



# probetas tomadas a salida de hormigonera

J. CALAVERA, Dr. Ing. de Caminos

462 - 4

**sinopsis** Sobre los temas que indica el título de este artículo circulan a menudo ideas insuficientemente claras. El uso que tanto de las probetas moldeadas como de las testigo hace la Instrucción EH-73, como ensayos de control e información, respectivamente, hace conveniente precisar el carácter técnico y el contractual que las probetas de ambos tipos pueden tener.

## PROBETAS TOMADAS A SALIDA DE HORMIGONERA FRENTE A PROBETAS TOMADAS JUNTO AL ENCOFRADO

La práctica habitual es tomar la muestra para fabricación de las probetas moldeadas a salida de la hormigonera o de la cuba o camión-hormigonera. Sin embargo, la Instrucción EH-73 (art. 16) recomienda que «se fabriquen en el lugar de la puesta en obra y no a la salida de la hormigonera, con objeto de que, al resultar afectadas por las posibles variaciones ocasionadas por el transporte, sean verdaderamente representativas del hormigón empleado».

Parece claro que la única ventaja de tomar la muestra junto al encofrado es que se recoge la incidencia del transporte interior en obra (el del transporte desde planta a obra en el caso del hormigón preamasado se recoge de todas formas) sobre la calidad del hormigón. Sin embargo, esta ligerísima ventaja ocasiona serios inconvenientes.

En primer lugar, la ventaja es, efectivamente, muy ligera, pues de todas formas la influencia de las operaciones de vertido, compactación y curado queda sin recoger, y las tres, pero especialmente la primera, tienen en la mayoría de los casos mucha mayor influencia sobre la calidad que el transporte interior. Es decir, que la mayor representatividad de la muestra es muy relativa, y la parte de vertido, compactación y curado, trascendental para la calidad y sobre todo para la resistencia, sigue en todo caso encomendada a la inspección visual por personal con suficiente experiencia (\*).

Junto a la relativa ventaja apuntada, el tomar las probetas junto al encofrado, al englobar junto a la calidad del hormigón a salida de hormigonera o camión (lo que pudiéramos llamar su «calidad potencial») el fenómeno del transporte interior en obra, impide enjuiciar aisladamente dicha calidad a salida de hormigonera o camión hormigonera. Esto en el caso de hormigón preamasado suministrado por empresa ajena al constructor supone tanto como decir que en caso de resultados de ensayo inferiores a los admisibles, no será posible aclarar si el hormigón suministrado era correcto, pero fue mal transportado, si era deficiente y fue bien transportado o si tanto el suministro como el transporte fueron incorrectos.

(\*) En todo lo anterior se supone que la puesta en obra se realiza en tiempo adecuado, es decir, que la suma de tiempos de transporte de planta a obra, más el de transporte interior y vertido no rebasa los máximos permitidos por la Instrucción EH-73. En este sentido, el tiempo de transporte de planta a obra tiene un valor relativo y, si el total rebasara lo permitido, la diferencia entre probetas a salida de hormigonera y probetas junto al encofrado podría ser importante y el segundo tipo de probetas estaría, en ese caso concreto, justificado.

En este caso, el suministro y el transporte interior en obra habrán sido realizados por empresas diferentes. El juicio sobre las probetas tomadas a pie de encofrado no permitirá jamás responsabilizar al suministrador de hormigón, pues éste argumentará —con toda razón— que el hormigón que se ha muestreado no es el que él ha suministrado, sino que incluye además una operación —el transporte interior en obra— que es ajena a su responsabilidad. Y bien se trate de hormigón correcto mal transportado, bien de hormigón defectuoso bien transportado, las probetas cuya muestra se tomó junto al encofrado no darán información capaz de aclarar las responsabilidades.

Habitualmente el Suministrador firma su contrato con el Constructor y no tiene relación directa con la Propiedad ni con la Dirección de Obra. En caso de un fallo, la Dirección sancionará al Constructor, ignorando la figura del Suministrador de hormigón. Si el hormigón era bueno y el transporte interior malo, la decisión será justa. Si ocurrió al contrario, la decisión será legal, pero no justa. En todo caso, si el Constructor no tomó probetas por su cuenta a salida de camión, carecerá de base legal para trasladar la responsabilidad al Suministrador de hormigón, si es que éste la tuviese.

La solución de realizar dos controles, uno mediante probetas tomadas junto al encofrado, realizado por la Dirección de Obra u Organización delegada, y otro a salida de camión por el Constructor u Organización delegada, es evidentemente correcta, pero encarece mucho el control. Las probetas que eventualmente pudiera tomar el Suministrador, aparte de que difícilmente cumplirán en cada obra la intensidad de muestreo por lote prescrita por la Instrucción EH-73, no serán, probablemente, aceptadas por el Constructor en un litigio con el Suministrador, si el hormigón fue rechazado por la Dirección en base a probetas tomadas por ella y ajenas, por tanto, a ambas partes en litigio.

Parece, pues, más práctico y adecuado tomar la muestra a salida de hormigonera o camión hormigonera. Con ello, las probetas tomadas por la Dirección de Obra u Organización en quien delegue sirven para regular también las relaciones Constructor-Suministrador de hormigón. El riesgo de que el transporte interior sea defectuoso puede perfectamente controlarse mediante inspección visual, cosa que de todas formas habrá que hacer con las operaciones de vertido, compactación y curado.

## **VALIDEZ DE LOS RESULTADOS DE ENSAYO**

Puede existir el riesgo de que las operaciones de toma de muestras, fabricación, curado y ensayo de las probetas sean defectuosas. Por supuesto, esto, de forma accidental, puede ocurrirle a la Dirección (u Organización delegada), al Constructor y al Suministrador si no operan cuidadosamente. Empleo de medios y personal adecuados son la única garantía. En la duda, es evidente que la Dirección u Organización delegada, al ser independiente de los intereses del Constructor y Suministrador, tendrá la última palabra, pues además actúa en representación de la Propiedad, que es el comprador.

Pero, en relación con esto, se olvida a veces que la Instrucción EH-73 especifica que de cada amasada se tomen dos probetas como mínimo. La intención de esto es controlar precisamente el conjunto de operaciones desde la toma de muestras hasta el ensayo de probetas. Es evidente que la dispersión entre resultados procedentes de diferentes amasadas puede ser atribuida a que esas amasadas sean de desigual resistencia; pero la diferencia entre resultados de probetas procedentes de la misma muestra (si la hormigonera amasa uniformemente) debe ser atribuida a errores operatorios, en parte inherentes a cualquier método de ensayo, pero que deben mantenerse dentro de límites aceptables.

La tabla siguiente muestra las posibles causas de error en todo el proceso desde la toma de muestras hasta el envío de resultados de ensayo.

**CAUSAS DE ERROR EN LA OBTENCION DE RESULTADOS DE ENSAYO DE PROBETAS MOLDEADAS DE HORMIGON**

FASE	CAUSA	EFECTO SOBRE LA RESISTENCIA	
		Aumenta	Disminuye
AMASADO	1. Hormigonera o camión hormigonera que no amase uniformemente, bien por defecto del equipo o por carga excesiva.	X	X
TOMA DE MUESTRAS	2. Toma realizada al principio o final de la descarga, en período de segregación de vertido.		X
	3. Muestra no realizada por mezcla de las distintas porciones previstas.	X	X
	4. Muestra vertida en recipiente con agua o sucio, o tomada bajo lluvia fuerte.		X
	5. Muestra vertida en recipiente excesivamente caliente.	X	
	6. Reamasado escaso o excesivo de la muestra.	X	X
	7. Tiempo excesivo (más de 15 min) empleado en la preparación de la muestra.	X	
	FABRICACION DE PROBETAS	8. Empleo de moldes de diámetro inferior al triple del tamaño máximo del árido.	
9. Moldes no herméticos.			X
10. Moldes manchados con sustancias perjudiciales.			X
11. No seguir el procedimiento normalizado para la disposición en tongadas y su compactación (picado o vibrado).		X	X
12. Empleo de un procedimiento inadecuado de tipo o duración de la compactación, para la consistencia y el tipo de árido del hormigón muestreado.		X	X
13. Enrase deficiente de la última tongada y disposición de una delgada capa de enrase de hormigón débilmente compactado.			X
14. Empleo de barra de picado con la punta sin redondear.			X
15. Tiempo excesivo de fabricación (más de 15 min).		X	X
16. Fabricación bajo lluvia.			X
17. No impedir la evaporación durante el tiempo que transcurre entre la fabricación de las probetas y su traslado a la cámara estándar del laboratorio.			X
18. Mover o golpear los moldes durante las primeras 24 horas a partir de la fabricación de las probetas.			X
19. Temperatura inadecuada durante el tiempo que transcurre entre la fabricación de las probetas y su traslado a la cámara estándar del laboratorio.		X	X
20. Desmoldeo prematuro de las probetas.			X
TRANSPORTE AL LABORATORIO	21. Transporte a corta edad.	X	X
	22. Equivocación en la redacción de la etiqueta.	X	X
	23. Desecación durante el transporte.		X
	24. Temperaturas extremas durante el transporte.	X	X
	25. Daños por manejo inadecuado.		X
CURADO EN CAMARA	26. Error en el marcado de probetas.	X	X
	27. Cámara fuera de límites de temperatura ( $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).	X	X
	28. Cámara por debajo del límite mínimo de humedad relativa (95 %).	X	X
	29. Apoyo por alguna cara en superficies que impidan el humedecimiento de la probeta.		X

**CAUSAS DE ERROR EN LA OBTENCION DE RESULTADOS DE ENSAYO DE PROBETAS MOLDEADAS DE HORMIGON**

FASE	CAUSA	EFECTO SOBRE LA RESISTENCIA	
		Aumenta	Disminuye
EXTRACCION DE LA CAMARA	30. Extracción más de 3 horas antes de la rotura.	X	
	31. Conservación en ambiente excesivamente seco hasta el momento del ensayo.	X	
REFRENTADO	32. No refrentar.		X
	33. Refrentado con material inadecuado.	X	X
	34. Refrentado con proceso inadecuado.		X
	35. Planeidad del refrentado fuera de tolerancias.		X
	36. Angulo de cualquier cara con el eje de la probeta fuera de tolerancias.		X
	37. Diámetro de la probeta fuera de tolerancias.	X	X
ENSAYO	38. Error en la fecha del ensayo.	X	X
	39. Ensayo con el refrentado insuficientemente endurecido.		X
	40. Prensa descorregida.	X	X
	41. Interposición de cuerpos extraños entre los platos de la prensa y la probeta.		X
	42. Platos dañados.		X
	43. Defectuoso centrado de la probeta en la prensa.		X
	44. Error en la colocación de la esfera correspondiente a la escala de ensayo empleada en la prensa.	X	X
	45. Velocidad de ensayo fuera de Normas.	X	X
	46. Error de lectura de la carga de rotura.	X	X
	47. Error de anotación de la carga de rotura.	X	X
REDACCION DEL INFORME DE RESULTADOS	48. Error en el cálculo de la tensión de rotura.	X	X
	49. Errores de redacción en el certificado de ensayo.	X	X

En relación con esto, la «Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado» (EHPRE-72), en vigor en todo lo que no se oponga o haya sido modificado por la Instrucción EH-73, en el Comentario 2.5.5 indica que deben considerarse como aberrantes los resultados de probetas procedentes de la misma muestra cuando su recorrido relativo sea superior al 20 ó 13 %, según se trate de tres o dos resultados, respectivamente.

Esto equivale a:

Dos probetas. Resultados  $X_1, X_2$  ( $X_1 \leq X_2$ ):

$$\frac{X_2 - X_1}{X_1 + X_2} \leq 0,066 \quad [1]$$

Tres probetas. Resultados  $X_1, X_2, X_3$  ( $X_1 \leq X_2 \leq X_3$ ):

$$\frac{X_3 - X_1}{X_1 + X_2 + X_3} \leq 0,066 \quad [2]$$

Es decir, que, en ambos casos, la diferencia de resultados extremos dividida por la suma de todos los resultados debe ser inferior a 0,066. Un Inspector bien entrenado y un Laboratorio con experiencia e instrumental adecuados no supera habitualmente la mitad de ese valor.

En definitiva, la Instrucción EH-73 y la EHPRE-72 proporcionan un criterio también para el control de los procesos de fabricación y ensayo de probetas, lo que supone una clara garantía para todas las partes que intervienen en la construcción de una obra, puesto que si alguna o algunas de las causas de error indicadas en la tabla se han producido con influencia apreciable, los resultados rebasarán el límite indicado en [1] ó [2].

## PROBETAS MOLDEADAS Y PROBETAS TESTIGO

En relación con este tema, todavía a veces se establecen discusiones sobre si el hormigón de la estructura (representado por las probetas testigo) es más o menos resistente que el de las probetas moldeadas. Parte de la confusión se debe con frecuencia a que los interlocutores están realmente hablando de cosas diferentes. Puede darse por definitivamente establecido lo siguiente:

- Si se compara la probeta moldeada estándar (curada a  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  y humedad relativa superior al 95 %) con la testigo de igual edad, pero curada en condiciones reales, que generalmente suponen temperaturas y humedades inferiores, la moldeada resiste más que la testigo. La relación de resistencias depende naturalmente de las condiciones de conservación de la probeta testigo, pero puede evaluarse del orden de 1,1 si la ejecución de la estructura es cuidada, y es mayor para condiciones de ejecución defectuosas.

Lo anterior es válido siempre que, de acuerdo con UNE 7 241, la probeta testigo se sature durante 40 horas antes de su ensayo. Es decir, que se supone que ambas probetas se ensayan saturadas.

- Si la probeta testigo se ensaya seca, al aumentar su resistencia (respecto a la que hubiera tenido saturada) del orden del 10 al 15 % la probeta moldeada y la testigo pueden dar valores del mismo orden.

Por lo tanto, si la probeta testigo tiene la misma edad que la moldeada y se satura antes de su ensayo, es de esperar que su resistencia sea del orden del 90 % de la de la probeta moldeada, y eso si las condiciones de ejecución de la obra, especialmente el vertido, compactación y curado, son buenos; en caso contrario el valor sería más bajo. Esta relación es, por otra parte, lógica si se tiene en cuenta que la compactación y condiciones de curado de la probeta son operaciones de laboratorio y, por lo tanto, mucho más cuidadosas que las del hormigón de la estructura, por refinada que sea su ejecución. Por lo tanto debería considerarse que si la resistencia en testigos saturados alcanza el 90 % de la resistencia característica de proyecto, ese hormigón corresponde a una resistencia del 100 % en probetas moldeadas. La Instrucción EH-73 no indica nada al respecto, pero la publicación «Resistencia Característica y Control de Calidad», de la Comisión Permanente del Hormigón (1972), en su apartado 4.3.4, especificaba precisamente este valor de 0,9. Por supuesto, si la probeta testigo se ensaya seca (lo que puede ser interesante, como más adelante veremos) este valor 0,9 debe sustituirse por 1.

Naturalmente, el hecho de que el hormigón de la estructura sea un poco menos resistente que el de las probetas moldeadas está cubierto adecuadamente por el coeficiente de seguridad.

Si el testigo procede de una pieza hormigonada verticalmente y si ésta ha sido calculada de acuerdo con EH-73, deberá compararse con la resistencia característica de proyecto, que en esas piezas se reduce en un 10 %. La razón es que esa reducción en el cálculo se realiza por considerar que también la resistencia real se reduce en este tipo de piezas por la emigración del agua a las zonas superiores. Sin embargo se debe ser muy prudente en la introducción de esta corrección, pues solamente es lícita si el testigo se ha extraído de la parte menos resistente de la pieza. La bibliografía indicada al final contiene información sobre este tema.

Sentado lo anterior, es evidente que la probeta testigo presenta un gran interés técnico, por la información que proporciona. Su valor contractual exige, en cambio, numerosas matizaciones. Si se pretende trasladar las exigencias en probetas moldeadas a las probetas testigo, debe recordarse que:

- a) La testigo incluye los procesos de vertido, compactación y curado en obra, a los que no ha sido sometido el hormigón de la moldeada.

- b) La humedad relativa de curado del testigo habrá sido, posiblemente, inferior a la de la moldeada.
- c) La temperatura de curado del testigo habrá sido, probablemente, inferior a 20° C.
- d) Frecuentemente la edad de la probeta testigo supera los 28 días.

Desde un punto de vista puramente técnico, puede, sin embargo, estimarse el valor de la resistencia en probeta moldeada a partir de la resistencia en testigo, siempre que se conozcan las temperaturas máximas y mínimas diarias a que ha estado sometido el hormigón de la estructura, así como las variaciones de la humedad relativa. A partir de estos datos, pueden efectuarse las correcciones oportunas, que, junto con la relativa a la edad y con el factor de equivalencia correspondiente a la condición a) y que anteriormente se apuntó, permitirá evaluar con aproximación aceptable la resistencia en probetas moldeadas estándar, a 28 días de edad. Desde un punto de vista estrictamente técnico puede incluso procederse al ensayo de las probetas testigo sin saturarlas, si es que la estructura no va a estar nunca en tal situación (\*). A partir de este valor, podrá estudiarse la trascendencia de cualquier baja de resistencia, sobre la seguridad de la estructura.

Debe considerarse, en cambio, que desde un punto de vista legal, el carácter aproximado de lo anteriormente expuesto hace que las probetas testigo carezcan de valor contractual, salvo que así se pacte expresamente.

La Instrucción EH-73 permite siempre al Constructor la extracción de testigos, como ensayos de información a suministrar a la Dirección de Obra, pero es evidente la necesidad de las matizaciones anteriores.

Finalmente debe observarse que aún cuando se pacte la extracción de testigos como ensayo dirimente, esto establece compromiso entre Constructor y Propiedad; pero en el caso de que intervenga un Suministrador de hormigón ajeno al Constructor, la probeta testigo rara vez servirá para juzgar la calidad de su suministro, pues en cuanto haya habido transporte en obra, vertido desde altura apreciable, etc., el testigo englobará operaciones ajenas al Suministrador de hormigón y, por lo tanto, no reflejará la calidad de su suministro. De nuevo surge la conveniencia de la toma de muestras a salida de hormigonera o camión hormigonera.

(\* ) Ver ACI 301-72, «Specifications for Structural Concrete for Building», que ha adoptado esta posición frente a la anterior versión ACI 301-66.

## BIBLIOGRAFIA

- UNE 7241: «Extracción y Conservación de Probetas Testigo de Hormigón».
- ACI 301-72: «Specifications for Structural Concrete for Buildings».
- A. DELIBES: «Análisis de la influencia de algunas variables en la extracción y ensayo a compresión de probetas-testigo de hormigón» («Informes de la Construcción», núm. 266).
- J. CALAVERA, G. APARICIO, A. DELIBES y G. GONZALEZ ISABEL: «El relleno de taladros producidos por la extracción de probetas-testigo y su influencia en la resistencia de los pilares de hormigón armado» («Informes de la Construcción», núm. 268).

### résumé

#### Carottes prélevées à la sortie de la bétonnière

J. Calavera, Dr. ingénieur des Ponts et Chaussées

Des idées insuffisamment claires circulent souvent sur les sujets dont fait mention le titre de cet article. L'usage que tant des éprouvettes moulées que des carottes fait l'Instruction EH-73, comme des essais de contrôle et d'information respectivement, rend convenable la précision du caractère technique et contractuel que les éprouvettes des deux types peuvent avoir.

### summary

#### Testing after concrete mixing

J. Calavera, Dr. civil engineering

With regard to the subjects indicated in the title of this article there quite often exist rather vague concepts. The moulded specimens and core samples required by «Instrucción EH-73», as well as additional control and information requirements make it advisable to specify the technical and contractual nature of both types of specimens.

### zusammenfassung

#### Probennahme nach Betonieren

J. Calavera, Dr. Ziv. Ing.

Hinsichtlich der in dem Titel des Artikels erwähnten Themen, existieren nicht selten etwas unklare Begriffe. Der von der «Instrucción EH-73» so häufig empfohlene Gebrauch von Formprüfkörpern und Bohrprobestücken, sowohl als auch die zusätzlichen Kontrolle- und Informationsforderungen machen es erforderlich, den technischen und kontraktlichen Charakter der beiden Probestücktypen, genau zu spezifizieren.