

DISFUNCIONES EN EL CONTROL DE CALIDAD DE PREFABRICADOS

V. ALEGRE

Ingeniero de Caminos
Cotca, S.A.
Barcelona, España
info@cotca.com

M. HIERRO

Arquitecto Técnico
Cotca, S.A.
Barcelona, España
ofitec@cotca.com

V. RÓDENAS

Ingeniero de Edificación
Cotca, S.A.
Barcelona, España
patologia@cotca.com

RESUMEN

En la normativa española actual, el control de calidad de los materiales ha pasado a llamarse control de conformidad de los productos, tratando de minimizar el control de recepción mediante ensayos y premiando que el prefabricador venda sus productos a base de garantías (marcados CE, distintivos de calidad, etc.). Mientras se intenta avanzar en esa dirección (Código Estructural 2018), los prefabricados que carecen de garantías obligan a controles de recepción en planta que suelen resultar costosos, pero que continúan siendo imprescindibles.

Se presentan varios casos y ejemplos de disfunciones donde se constata este hecho y se ve, que a pesar de su coste y de la posible existencia de un autocontrol, continúan siendo necesarios si la dirección facultativa tiene que asumir las condiciones establecidas en su proyecto (resistencia, durabilidad, acabados, etc.).

1. EL CONTROL DE CALIDAD Y LA NORMATIVA

Nuestro país fue el primero en introducir el control de calidad en la normativa de hormigón (EH 73). Desde entonces, el control de calidad del proyecto, materiales y ejecución ha ido evolucionando en las normas, en orden inverso a su importancia. El mayor número de daños es consecuencia de errores de proyecto, luego de ejecución y luego de materiales.

Pese a lo anterior el énfasis del control a nivel normativo se situaba al revés, mucho control de material, también control de ejecución y casi sin control de proyecto. En la actualidad (tabla 1) la tendencia se va racionalizando.

Tabla 1. Artículos de Control de Calidad en las Instrucciones de Hormigón

EH	Artículos de control de calidad	% Respecto la instrucción	Artículos de control de materiales	% Respecto de la instrucción	Artículos de control de ejecución	% Respecto de la instrucción	Artículos sobre Bases generales de control	Artículos de control de proyecto
EH-73	12	17%	9	13,2%	2	3%	-	-
EH-80	12	15%	10	13,7%	2	3%	-	-
EH-82	12	15%	10	13,7%	2	3%	-	-
EH-88	12	15%	10	13,7%	2	3%	-	-
EH-91	12	15%	10	13,7%	2	3%	-	1
EH-98	21	20%	14	14%	5	5%	1	1
EHE-08	25	23,5%	9*	9%*	11	10,8%	4	1
CE**	35	26,7%	11*	8,4%*	14	10,7%	7	3

* Estos artículos son de control de conformidad de los productos.

** Código Estructural, documento en elaboración.

Se intenta disminuir el control de calidad de materiales, que pasa a llamarse control de recepción de los productos; se define mejor el control de ejecución, y ya empiezan a establecerse bases para un control de proyecto, aunque al no ser obligatorio (solo en estructuras de edificación a través del Seguro Decenal) puede no ser eficaz a efectos de disminuir el porcentaje de daños.

De forma general el control de calidad se entiende como un proceso en el que se “mide” una propiedad determinada, de acuerdo con una norma o protocolo y se establece un criterio de aceptación o rechazo en función de las prestaciones que se pretenden.

Controlar la calidad no es otra cosa que seguir el principio de que cuatro ojos ven más que dos. Alguien externo al proceso mira y comprueba lo que previamente ha controlado el que está involucrado en el proceso (alguien interno).

Este control de recepción, en el caso de los prefabricados tiene una complejidad adicional, ya que la recepción difícilmente puede realizarse sólo en la obra, que sería el objetivo de las normas actuales que tratan de ir hacia un “control de conformidad de los productos”, y hay que desplazarse al lugar de fabricación.

La falta de disposiciones o documentos oficialmente reconocidos que permitan conferir la responsabilidad total de lo realizado al que lo ha realizado (el fabricante), obliga a revisar los procesos y trazabilidad de los materiales y la ejecución, como si el producto estuviera en la obra, aunque se halle a cientos de kilómetros.

2. EL CASO DEL HORMIGÓN PREFABRICADO

En lo que se refiere al hormigón prefabricado, las autorizaciones de uso nacen en 1966. En 1980 aparece un Real Decreto (RD1630) sobre autorizaciones de uso, fichas técnicas y autocontrol.

La primera norma que habla sobre prefabricados de hormigón aparece en 2002, la EFHE, en el 2004 los bloques consiguen el marcado CE y en el 2011 desaparecen las autorizaciones de uso de forjados porque las viguetas deben disponer de marcado CE. En lo que se refiere a la instrucción, no aparece en la EHE 98 y sí en la EHE 08, y se consolidan en el próximo Código Estructural (2018).

Los productos prefabricados de hormigón son de varios tipos:

- Estructurales con marcado CE (viguetas, placas, etc.).
- Estructurales sin marcado CE (dovelas de túneles, nichos, depósitos para almacén de líquidos, etc.).
- No estructurales con marcado CE (baldosas, bloques, adoquines, etc.).
- No estructurales sin marcado CE.

Esta variedad de situaciones hace un 25% de las plantas no cumplen la normativa, en palabras de la propia asociación de fabricantes.

La experiencia dice que no siguiendo los procesos normativos de recepción del producto en fábrica, al llegar a la obra tienes problemas ya que para empezar, si pides certificados te dan papeles muchas veces sin trazabilidad alguna. Esto, por ejemplo, ha venido pasando en Catalunya desde que en el año 1985 se estableció el RD 375/88, de acuerdo con el cual si se lograban los certificados de calidad de las partidas servidas de acero, no eran necesarios ensayos. Pues bien, al no haber trazabilidad ya que el suministro de la ferralla no la tiene prácticamente en ningún caso, se da la circunstancia de que el técnico está sistemáticamente fuera de la ley; no hace ensayos porque tiene papeles pero la realidad es que esos papeles no tienen ninguna garantía de coincidir con los certificados de calidad de las partidas servidas, y él firma que cumple la norma cuando no es verdad.

3. PLACAS PREFABRICADAS

Veamos otro ejemplo reciente (2014). Se trata de unas placas rectangulares de fachada de hormigón armado de varias dimensiones y espesor constante de 12 cm, que se colocan en un edificio próximo a un río importante, sin problemas significativos de agresividad ambiental, pero evidentemente con una cara expuesta al agua de la lluvia y la otra no.

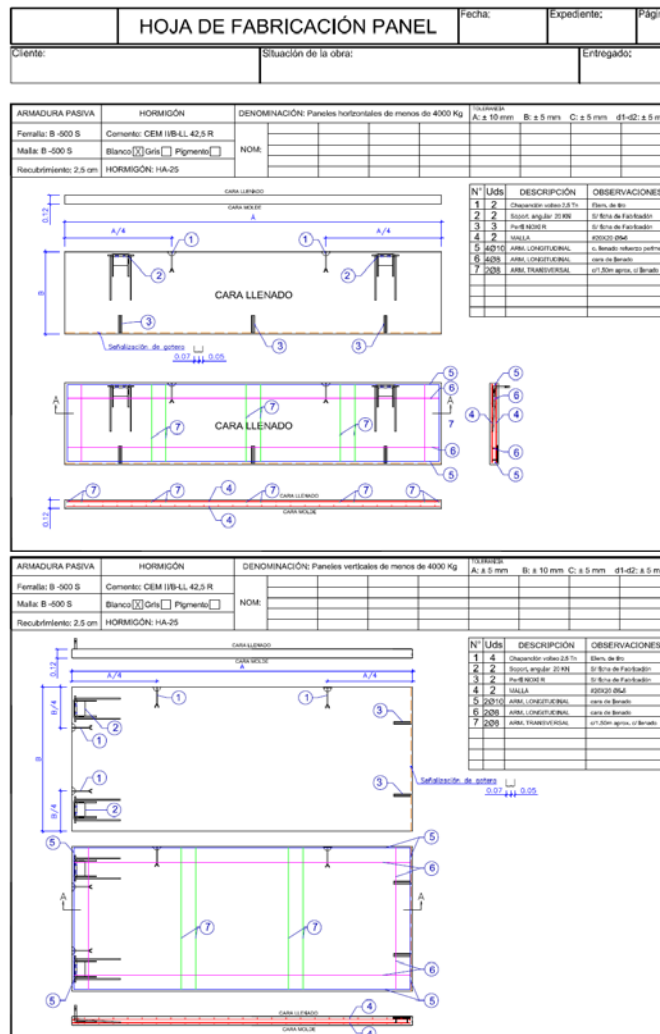


Figura 1. Hoja de Fabricación del panel.

En la recepción se entrega un sello del fabricante, conforme en la fábrica para una serie de productos se realiza un autocontrol de materiales y ejecución con la trazabilidad exigida por el sello, en este caso un 2+ que requiere un auditor externo.



Figura 2. Sello del fabricante.

El sello entregado no se refiere a ese producto ya que no es estructural, no obstante si cumpliera con el autocontrol interno que plantea el sello, se podría haber recepcionado en obra a partir de la documentación. En ese sentido es de agradecer los esfuerzos de ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón), que conocedora del problema, emite documentos y guías (1) tratando de ayudar a los fabricantes a cumplir las normas que se les exigen, en este caso concreto el anejo ZA de varias normas.

Pues bien, se confió inicialmente en el sello, aunque la norma obliga a la Dirección Facultativa a realizar controles previos y, al llegar los paneles a obra y apreciarse en algunos casos sombras que indicaban las armaduras (Figura 3 y 4) se hizo Control de la Documentación al que obliga el Código Técnico de la Edificación (CTE. Parte1. Art. 7.2.1) y en este control se apreciaron las siguientes anomalías:



Figura 3. Vista de los paneles con sombras lineales.



Figura 4. Detalle panel con sombras.

- La información sobre ensayos del autocontrol del hormigón demostraba que el control intenso previsto no se había hecho correctamente ya que debía existir una toma diaria y había varios días de fabricación sin toma de hormigón. Pese a ello, la resistencia del hormigón había dado siembre correcta, el hormigón era un H-300 en la mayoría de los casos.
- Al recabar información, se pudo apreciar el proceso de ejecución sin separadores (se incumple la EHE 08 Art. 91.5.3.1), lo que provoca que sea el primer hormigón fresco depositado el que al empezar a endurecer aguante la armadura. Es una mayor variación de recubrimientos que si se hubieran colocado los separadores exigidos en la norma (Figura 5).



Figura 5. Fotografía del proceso de ejecución.

- En los ensayos de recepción, en concreto se midieron con pachómetro (END) los recubrimientos de las armaduras, comprobando que no cumplían en muchos casos el recubrimiento nominal exigido. El recubrimiento escaso afecta a la durabilidad. Se hizo un estudio de sensibilidad de las variables que intervienen a la luz de la EHE-08, que plantea el estado límite de durabilidad en el anejo 9.

La tabla adjunta presenta los valores de profundidad de carbonatación y el coeficiente de carbonatación para cada resistencia de diseño, según la combinación de variables referidas al contenido de aire incorporado y al tipo de ambiente.

Tabla 2. Valores de profundidad de carbonatación y coeficiente de carbonatación para cada resistencia de diseño.

Resistencia de Diseño [MPa]	Avance de la Carbonatación [mm] / Coeficiente de Carbonatación [mm/any ^{0.5}]			
	Protegido de la lluvia		Expuesto a la lluvia	
	Contenido de aire <4,5%	Contenido de aire ≥4,5%	Contenido de aire <4,5%	Contenido de aire ≥4,5%
20	44 / 6.24	31 / 4.37	22 / 3.12	15 / 2.18
25	33 / 4.72	23 / 3.30	17 / 2.36	12 / 1.65
30	(a) 26 / 3.71	18 / 2.60	(b) 13 / 1.86	9 / 1.30
35	21 / 3.01	15 / 2.11	11 / 1.50	7 / 1.02

(a) Cara interior

(b) Cara exterior

Del análisis surge que el microclima es la variable que más afecta al avance de la carbonatación, ya que para un mismo contenido de aire se duplica al pasar de un ambiente expuesto a lluvia a otro protegido de la lluvia, hecho que puede hacerse extensivo a todos los niveles de resistencia analizados.

El contenido de aire incorporado es otra de las variables a la que se atribuye un peso importante. Para un mismo microclima y nivel de resistencia, los hormigones con un contenido de aire igual o superior al 4,5% reducen en un 30% la profundidad de carbonatación, respecto de los que presentan contenidos inferiores al 4,5%. En nuestro caso sería el último y, por tanto, el más favorable.

Para un mismo microclima y contenido de aire, al pasar de un nivel resistente al siguiente la carbonatación se reduce, en términos medios, un 22%.

Sin abrir juicio sobre los valores asignados a las variables involucradas en la determinación de la constante Kc, conviene resaltar la importancia que se le atribuye al microclima, en particular al contenido de humedad que rodea la estructura.

También se ha comparado el avance de la carbonatación con los recubrimientos mínimos sugeridos por la EHE-08. Al respecto conviene tener presente que la Instrucción fija valores de recubrimientos mínimos en función de la resistencia característica del hormigón, tipo de cemento, clase de exposición i vida útil prevista en el proyecto. El recubrimiento mínimo de una armadura pasiva es el que tiene que cumplir en cualquier punto de la misma. Para garantizar estos valores mínimos se define un recubrimiento nominal que resulta de la suma del valor mínimo más un margen que depende del nivel de control de ejecución, este valor nominal es el que tiene que figurar en los planos i que servirá para definir los separadores.

Considerando una vida útil de proyecto de 50 años, para los hormigones con resistencias características iguales o mayores a 25 MPa i menores a 40 MPa, en los que se ha utilizado cemento portland normal, los recubrimientos mínimos sugeridos para las clases de exposición en las que el proceso de degradación es la corrosión de las armaduras por carbonatación resultan ser de 20 mm para la clase Iib (humedad ambiental media).

Los recubrimientos nominales, considerando un control de ejecución normal, tendrían que fijarse en 30 mm para la clase Iib. Si se hubiese hecho un control intenso el recubrimiento nominal y el mínimo serían 20 mm.

Para estudiar la sensibilidad de las variables a las hipótesis de partida, en la figura se presenta el avance de la carbonatación para las resistencias de diseño analizadas, contenido de aire incorporado menor al 4,5% y ambiente protegido de la lluvia. En el gráfico se ha incluido el recubrimiento mínimo sugerido por la Instrucción (20 mm), para visualizar de forma rápida la edad estimada en que se produce la despasivación de las armaduras.

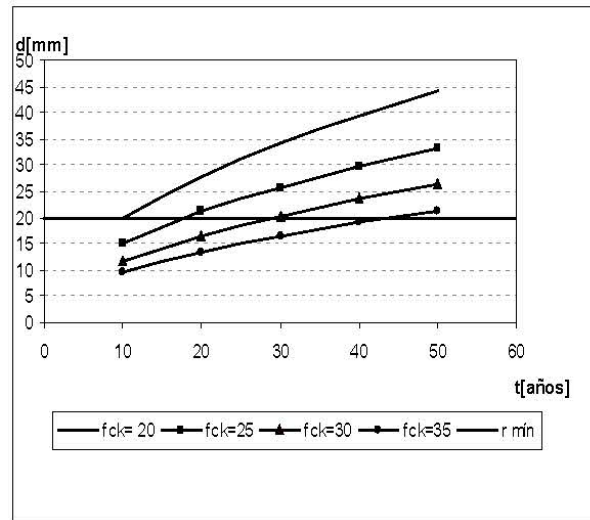


Figura 6. Avance de la carbonatación.

De acuerdo con lo explicado anteriormente, la justificación del estado límite de durabilidad es correcta si se cumplen las hipótesis de partida, ahora bien:

- El concepto de recubrimiento mínimo va asociado al cumplimiento de las especificaciones de dosificación del hormigón para cada clase de exposición (Art. 37.3), que en este caso se cumplen:
 - o Relación agua/cemento: $a/c = 0,41 < 0,55$
 - o Kg de cemento por m^2 : $310 \text{ kg/m}^2 > 300 \text{ kg/m}^2$
 - o $F_{ck} = 30 \text{ MPa}$ (ambiente IIb)
- En un prefabricado, el recubrimiento mínimo va ligado a la existencia de un control intenso, que en este caso no está documentado (Art. 37.2.4), no hay trazabilidad suficiente sobre esta exigencia.
 - o El control intenso sobre el material requerirá frecuencias de ensayo diarias y un control externo como ya se ha dicho anteriormente, nunca inferior a dos determinaciones al mes.
 - o El control intenso de la ejecución de las placas no consta en la documentación suministrada y, si se hubiera realizado, se hubieran dado cuenta del incumplimiento normativo (Art. 91.5.3.1) que obliga a que se coloquen separadores.
- Solo cuando el prefabricado se realiza con un control intenso, el recubrimiento nominal coincide con el mínimo. En este caso el recubrimiento nominal serían 3 cm (ambiente IIb). Eso quiere decir que para conseguir el recubrimiento mínimo de 2 cm, los separadores tienen que tener 3 cm y disponerse en una malla de 50 x 50 cm para cumplir la EHE. En el caso que nos ocupa, el “separador” es el hormigón vibrado de 3 cm de grueso sobre el cual se depositan en “fresco” las armaduras. Este hecho se ha demostrado insuficiente en muchos puntos con los ensayos (END) realizados.

En resumen, disfunciones en el proceso de control interno y externo obligan a realizar un estudio del daño y plantear una reparación que se hubiera evitado de haber cumplido el personal, los protocolos establecidos. La disfunción es consecuencia de errores humanos, que estadísticamente (2) son el 75% de los casos.

4. CONCLUSIONES

El control de recepción de productos prefabricados obliga en la actualidad a las Direcciones de Obra, si se pretende cumplir la norma, a un esfuerzo adicional importante para comprobar la trazabilidad de los materiales y la ejecución llevada a cabo. Pese a que la norma (CTE. Parte 1. Art. 7.2.1) obliga al control de la documentación, dicho control constituye el primero de los fallos del proceso, y al no tener “el papel” se diluye la responsabilidad.

Hay productos prefabricados estructurales con y sin marcado CE, y productos prefabricados no estructurales con y sin marcado CE, lo cual tampoco ayuda a establecer criterios de aceptación y rechazo unitarios que permitan completar el

proceso de control: medir la propiedad, hacerlo de acuerdo con una norma o protocolo, y establecer criterios de aceptación y rechazo.

En el caso presentado no se hizo correctamente el control interno del material, ni el control interno de ejecución (no se colocaron separadores), como no se visitó la planta (control de recepción que también se incumplió), todo ello obligó a que una vez colocadas las placas en obra se tuviera que colocar un revestimiento activo o un revestimiento barrera en contra de la opinión de todos los agentes (la Dirección Facultativa quería el hormigón original, la constructora no quería pagar el incremento, la propiedad quería inaugurar ya, el prefabricador creía justificada la durabilidad a pesar de los incumplimientos, etc.) para poder cumplir los requerimientos de durabilidad.

El esfuerzo normativo por disminuir el control de recepción, cuando la responsabilidad última es del receptor, no está resultando efectivo; a día de hoy un porcentaje importante de industrias incumple la norma y se aleja de las pretensiones de la administración.

Sería importante “inculcar” la realización de protocolos internos que permitan crear un clima de confianza porque el producto tiene una “trazabilidad responsable”. Si no se consigue impulsar la cultura de la “mejora continua” se produce lo que ocurre actualmente, las prestaciones de los productos se “degradan”. Los protocolos internos deben ir enfocados principalmente al personal, ya que los errores detectados son errores humanos.

Hay que hacer un esfuerzo normativo para definir bien las **responsabilidades**. Por ejemplo, la EHE 98 decía “Es responsabilidad de la Propiedad y de la Dirección Facultativa que se realice el control de calidad”, con esa frase cada uno dentro de su ámbito competencial, sabe que las cosas se han de hacer bien: la Propiedad ha de poner dinero y la Dirección Facultativa ha de hacer cumplir el programa de control. En la actualidad EHE-08, se van diluyendo las responsabilidades: “La Dirección Facultativa en representación de la Propiedad, deberá asumir desde su ámbito competencial, una calidad conforme a los criterios y especificaciones definidas en su proyecto.”.

Disminuir el control abarata el producto inicialmente, pero cuando hay disfunciones el resultado final es lesivo para los intereses del fabricante y de los restantes intervinientes en el proceso aunque sea a largo plazo porque se tarda en establecer las responsabilidades por vía judicial.

5. REFERENCIAS

- (1) Guía Específica de marcado CE para productos prefabricados de hormigón. ANDECE. Abril 2010.
- (2) Conferencia de Álvaro García Messeguer a el Colegio de Aparejadores de Bizcaia. Revista de la Construcción.
- (3) EHE 08. Instrucción de Hormigón.
- (4) CTE. Código Técnico de la Edificación.