

# Riesgos para el consumidor y productor en función de los criterios de aceptación o rechazo de hormigón preparado según distintos reglamentos (parte I)

## *Risks for the readymix concrete producer and contractor according to the acceptance or rejection criteria specified in different standards (part I)*

D. M. PRADA BETANCOURT, D. REVUELTA CRESPO, L. FERNÁNDEZ LUCO, L. VEGA CATALÁN

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)

Persona de contacto/Corresponding author: drevuelta@ietcc.csic.es

Fecha de recepción: 1-III-05  
Fecha de aceptación: 19-V-05

ESPAÑA

### RESUMEN

*El objeto del presente trabajo es estudiar y comparar los criterios de conformidad y de aceptación de los códigos EHE (1), EN 206-1 (2), y ACI 318 (3), utilizados en España, Comunidad Europea, Estados Unidos y en muchos países de Latinoamérica. El Trabajo esta dividido en dos partes. En la primera se diferenciarán conceptualmente los criterios de conformidad y los de aceptación y se analizará uno de los criterios de conformidad y aceptación de la EHE. En la segunda parte se analizarán los otros dos códigos EN 206-1, y ACI 318. El resultado de este análisis cristaliza en las curvas operativas de cada código, lo que permite su aplicación práctica y comparación. El trabajo finaliza con unas conclusiones derivadas del análisis precedente.*

### SUMMARY

*The objective of the present work is the study and comparison of the criteria for conformity and acceptance of the EHE (1), EN206-1 (2) and ACI 318 (3) series of standards, which are in use in Spain, the European Community, the US and many Latin-American countries. As such, the paper starts with a conceptual differentiation of the conformity and acceptance criteria of each standard. The results of this analysis are operating characteristic curves for each respective standard that allow for the practical application and comparison of both types of criteria. The study ends with a number of conclusions that have been derived from the previous analysis.*

**PALABRAS CLAVE:** hormigón, resistencia a compresión, dispersión, conformidad, criterios de aceptación.

**KEYWORDS:** concrete, strength of compression, dispersion, conformity, acceptance criteria.

## 1. INTRODUCCIÓN

La resistencia a compresión del hormigón es una de las propiedades de ese material más útiles en las numerosas aplicaciones que se conocen del mismo. Sin embargo, la resistencia a compresión del hormigón en un determinado volumen de material no se manifiesta uniformemente, debido principalmente a la heterogeneidad intrínseca del material y a la presencia de numerosos factores que, en mayor o menor grado, la afectan a lo largo de todo el proceso de fabricación y de puesta en obra del hormigón. Si en último grado el control de todos esos múltiples factores permitiría considerar la resistencia a compresión del hormigón como una variable determinista, es decir, pronosticable sin error, es obvio que esa línea de aproximación al problema de la determinación de la resistencia del hormigón es inviable.

Ante este problema, y como en muchos otros casos similares, lo mejor es abandonar el enfoque determinista y optar por un enfoque estocástico, lo que exige tratar la resistencia a compresión del hormigón como una variable aleatoria y construir un modelo, denominado *modelo estadístico* (4), que siendo una aproximación del sistema real, gestiona de forma eficiente la incertidumbre que rodea la multiplicidad de causas y efecto presentes, todos ellos de pequeña magnitud aisladamente considerados.

## 2. MODELO ESTADÍSTICO

Considérese por ejemplo un fabricante de hormigón preparado con producción bajo control (estacionaria). Un modelo estadístico explicativo de la resistencia podría ser el siguiente:

Modelo probabilístico:  $X \sim N(\mu; \sigma^2)$ ,  $\mu \in \mathbb{R}$ ,  $\sigma \in \mathbb{R}_+$  [1]

Modelo muestral:  $X_1, X_2, \dots, X_n$  es una muestra aleatoria simple [2]

La definición analítica del modelo probabilístico precisa que  $X$ , variable aleatoria de resistencia, posea una distribución de probabilidad normal o gaussiana, Ec. [1], con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ . Como no se especifican los valores de  $\mu$  y  $\sigma^2$ , *parámetros del modelo o poblacionales*,  $N(\mu; \sigma^2)$  está representando en realidad toda una familia de distribuciones normales de probabilidad.

El modelo muestral, Ec. [2], es también un componente básico del modelo probabilístico. Establece las características de la muestra, es decir, la forma en que dicha muestra ha sido generada a partir del modelo probabilístico o *población*. En el ejemplo enunciado se señala que la muestra es *aleatoria simple*, hipótesis usual que indica que los resultados individuales son estadísticamente independientes e idénticamente distribuidos.

En este trabajo se acepta que el modelo explicativo de la resistencia del hormigón es el descrito, con distribución de probabilidad normal y muestras aleatorias simples.

Los dos componentes de un modelo estadístico dan lugar a otras tantas formas de contemplar el cumplimiento de un hormigón con un código determinado. En efecto, todo código debe incluir una definición de la *adecuación* de una población de hormigón con el mismo, o lo que es igual, un *criterio de conformidad* con el requisito de resistencia y un *criterio de aceptación* o definición de la *aceptabilidad* de la misma población de hormigón en base a los datos muestrales disponibles (5). El primer tipo de criterio es absoluto, y permite separar las diferentes poblaciones incluidas en la familia de distribuciones del modelo probabilístico en aquellas que son conformes con el requisito de resistencia y aquellas que no lo son. El segundo tipo de criterio es contingente, y, aunque permite separar las poblaciones sometidas a control en *aceptadas* o *rechazadas* en atención a los datos muestrales disponibles, existe la certeza de que esa calificación puede variar de una muestra a otra aunque procedan ambas de la misma población. No son pues sinónimos los calificativos de conforme y aceptado, como, tampoco lo son, los de no conforme y rechazado, cuando se quieren establecer criterios para delimitar la adecuación de un hormigón con la especificación.

Esa no equivalencia se destaca en la Tabla 1, que establece las decisiones y consecuencias derivadas de combinar los resultados posibles del criterio de aceptación con los estados posibles de un hormigón determinado respecto del criterio de conformidad del código. Son cuatro las combinaciones aludidas. En dos de ellas la decisión es correcta, en la medida en que se habrá aceptado un hormigón conforme y rechazado un hormigón no conforme

y, en otras dos, la decisión es incorrecta porque un hormigón conforme habrá sido rechazado y un hormigón no conforme habrá sido aceptado.

En un caso particular en que se tiene un determinado hormigón y se extrae una determinada muestra, después de aplicado el criterio de aceptación, sólo una de las cuatro casillas del cuadro se habrá materializado, pero nunca sabremos con precisión cuál es porque la categoría de conforme o no conforme de un hormigón es inaccesible, al ser un modelo estadístico. Sin embargo, el cálculo de probabilidades permite obtener la frecuencia de aparición de cada una de las casillas del cuadro.

De las decisiones y consecuencias reflejadas en la Tabla 1, tres destacan poderosamente y las probabilidades correspondientes son  $\Pr(A|C)$ , o probabilidad de aceptar un lote no conforme,  $\Pr(\bar{A}|C)$ , o probabilidad de no aceptar un lote conforme y finalmente  $\Pr(A)$ , o probabilidad de aceptar un hormigón. La primera de ellas se designa por  $\beta(\theta)$  y se denomina *función de riesgo del consumidor* por razones obvias, designando por  $\theta$  la fracción subnominal real o efectiva -no confundir con la fracción subnominal admisible-. La segunda se designa por  $\alpha(\theta)$  y se denomina *función de riesgo del fabricante* por razones no menos obvias y la tercera se designa por  $P_A(\theta)$  y la representación gráfica de su evolución al variar  $\theta$  se denomina **curva característica** o **curva operativa** del plan de muestreo, Figura 1.

Hay conceptos básicos visibles en esta curva que interesa destacar. En primer lugar, la curva es decreciente, lo que responde al resultado esperado de que al aumentar la fracción subnominal -también llamada defectuosa- descende la frecuencia con que se aceptan los lotes de esa fracción subnominal. En segundo lugar, los puntos de la curva se pueden interpretar como posiciones de diferentes fabricantes que han optado producir con una calidad determinada, medida por la fracción subnominal, o por las diferentes posiciones de un determinado productor al ir modificando sus consignas de fabricación. En cualquiera de estas dos interpretaciones, el punto C de la curva que corresponde a la abscisa  $\theta = \theta_{adm}$  es posiblemente el más importante de la misma, aunque no tiene por qué representar la posición real de ningún fabricante. Dicho punto, denominado **punto del consumidor**, divide la curva OC en dos tramos. A la izquierda de C está el tramo TA, en el que en todos los puntos se cumple que  $\theta \leq \theta_{adm}$ . Las producciones de hormigón, representadas por los puntos del tramo TA, son *conformes con la especificación* y, sin embargo, las probabilidades de que sean aceptadas *antes de llevar a cabo el plan de muestreo* son inferiores a la unidad. Así, por ejemplo, un fabricante que establezca las

TABLA 1  
Decisiones y combinaciones de los criterios de conformidad y aceptación

ESTADOS POSIBLES RESPECTO DEL CRITERIO DE CONFORMIDAD	RESULTADOS POSIBLES DEL CRITERIO DE ACEPTACIÓN	
	ACEPTACIÓN	RECHAZO
Conforme	Decisión correcta	Decisión incorrecta Error de Tipo I
No conforme	Decisión incorrecta Error de Tipo II	Decisión correcta

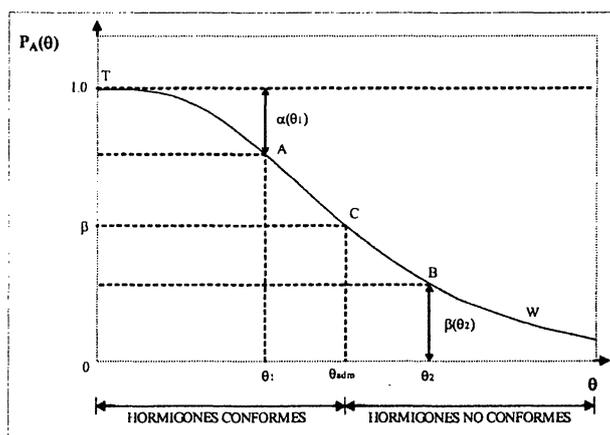


Figura 1.- Curva operativa típica.

consignas de producción tales que  $\theta = \theta_1 < \theta_{adm}$  encuentra su ubicación en el punto A de la curva y comprobaría, a largo plazo, que la frecuencia con que le eran rechazados sus lotes es  $\alpha(\theta_1)$ . En el otro extremo, a la derecha del punto C, se extiende el tramo CW de la curva OC, que tiene como característica identificativa que  $\theta > \theta_{adm}$  -en el punto C es exactamente  $\theta = \theta_{adm}$ -. Las producciones de hormigón representadas por los puntos del tramo CW -excepto la del propio punto C- son *no conformes con la especificación* y, sin embargo, las probabilidades de que sean aceptadas *antes de llevar a cabo el plan de muestreo* no son nulas. Así, por ejemplo, un fabricante que ocasionalmente establezca sus consignas de producción tales que  $\theta = \theta_2 > \theta_{adm}$  encuentra su ubicación en el punto B de la curva y comprobaría, a largo plazo, que la frecuencia con que le son aceptados sus lotes es  $\beta(\theta_2)$ .

Es responsabilidad del fabricante de hormigón preparado ubicarse en el punto deseado de la curva OC, estableciendo las consignas de producción correspondientes, y lo hará contrapesando el incremento de costes que supone elegir una fracción subnominal cada vez más baja con el ahorro de costes económicos y de prestigio que supone tener una probabilidad de rechazo cada vez más baja al descender  $\theta$ . Como no es posible, por antieconómico, cubrirse absolutamente ante el riesgo de rechazo, los fabricantes elegirán normalmente puntos de la curva en que el riesgo

de rechazo sea limitado. Eso significa que sus consignas ordinarias de fabricación deben ser tales que ocasionen una fracción sensiblemente inferior a la admisible.

La figura también permite ver que lo que se han llamado riesgo del consumidor,  $\beta(\theta)$  y del fabricante  $\alpha(\theta)$ , son en realidad *funciones de la fracción subnominal* y no valores únicos. El riesgo del consumidor sólo existe para  $\theta > \theta_{adm}$  y el del fabricante sólo existe para  $\theta \leq \theta_{adm}$ . En el punto C de la curva, para  $\theta = \theta_{adm}$ , se iguala el riesgo del consumidor,  $\beta(\theta_{adm})$ , con el complemento a la unidad del riesgo del fabricante,  $1 - \alpha(\theta_{adm})$ .

Este valor común, que representa el *máximo riesgo del consumidor*, se denota por  $\beta$ , de modo que:

$$\beta(\theta_{adm}) = 1 - \alpha(\theta_{adm}) \quad [3]$$

En el lenguaje corriente se suele llamar a  $\beta$  *riesgo del consumidor*, a secas, sin calificarlo de máximo, que debe darse por sobreentendido.

Los códigos de hormigón estructural establecen un control implícito del parámetro  $\beta$  a la hora de determinar los criterios de aceptación. Generalmente este parámetro queda oculto para el usuario de un código aunque

no siempre es así. Por ejemplo la norma europea EN 197-1 (6,7) de cemento señala claramente que los criterios de aceptación incluidos en la misma han sido preparados para que  $\beta$  sea siempre igual a 0,05. Los códigos deberían expresar con toda claridad los riesgos del consumidor implícitos en los criterios de aceptación, pero si no lo hacen, es necesario obtenerlos mediante el cálculo de probabilidades, ya que coinciden con la probabilidad de aceptar un lote cuando la fracción subnominal es  $\theta = \theta_{adm}$ , es decir,  $\beta = P_A(\theta_{adm})$ . A partir de las curvas operativas completas de los diferentes criterios de aceptación, se pueden establecer conclusiones y realizar comparaciones que permiten valorar todos los intereses en juego: riesgos del productor, riesgos del consumidor, capacidad discriminadora de los planes de muestreo, consignas ordinarias de fabricación, influencia de los parámetros poblacionales, otros, como la fracción subnominal, etc.

Los criterios de aceptación son diferentes en los tres códigos EHE, EN 206 y ACI, lo que viene motivado por tradiciones diferentes y porque la población objeto de control también es distinta, en algunos casos identificándola con lotes homogéneos de producción en planta -criterios de aceptación que toman como base un *control de producción*-, y en otros códigos identificándola con lotes más reducidos que componen unidades específicas de obra (EHE) o toda la obra (ACI), -criterios de aceptación que toman como base un *control de recepción*-.

### 3. ANÁLISIS DE LA INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL EHE

#### 3.1. Criterio de conformidad de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE

Para esta instrucción, el criterio de conformidad se enuncia del siguiente modo: *un hormigón es conforme con la especificación si la fracción de unidades subnominales, es decir con resistencia inferior a la resistencia característica nominal, no es superior a  $\theta_{adm} = 5\%$  (fracción subnominal admisible)*. De forma equivalente, la conformidad de un hormigón se puede asociar a la situación en que la *resistencia característica real*, cuantil del 5% de la distribución de resistencias, no es inferior a la resistencia característica nominal.

Designando por  $f_{ck}$  la resistencia característica nominal y por  $f_{c,real}$  la resistencia característica real, se derivan del cálculo de probabilidades, las expresiones:

$$\theta = \Phi\left(\frac{f_{ck} - \mu}{\alpha}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{\mu - f_{ck}}{\alpha}\right) \quad [4]$$

$$f_{c,real} = \mu + \Phi^{-1}(0,05)\sigma = \mu - 1,64\sigma \quad [5]$$

siendo  $\Phi(z)$  la función de distribución de la normal unitaria,  $Z \sim N(0;1)$ , evaluada en el cuantil  $z$ .

De Ec.[4] y Ec. [5] se deduce que  $\theta$  y  $f_{c,real}$  son conocidos sólo en el caso de que  $\mu$  y  $\alpha$  también lo sean, y son desconocidos cuando alguno o ambos parámetros poblacionales sean desconocidos. Como la conformidad de un hormigón para la EHE requiere que  $\theta \leq \theta_{adm} = 5\%$ , o equivalentemente que  $f_{c,real} \geq f_{ck}$ , el criterio de conformidad no puede concretarse en la práctica en las calificaciones de “conforme” o “no conforme” a menos que  $\mu$  y  $\alpha$  sean conocidos, lo que sólo se da en ejercicios teóricos o de simulación de Monte Carlo. En consecuencia, los criterios de conformidad no sirven por sí mismos como herramientas de control. Para esta función son necesarios los *criterios de aceptación*, que son verdaderas reglas de decisión definidas con ayuda de los resultados de resistencia  $X_1, X_2, \dots, X_n$  que forman una muestra de  $n$  datos supuesta aleatoria simple.

En los códigos EHE y EN 206 1:2000, el *criterio de conformidad* es el mismo, es decir, el hormigón es conforme con la especificación cuando  $\theta \leq 5\%$  y no conforme cuando  $\theta > 5\%$ , es decir, se fija  $\theta_{adm} = 5\%$ . Del criterio de conformidad implícito en el código ACI se hablará más adelante, en la segunda parte de este trabajo.

#### 3.2. Criterio de aceptación de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE

Los criterios de aceptación pueden ser simples o múltiples. En el primero de los casos la aceptación se da cuando se verifica la desigualdad:

$$T_A(X_1, X_2, \dots, X_n) < f_{ck} \quad [6]$$

siendo  $T_A(X_1, X_2, \dots, X_n) = f_{ck}$  un estadístico muestral denominado *función de aceptación*. En los criterios múltiples la aceptación se da cuando se verifican simultáneamente  $q \geq 2$ , desigualdades similares a la anterior.

En la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, la función de aceptación para  $f_{ck} \leq 30 \text{ MPa}$  es  $T_A(X_1, X_2, \dots, X_n) = k_n \min [X_1, X_2, \dots, X_n] = k_n X'_1$ , donde  $X'_1$  representa el menor resultado obtenido en la muestra y  $k_n$  es una **constante de aceptabilidad** facilitada por el código, que es función del tamaño muestral y del coeficiente de variación de la resistencia del hormigón. En consecuencia, la EHE establece un criterio de aceptación simple para aceptar o rechazar un lote de hormigón.

#### 3.3. Curvas operativas del criterio de aceptación en la Instrucción EHE

La Instrucción EHE está orientada hacia lo que antes se ha denominado *control de recepción*, exigiendo la

calificación de aceptable o rechazable para lotes de hormigón que componen determinadas unidades o volúmenes de obra, tal y como se establece en la tabla 88.4.a. de la mencionada Instrucción. También establece límites inferiores para el tamaño muestral, que se designa en este trabajo por  $n$ , según sea la resistencia característica nominal. Así, si  $f_{ck} \leq 25 \text{ N/mm}^2$ , deberá ser  $n \geq 2$ , si  $25 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 35 \text{ N/mm}^2$  deberá ser  $n \geq 4$  y, si  $f_{ck} > 35 \text{ N/mm}^2$ , deberá ser  $n \geq 6$ . A continuación se establece la *función de aceptación* que, en dicha Instrucción, se denomina **resistencia característica estimada**, y se define de la forma siguiente:

$$T_A(X_1, X_2, \dots, X_n) = f_{est} = \begin{cases} k_n \min(X_1, X_2, \dots, X_n) = k_n X'_1; & n < 6 \\ 2 \frac{X'_1 + X'_2 + \dots + X'_{m-1}}{m-1} - X'_m \geq k_n X'_1; & n \geq 6 \end{cases} \quad [7]$$

siendo  $(X_1, \dots, X_n)$  los resultados de la muestra,  $(X'_1, X'_2, \dots, X'_n)$  los mismos resultados ordenados de menor a mayor,  $m = n/2$  si  $n$  es par y  $m = (n-1)/2$  si  $n$  es impar. El factor  $k_n$  de la expresión anterior es la **constante de aceptabilidad del criterio**, que viene representada en la tabla 88.4.b de la EHE, y es función del tamaño muestral, del tipo de instalación y del **recorrido relativo muestral**, definido como el cociente entre el recorrido muestral y la resistencia media muestral.

El estudio de este criterio con todas sus particularidades, algunas de ellas incluso aún no mencionadas en esta breve descripción, exigiría una publicación monográfica específica. Para el objeto de este trabajo bastará considerar el criterio de aceptación más frecuente, que sucede para el caso  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ ,  $n=2$  y hormigón fabricado en central de clase A con recorrido relativo máximo de  $0,29$  y control de producción que certifica que el coeficiente de variación  $\delta$  cumple la limitación  $0,08 \leq \delta \leq 0,13$ .

El criterio de aceptación tiene, en tal caso, la función de aceptación

$$T_A(X_1, X_2) = f_{est} = 0,93 X'_1 \quad [8]$$

que se revisa en caso de rechazo para establecer un criterio de aceptación en segunda etapa con función de aceptación, en la que se establece que el hormigón se acepta si  $f_{est} > 0,9 f_{ck}$ , es decir:

$$T^*_A(X_1, X_2) = \frac{f_{est}}{0,9} = \frac{1}{0,9} T_A(X_1, X_2) = 1,03 X'_1 \quad [9]$$

Utilizando el cálculo de probabilidades se concluye que la ecuación analítica de la curva operativa para el criterio de aceptación con función de aceptación del tipo  $T_A = k_n X'_1$  es:

$$P_A(\theta) = Pr[k_n X'_1 \geq f_{ck}] = \left[ \Phi \left( \frac{k-1-\delta \Phi^{-1}(\theta)}{k\delta} \right) \right]^n \quad [10]$$

y particularizando para  $n=2$ ,  $\delta=0,10$  (por ejemplo) y los valores  $k=0,93$  y  $k=1,03$  se obtienen dos curvas operativas, una, para la aceptación en primera etapa, y otra, para la aceptación a secas, no importa en qué etapa. Estas curvas se muestran en la Figura 2.

Nótese que las curvas han sido obtenidas para un coeficiente de variación poblacional,  $\delta = \rho/\mu$ , de valor  $0,10$ . Otros valores de  $\delta$  en el intervalo  $0,08 < \delta < 0,13$  darían lugar a curvas operativas diferentes. Un inconveniente, pues, de este criterio de aceptación es que el cálculo de las probabilidades de aceptación requiere el conocimiento de  $\delta$ , lo que no es normalmente factible. El riesgo del consumidor se obtiene de la Ec. [10] al particularizar para  $\theta = \theta_{adm} = 5\%$  y  $n=2$ , obteniéndose:

$$\beta = \left[ \Phi \left( \frac{k-1+1,645\delta}{k\delta} \right) \right]^2 \quad [11]$$

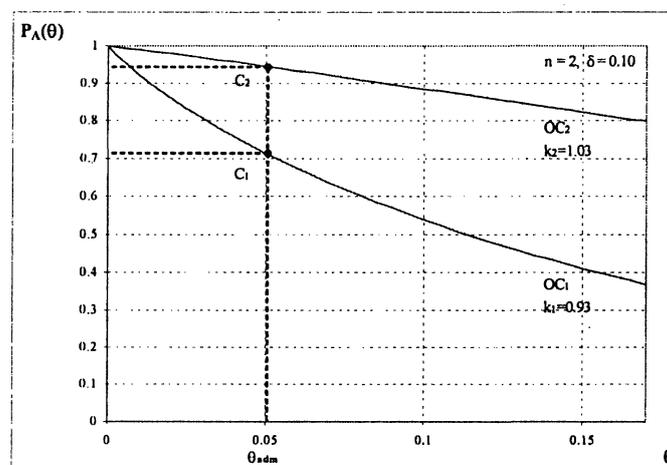


Figura 2.- Curva operativa  $OC_1$  (primera etapa) y  $OC_2$  (efectiva).

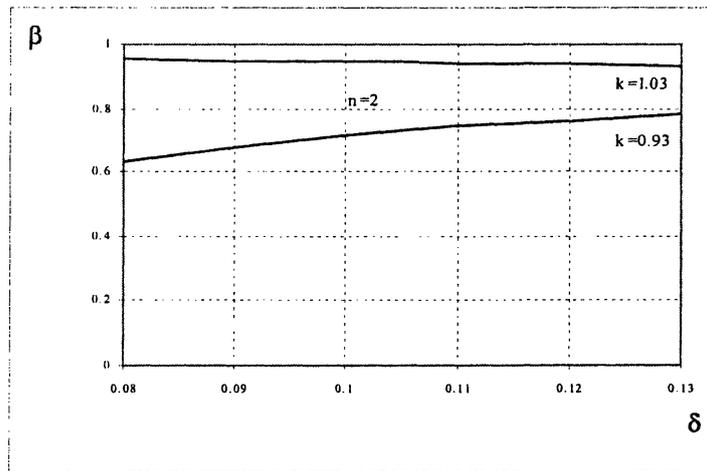


Figura 3.- Variación del riesgo del consumidor con el coeficiente de variación.

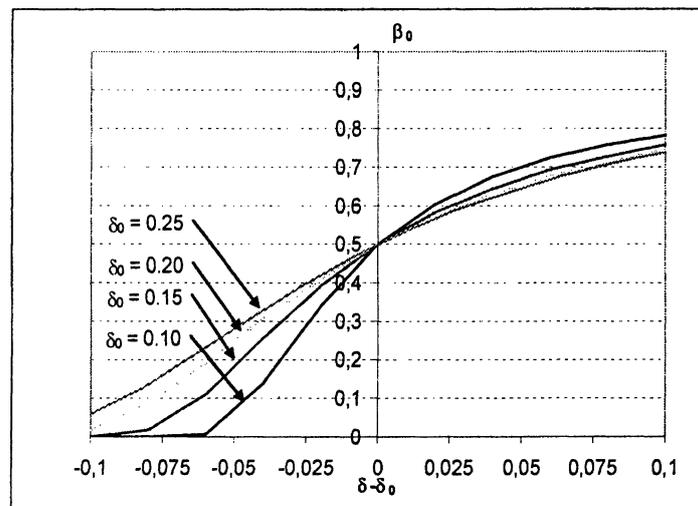


Figura 4.- Riesgo del consumidor real  $\beta_0$  en función de la diferencia entre el coeficiente de variación estimado para la central,  $\delta$ , y el coeficiente de variación real,  $\delta_0$ .

En la Figura 3 aparecen reflejados los riesgos del consumidor de los dos criterios contemplados, aunque el riesgo del consumidor efectivo es el asociado a la curva con  $k = 1,03$ , o de aceptación efectiva.

De la observación de la Figura 3 se deduce que, para el criterio de aceptación en primera etapa, Ec. 8, el riesgo del consumidor es ligeramente creciente con el coeficiente de variación poblacional, como cabe esperar. Sin embargo, al introducir el criterio de aceptación en segunda etapa, Ec. 9, el riesgo del consumidor es decreciente con el aumento del coeficiente de variación, aunque prácticamente constante y en torno a valores de  $\beta = 0,90$ .

Uno de los inconvenientes del criterio es que el valor de  $\delta$  se asume en función de los datos de la central de hormigón. Por tanto, el riesgo real del consumidor,  $\beta_0$ , dependerá de cuál sea el valor real del coeficiente de variación de la central,  $\delta_0$ . Se demuestra en la Ec. [12].

La Figura 4 muestra el riesgo del consumidor real,  $\beta_0$ , para distintos valores de coeficiente de variación, asumido y real, particularizando para  $\theta_{adm} = 5\%$ ,  $n = 2$  y  $\beta = 50\%$ . Se ve que el riesgo del consumidor real se separa del riesgo del consumidor nominal del 50% a medida que crece la diferencia entre el coeficiente de variación asumido y el real. De ahí la importancia que tiene la estimación inicial del coeficiente de variación de la central.

$$\beta_0 = \left[ \Phi \left( \frac{1 - \delta_0 \Phi^{-1}(1 - \theta_{adm}) - (1 - \delta \Phi^{-1}(1 - \theta_{adm})) (1 - \delta_0 \Phi^{-1}(\beta^{1/n}))}{\delta (1 - \delta_0 \Phi^{-1}(1 - \theta_{adm}))} \right) \right]^n \quad [12]$$

#### 4. CONCLUSIONES

En esta parte se ha establecido una diferencia básica entre un criterio de conformidad -que opera sobre toda la población- y un criterio de aceptación -que actúa con los resultados de una muestra-.

Los criterios de aceptación se concretan en las curvas operativas de los planes de muestreo, curvas que contienen los elementos básicos que facilitan las decisiones de fabricantes y consumidores, en particular los riesgos de ambos agentes de tomar de decisiones equivocadas.

La curva operativa del criterio de aceptación de la EHE pone en evidencia que los riesgos del consumidor son elevados, sobre todo para la llamada segunda etapa o de aceptación inevitable.

Asimismo, se desprende que la estimación del coeficiente de variación de la central es un parámetro de gran influencia en el riesgo real del consumidor.

Otras conclusiones respecto de la EHE se ofrecerán en la segunda parte cuando se realice el estudio comparativo con los códigos EN 206 1:2000 y ACI 318.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) Comisión Permanente del Hormigón. EHE.: *Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado*. MFOM (1998).
- (2) Comisión Europea de Normalización, CEN.: *European Standard EN206-1*.
- (3) ACI Committee 318.: *Building Code Requirements for Structural Concrete*.
- (4) López Agüi, J. C. *et al.*: *Control estadístico del hormigón estructural. M-7*. ACHE.
- (5) Taerwe, L.: *Basic Aspects of Quality Control of Concrete*. ERMCO (2001).
- (6) Comisión Europea de Normalización, CEN.: *European Standard EN197-1 y 2*.
- (7) López Agüi, J. C.: *Fundamentos científicos del control de calidad óptimo del cemento*. Tesis Doctoral. UPM (2002).

\* \* \*

# MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

## ESPECIAL 50 ANIVERSARIO

Con motivo del cincuentenario de la revista *Materiales de Construcción* se preparó en el 2001 un número doble (n<sup>os</sup> 263-264) conmemorativo, con artículos originales y de elevada calidad científica, elaborados por los principales investigadores nacionales y extranjeros en el campo de los materiales de construcción. Este número especial está compuesto de 15 artículos bilingües, y sus temáticas recogen aspectos tan variados, dentro del marco de los materiales de construcción, como la fabricación de cementos alternativos, diseño de hormigones más durables, durabilidad y comportamiento de materiales, Patrimonio Histórico, vitrocerámicos, etc.

El actual Comité de Redacción de la Revista *Materiales de Construcción* quería de esta forma rendir un homenaje a todas las personas que, de una u otra manera, han trabajado y colaborado, durante estas cinco décadas, a que *Materiales de Construcción* haya tenido una vida tan destacada y prolongada.

La composición de este número extraordinario es:

- Cincuenta años de la revista "Últimos avances en materiales de construcción" (Fiftieth anniversary of the journal "Ultimos avances en materiales de construcción), Prof. J. Calleja
- Objetividad en la cita de las referencias (Objectivity in citing references), Prof. A. Neville
- Diseño de hormigón durable (Designing concrete for durability), A.J. Boyd, S. Mindess, J. Skalny
- Hacia la fibra de carbono en la construcción (Towards the carbon fibers in the building industry), A. Miravete
- Empleo de los materiales secundarios como materia prima de nuevos tipos de cementos (Secondary raw materials for synthesising new kind of cements), S. Goñi, A. Guerrero, M.A. Macías, R. Peña, E. Fernández
- Clasificación de clínkeres basándose en sus elementos traza. Aplicación a clínkeres españoles (Trace elements based on classification on clinkers. Application to spanish clinkers), F.D. Tamás, J. Abonyi, F. Puertas
- Nuevas técnicas electroquímicas avanzadas para la medida in-situ de la corrosión en hormigón armado (New advanced electrochemical techniques for on site measurements of reinforcement corrosion), C. Andrade, I. Martínez, C. Alonso, F. Fulla
- Formación de taumasita mediante la deposición de SO<sub>2</sub> atmosférico (Thaumasite formation in hydraulic mortars by atmospheric SO<sub>2</sub> deposition), M.T. Blanco-Varela, J. Aguilera, S. Martínez-Ramírez, A. Palomo, C. Sabbioni, G. Zappia, C. Riontino, K. Van Valen, E.E. Toumbakari
- Carbonatación de pastas de cemento aluminato de calcio (Carbonation of calcium aluminate cement pastes), L. Fernández-Carrasco, F. Puertas, M.T. Blanco-Varela, T. Vázquez
- Reactividad y expansión de las escorias de acería de horno de arco eléctrico en relación con sus aplicaciones en la construcción (Reactivity and expansion of electric arc furnace slag in their application in construction), E. Vázquez, M. Barra
- Viabilidad de utilización de materiales de desecho procedentes de productos cerámicos en prefabricados de hormigón (Viability of utilization of waste materials from ceramic products in precast concretes), M.I. Sánchez de Rojas, F.P. Marín, M. Frías, J. Rivera
- Procesos de alteración asociados al contenido de minerales arcillosos en materiales pétreos (Role of clay constituents in stone decay processes), F. Veniale, M. Setti, C. Rodríguez-Navarro, S. Lodola
- Evaluación del comportamiento expansivo de las rocas y su interés en conservación (Swelling behaviour of stones and its interest in conservation. An appraisal), J. Delgado Rodríguez
- Residuos para la producción de vidrios y vitrocerámicos (Wastes based glasses and glass-ceramics), L. Barbieri, A. Corradi, I. Lancelloti
- La estructura de vidrios de aluminio-silicato y de granito para la fabricación de materiales de construcción vitrocerámicos de tipo petrúrgico (Structure of aluminosilicate melts produced from granite rocks for the manufacturing of petrurgical glass-ceramics construction materials), A.G. Simakin, T.P. Salova, M. Romero, J.M<sup>a</sup>. Rincón

**Venta de ejemplares:** Distribución de Publicaciones  
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC)  
Serrano Galvache s/n, 28033 Madrid  
Tfno: (34) 91 3020440, Fax: (34) 91 3020700