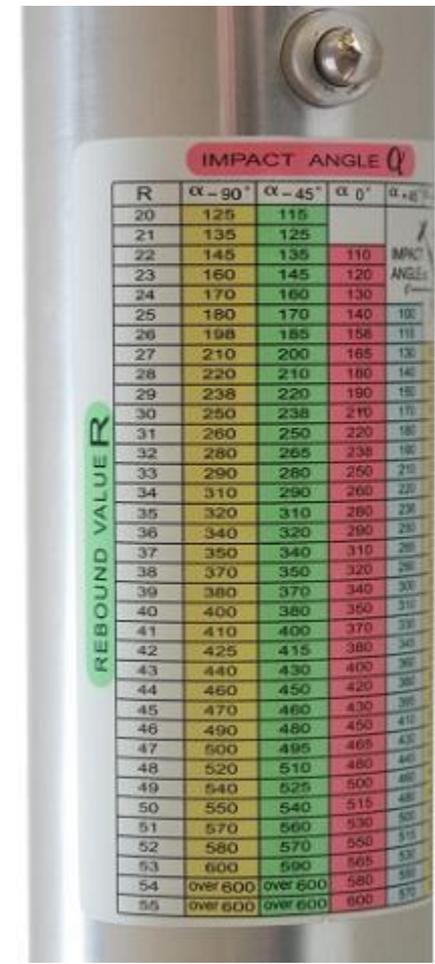
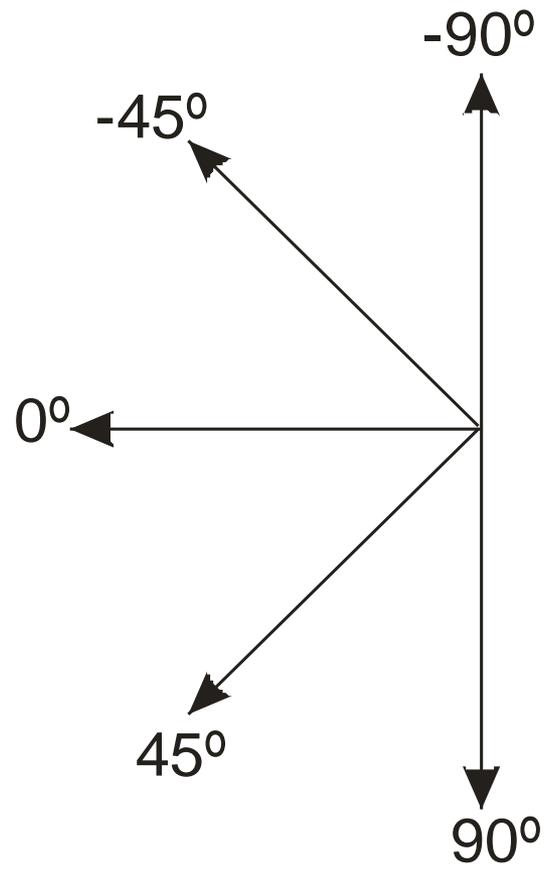
- Àrea de golpeado en tercio superior, tercio medio y tercio inferior.
- En cada una de las cuatro caras.
- Efectuar los impactos con el aparato. perpendicular al plano de la cara del pilar.
- Anotar el resultado del rebote en cada impacto.

- En general:

- Es básico el control del ángulo de impacto:
  - $0^\circ$  → perpendicular
  - $45^\circ$  → hacia a bajo
  - $-45^\circ$  → hacia arriba
  - $90^\circ$  → hacia abajo
  - $-90^\circ$  → hacia arriba



# ESCLERÓMETRO



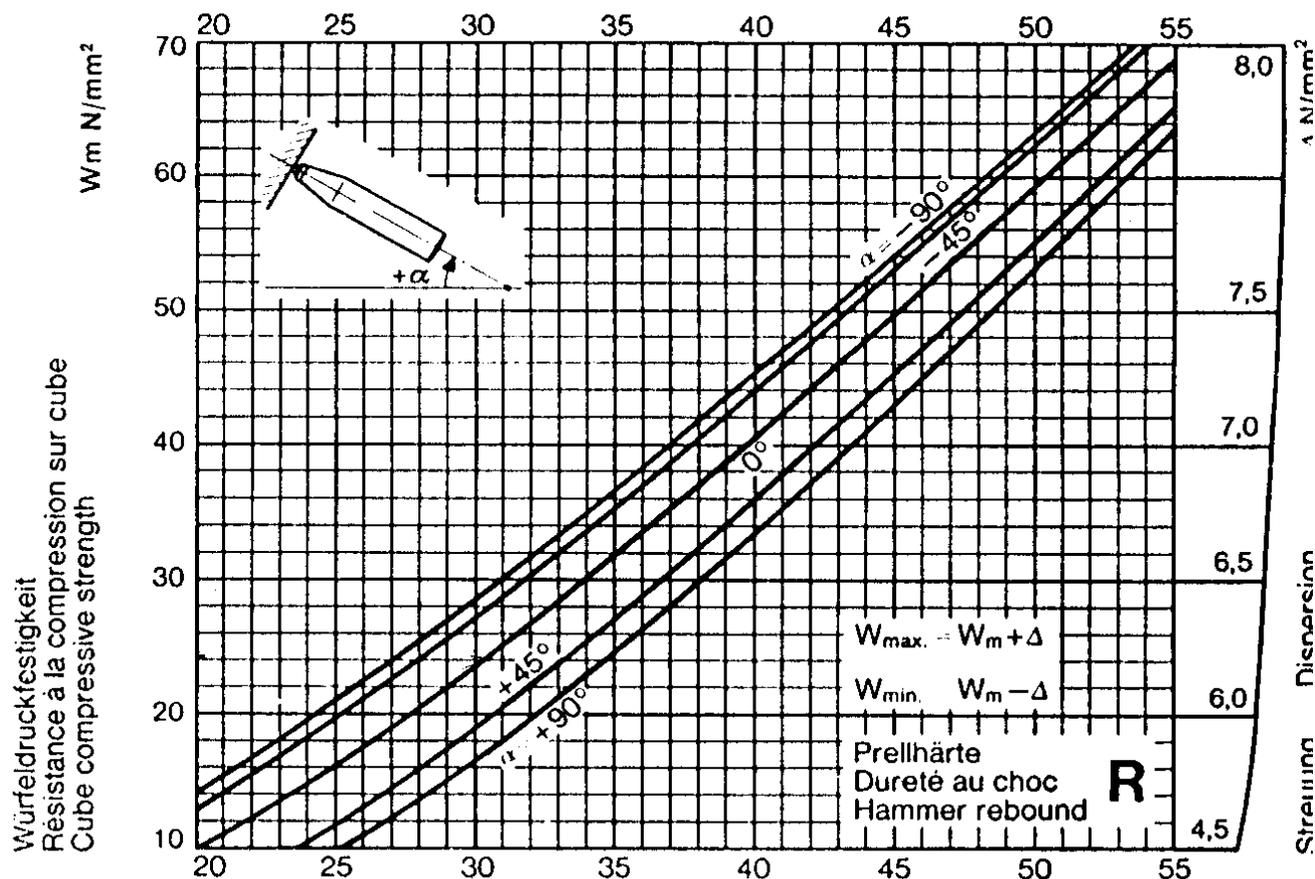
- Tarado del aparato antes y después de la prospección
- Dentro de tolerància (78 – 82)
  - Corrección vàlida hasta  $R_{\alpha} = 72$ :
    - $n$  número de lecturas particulares  $r$  sobre el hormigón
    - $R_{\alpha}$  valor de retroceso en el yunque

$$R = \frac{\sum r}{n} \times \frac{80}{R_{\alpha}}$$

# ESCLERÓMETRO

- Tabla de resultados probeta - inclinación

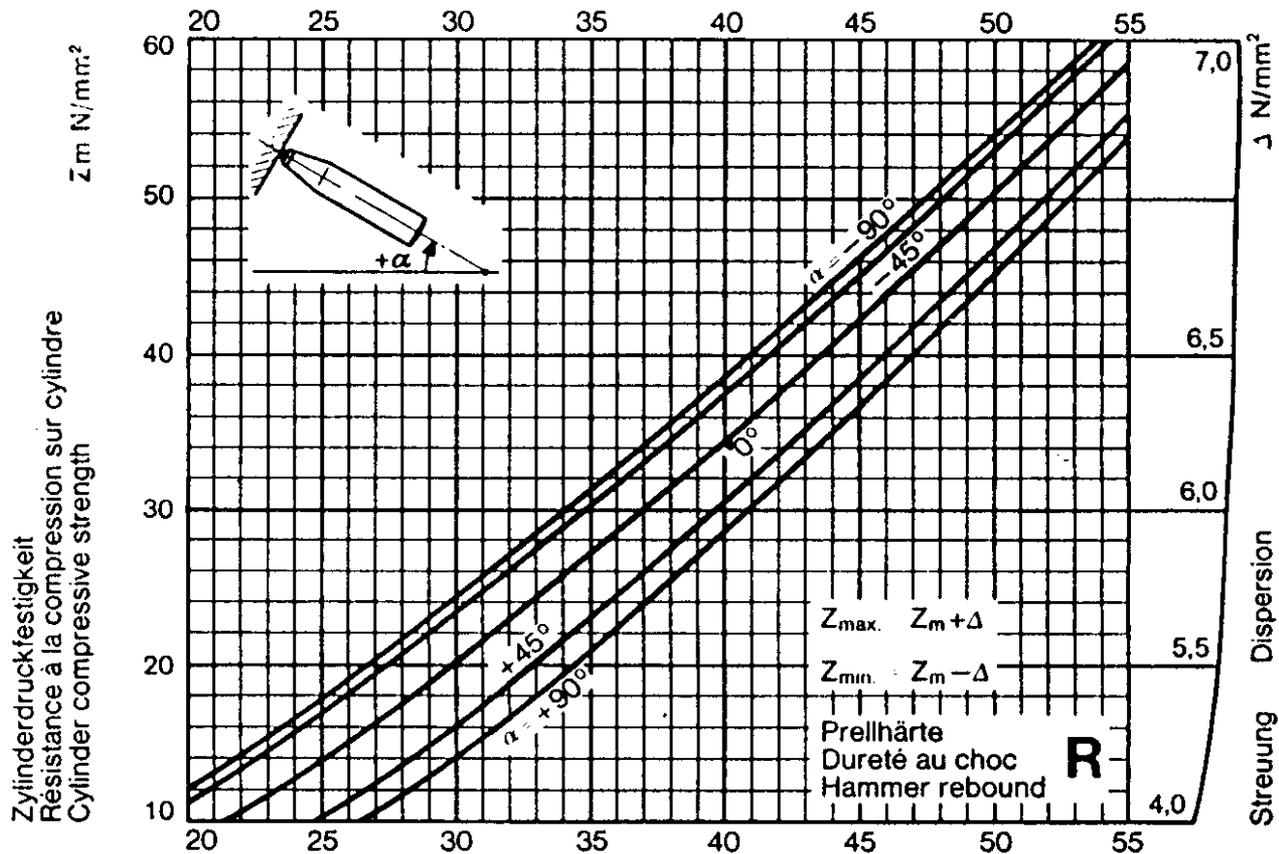
Fig. 3 Resistencia a la compresión sobre un cubo en  $N/mm^2$   
en función de la dureza al choque  
Modelo N Esclerómetro





# ESCLERÓMETRO

- Tabla de resultados probeta - inclinación





# ESCLERÓMETRO

Resistencia a la compresión sobre cilindro en función de la dureza al choque R

Tabla II

- Tabla de corrección por edad del hormigón

R	14- 56 Dias						7 Dias					
	Z <sub>m</sub>			Z <sub>min</sub>			Z <sub>m</sub>			Z <sub>min</sub>		
	kp/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	psi									
20	86	8,4	1220	46	4,5	650	103	10,1	1470	63	6,2	900
21	96	9,4	1370	54	5,3	770	112	11,0	1590	71	7,0	1010
22	107	10,5	1520	64	6,3	910	123	12,1	1750	80	7,9	1140
23	118	11,6	1680	73	7,2	1040	133	13,0	1890	88	8,6	1250
24	129	12,7	1830	83	8,1	1180	144	14,1	2050	98	9,6	1390
25	141	13,8	2010	94	9,2	1340	156	15,3	2220	108	10,6	1540
26	153	15,0	2180	104	10,2	1480	167	16,4	2380	117	11,5	1660
27	166	16,3	2360	115	11,3	1640	178	17,5	2530	128	12,6	1820
28	179	17,6	2550	127	12,5	1810	191	18,7	2720	139	13,6	1980
29	191	18,7	2720	139	13,6	1980	203	19,9	2890	150	14,7	2130
30	205	20,1	2920	151	14,8	2150	216	21,2	3070	162	15,9	2300
31	218	21,4	3100	164	16,1	2330	229	22,5	3260	174	17,1	2470
32	233	22,9	3310	178	17,5	2530	242	23,7	3440	187	18,3	2660
33	247	24,2	3510	191	18,7	2720	255	25,0	3630	199	19,5	2830
34	261	25,6	3710	204	20,0	2900	268	26,3	3810	211	20,7	3000
35	275	27,0	3910	218	21,4	3100	281	27,6	4000	224	22,0	3190
36	291	28,5	4140	232	22,8	3300	296	29,0	4210	237	23,2	3370
37	306	30,0	4350	247	24,2	3510	310	30,4	4410	251	24,6	3570
38	320	31,4	4550	261	25,6	3710	324	31,8	4610	264	25,9	3750
39	336	33,0	4780	275	27,0	3910	338	33,2	4810	278	27,3	3950
40	351	34,4	4990	290	28,4	4120	354	34,7	5040	292	28,6	4150
41	367	36,0	5220	305	29,9	4340	369	36,2	5250	307	30,1	4370
42	383	37,6	5450	320	31,4	4550	383	37,6	5450	321	31,5	4570
43	399	39,1	5680	336	33,0	4780	400	39,2	5690	337	33,1	4790
44	415	40,7	5900	352	34,5	5010	415	40,7	5900	352	34,5	5010
45	431	42,3	6130	367	36,0	5220	431	42,3	6130	367	36,0	5220
46	447	43,8	6360	383	37,6	5450	447	43,8	6360	383	37,6	5450
47	464	45,5	6600	400	39,2	5690	464	45,5	6600	400	39,2	5690
48	480	47,1	6830	416	40,8	5920	480	47,1	6830	416	40,8	5920
49	496	48,6	7050	432	42,4	6140	496	48,6	7050	432	42,4	6140
50	513	50,3	7300	448	43,9	6370	513	50,3	7300	448	43,9	6370
51	530	52,0	7540	464	45,5	6600	530	52,0	7540	464	45,5	6600
52	547	53,6	7780	480	47,1	6830	547	53,6	7780	480	47,1	6830
53	564	55,3	8020	496	48,6	7050	564	55,3	8020	496	48,6	7050
54	581	57,0	8260	513	50,3	7300	581	57,0	8260	513	50,3	7300
55	598	58,6	8510	529	51,9	7520	598	58,6	8510	529	51,9	7520

Resistencia a la compresión sobre cilindro = 0,85 × Resistencia a la compresión sobre cubo.



# ESCLERÓMETRO

- **Tratamiento de los datos obtenidos**
  - Corrección de valores en función de tarado e inclinación
  - De 9 impactos, se desestiman los impactos fuera de rango, si más 20% difieren de la mediana en un 30% se descartan la totalidad.
    - Áridos superficiales
    - Armaduras con poco recubrimiento
    - Coqueras y huecos situados bajo la lechada superficial
  - Mediana impactos.
  - Media de todas las áreas prospectadas en la pieza
  - Resultado **estimado** de la resistencia



# ESCLERÓMETRO

---

- **Circunstancias de distorsión**
  - Humedad de la pieza
  - Carbonatación (edad del hormigón)
  - Perpendicularidad - ángulo (operario)
- **Alcance del ensayo**
  - Informativo (no determinado por sí mismo)
  - Ideal como paso previo
  - Correlación

# ESCLERÓMETRO

- Reducción de la resistencia en función de la profundidad de carbonatación

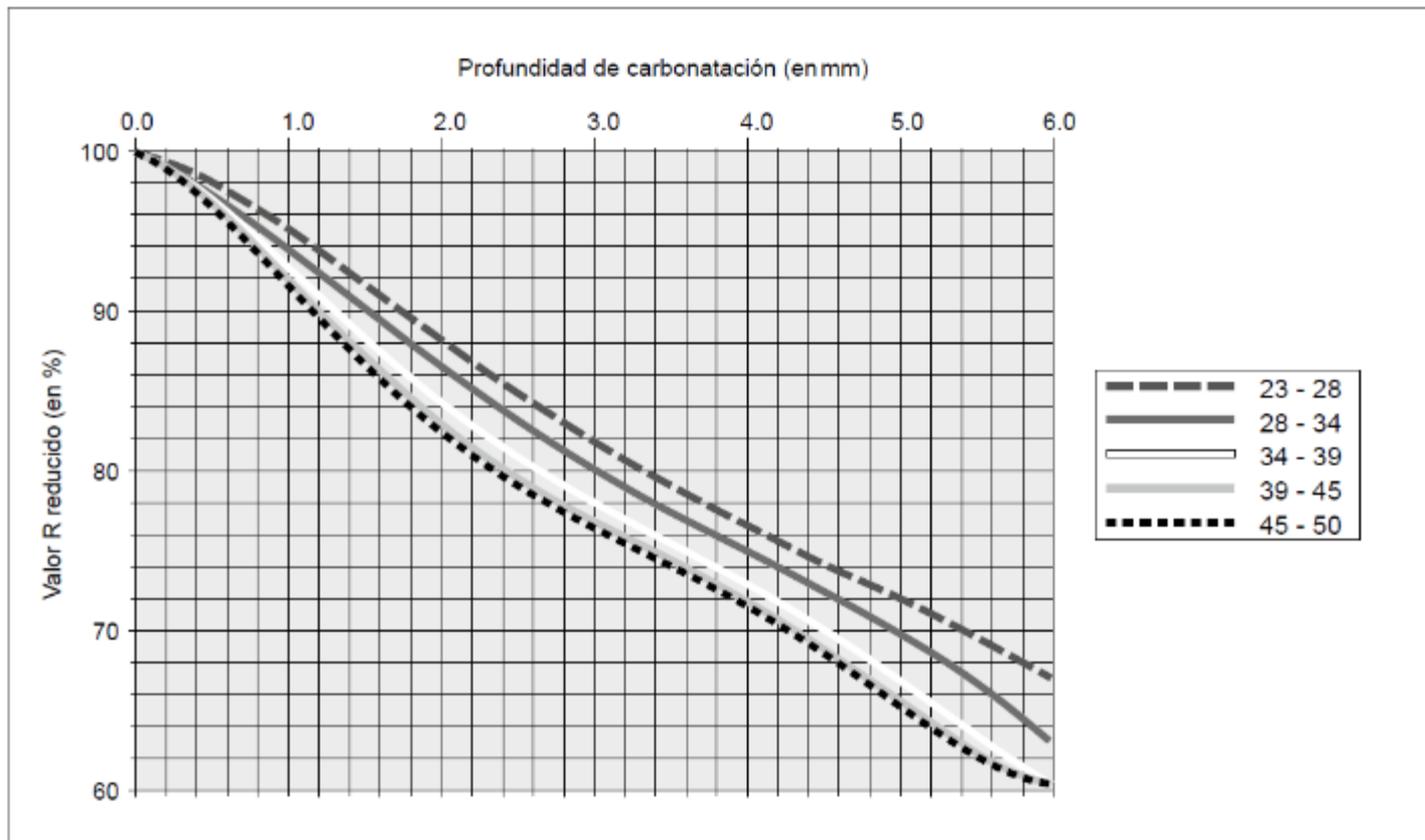
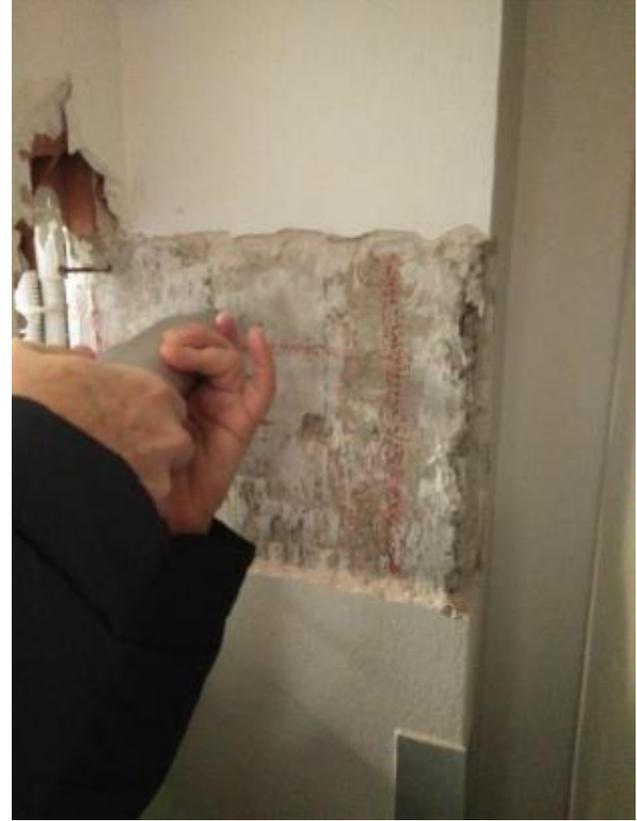


Fig. 2.11 Reducción de valores de rebote debido a carbonatación

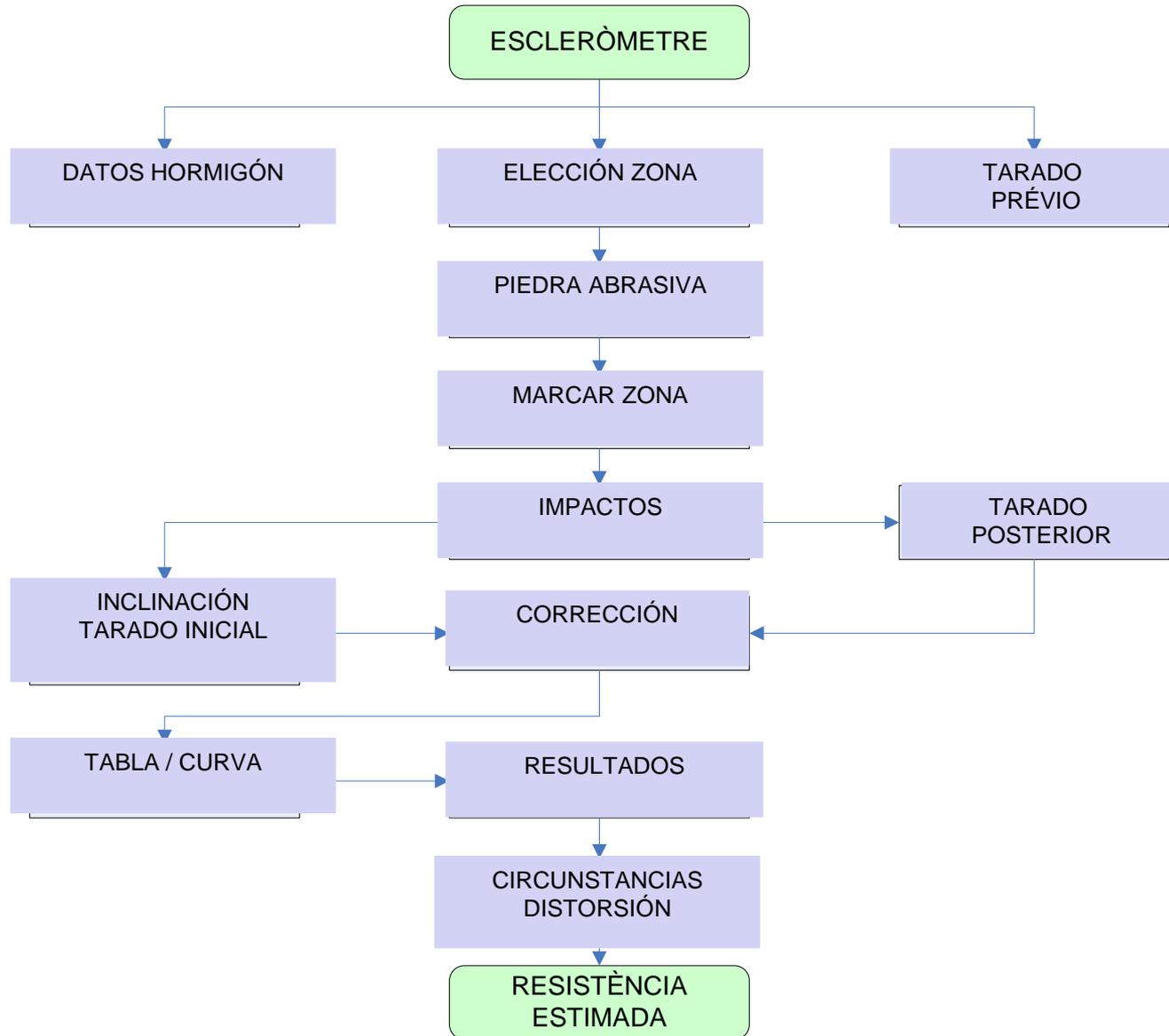


# ESCLERÓMETRO





# ESCLERÓMETRO





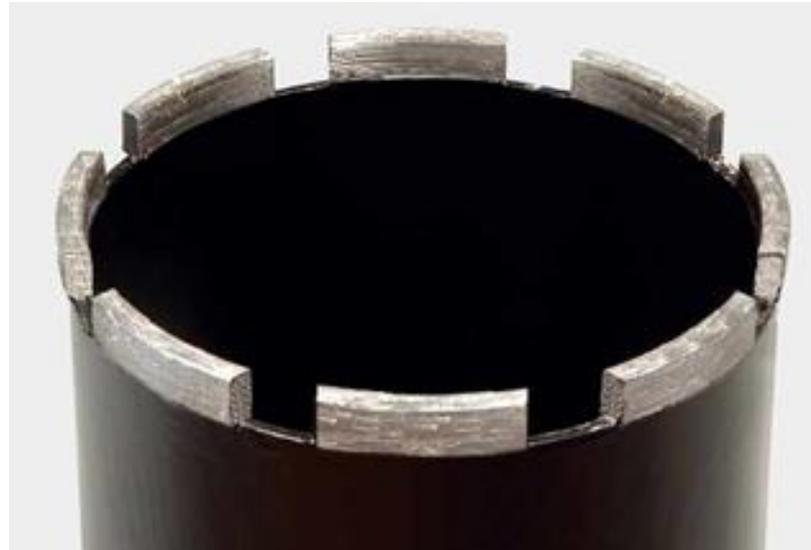
# PROBETAS TESTIGO

---

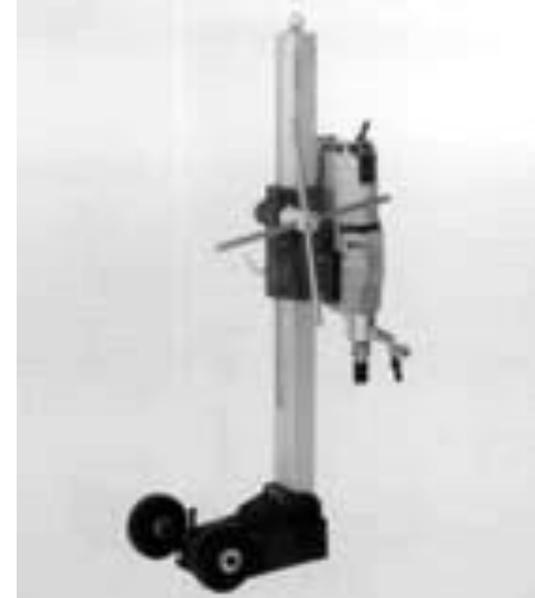
- **Principio**
  - Extraer muestra de hormigón endurecido de un determinado elemento para determinar, entre otras, la resistencia mecánica del hormigón.
  - El hormigón extraído ha sufrido las circunstancias y alteraciones que se prevén, por ejecución y curado, que se tienen en cuenta a la hora de evaluar la resistencia de probetas convencionales.
  - EHE 08, UNE EN 12504-1



# PROBETAS TESTIGO



- **Proceso de extracción**
  - Detección de las armaduras
  - Elección diámetro de la sonda
  - Fijación de la máquina
  - Conexión refrigerante
  - Perforar
  - Desprendimiento del testigo por acuñado
  - Identificación de la muestra
  - Relleno de la extracción con mortero de AR





# PROBETAS TESTIGO

---

- **Factores distorsionantes**
  - Presencia de armaduras
    - 5% del volumen de la probeta
    - 1% del volumen se la probeta si está situada en el tercio central
  - Presencia de áridos con planos de fractura
  - Coqueras
  - Dirección del hormigonado
    - Perpendicular > horizontal
  - Edad del hormigón
  - Diámetro del testigo



# PROBETAS TESTIGO

- Ruptura a velocidad 5 kg/cm<sup>2</sup> y segundo
- **Proceso de cortado, conservación y ruptura**
  - Cortado del testigo a una esbeltez <2
  - Conservación función de la ubicación del hormigón
    - saturado
    - ambiente
    - seco
  - Refrentado por las dos caras
  - Medida dimensiones
  - Ruptura a velocidad 5 kg/cm<sup>2</sup> y segundo





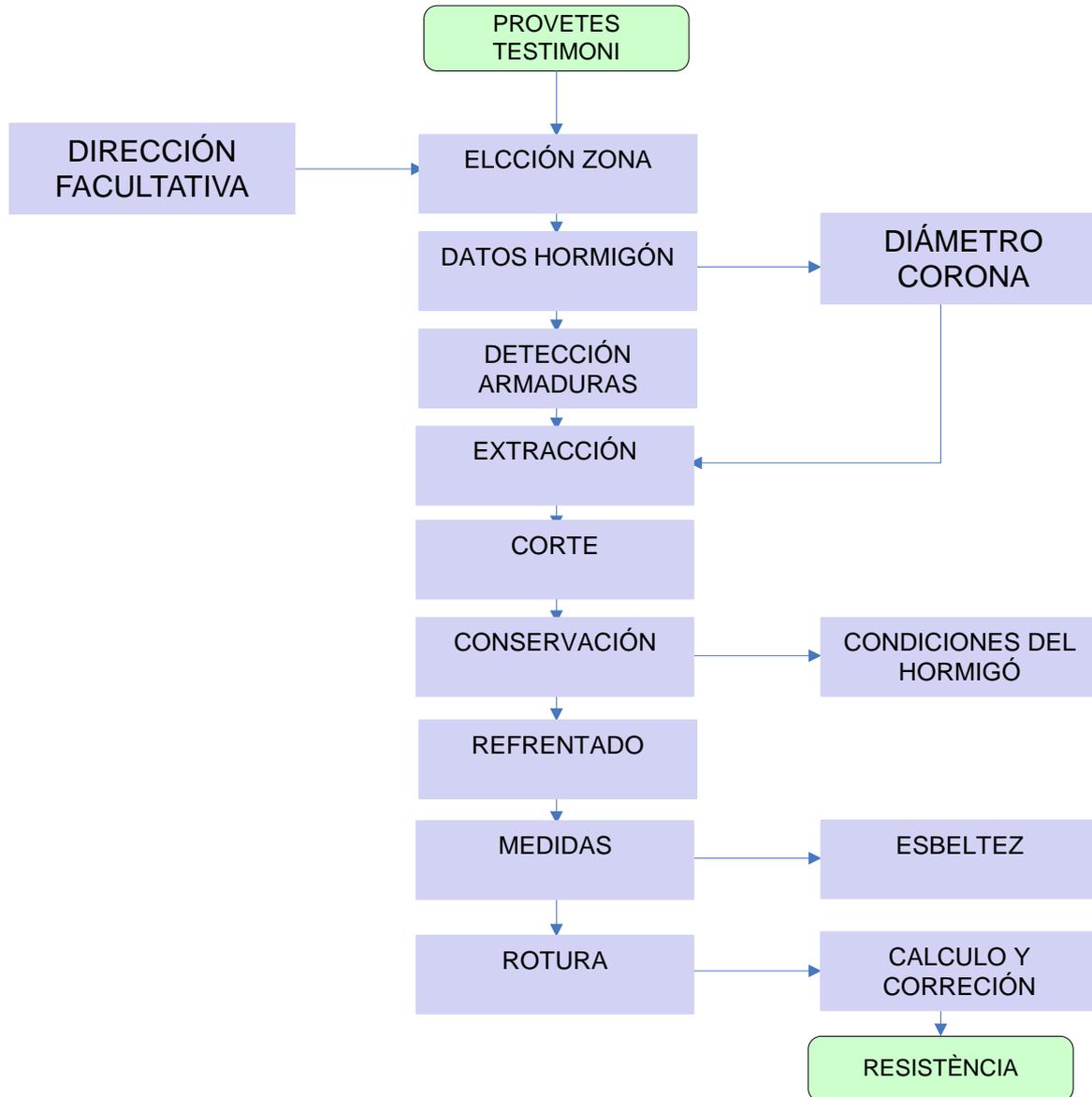
# PROBETAS TESTIGO

- **Tratamiento de los resultados**
  - Obtención de la resistencia en función de la carga de rotura y el diámetro del testigo
  - Corrección por esbeltez  $h/d = 1$

Correcció per esveltesa	
Relació h/d	Coeficient
2,00	1,00
1,75	0,98
1,50	0,96
1,25	0,94
1,00	0,85



# PROBETAS TESTIGO



Q

# PROBETAS TESTIGO

- TMA/Ø



# PROBETAS TESTIGO

- Zonas de extracción. *Cimentación*



# PROBETAS TESTIGO

- Testigos de pilares, hormigón años 60





# PROBETAS TESTIGO

- Investigación, pavimentos industriales





# PROBETAS TESTIGO

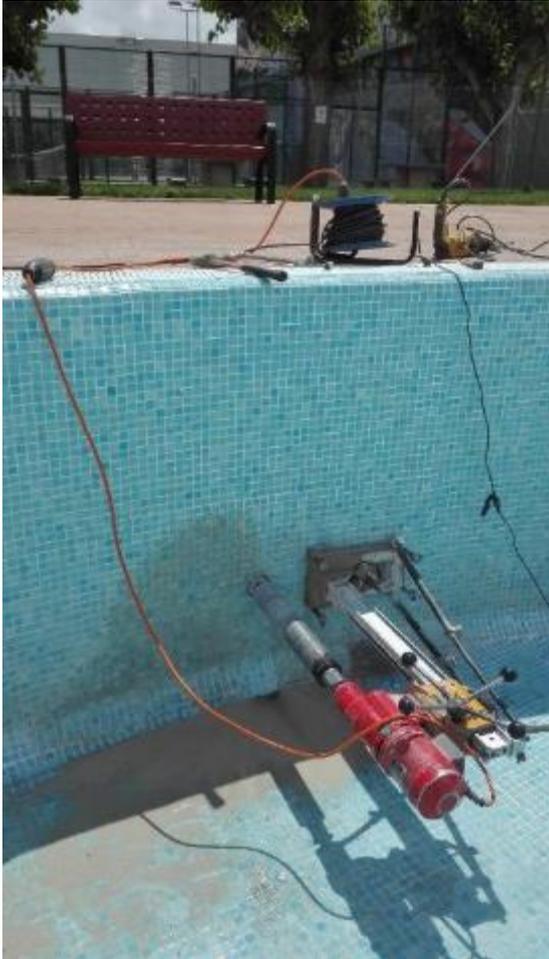
- Investigación, pavimentos industriales





# PROBETAS TESTIGO

- Investigación patologías



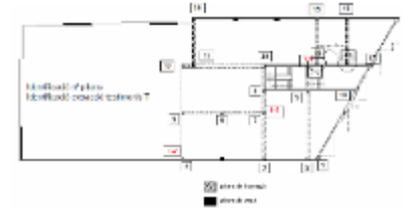
# PROBETAS TESTIGO

- Investigación patologías



# Ejemplo I. Testigos/Esclerómetro

- ITE PB+6



# Ejemplo I. Testigos/Esclerómetro

- ITE PB+6



Proveta - Testimoni Element formigonat núm.	Longitud (L) cm	Diàmetre (Ø) cm	Esbelt. L / Ø	Conté armadura Si/No	Humitat superfic. Sec/Humit	Càrrega ruptura (kN)	Resistència a compressió (MPa)
T-1	10,31	7,43	1,39	No	Sec	68,7	15,8
T-2	11,76	7,42	1,58	No	Sec	114,3	26,4
T-3	13,60	7,42	1,83	No	Sec	92,0	21,3



## Densidades

2185 kg/m<sup>3</sup>

2227 kg/m<sup>3</sup>

2154 kg/m<sup>3</sup>

# Ejemplo I. Testigos/Esclerómetro

- ITE PB+6



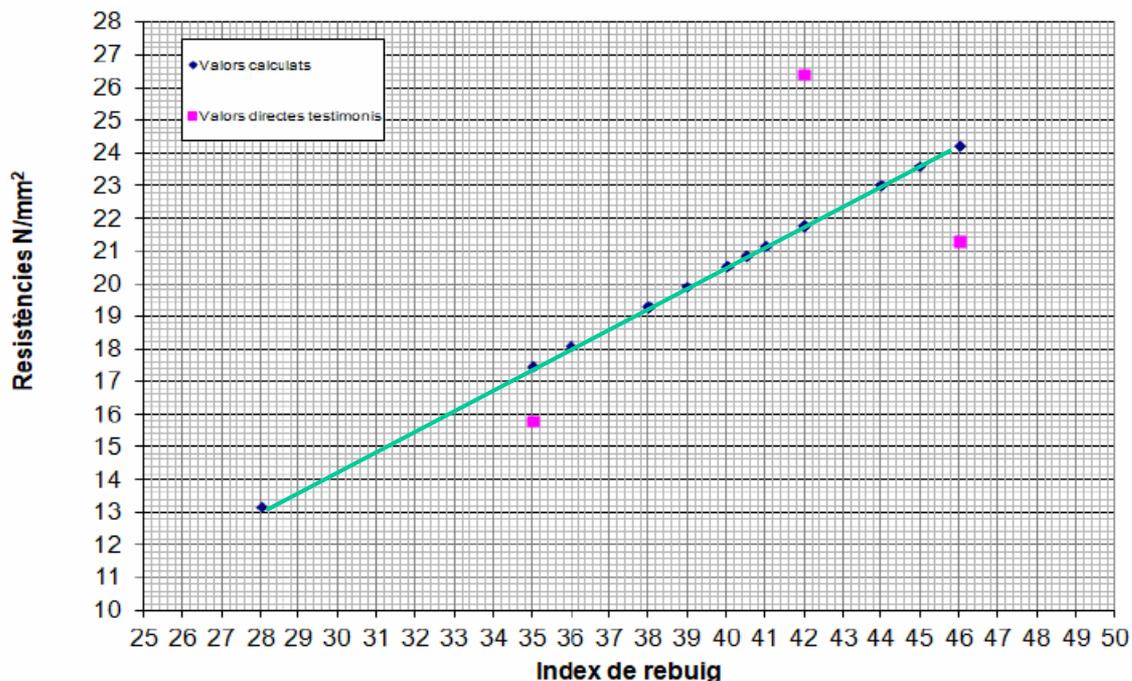
## ESTUDI D'INFORMACIÓ ESCLEROMÈTRICA

Punt núm.	Inclinació escleròmetre $\beta^\circ$	Pilar núm.			Índex de rebot (mediana)	Valor calculats (N/mm <sup>2</sup> )	
		Cota lectures base pilar					
		0,50 m.	1,20 m.	2,00 m.			
1	+0°		P-1		28,0	13,2	
2	+0°		P-2		36,0	18,1	
3	+0°		P-3		40,5	20,9	
4	+0°		T-2		42,0	<b>26,4</b>	
5	+0°		P-5		45,0	23,6	
6	+0°		P-6		44,0	23,0	
7	+0°		T-3		46,0	<b>21,3</b>	
8	+0°		P-8		46,0	24,2	
9	+0°		P-9		41,0	21,2	
10	+0°		P-10		40,0	20,6	
12	+0°		P-12		38,0	19,3	
13	+0°		P-13		39,0	19,9	
14	+0°		P-14		38,0	19,3	
15	+0°		P-15		40,0	20,6	
16	+0°		P-16		38,0	19,3	
17	+0°		P-17		42,0	21,8	
18	+0°		P-18		40,0	20,6	
19	+0°		T-1		35,0	<b>15,8</b>	
20	+0°		P-20		44,0	23,0	

# Ejemplo I. Testigos/Esclerómetro

- ITE PB+6. Correlación

Definir la ecuación de la recta definida per dos variables  $x, n$ , para determinar los posibles valores derivados de valores conocidos.



Taula regressió lineal Testimonis/Índex de rebuig

- EHE 08

L'article 86.8 de la EHE 08 .

ENSAYOS DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DEL HORMIGÓN.

Apartat de comentaris, últim paràgraf, ens diu

*"El proceso de extracción de probetas testigo mediante trépano provoca generalmente un cierto nivel de daño en el propio hormigón que se pretende evaluar, mediante la aparición de microfisuras que pueden tener su incidencia en los resultados obtenidos al proceder a su rotura a compresión. Por ello, se recomienda valorar la aplicación de factores de corrección de los resultados que permitan tener en cuenta tales efectos. A falta de datos específicos para cada caso, es habitual considerar que, para hormigones normales, el referido efecto provoca una disminución de un **diez por ciento** en la resistencia."*

Es per això que amb la correcció proposada, els resultats dels testimonis son els següents

TESTIMONI	RESULTAT N/mm <sup>2</sup>	CORRECCIÓ N/mm <sup>2</sup>
1	20.2	22,22
2	18.5	20,35
3	21.8	23,98



# ULTRASONIDOS

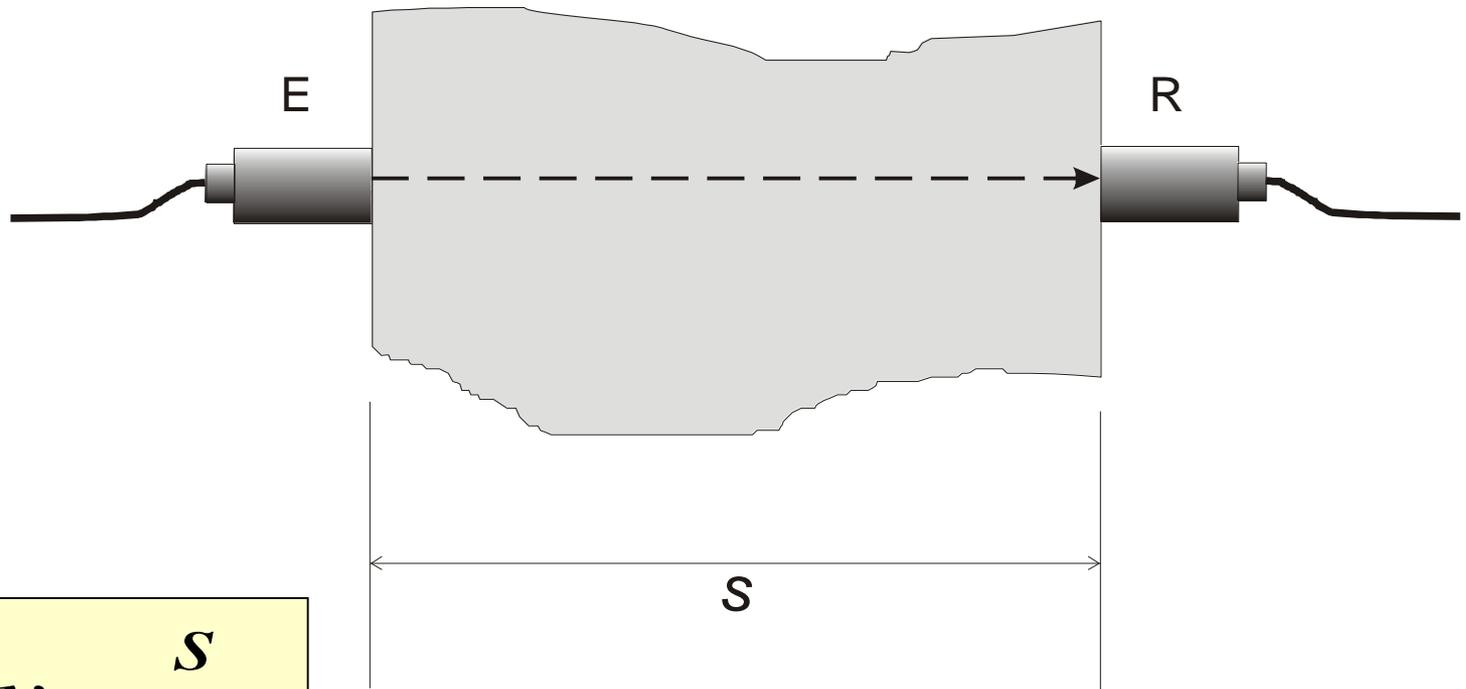
---

- **Principio de funcionamiento**
  - Un generador de (ultrasonido) de una frecuencia de 50 KHz. Excita un palpador (emisor) situado en contacto íntimo con la superficie del hormigón. Otro palpador (receptor) recoge la onda generada.
  - Un osciloscopio mide el tiempo de paso de la onda ultrasónica en la masa del hormigón.
  - Cuando más denso es un material menos tarda la onda en atravesarlo.
  - EHE 08, UNE EN 12504-4

- **Principio de funcionamiento**
  - El aparato muestra el tiempo, en mili segundos ( $\square$ s), que ha tardado la onda más rápida en recorrer la distancia entre el palpador emisor y el receptor.
  - La medida de la distancia, en mm, entre los dos palpadores es crucial para el buen fin del ensayo.
  - Se calcula la velocidad de paso de la onda en km / s.



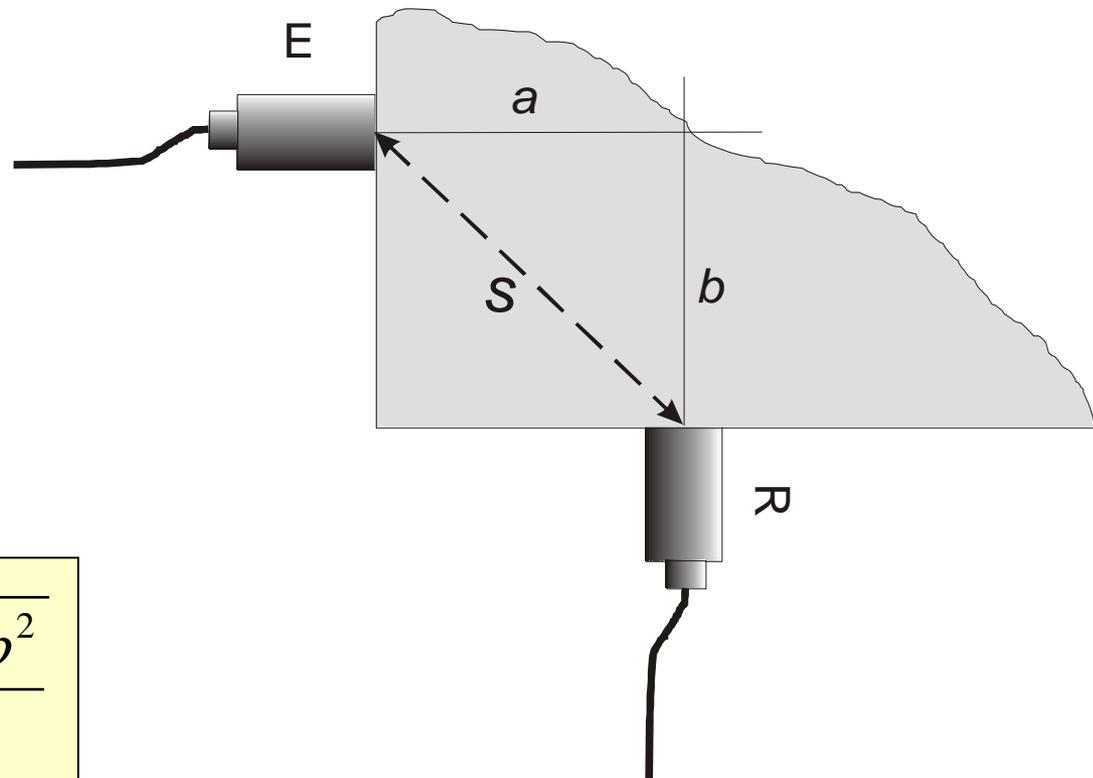
- Métodos de medida:
  - Caras opuestas: Transmisión directa



$$v = \frac{S}{t}$$

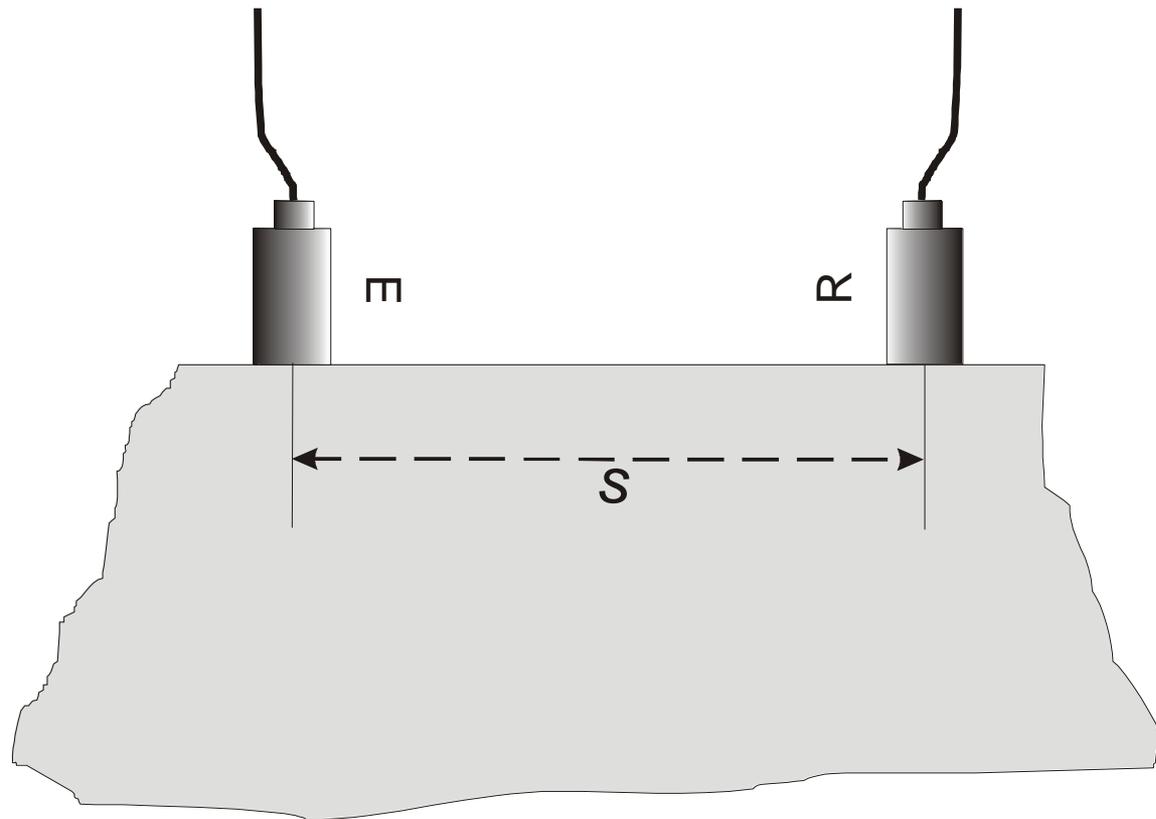
# ULTRASONIDOS

- Métodos de medida:
  - Caras adyacentes: Transmisión semi directa



$$v = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{t}}$$

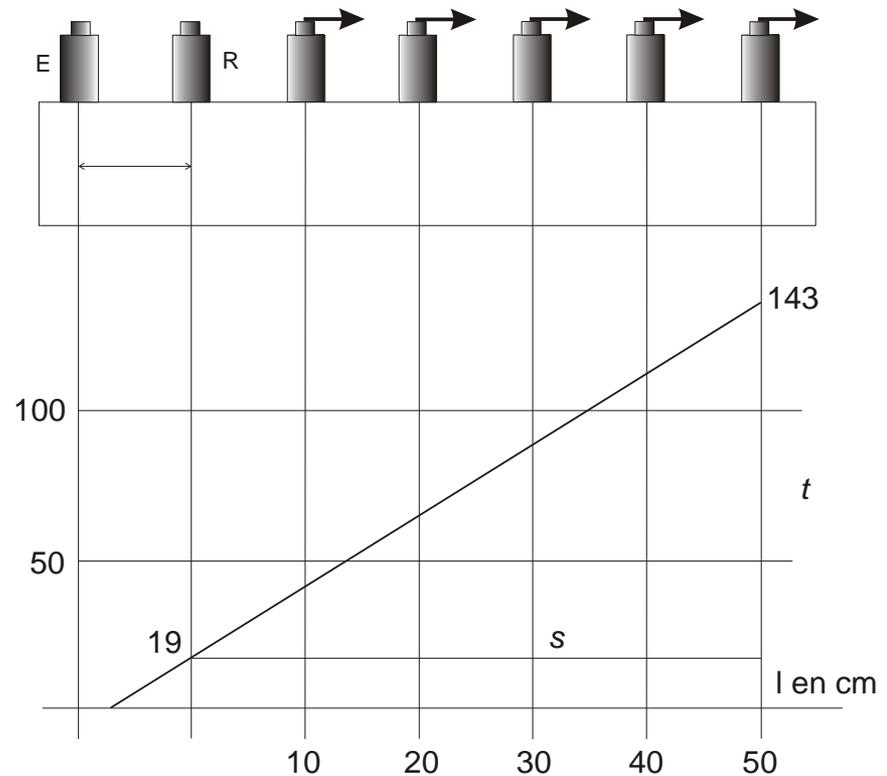
- Métodos de medida:
  - Misma cara: Transmisión indirecta





# ULTRASONIDOS

- Métodos de medida:
  - Determinación de la velocidad de la propagación por método indirecto



- **Sistemática de prospección**
  - Detección de armaduras
  - Marcado minucioso de los puntos
    - Medida de la distancia
  - Limpieza cuidadosa de la superficie
  - Disposición de material para garantizar el contacto
    - vaselina
  - Colocación de los palpadores
    - Medida del tiempo de paso 1
  - Inversión de los palpadores
    - Medida del tiempo de paso 2





# ULTRASONIDOS

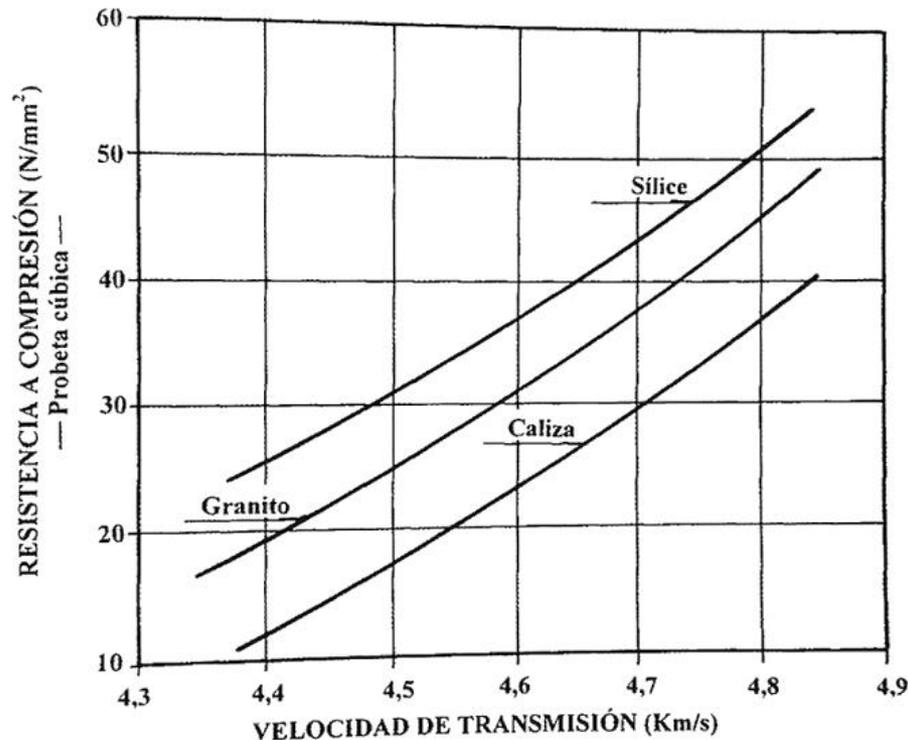
- **Tratamiento de los datos obtenidos**
  - Media de las dos medidas de tiempo de paso de onda tomadas
  - Cálculo de la velocidad de paso en función del sistema de medida empleado
- **Calidad orientativa del hormigón**



Clasificación de la calidad del hormigón por medio de la velocidad de onda según Leslie y Cheesman.	
Velocidad de la onda longitudinal m/seg	Condición del hormigón
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre



- Corrección por el tipo de de árido.
  - En función del tipo de árido se puede corregir a partir de la gráfica de J.H. Bungey





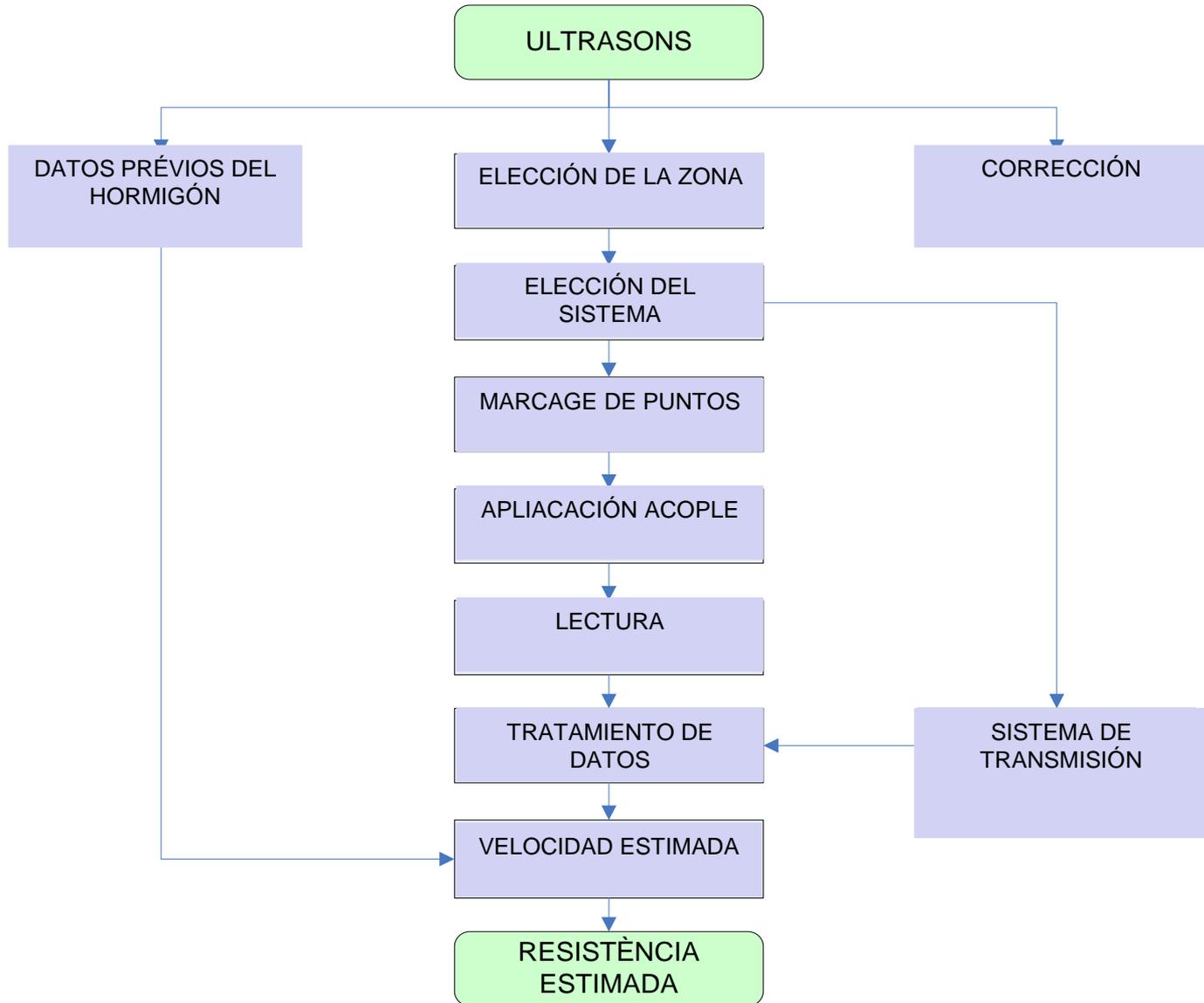
# ULTRASONIDOS

---

- **Circunstancias de distorsión**
  - Humedad de la pieza
  - Error en la medida de las distancias
  - Presencia de armaduras
  - Edad del hormigón
- **Alcance del ensayo**
  - Informativo (no determinado por sí mismo)
  - Muy fiable
  - Correlación



# ULTRASONIDOS





# ULTRASONIDOS EN PILARES

## Ejemplo II

- Ensayo

ELEMENT o punt assajat	CONDICIÓ de la superfície	TIPUS de transmissió	DISTÀNCIA en mm (d)	TEMPS 1 en $\mu$ seg. (t1)	TEMPS 2 en $\mu$ seg. (t2)	TEMPS MIG en $\mu$ seg. (t)	VELOCITAT en km/seg (V)
Planta 6, pilar 8	Seca	Directe	300	51	51,9	51,45	5,83
Planta 6, pilar 7	Seca	Directe	300	57,7	57,3	57,50	5,22
Planta 6, pilar 6	Seca	Directe	300	56,8	57	56,90	5,27
Planta 6, pilar 5	Seca	Directe	300	54,7	54,1	54,40	5,51
Planta 6, pilar 4	Seca	Directe	400	79,2	80,4	79,80	5,01
Planta 6, pilar 3	Seca	Directe	300	61,2	59,9	60,55	4,95
Planta 6, pilar 2	Seca	Directe	300	58,6	57,9	58,25	5,15
Planta 6, pilar 1	Seca	Directe	300	56,9	57	56,95	5,27
Planta 5, pilar 6	Seca	Directe	350	78,3	78,6	78,45	4,46
Planta 5, pilar 5	Seca	Directe	300	61	61,2	61,10	4,91
Planta 5, pilar 4	Seca	Directe	300	64,3	63,6	63,95	4,69
Planta 5, pilar 3	Seca	Directe	300	61,7	61,9	61,80	4,85
Planta 5, pilar 2	Seca	Directe	300	58,8	59,2	59,00	5,08
Planta 5, pilar 1	Seca	Directe	300	58,7	59,1	58,90	5,09
Planta 4, pilar 5	Seca	Directe	350	62,2	62,5	62,35	5,61
Planta 4, pilar 4	Seca	Directe	300	68,5	68,3	68,40	4,39
Planta 4, pilar 3	Seca	Directe	300	58,6	58,5	58,55	5,12
Planta 4, pilar 2	Seca	Directe	300	63,7	64,2	63,95	4,69
Planta 4, pilar 1	Seca	Directe	300	66,6	66,5	66,55	4,51
Planta 3, pilar 5	Seca	Directe	350	73,5	72,6	73,05	4,79
Planta 3, pilar 4	Seca	Directe	300	61,4	60,5	60,95	4,92
Planta 3, pilar 3	Seca	Directe	300	59	59,3	59,15	5,07
Planta 3, pilar 2	Seca	Directe	300	58,2	59,6	58,90	5,09
Planta 3, pilar 1	Seca	Directe	300	58	57,6	57,80	5,19
Planta 2, pilar 5	Seca	Directe	350	72,2	72,3	72,25	4,84
Planta 2, pilar 4	Seca	Directe	300	60	60,7	60,35	4,97
Planta 2, pilar 3	Seca	Indirecte	130	28,2	29,31	28,76	4,52
Planta 2, pilar 2	Seca	Directe	300	61,8	62,3	62,05	4,83
Planta 2, pilar 1	Seca	Indirecte	140	31	31,9	31,45	4,45
Planta 1, pilar 5	Seca	Directe	350	76,1	75,9	76,00	4,61
Planta 1, pilar 2	Seca	Directe	300	56	56,2	56,10	5,35
Planta 1, pilar 1	Seca	Directe	300	67,5	68	67,75	4,43

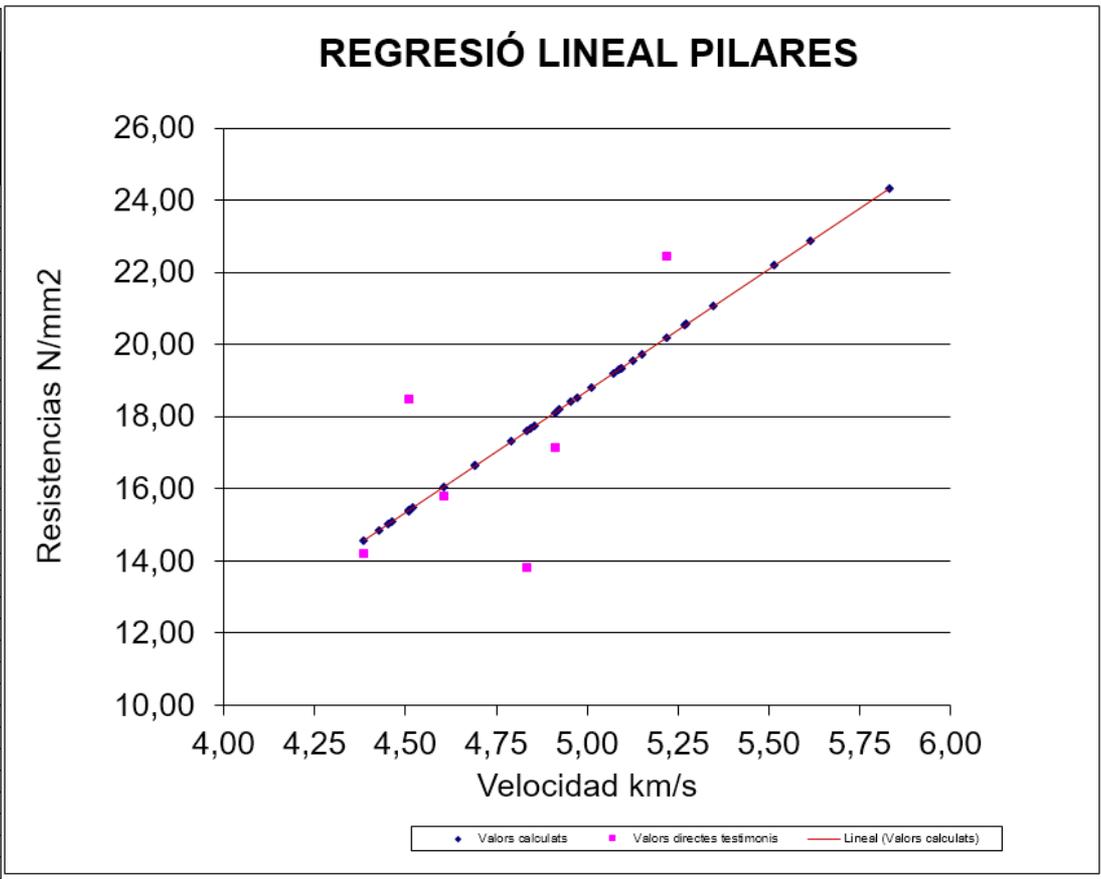


# ULTRASONIDOS – CORRELACIÓN

## Ejemplo II

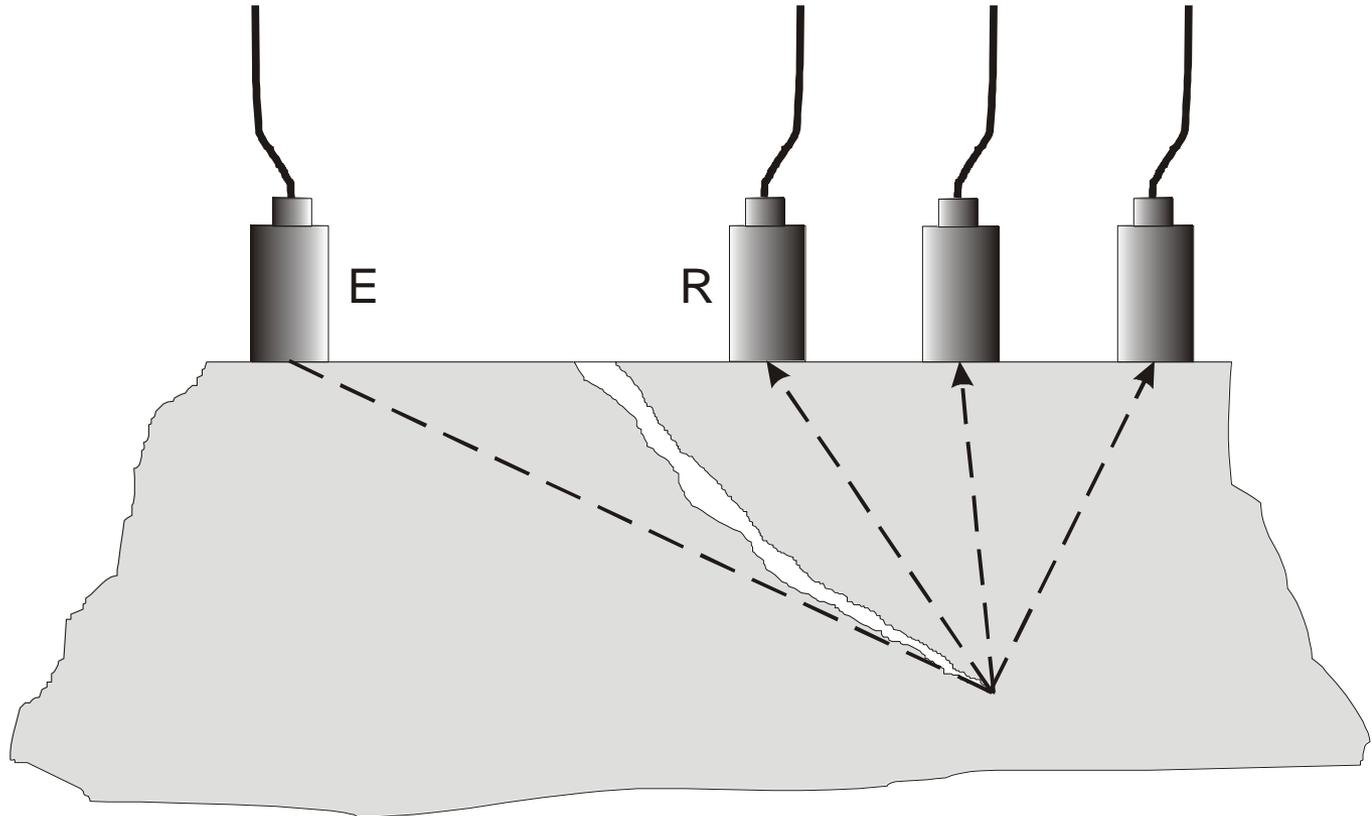
- Correlación con testigos.

Nº Pilar	VELOCITAT en km/seg (V)	Valor mesurat kg/cm <sup>2</sup>	Valor calculat kg/cm <sup>2</sup>
Planta 6, pilar 7	5,22	22,46	22,46
Planta 5, pilar 5	4,91	17,14	17,14
Planta 4, pilar 4	4,39	14,22	14,22
Planta 3, pilar 1	4,51	18,48	18,48
Planta 2, pilar 2	4,83	13,83	13,83
Planta 1, pilar 5	4,61	15,8	15,80
Planta 6, pilar 8	5,83		24,34
Planta 6, pilar 7	5,22		20,19
Planta 6, pilar 6	5,27		20,57
Planta 6, pilar 5	5,51		22,20
Planta 6, pilar 4	5,01		18,81
Planta 6, pilar 3	4,95		18,42
Planta 6, pilar 2	5,15		19,74
Planta 6, pilar 1	5,27		20,53
Planta 5, pilar 6	4,46		15,08
Planta 5, pilar 5	4,91		18,11
Planta 5, pilar 4	4,69		16,63
Planta 5, pilar 3	4,85		17,74
Planta 5, pilar 2	5,08		19,30
Planta 5, pilar 1	5,09		19,35
Planta 4, pilar 5	5,61		22,87
Planta 4, pilar 4	4,39		14,57
Planta 4, pilar 3	5,12		19,56
Planta 4, pilar 2	4,69		16,63
Planta 4, pilar 1	4,51		15,39
Planta 3, pilar 5	4,79		17,31
Planta 3, pilar 4	4,92		18,20
Planta 3, pilar 3	5,07		19,21
Planta 3, pilar 2	5,09		19,35
Planta 3, pilar 1	4,51		15,41
Planta 2, pilar 5	4,84		17,67
Planta 2, pilar 4	4,97		18,53
Planta 2, pilar 3	4,52		15,48
Planta 2, pilar 2	4,83		17,61
Planta 2, pilar 1	4,45		15,01
Planta 1, pilar 5	4,61		16,05
Planta 1, pilar 2	5,35		21,07
Planta 1, pilar 1	4,43		14,85



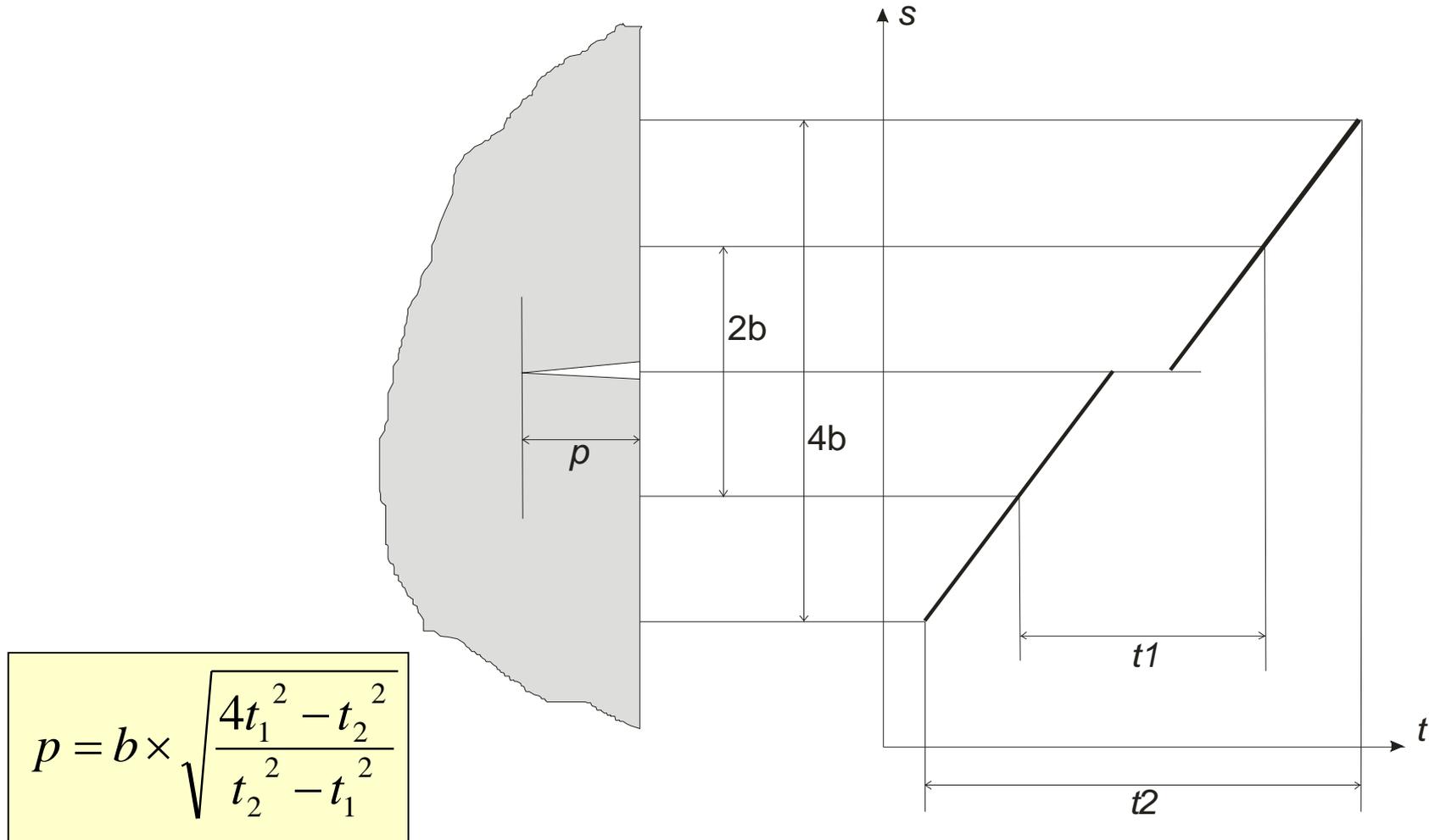
# ULTRASONIDOS

- Otras utilidades de los ultrasonidos
  - Determinación de la dirección de una grieta

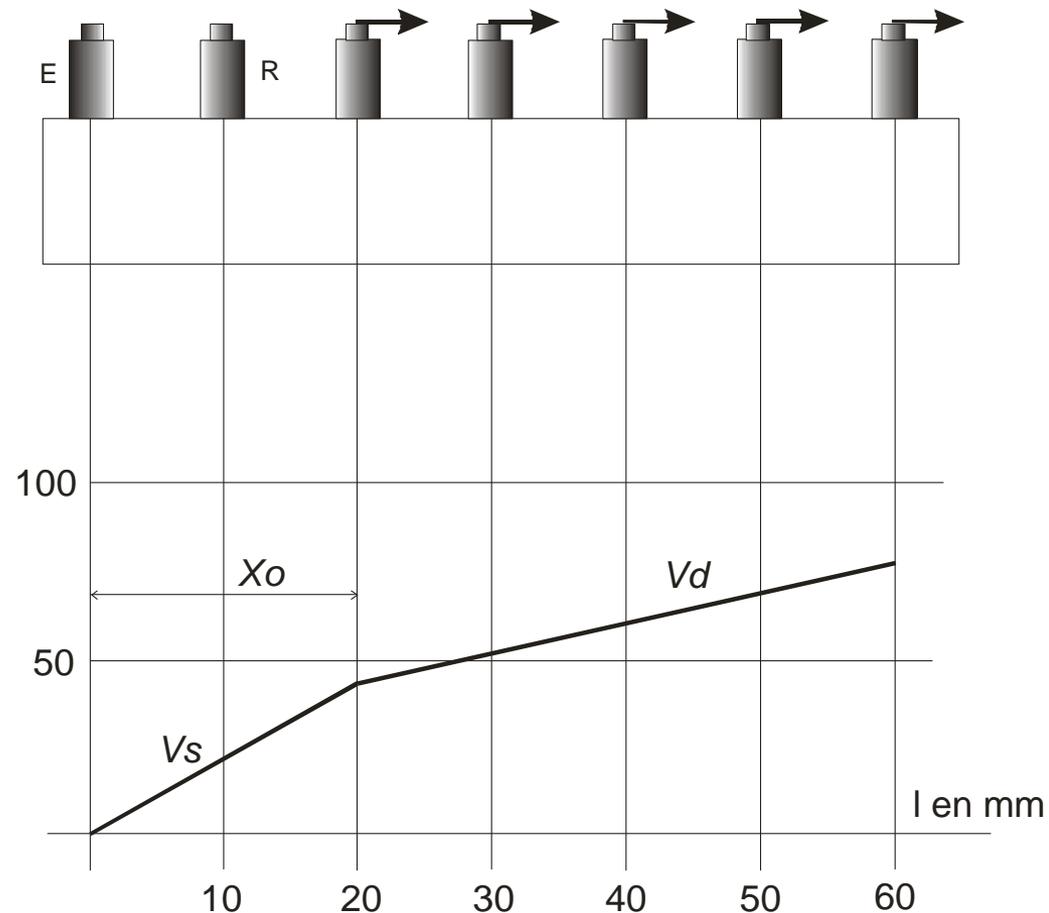


# ULTRASONIDOS

- Otras utilidades de los ultrasonidos
  - Medición de la profundidad de una grieta



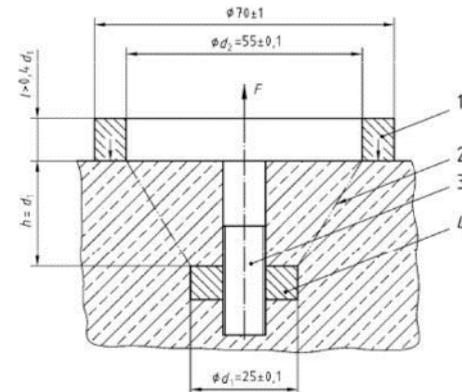
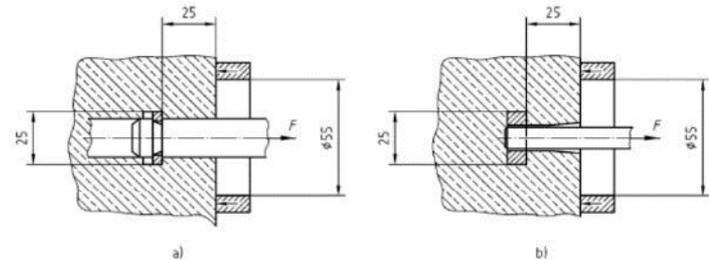
- Otras utilidades de los ultrasonidos
  - Estimación del espesor de una capa de hormigón de peor calidad



$$t = \frac{Xo}{2} \times \sqrt{\frac{(Vs - Vd)}{(Vs + Vd)}}$$

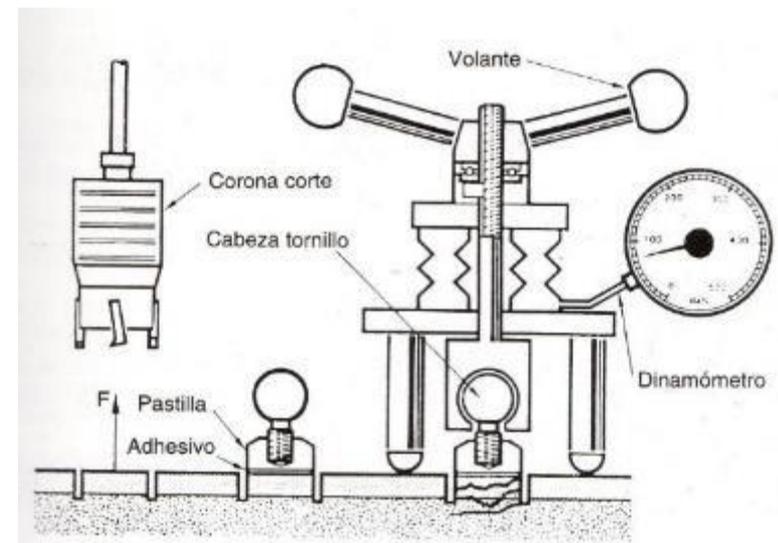
- Principio

- Consiste en arrancar una pieza previamente insertada e durante el hormigonado del elemento.
- A los 28 días, se hace el arrancamiento de la pieza metálica.
- UNE EN 12504-3



- Principio

- Consiste en arrancar una pieza previamente adherida con resinas epoxi en la superficie del hormigón.
- Para reducir la influencia de la capa superficial, se puede preparar el cilindro de ensayo introduciendo un clavo especial en un orificio practicado con broca diamantada con percutor relleno de resina epoxi.





Q

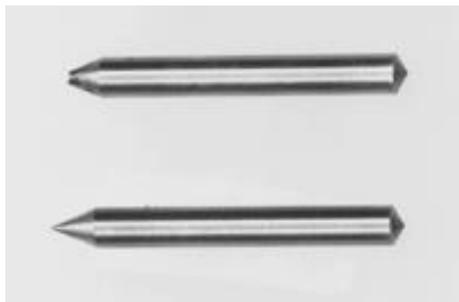
# PULL OFF-PROCESO



# IMPACTO PENETRANTE

- **Principio**

- Consiste hacer penetrar un clavo por impacto controlado, a través de un muelle tarado, mediante impacto.
- Se mide la profundidad de penetración del clavo.
- A más penetración menor resistencia del hormigón.



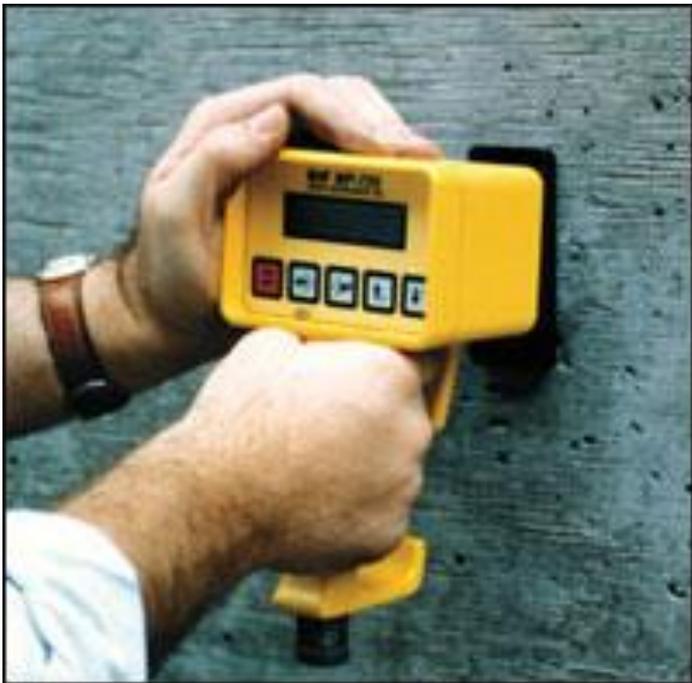
- Principio

- Medir la penetración de un clavo disparando sobre una superficie de hormigón con una energía conocida.





# WINDSOR





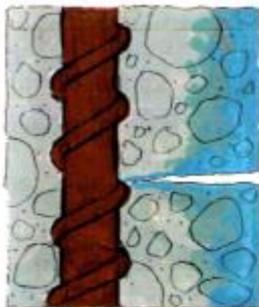
# CARBONATACIÓN

- Principio

- Proceso de origen químico debido a la combinación de la portlandita (hidróxido cálcico) presente en el hormigón con el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera.
- Primeros días de su ejecución el hormigón tiene una alcalinidad que supera a un pH de 12,5, los óxidos de la superficie de las armaduras la protegen, están pasivadas.
- Con el tiempo esta alcalinidad va disminuyendo y si el pH está ente 8,5 y 9 , las armaduras están despasivadas y se inicia la corrosión.

# CARBONATACIÓN

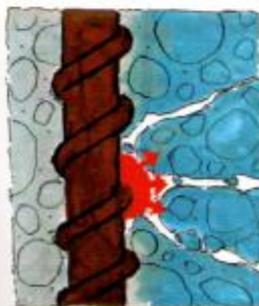
## CORROSIÓN POR CARBONATACIÓN



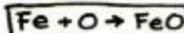
SE HA INICIADO LA CARBONATACIÓN (ZONA AZULADA) PERO EL HORMIGÓN QUE RODEA LA ARMADURA CONTINÚA SIENDO ALCALINO ( $\text{pH} > 12.5$ ) Y POR TANTO EL HIERRO ESTÁ PASIVADO



EL FRENTE DE CARBONATACIÓN SIGUE AVANZANDO Y CON MÁS INTENSIDAD A TRAVÉS DE LAS FISURAS O CAPILARES QUE LLEGAN A LA ARMADURA. EN ESE PUNTO EL  $\text{pH}$  ES INFERIOR A 9 Y EL HIERRO ESTÁ DESPASIVADO



ES SUFICIENTE LA PRESENCIA DE AGUA Y OXÍGENO PARA QUE ESE PUNTO SE PONGA  $\text{Fe}^{II}$



EL HIERRO AL OXIDARSE SE HINCHA Y PROVOCA LA ROTURA DEL HORMIGÓN



# CARBONATACIÓN

---

- **Metodología**

- Impregnar el hormigón con un indicador de pH. Se utiliza la fenolftaleína al 1%.
- Resultados inmediatos.
  - Color rosado a rojo violeta, nos indica que la zona coloreada está por encima de un pH de 8 i tenemos las armaduras pasivadas.
  - Zona no coloreada. Hormigón carbonatado no nos protege la armadura

Ensayo que se puede ejecutar en obra o en el laboratorio

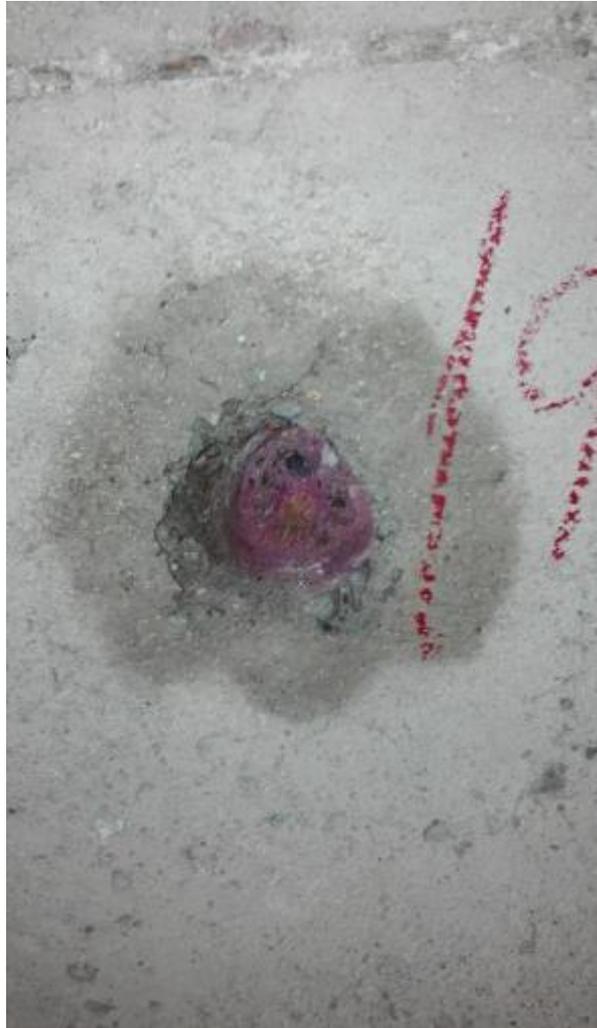
- Testigos / muestras



Q

# CARBONATACIÓN

- Ensayos en obra





# PERMEABILIDAD AL AGUA

---

- **Principio**
  - Determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión, en una probeta o testigo de hormigón
  - La profundidad de penetración está ligada con la porosidad capilar
  - Básico y obligatorio en hormigones para su uso en ambientes agresivos
  - EHE 08, UNE EN 12390-8



# PERMEABILIDAD AL AGUA

---

- **Procedimiento**
  - Colocación de las probetas (3) en el banco de ensayo firmemente fijadas y apoyadas sobre una junta tórica circular.
  - Por la parte inferior de la muestra y, en la zona sellada por la junta, entra agua a presión a  $(500 \pm 50)$  KPa durante  $72 \pm 2$  horas.
  - Inspección cada 12 horas, del manómetro y de la zona de unión de las probetas para garantizar su estanqueidad.



# PERMEABILIDAD AL AGUA

---

- **Procedimiento**

- Concluido el escalonamiento de presiones y tiempo, se extrae la probeta del dispositivo y se seca la cara mojada.
- Acto seguido se rompe longitudinalmente (ensayo brasileño) en dos mitades.
- Se dibuja el contorno del frente de penetración
- Se mide:
  - La profundidad máxima de penetración
  - La profundidad media de penetración



# PERMEABILIDAD AL AGUA



Q

# PERMEABILIDAD AL AGUA





# PERMEABILIDAD AL AGUA

- **Parámetros de aceptación (EHE)**

- Se ordenan los valores de las profundidades máximas de penetración:
  - $Z_1 \leq Z_2 \leq Z_3$
- Se ordenan los valores de las penetraciones medias:
  - $T_1 \leq T_2 \leq T_3$
- El hormigón debe cumplir según la clase de exposición ambiental.
- IIIa, IIIb, IV, Qa, Qb (hm-ha), HA, E, H, F

$$Z_m \leq 50\text{mm} \quad T_m \leq 30\text{mm}$$

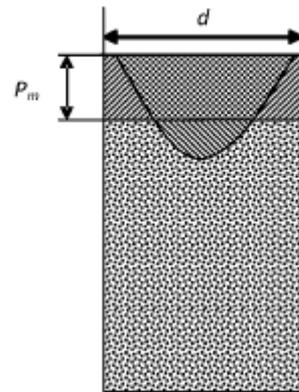
- IIIc, Qc, Qb (pretensados)

$$Z_m \leq 30\text{mm} \quad T_m \leq 20\text{mm}$$

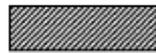


# PERMEABILIDAD AL AGUA

- Ensayo en laboratorio



Área definida por el frente de penetración



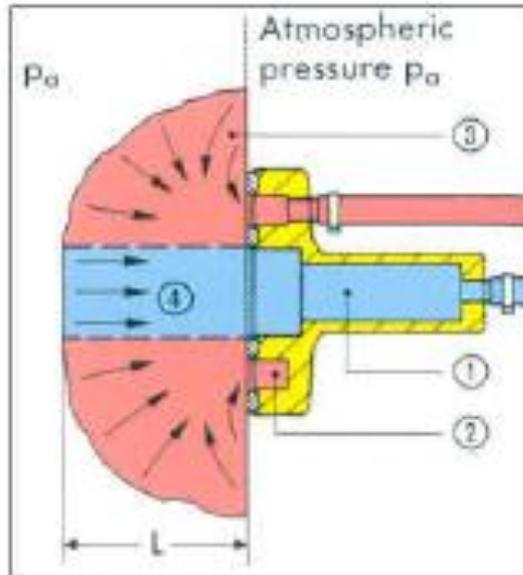
Área definida por la profundidad media de penetración



# PERMEABILÍMETRO TORRENT



# PERMEABILÍMETRO TORRENT



## Flujo del aire entre las dos cámaras de la bomba de vacío

- ① Presión cámara interior  $p_i$
- ② Presión cámara exterior  $p_o$
- ③ Flujo hacia la cámara exterior
- ④ Flujo hacia la cámara interior
- $L$  Profundidad de penetración del vacío

	#015	
Rho	=	39 kOhmcm
$p_a$	=	965.3 mbar
$t_{max}$	=	450 s
$dp_{max}$	=	20.4 mbar
		-16 2
$kT$	=	$0.873 \cdot 10^{-16}$ m
$L$	=	50.3 mm



# CORROSÍMETRO

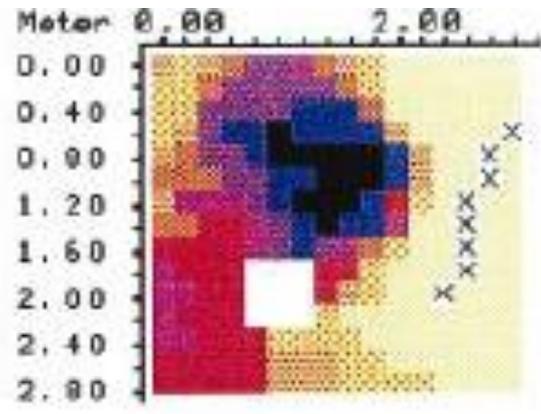
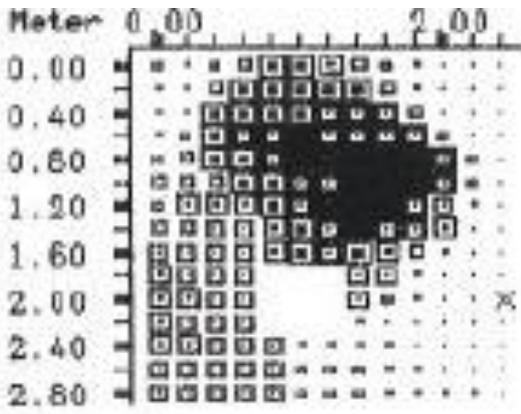
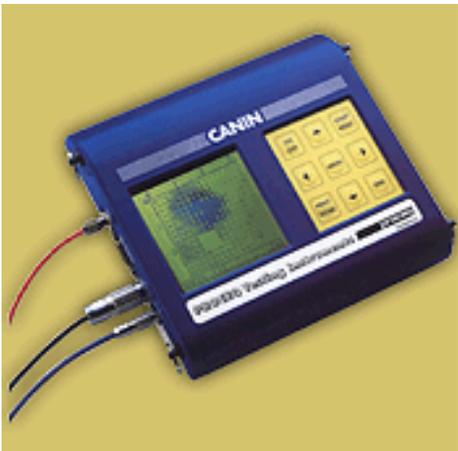
---

- **Principio**

- Se mide la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo de referencia colocado sobre la superficie del hormigón y el acero de la armadura.
- Humedece la superficie a ensayar y se establece el contacto, por un lado, entre la armadura y el polo positivo y, por otra, entre el electrodo de referencia y el polo negativo y, al mismo tiempo, ambas se conectan a un multímetro de precisión 1 mV.
- La medida del potencial de corrosión no permite cuantificar la corrosión que presenta la barra, sino la posibilidad de que se esté produciendo este fenómeno en el momento de la lectura.
- Es perfecto para estructuras sometidas a seguimiento a lo largo del tiempo. Vida esperada



# CORROSÍMETRO





# VIGUETAS JÁCENAS HORMIGÓN PREFABRICADAS

- Ensayo para determinación si el elemento contiene cemento aluminoso
  - Extracción muestra, ala inferior, hasta armadura
  - Tamaño 20x20 mm

## REFERÈNCIA

M-1: Muestra forjado F1. Terraza.

M-2: Muestra forjado F2. Comedor.

- 2 Extracción muestra
- 2 Determinación de la presencia de cemento aluminoso mediante las pruebas cruzadas de detección de sulfatos, de la oxina y carbonatación. (Proced. ITEC)

## RESULTADOS

MUESTRA Núm	CARBONATACIÓN	PRUEBA ESTIMATIVA		CONCLUSIONES
		SULFATOS	OXINA	
M-1	Carbonatado	Precipita	No Precipita	<b>Cemento No Aluminoso</b>
M-2	Carbonatado	Precipita	No Precipita	<b>Cemento No Aluminoso</b>

Data inici assaig: 05/09/18 / Data fi assaig: 18/09/18

Q

# VIGUETAS JÁCENAS HORMIGÓN PREFABRICADAS

- Aspecto muestras



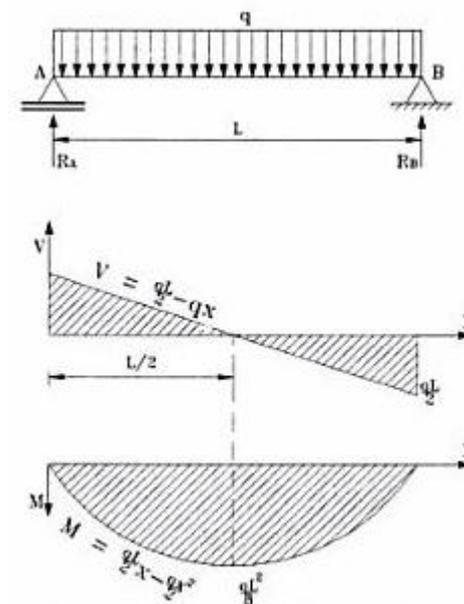
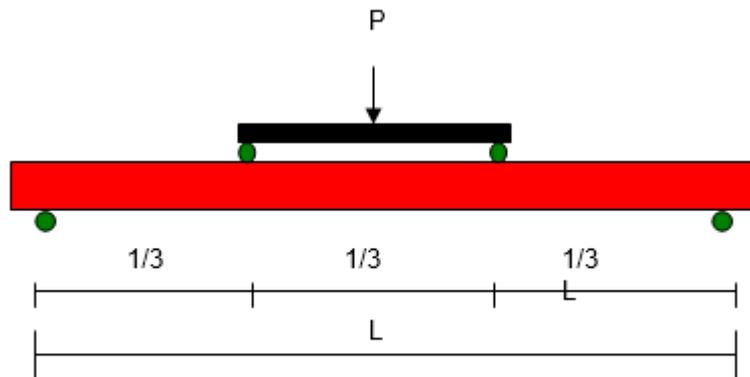
## • Rotura elemento lineal de hormigón

El ensayo consiste en la medición de la carga que deberá aplicarse a una vigueta de hormigón, para la determinación de la 1ª fisura y su resistencia a flexión con sollicitación mecánica.

Se aplica la carga a los tercios de la luz y progresiva y uniformemente sobre los puntos mencionados hasta que la pieza, muestra la primera fisura a la vista, efectuándose a las horas la lectura de la carga y la medición de la flecha, posteriormente, se sigue cargando la pieza hasta que se produce la rotura.

Medición de la flecha. Comparador

Presna. Marco de flexión





# ROTURA VIGUETA HORMIGÓN

---

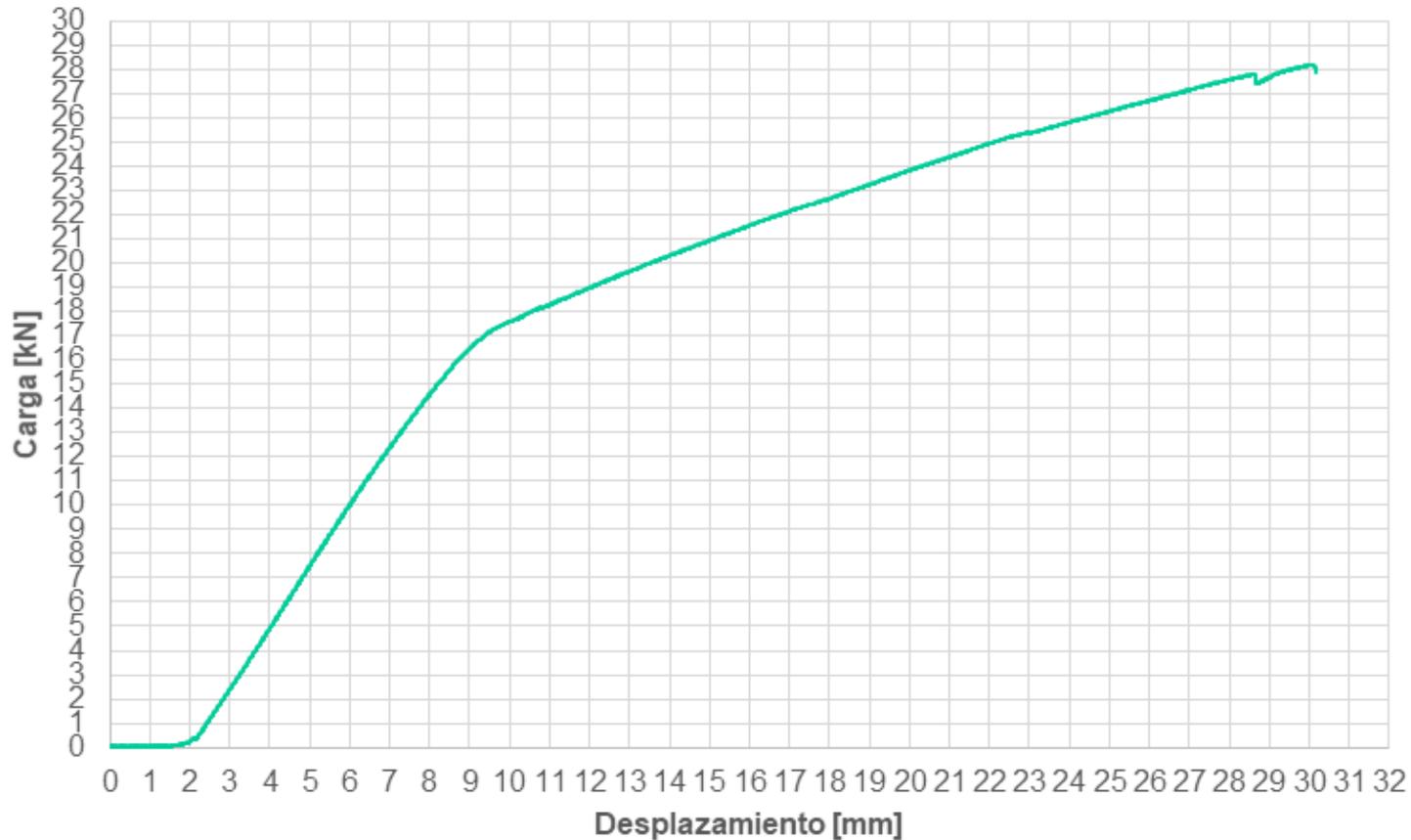
- Puente de flexión





# ROTURA VIGUETA HORMIGÓN

- Rotura elemento lineal de hormigón



# ROTURA VIGUETA HORMIGÓN

- Rotura elemento lineal de hormigón

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														

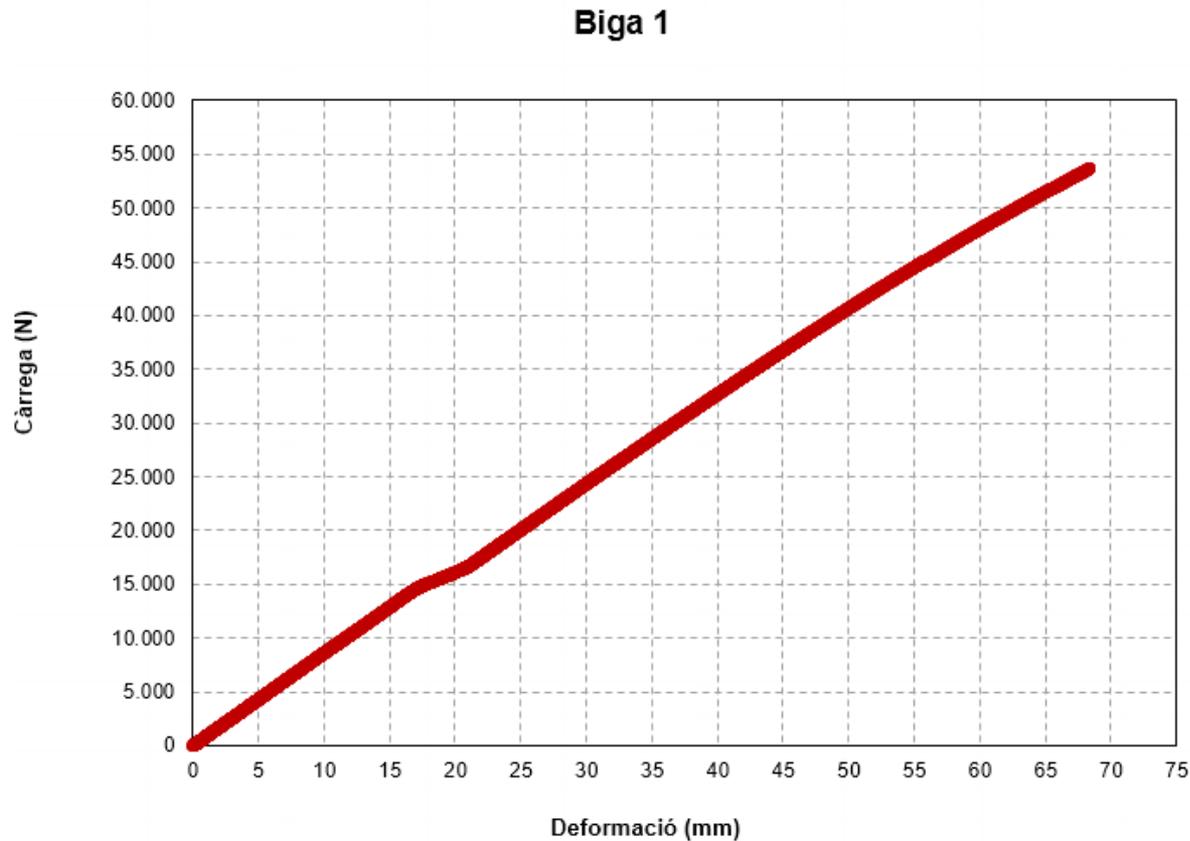
ENSAYO FLEXION VIGAS DE CANTO 18		
Ensayo de VIGA SIMPLE		
TIPO VIGA:	1807	
ESQUEMA DE CARGA:		
LONGITUD TOTAL (LT):	3	
L ENSAYO (L= LT-0.2) =	2.8	
<b>DATOS TEÓRICOS</b>		
MOMENTO DE FISURACION Y MOMENTO DE ROTURA DE FICHA TECNICA		
Viga simple	1807	
M fis teor FT (mKg)	1165	
M rot teor FT (mKg)	1292	
<b>CARGAS TEÓRICAS</b>		
Carga fisuración	M fis teorico	Valor P fis teórica (kg) (*)
$P_{fis teor} = 6 * (M_{fis} - 3.375 * L * L) / L$	1165	2440
Carga rotura	M rot teorico	Valor P rot teórica (kg) (*)
$P_{rot teor} = 6 * (M_{rot} - 3.375 * L * L) / L$	1292	2712
(*) Valores a leer en la célula de carga		

Cód. LB 106-03 (Rev.03)



# ROTURA VIGA MADERA

- Rotura elemento lineal de una viga de madera





# PRUEBA DE CARGA

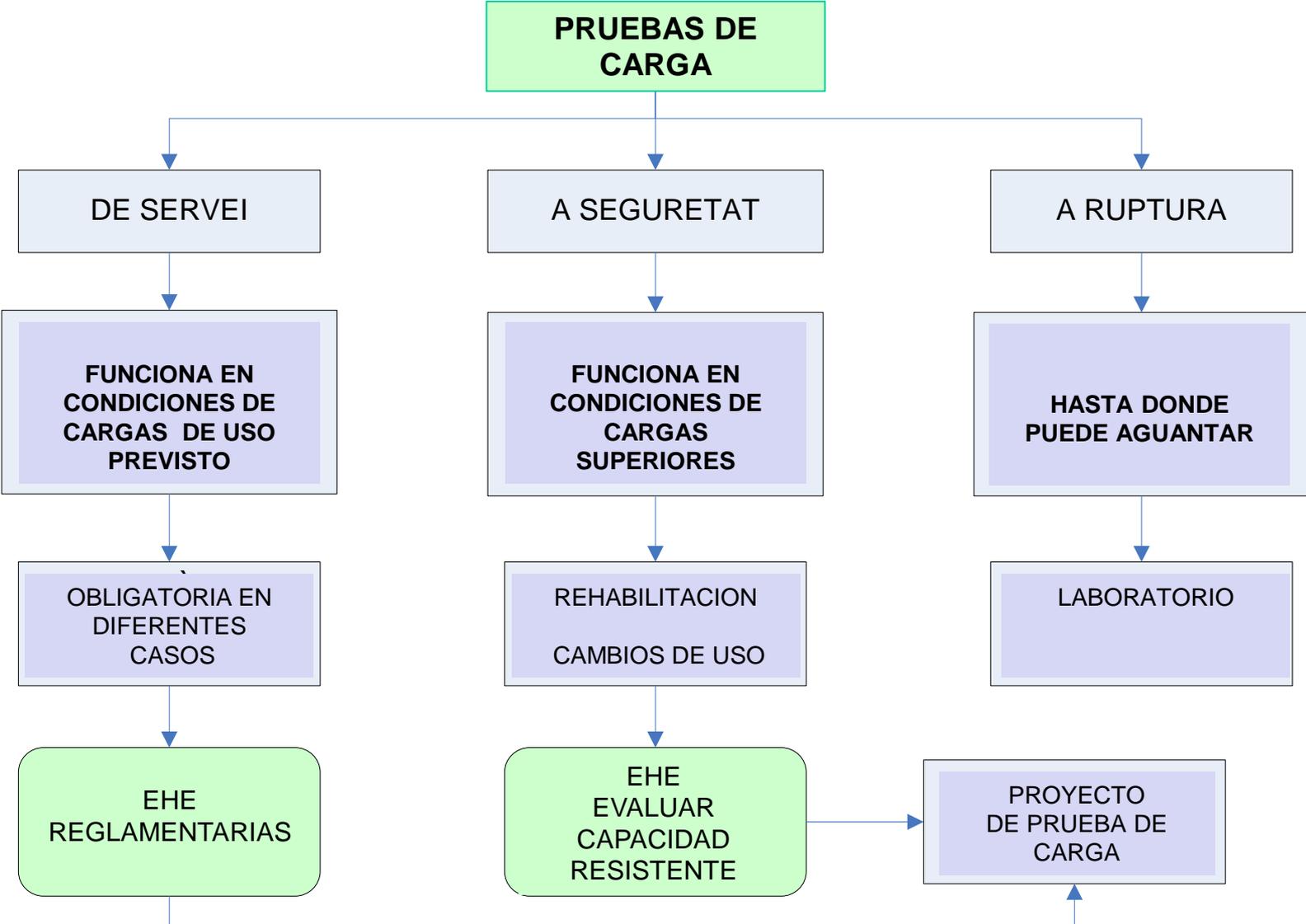
---

- **Principio**

- Verificar con lastre el elemento horizontal y de forma escalonada, con una carga determinada, para poder determinar su comportamiento elástico.
  - Fisuras
  - Flechas
  - Elasticidad
- UNE 7.457-86 “Realización de ensayos estáticos de puesta en carga sobre estructuras de piso en edificación” y EHE 08, Art. 101.2



# PRUEBA DE CARGA





# PRUEBA DE CARGA

---

- **Requerimientos de aceptación de una prueba de carga reglamentaria**
  - En el transcurso de la prueba no se deben producir fisuras que no correspondan con lo previsto en el proyecto y que puedan comprometer la durabilidad y seguridad de la estructura.
  - Las flechas medidas no han excedido los valores establecidos en el proyecto como máximos para la correcta utilización de la estructura.



# PRUEBA DE CARGA

---

- **Requerimientos de aceptación de una prueba de carga reglamentaria**
  - Las medidas experimentales determinadas en la prueba (giros, flechas, frecuencias de vibración) no superan las máximas calculadas en el proyecto de prueba de carga en más de un 15% en caso de hormigón armado y en un 10% en caso de hormigón pretensado .
  - La flecha residual después de la retirada de la carga, es suficientemente pequeña como para estimar que la estructura presenta un comportamiento esencialmente elástico. Esta condición debe cumplirse después de un primer ciclo de carga - descarga, en caso de no cumplirse, se admite que se cumplan los criterios tras un segundo ciclo.



# PRUEBA DE CARGA

---

- Pruebas de carga para evaluar la capacidad resistente
  - El Plan de Ensayo expondrá como mínimo:
    - Viabilidad y finalidad de la prueba
    - Magnitudes a medir
    - Localización de los puntos de medida
    - Procedimiento de medida
    - Escalones de carga y descarga
    - Medidas de seguridad



# PRUEBA DE CARGA

---

- Pruebas de carga para evaluar la capacidad resistente
  - La càrrega total a disposar en la zona d'assaig, incloses les càrregues permanents que ja hi actuïn, seran equivalents a  $0,85(1,35G + 1,5Q)$ , essent:
  - La carga total a disponer en la zona de ensayo, incluidas las cargas permanentes que ya actúen, serán equivalentes a  $0,85 (1,35G + 1,5Q)$ , siendo:
    - G la carga permanente que se ha determinado que actúa sobre la estructura
    - Q las sobrecargas previstascàrregues previstes



# PRUEBA DE CARGA

---

- **Operaciones previas**
  - Apeo flotante de seguridad
  - Retirada de cargas provisionales que puedan desvirtuar los resultados
  - Marcado de cuadrículas, en función del material a emplear para la carga, para evitar el efecto arco.
  - Disposición de los elementos de medida
  - Colocación de registros continuos de humedad y temperatura



# PRUEBA DE CARGA





# PRUEBA DE CARGA





# PRUEBA DE CARGA



Q

# PRUEBA DE CARGA





# PRUEBA DE CARGA





# PRUEBA DE CARGA

---

- **Condiciones previas**

- La estructura debe tener, al menos, 56 días de edad, o haberse comprobado que el hormigón ha alcanzado los valores de resistencia previstos.
- Si el elemento debe estar sometido a cargas permanentes aún no dispuestas, 48 horas antes del ensayo deben establecerse las correspondientes cargas sustitutorias que gravitarán durante toda la prueba sobre el elemento ensayado.



# PRUEBA DE CARGA

---

- **Procedimiento**

- Les lectures inicials s'han d'efectuar immediatament abans de disposar la càrrega de l'assaig.
- Les càrregues es disposen en, al menys, quatre esglaons aproximadament iguals, evitant impactes sobre l'estructura i arcs de descàrrega.
- Es realitzen lectures, un cop estabilitzades, després de la col·locació de càrrega corresponent a cada esglaó.  
(Deformació instantània)



# PRUEBA DE CARGA

---

- **Procedimiento**

- 24 horas después de haber colocado la carga total, se realiza una lectura en los puntos de medida dispuestos. (Deformación diferida)
- Acto seguido se inicia la descarga en el mismo orden en que se ha cargado, efectuando lecturas inmediatamente después de la descarga de cada escalón. (Recuperación instantánea)
- Al cabo de 24 horas de haber finalizado la descarga, se efectúa una nueva lectura. (Recuperación diferida o residual)



# PRUEBA DE CARGA

---

- **Requerimientos de aceptación de una prueba de carga para evaluar la capacidad resistente**
  - Ninguno de los elementos de la zona de estructura ensayada presenta fisuras no previstas y que comprometan la durabilidad o seguridad de la estructura.
  - La flecha máxima medida es inferior a  $l^2 / 20000h$ , siendo:
    - *l* la luz de cálculo
    - *h* el canto del elemento
  - En el caso de que el elemento ensayado sea un voladizo, *l* será dos veces la distancia entre el apoyo y el extremo



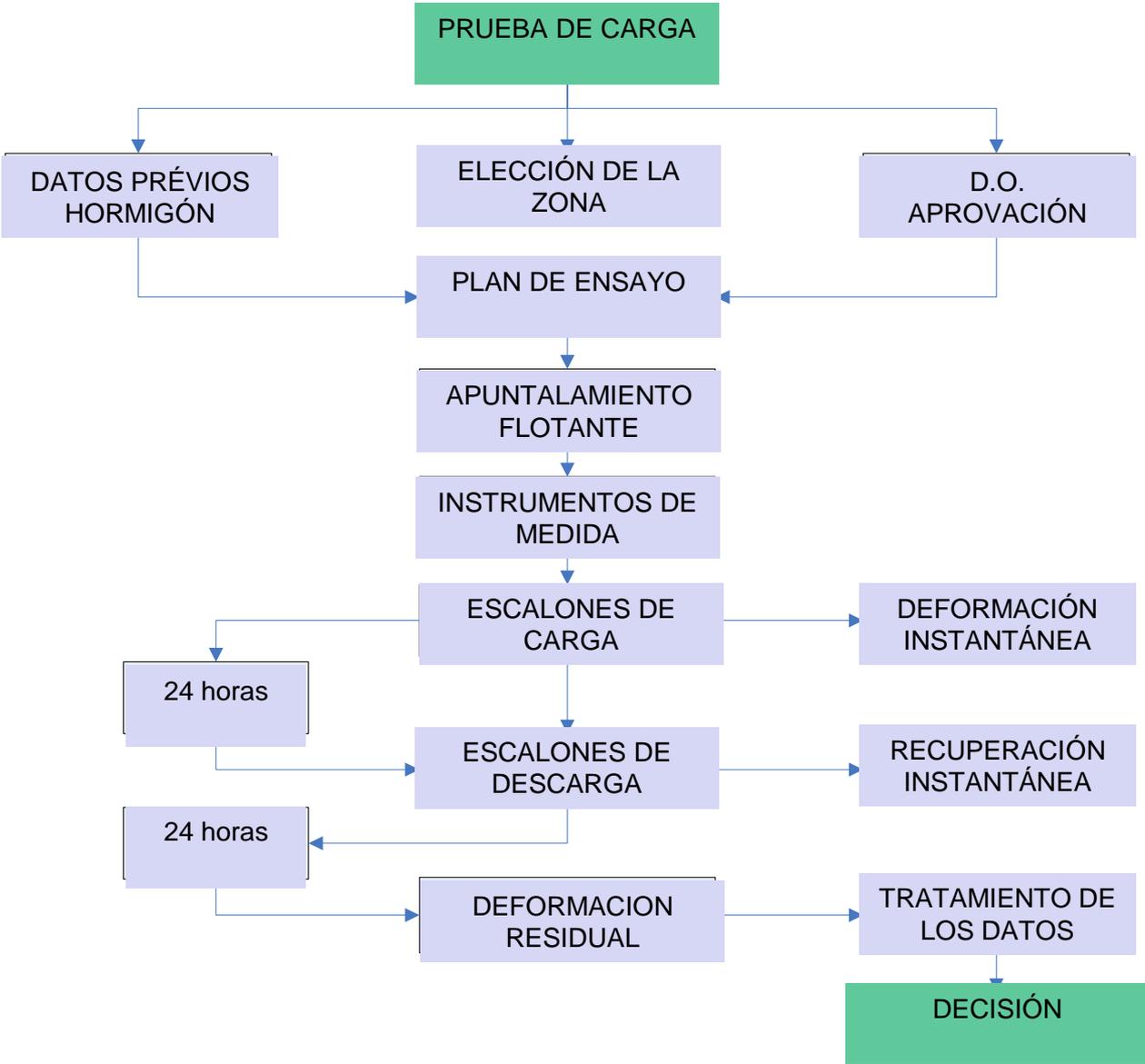
# PRUEBA DE CARGA

---

- **Requerimientos de aceptación de una prueba de carga para evaluar la capacidad resistente**
  - Si la flecha máxima supera  $l^2 / 20000h$ , la flecha residual debe ser inferior al 25% de la máxima en elementos de hormigón armado e inferior al 20% en elementos pretensados. Esta condición debe cumplirse después del primer ciclo de carga - descarga.
  - Si esto no se cumple, se permite llevar a cabo un segundo ciclo de carga - descarga transcurridas 72 horas de la finalización del primer ciclo.
  - En este caso, se considera satisfactoria si la flecha residual es inferior al 20% de la flecha máxima sea cual sea el tipo de estructura.



# PRUEBA DE CARGA



## 0. Objeto del ensayo

La finalidad de realizar el ensayo es determinar el comportamiento de la estructura de uso establecida para el equipo de Paredes de carga y losas.

## 1. Planteamiento de

### 1.1 Acciones en fase de ser

Les acciones para las cuales se aplican:  
1. Tipos de forjado  
Forjado de losa de hormigón

2. Sobre carga general de  $3.00 \text{ kN/m}^2$

### 1.2 Estado de cargas equivalentes

Siguiendo los criterios dados en el manual de carga para evaluar la capacidad de servicio, obtenida a partir de los resultados de los ensayos.

Es decir el forjado se comporta como una vez aplicado.

### Total cargas permanente

Las actuales

### Total Sobre carga de uso

$$Q = 3.00 \text{ kN/m}^2$$

### Cargas a aplicar

$$C = 0.85 \times (1.35 \times 0 + 1.50 \times 0)$$

### 1.3 Elección de la zona de ensayo

La zona de ensayo elegida para la colocación de la carga, ha sido, las estancias más grandes y espaciaosas, con la luz más larga, donde el forjado pueda moverse libremente y donde la colocación de la carga, en su parte inferior no supedita el tener que degollar los tabiques perpendiculares a la fachada.

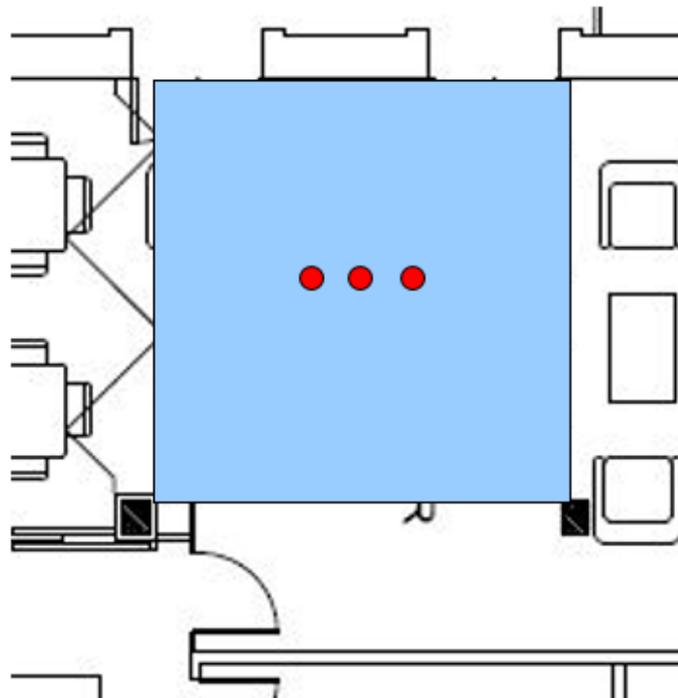
Zona de carga, sala estar

Aparatos de medida de los comparadores, habitaciones inferiores. (Rango  $0.01 \text{ mm}$ )

La zona de CARGA será el forjado

$$S = 3.75 \times 3.8 \approx 14.25 \text{ m}^2$$

### UBICACIÓ CÀRREGA



Planta baja carga

- 12 Contenedores de agua  $120 \times 96$
- Comparadores parte central inferior
- Tabiques seccionados



Planta inferior  
Comparadores

## 2. Pla de ensayos

### 2.1 Desarrollo del ensayo

El ensayo se realizará siguiendo la puesta en carga sobre estructuras d Para la medida de movimientos verti de 0.01mm de apreciación en la par La CARGA deberá distribuir uniform una carga estática con 12 conten 3,75x3,80 m

Con el fin de obtener la deformac recomendadas a seguir a lo larg observaciones señaladas a continu:

	<b>Estado inicial</b>
0	Estado inicial
1	CARGA 1
2	CARGA 2
3	CARGA 3
4	CARGA 4

A las 24 horas del inicio de la pr instantánea del forjado deberá segu la siguiente tabla:

Los criterios de estabilización del fo

	<b>Estat inicial</b>
0	Estat inicial
1	CARGA 1
2	CARGA 2
3	CARGA 3
4	CARGA 4

A las 24 horas de la descarga se me Nota importante:

El tiempo de estabilización necesari 5'. Para confirmar este punto, se de difiere más de un 15% del incremen En caso de superar este porcentaje, el nivel de discrepancia. Si una vez medida, el director de la prueba dec

### 2.2 Medidas importantes a adoptar durante el ensayo

Después de la visita técnica y teniendo cuidado los tipos de techo del elemento a ensayar, se considera que no sería necesario ejecutar por la parte inferior un sistema de encofrado flotante como medida de seguridad. El control de la evolución de la flecha nos dará también los datos suficientes para evaluar el proceso. Las diferentes lecturas se realizarán fuera del radio de acción de la PRUEBA.

## 3. Anàlisis de resultats

Para poder asumir que una prueba de carga ha resultado satisfactoria se deberán cumplir en todo momento los siguientes puntos:

a.) No deberán aparecer fisuras no previstas que comprometan la durabilidad o seguridad de la estructura

b.) La flecha máxima obtenida deberá de ser inferior a:

- EHE 08

$$l^2 / 20.000 \cdot h$$

Donde "l" es la luz de cálculo i "h" el canto del elemento ensayado.

$$3800^2 / 20.000 \cdot 150 = \mathbf{4,82 \text{ mm}}$$

- CTE .DBSE Art 4331. "Deformaciones. Flechas"

-

**1/500**

**7,6 mm**

1/300 12,66 mm

1/400 9,50 mm

La flecha máxima debería estar entre el intervalo de **4,82/7,5 mm**

c.) En caso de superar la flecha máxima del apartado anterior, el elemento podrá seguir siendo considerado válido desde el punto de vista resistente siempre y cuando la flecha residual no supere el 20% de la máxima obtenida.



# PRUEBA DE CARGA

- EDIFICIO Y ZONA DE CARGA



# Q

# PRUEBA DE CARGA

- COMPARADORES Y TABIQUE SECCIONADO



Q

# PRUEBA DE CARGA

- GARGA





# PRUEBA DE CARGA

- RESULTADOS

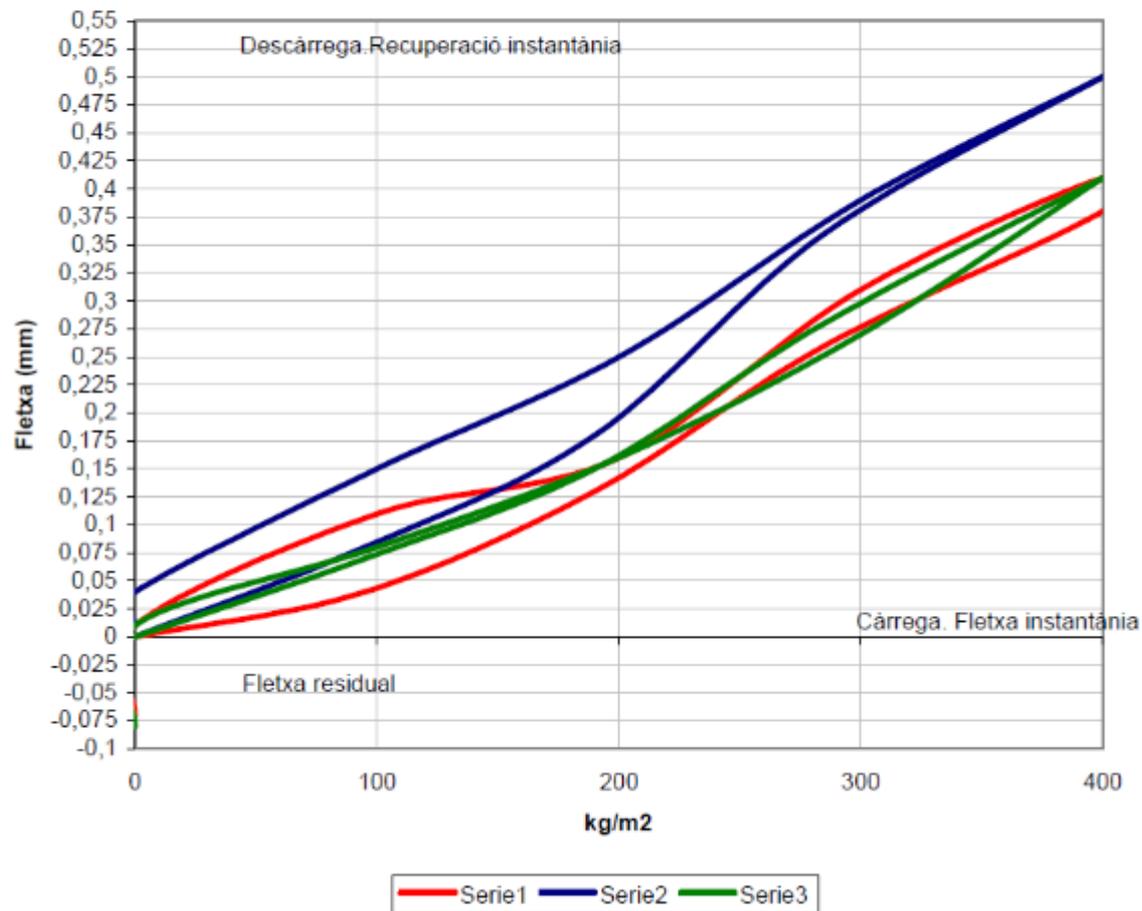
Dia	Càrrega (Kp/m <sup>2</sup> )	Estabilització (min)	Fletxes (mm)			Hora	temp	hr
			Punt-1	Punt-2	Punt-3		°C	%
<b>CÀRREGA</b>								
28/11/2017	0	0	0,00	0,00	0,00	9:30	11	35
28/11/2017	95	5'	0,04	0,08	0,07	10:40	11	35
28/11/2017	190	5'	0,13	0,18	0,15	11:10	11	35
28/11/2017	285	5'	0,26	0,36	0,28	11:50	11	35
28/11/2017	400	5'	0,38	0,50	0,41	12:45	11	35
<b>DESCÀRREGA</b>								
29/11/2017	400	0	0,41	0,50	0,41	9:40	9	38
29/11/2017	300	5'	0,31	0,39	0,27	10:35	9	38
29/11/2017	200	5'	0,16	0,25	0,16	11:00	9	38
29/11/2017	100	5'	0,11	0,15	0,08	11:40	9	38
29/11/2017	0	5'	0,01	0,04	0,01	12:45	9	38
<b>FLETXA RESIDUAL</b>								
30/11/2017	0	0	-0,07	0,01	-0,08	12:30	6	50



# PRUEBA DE CARGA

- RESULTADOS

GRÁFICA DE TENSÍO- DEFORMACIÓ DELS FLEXÍMETRES





# Parámetros físicos

---

- En laboratorio
- A partir de una muestra de hormigón endurecido:
  - Pesada inicial despues extracción
    - Peso húmedo ( $P_{hum}$ )
  - Sometida a secado en estufa a  $80^{\circ}C$  hasta peso constante
    - Peso seco ( $P_{sec}$ )
  - Sometida a saturación de agua hasta peso constante.
    - Peso saturado ( $P_{sat}$ )
  - Pesada hidrostática (Arquimedes)
    - Peso submergido ( $P_{sub}$ )



# Parámetros físicos

- Podemos obtener valuosos valores de:

$$\text{Humedad natural : \%} = \frac{P_{hum} - P_{sec}}{P_{sec}} \times 100$$

$$\text{Densitat aparent : } Da = \frac{P_{sec}}{P_{sat} - P_{sub}}$$

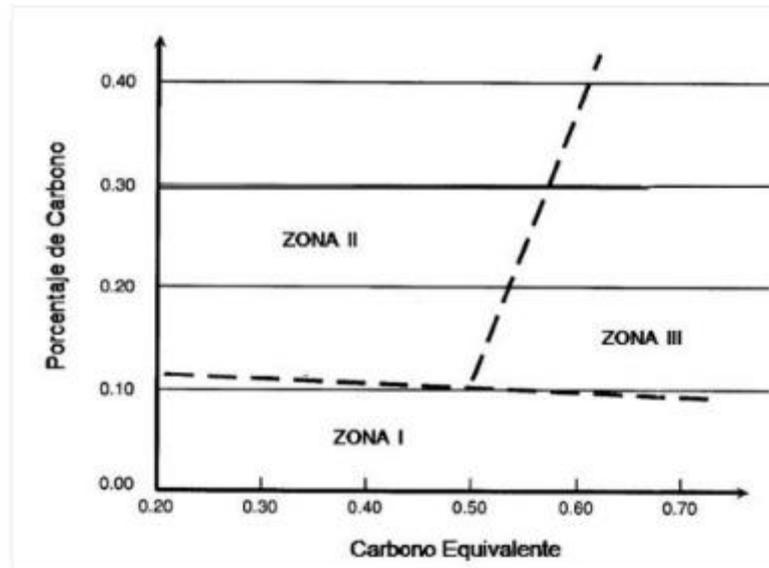
$$\text{Densitat real : } Dr = \frac{P_{sec}}{P_{sec} - P_{sub}}$$

$$\text{Absorció : } Ab = \frac{P_{sat} - P_{sec}}{P_{sec}} \times 100$$

$$\text{Porositat : } P = \frac{P_{sat} - P_{sec}}{P_{sat} - P_{sub}} \times 100$$

Hormigón de buena calidad  $\leq 10\%$   
Hormigón permeable 10 i 15%  
Hormigón muy permeable  $\geq 15\%$

## Utilización del diagrama de Graville para evaluar la soldabilidad de los aceros



La Figura muestra el diagrama de Graville, el cuál resulta una herramienta útil para evaluar la necesidad de pre calentamiento o tratamiento térmico post soldadura basada en conceptos de composición química (no considera espesor), en el mismo se grafica la relación entre Carbono y el CEQ del metal base y considera 3 zonas.

**Zona I:** Aceros de bajo carbono y bajo endurecimiento no susceptibles a fisuras.

**Zona II:** Aceros con mayor porcentaje de Carbono y bajo endurecimiento, el riesgo a fisuras en la ZAC puede ser evitado mediante el control de la velocidad de enfriamiento, por medio del aporte térmico o en menor extensión el pre calentamiento.

**Zona III:** Aceros con elevado porcentaje de carbono y alto endurecimiento y en todas las condiciones de soldadura pueden producir micro estructuras susceptibles a fisuras.

Desde el punto de vista de selección de parámetros de soldadura este diagrama indicaría que si por su composición química un acero se ubica en la zona II su soldadura debe involucrar el uso de procesos de bajo hidrógeno y pre calentamiento, mientras que si un acero es ubicado en la Zona III se deben aplicar procesos de bajo hidrógeno, pre calentamiento y tratamientos térmicos post soldadura.

oK-10% nO +15%



# OTROS ENSAYOS

ENSAYO TRACCIÓN/ TENSILE TEST				UNE-EN-ISO-6892-1:2017-Método B			
Ensayo Test Nº	Probeta Specimen bxa mm	Sección Section S <sub>0</sub> mm <sup>2</sup>	L.Elastico/Yield S. R <sub>e</sub> 02% MPa	Resistencia/Tensile S R <sub>m</sub> MPa	Alargamiento Elongation L <sub>g</sub> -5d A%		Estricción Area Reduction Z%
1	19.4x10.3	199.8	404	797	65	8,5	-
Temperatura de Ensayo/Test Temperature = RT (RT = Temperatura Ambiente / Room Temperature)							
Datos probeta / Specimen Data :							
Tipo Probeta: Prismática / Test type: Prismatic							
Orientación: Longitudinal - Localización Probeta : Centro del ala superior / Orientation: Longitudinal - Sample Location : Full Thickness							
Equipos Utilizados/Used Equipments : -Máquina Ensayos/Test Machine : 50 TM. SHIMADZU Nº 72980 -Calibre/Calibre : MC-28, TESA-00530090-2M474206 -Extensómetro/Extensometer : MC-34, S.D.E. nº 0174							
Analista / Analyst : Carlos Sánchez							

# ANÁLISIS QUÍMICO / CHEMICAL ANALYSIS																
Ensayo Test Nº	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	V	Al	N	Nb	Ti	Co	B
2	.626	.730	.065	.097	.052	.002	.013	.002	.018	.003	.002	.0059	.001	.001	.003	.0019
CEq: 0.751																
DETERMINACIÓN CARBONO EQUIVALENTE = % C+ % Mn/5+(%Cr+%Mo+%V)/5+(%Ni+%Cu)/15																
Equipo, Método de Análisis / Equipment, Analysis Method : MC-08, Espectrofotometría de Emisión																
Analista / Analyst : Lauro Mulá																

Características	Barras corrugadas			
	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Tipo de acero	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Norma de producto	UNE 36068	UNE 36068	UNE 36065	UNE 36065
Límite elástico R <sub>e</sub> (MPa)	400	500	400	500
Carga unitaria de rotura R <sub>m</sub> (MPa)	440	550	480	575
Relación R <sub>m</sub> /R <sub>e</sub>	1,05	1,05	≥1,20 ≤1,35	≥1,15 ≤1,35
Relación R <sub>e</sub> real/R <sub>e</sub> nominal	-	-	≤1,20	≤1,25
Alargamiento de rotura A <sub>g</sub> (%)	14	12	20	16
Alargamiento total bajo carga máxima A <sub>gt</sub> (%)	-	-	9	8



# **ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN**

## **Diagnóstico y ensayos**

---

- Muchas gracias por la atención.