

**CONTROL DE CONFORMIDAD DEL HORMIGON
SEGUN NORMA EUROPEA EN 206-1:2000**

Arnoldo Bucarey C. *
Mario Liberona P.**
Alejandro Pérez R. ***

RESUMEN

La norma Europea EN 206-1:2000, ha establecido un nuevo criterio de aceptación de hormigones, el cual se supone que lo irán asumiendo gradualmente los países miembros debido a su complejidad aparente, mediante el uso de cuatro criterios estadísticos de conformidad: un criterio de aceptación para la producción inicial, un criterio para la producción continua, un criterio de pertenencia a la población controlada y un criterio de familia de hormigones. El criterio de familia involucra las reglas de pertenencia, criterios de confirmación de pertenencia, el proceso de transformación y agrupación de resultados y estadímetros resúmenes de la familia. Esta norma incorpora además las curvas de operación OC, para una cierta probabilidad de aceptación de defectuosos.

Arnoldo Bucarey C.: Constructor Civil (PUC) Profesor Universidad de Concepción y Universidad Central de Chile.

Mario Liberona P.: Constructor Civil (UTE). Profesor Universidad de Concepción

Alejandro Pérez R.: Ingeniero Civil (U de C)

1. INTRODUCCION

Con la reciente puesta en vigencia, febrero de este año, del Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea, nuestro país inicia otro importante proceso de integración, lo que hace reflexionar en la necesidad de conocer la normativa vigente en los países miembros de la UE con respecto al producto hormigón, ya que puede ser invocada en contratos de construcción por empresas que vengan de esas naciones.

La norma de hormigón en Europa se conoce como EN 206-1 *"Concrete - Parte1: Especificación, Prestaciones, Producción y Conformidad"*, la que sólo hace unos pocos años (Diciembre 2000), fue aprobada por los miembros del Comité Europeo de Normalización (CEN) tras 21 años de desarrollo.

Esta norma europea de hormigón, incorpora importantes novedades en relación con el control de la conformidad de los hormigones. Una de ellas es la consideración de la familia de hormigones como elemento unificado que se somete a control. Existen países en Europa, en que el concepto de familias de hormigones ya ha sido usado, este es el caso del Reino Unido (UK) y cuerpos de certificación como el QSRMC (Sistema de Calidad del Hormigón Preparado), que llevan una década utilizándolo, pero en contraposición existen otros países donde el sistema es prácticamente desconocido. Es por ello que se recomienda que los pasos sean sólidos y siempre controlados por un sistema de certificación independiente y formados por personas verdaderamente expertas en hormigón.

El presente trabajo describe los comienzos de la norma EN 206-1, expone sus principales objetivos y su situación como norma (su status). Además presenta las reglas de conformidad y sus conceptos involucrados (como hormigón de referencia, métodos de transformación, criterios de aceptación) y hace un análisis de las reglas de conformidad, tanto en lo que concierne a la teoría estadística, como a sus disposiciones.

2. NORMA EN 206-1

En diciembre de 2000 la EN 206-1 se puso a disposición de los miembros del Comité Europeo de Normalización (CEN), como norma europea tras el voto positivo de una gran mayoría. Este constituye el final de una fase importante del trabajo europeo, sobre esta norma desde sus inicios a finales de la década del '70.

2.1. Reseña histórica.

El inicio de la EN 206-1 data de mediados de los '70, cuando ERMCO (Organización Europea del Hormigón Preparado), presentó un borrador llamado "Code of good practice for ready-mixed concrete". Terminado el trabajo en este código, los miembros de ERMCO acordaron que sería mejor tener una norma europea sobre este tema, ya que significaría que tal documento tendría un mayor grado de aceptación. Con el apoyo de la mayoría de los miembros del CEN se fundó el CEN/TC 94 "Ready-mixed concrete", en 1979. En Marzo de 1982 se publicó el primer borrador de consulta prEN 199 "Ready mixed concrete - production and delivery".

En 1981, se fundó CEN/TC 104 "Concrete".

En marzo de 1990 aparece como prenorma europea ENV 206 "Concrete - Performance, production, placing and compliance criteria". Su estado de "prenorma" no obligó a los miembros del CEN a retirar sus normas nacionales en conflicto y abrió la posibilidad de ganar experiencia, ya que se permitió aplicar la ENV en paralelo con las normas nacionales.

Así, en 1999, el TC 104 decidió enviar la norma EN 206-1 "Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity" para su votación formal. Finalmente quedó terminada a principios del 2000 y fue aprobada con sólo un voto negativo de los miembros del CEN.

2.2. Principales Objetivos de EN 206-1.

Los objetivos principales de EN 206-1 son:

- Servir como norma de soporte a los Eurocódigos. Para el Eurocódigo 2 sobre estructuras de hormigón armado, se necesitaban especificaciones para el material hormigón.
- Eliminar barreras al comercio. Diferentes especificaciones técnicas con diferentes requisitos técnicos sobre productos en los Estados Miembros, se consideran barreras típicas al comercio.
- Tener los mismos requisitos para todos los tipos de hormigón.
- Definir las tareas y responsabilidades de las partes implicadas. Para enfrentarse a la elevada complejidad en el proceso de construcción, el TC decidió definir sólo tres organismos, sus tareas y responsabilidades y éstos son: especificador, productor y usuario.
- Permitir especificaciones válidas en el lugar de uso, donde no se pueden aplicar soluciones Europeas. El objetivo del TC 104 era y todavía lo es, presentar una norma operativa para el hormigón.

2.3 Situación de EN 206-1.

Esta norma adoptada por la mayoría se puso a disposición de los miembros del CEN en diciembre de 2000, comprometiendo a los organismos de normalización de los Estados Miembros de la Unión Europea a su transposición y publicación como norma nacional y a la eliminación o actualización de otras normas nacionales que pudiera entrar en contradicción con ella. La fecha de retirada de las normas nacionales en conflicto se fijó a más tardar, para el 1-12-2003.

2.4. Control de calidad de hormigones en Europa.

El control de calidad tradicional utilizado en los productos de construcción como el hormigón, a sido reemplazado por un sistema más completo llamado, Sistema de Aseguramiento de la Calidad (Quality Assurance Systems, QAS), el cual puede ser utilizado por la propia empresa o lo que es más frecuente, adoptarlo por medio de una normativa internacional (ISO 9000). Las ventajas de este sistema, son que además de

preocuparse de lograr los requisitos de calidad especificado como lo hacia el control de calidad tradicional, sirve como instrumento a la industria para planificar y controlar los procesos de producción, de manera que los niveles de calidad requerido sean logrados con bajos costos económicos para una condición particular de producción.

Es importante destacar que QAS ha evolucionado en los últimos años, transformándose en la actualidad en un sistema de gestión de calidad, que persigue la mejora continua del proceso.

3. REGLAS DE CONFORMIDAD

Cuando se fabrica hormigón, se especifica una o más propiedades de su campo de aplicación, así como para controlar el hormigón se debe verificar por medio de una serie de procedimientos si el hormigón producido cumple las propiedades especificadas. A esta verificación se le denomina **control de conformidad** y a la aplicación de esta serie de procedimientos, como **reglas de conformidad**.

En la norma EN 206-1 (sección 9.1), las reglas de conformidad se formularon sobre la base que sólo el productor controla el ejercicio de la conformidad. Cualquier cambio a este acercamiento requerirá una reevaluación fundamental de las reglas de conformidad. En reconocimiento que algunos especificadores puedan desear ensayar el hormigón despachado, se proporciona el **ensayo de identidad**, ensayo no obligatorio para obtener la certificación del hormigón según la EN 206-1.

Para el caso de la conformidad de resistencia a compresión del hormigón, el productor tiene que decidir de antemano: el período de valoración, el número de muestras por resultados de ensayo, el punto de muestreo (la planta o en el sitio), si va ha usar grupos de resultados solapados (promedios consecutivos) o no-solapados (promedio de muestras distintas), si usa las familia de hormigones y en ese caso el número de miembros de las familias.

3.1. Familia de hormigón.

La norma europea para el hormigón EN 206-1 ofrece dos posibilidades para evaluar la conformidad de la resistencia a compresión, una es individualmente para cada hormigón y otra en grupos de hormigones, también llamada “familia de hormigón”.

Este nuevo término presentado por primera vez normativamente, es definido como: "un grupo de dosificaciones para las que se han podido establecer y documentar determinadas relaciones entre las propiedades relevantes del hormigón".

La idea de fondo, tras la creación del concepto de familia, es la de encontrar una solución práctica y fiable a la necesidad de controlar todos los hormigones producidos en una planta. De esta manera, agrupando los hormigones en una familia, se permite disminuir la cantidad de ensayos, haciéndolo más manejable y proporcionando un adecuado control.

Este nuevo sistema de evaluación (familia de hormigones), se basa en la suposición de que un cambio en un material constitutivo, afectaría a todos los hormigones fabricados con dicho material.

La relación establecida para conformar la familia de hormigones y con ella reunir a sus diferentes miembros, tiene que ser sobre la base de ensayos previos, mediante el historial de datos de producción o mediante una fundamentación teórica.

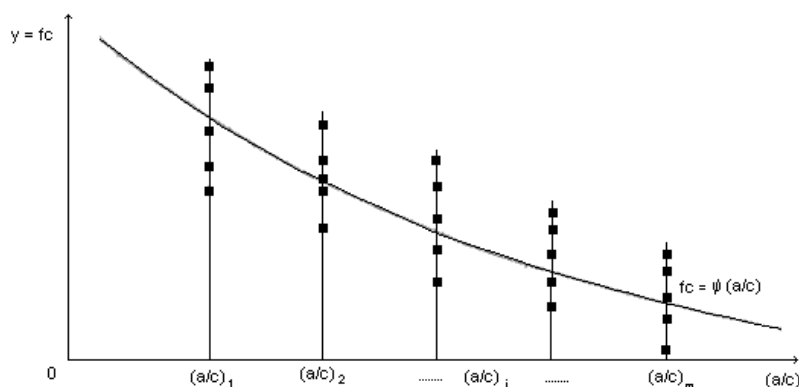


FIGURA 3.1. Relación entre f_c y a/c .

La figura 3.1 muestra una típica experimentación de diferentes formulaciones de hormigón que permite formar una familia, en el cual se trata de ajustar una función del tipo $f_c = \varphi(a/c)$, siendo f_c la resistencia del hormigón y a/c la relación agua/cemento, con los datos provenientes de ensayos realizados a distintas formulaciones del hormigón, en las que se hace variar gradualmente la relación agua/cemento (variable de diseño principal), manteniendo fijas las restantes variables de la formulación.

Para aquéllos que no tienen experiencia en el uso de familias de hormigones, el Anexo K de la EN 206-1: 2000 proporciona la guía en la selección de la familia. Esta guía recomienda, para la formación de la familia, usar lo siguiente:

- Cementos de un mismo tipo.
- Agregados de mismo origen geológico.
- Hormigones con y sin aditivos reductores o plastificantes.
- El rango entero de clase consistente.
- Hormigones con una gama limitada de clase resistente.
- Hormigones que contengan adiciones que afecten la resistencia a compresión podrán ser tomados de manera individual o en una familia separada.

Con el fin de aplicar el criterio de conformidad considerando el uso de “familias de hormigones”, se debe seguir la siguiente secuencia:

1. Obtención de relaciones para un grupo de hormigones con la idea de formar una familia.
2. Seleccionar el hormigón de referencia.
3. Aplicar la transformación y agruparlos en una sola muestra.
4. Aplicar el criterio de confirmación de pertenencia a la familia de cada hormigón.
5. Aplicar el criterio de conformidad de la EN 206-1.

3.2. Método de transformación.

La forma práctica de conducir los controles de los hormigones de una familia, consiste en “transformar” los resultados de los ensayos (de resistencia en este caso), realizados sobre cualquier miembro de la familia, en resultados “pertenecientes al hormigón de referencia”. Lo que permite realizar una evaluación común de las diferentes clases resistentes reunidas en la familia de hormigones.

El hormigón de referencia debe coincidir normalmente con un miembro de la familia, generalmente uno ubicado en la zona central del rango de resistencias o el de mayor volumen de producción.

Para realizar las transformaciones de los miembros originales a miembros transformados, el Reporte del CEN (CR 13901:2000 [1]) proporciona las reglas de transformación. Como por ejemplo:

1. $X_j = Y_j - \mu_j + \mu_R$; (j = 1,2,...,N)
2. $X_j = Y_j - f_{ckj} + f_{ckR}$; (j = 1,2,...,N)

donde j es un índice que alude a cada miembro de la familia, N el número de miembros y R que hace alusión al hormigón de referencia. Con:

X_j : resistencia característica real de un hormigón miembro transformado.

Y_j : resistencia característica real de un hormigón miembro original.

μ_j :: resistencia media del hormigón miembro original.

μ_R : resistencia media del hormigón de referencia (miembro original).

σ_j : desviación standard del hormigón miembro original.

σ_R : desviación standard del hormigón de referencia (miembro original).

f_{ckj} : resistencia característica específica (miembro original).

f_{ckR} : resistencia característica específica del hormigón de referencia.

3.4. Criterio de conformidad.

Las reglas de conformidad ceñidas exclusivamente a la propiedad de la resistencia a compresión de los hormigones se indican en la EN 206-1, en tres criterios estadísticos de conformidad:

- a) Un criterio de confirmación de pertenencia a una familia de hormigones.
- b) Un criterio de aceptación para la producción inicial y para la producción continua.
- c) Un criterio de identificación de pertenencia de una masa de hormigón a la población controlada (también conocido como ensayo de identidad).

Criterio de confirmación de pertenencia.

Este criterio se aplica para proceder a la evaluación de conformidad de la familia y se utiliza con cada miembro para decidir si debe ser separado del grupo o puede continuar en la familia. Según la EN 206-1, el criterio de confirmación se considera satisfecho, si el valor medio de los resultados originales del hormigón miembro de que se dispone en el periodo de valoración, supera a los valores de la segunda columna de la tabla 3.1. Se quitará de la familia, cualquier hormigón que falte a este criterio y se evaluará individualmente para la conformidad.

TABLA 3.1. Criterio de confirmación de pertenencia a una familia.	
Número 'n' de resultados de ensayo para la resistencia a compresión de un hormigón individual.	Criterio 3
	Valor medio de 'n' resultados (fcm) para un hormigón individual de la familia de hormigón. N/mm ²
2	$\geq fck - 1,0$
3	$\geq fck + 1,0$
4	$\geq fck + 2,0$
5	$\geq fck + 2,5$
6	$\geq fck + 3,0$

Criterio de confirmación para la producción inicial y continua.

La EN 206-1 divide conformidad por resistencia, en producción inicial y continua. La **producción inicial** esta definida como: *el período donde hay menos de 35 ensayos de resultados para un hormigón individual o una familia de hormigón, obtenido sobre un período de valoración y donde no existen datos suficientes para un cálculo fiable de la desviación estándar de la población.*

Por su parte, la **producción continua** esta definida como: *el período donde se han logrado obtener más de 35 resultados de ensayo para un hormigón individual o una familia de hormigón, obtenido sobre un período de valoración.*

La tabla 3.2 presenta las reglas de conformidad para la producción inicial y continua.

TABLA 3.2. Regla de conformidad para resistencia a compresión.			
Producción	Número 'n' de resultados de ensayo para la resistencia a compresión	Criterio 1	Criterio 2
		Valor medio de 'n' resultados (fcm,3 y fcm respectiv.) N/mm ²	Resultado de ensayo de cada individuo (fci) N/mm ²
Inicial	3	$\geq fck + 4$	$\geq fck - 4$
Continua	15	$\geq fck + 1,48\sigma$	$\geq fck - 4$

donde:

fci: resistencia a la compresión de un resultado individual.

fck: resistencia característica.

fcm,3: resistencia media de 3 resultados consecutivos.

fcm: resistencia media de todos los resultados de ensayos para un hormigón individual o de todos los resultados transformado para una familia, en un período de valoración.

σ : desviación estándar de la población. (Si no se conoce la desviación estándar de la población de debe determinar a partir de 35 resultados de ensayos).

Donde la conformidad se evalúe sobre la base de una familia de hormigón, en el criterio 1 (criterio de la resistencia media), cada resultado de ensayo, fci, se transforma por el valor equivalente del hormigón de referencia y fck pasa a ser la resistencia

característica del hormigón de referencia. Por su parte para el criterio 2 (criterio individual), se aplicará a los resultados de ensayos originales, f_{ci} , y f_{ck} será la resistencia característica especificada.

Ensayo de identidad.

El ensayo de identidad tiene la finalidad de comprobar si el hormigón suministrado pertenece a la misma población de hormigón que el que ya ha pasado el control de conformidad. En la EN 206-1, el ensayo de identidad es diferente al ensayo de conformidad y tiene el rasgo de ser no obligatorio.

3.5. Fondo histórico.

Comparaciones de las reglas de conformidad para juzgar la calidad del hormigón usados en diferentes países europeos llevaron al Comité Mixto Europeo del hormigón [2] a la formulación de fronteras o límites para las curvas O-C, curvas que permiten ver la eficacia de un criterio de conformidad, denominadas regiones "insegura" y "no-económica". Obtenidas sobre la base de la aceptación de un 5% de defectuosos para escoger la resistencia característica especificada, como lo asume la mayoría de los países europeos.

Sin embargo estas regiones fueron fijadas de manera arbitraria y sin una justificación apropiada. Para solucionar esto, Taerwe [3 y 4] derivó estos límites para las regiones sobre una base matemática y justificada.

La figura 3.2 compara las regiones del Comité Mixto Europeo (líneas rectas) y las de Taerwe (líneas curvas).

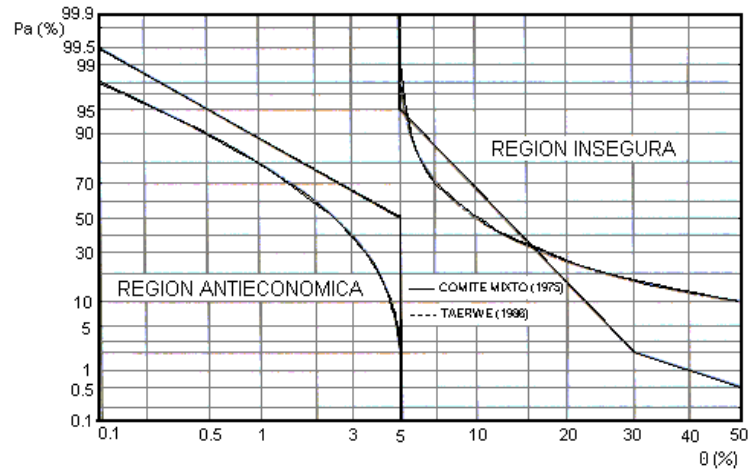


FIGURA 3.2. Comparación de límites para las regiones insegura y antieconómica.

Las ecuaciones definidas por Taerwe para estas regiones son:

Límite de la región insegura

$$\theta \cdot P_a = 0,05$$

Límite de la región antieconómica

$$\frac{\theta}{100 - P_a} = 0,05$$

Estos nuevos límites están situadas en el mismo lugar que los antiguos límites dados por el Comité Mixto Europeo, lo que demuestra su adecuación operacional.

El valor de 1,48 para el parámetro utilizado en la regla de conformidad para la resistencia media, $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \sigma$, presente en la EN 206-1, fue derivado por Taerwe [3] sobre la base del concepto AOQL (Límite de Calidad Promedio en Curso) y de la utilización de las nuevas fronteras definidas por Taerwe.

4. ANALISIS DE LA REGLA DE CONFORMIDAD

Esta sección está dedicada al análisis de la regla de conformidad de la nueva norma europea EN 206-1. Por un lado, un análisis dirigido a la teoría estadística involucrada y por otro, un análisis referente a las disposiciones de la norma EN 206-1, este último análisis, dirigido a solucionar la aplicabilidad de estas disposiciones. Los consejos e informaciones

vertidas en lo que respecta a las disposiciones han sido recogidos, en su mayoría, de la presentación de Tom Harrison en el Congreso ERMCO 2001 [5].

4.1. Análisis de la teoría estadística de la regla de conformidad.

4.1.1. Reglas de transformación.

Las reglas de transformación se analizarán a continuación por medio de un ejemplo extraído de la revista Cemento-Hormigón [6]. La tabla 4.1 presenta tres formulaciones de hormigón, que constituyen una familia de hormigón, con sus respectivos valores estadísticos.

TABLA 4.1.- Producciones reales (Y_1 , Y_2 e Y_3) y parámetros poblacionales.

Hormigón (elemento de la familia)	Resistencia Caracterist. Especificada (N/mm ²) f_{ck_i}	Resistencia Media (N/mm ²) μ_j	Desviación Típica (N/mm ²) σ_j	Resistencia Caracterist. Real (N/mm ²) Y_j	Fracción Defectuosa Real (%) θ_j
F1	40.0	46.50	4.65	38.85	8.11
F2	30.0	39.00	4.68	31.30	2.72
F3	25.0	34.40	5.16	25.91	3.43

De la tabla 4.1, se puede ver que el ejemplo ha sido preparado de modo que los hormigones F2 y F3 cumplen con la reglamentación vigente (de España para este ejemplo), al ser la fracción defectuosa real inferior al 5%, mientras que el hormigón F1 no cumple con las especificaciones requeridas. Además se destaca que la familia de hormigones es ligeramente heterocedástica, es decir, que las desviaciones estándar de los miembros de la familia son diferentes.

Para el análisis de las transformaciones, se utilizaron dos de las 6 reglas de transformación mencionadas en el documento CEN CR 13901:2000 y que fueron mencionadas más arriba.

$$X_j = Y_j - \mu_j + \mu_R \quad ; \quad (j = 1,2,\dots,N) \quad (4.1)$$

$$X_j = Y_j - f_{ckj} + f_{ckR} \quad ; \quad (j = 1,2,\dots,N) \quad (4.2)$$

TABLA 4.2. Producciones "transformadas" X_1 , X_2 y X_3 mediante (4.1) y parámetros poblacionales.

Hormigón (elemento de la familia)	Resistencia Caracterist. Especificada (N/mm ²) f_{ckj}	Resistencia Media (N/mm ²) μ_j	Desviación Típica (N/mm ²) σ_j	Resistencia Caracterist. Real (N/mm ²) X_j	Fracción Defectuosa Real (%) θ_j
F1	25.00	34.40	4.65	26.75	2.16
F2	25.00	34.40	4.68	26.70	2.23
F3(R)	2500	34.40	5.16	25.91	3.43
F1	30.00	39.00	4.65	31.35	2.65
F2(R)	30.00	39.00	4.68	31.30	2.72
F3	30.00	39.00	5.16	30.51	4.06
F1(R)	40.00	46.50	4.65	38.85	8.11
F2	40.00	46.50	4.68	38.80	8.24
F3	40.00	46.50	5.16	38.01	10.39

La base que justifica la regla de transformación (4.1), es que mantiene invariables las desviaciones respecto de la media entre los resultados originales y los transformados, es decir ; $X_j - \mu_R = Y_j - \mu_j$, lo que en el caso de que la familia fuera homocedástica sería razonable.

La tabla 4.2, muestra tres bloques de resultados, cada uno correspondiente al caso en que se elija como hormigón de referencia el señalado con la letra R. Las conclusiones que se pueden extraer de este ejemplo son las siguientes:

- Las poblaciones transformadas igualan su valor medio con el del hormigón de referencia, mientras que la desviación estándar es un invariante de la transformación.
- La fracción defectuosa de la población transformada se altera de forma destacada y

se ve muy influida por el hormigón de referencia elegido.

- Puede sugerir una selección interesada del hormigón de referencia.
- Puede hacer que hormigones individualmente no conformes con la norma, pasen a ser conformes con ella mediante una mera transformación matemática, aparentemente inofensiva. También puede provocar el efecto contrario al anterior.
- Puede conducir a decisiones desacertadas en los criterios de conformidad.

La clave de todas estas deficiencias de la regla de transformación (4.1), es que pasa por alto el papel de la resistencia característica especificada, tanto de cada miembro individual como del hormigón de referencia. Resultando insuficiente para "trasladar" o "asociar" a dicho hormigón, la información relativa a la fracción defectuosa real del hormigón que se transforma.

Por su parte las reglas de transformación (4.2) se basan en que mantienen invariante la desviación respecto de la resistencia característica específica, entre los resultados originales y transformados (es decir, $X_j - f_{ckR} = Y_j - f_{ckj}$).

Las conclusiones que se pueden extraer luego de aplicar la transformación (4.2) para el mismo ejemplo, son las siguientes:

- El valor medio y la desviación estándar es un invariante de la transformación.
- La fracción defectuosa de la población transformada no se ve alterada.
- No existe influencia en los valores de los hormigones transformados producto de la elección de un hormigón de referencia.
- Otra ventaja adicional de la transformación (4.2) respecto de la (4.1) es que no necesita apoyarse en la curva de ajuste $f_c = \varphi(a/c)$.

4.1.2. El efecto de la auto-correlación.

La existencia de correlación entre valores de resistencia trae consigo un cambio en su probabilidad de aceptación. La figura 4.1 ilustra tal efecto.

En la figura 4.1 [5], la regla de conformidad es $f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48\sigma$. El operador característico se obtiene por método de simulación y se aplica cuando los resultados de ensayo son independientes o auto-correlacionados (según el modelo de Taerwe con los parámetros 0.4 y 0.2), la media es calculada de 15 ó 35 resultados, y la desviación estándar se establece de antemano (de 35 resultados)

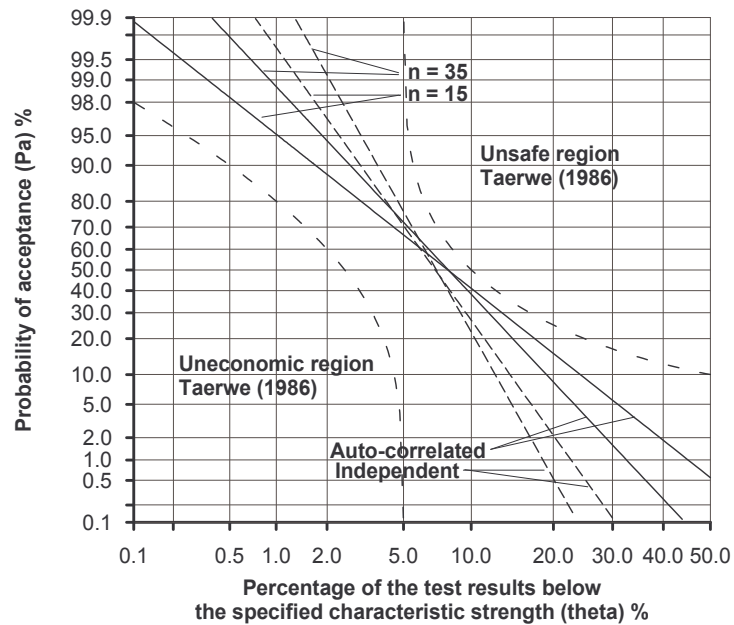


FIGURA 4.1. El efecto de resultados de ensayos cuando son independientes o auto-correlacionados sobre el operador característico.

La figura 4.1 muestra que si los resultados de ensayos son independientes o auto-correlacionados:

- Aumenta la probabilidad de aceptación de una población para su conformidad para $\theta < 5\%$;
- Aumenta la probabilidad de rechazo de una población para su no-conformidad para $\theta > 10\%$.

La figura 4.1 también muestra para un número de resultados de ensayos fijos, por ejemplo $n=15$:

- La probabilidad de aceptación de una población para su conformidad es mayor para valores de resistencia independientes que auto-correlacionados, para $\theta < 5\%$;
- La probabilidad de rechazo de una población para su no-conformidad es mayor para valores de resistencia auto-correlacionados que independientes, para $\theta > 10\%$.

4.2. Análisis de las disposiciones de la regla de conformidad.

Los requisitos de EN 206-1 son para:

4.2.1. Condiciones uniformes de producción.

En 8.2.1.2 de EN 206-1. El muestreo se llevará a cabo bajo condiciones que se consideren uniforme.

La implicancia de esto es que la conformidad sólo aplica para condiciones uniformes de producción. Lo que constituye "condiciones uniformes" no está definido en la EN 206-1, ni lo que hay que hacer cuando estas condiciones no aplican. En la práctica, un período de condiciones uniformes se puede considerar como aquel período donde la desviación estándar permanece constante. Por lo tanto un cambio significativo en la desviación estándar, es una indicación que las condiciones de la producción han cambiado.

4.2.2. Muestreos.

En 8.2.1.2 de EN 206-1. La frecuencia mínima de muestreo y ensayos de hormigón (muestras) se acordarán según la Tabla 13 de la EN 206-1, para el caso de la producción inicial y continua.

Esta tabla muestra las frecuencias de ensayos mínimos para la obtención de muestras que permiten determinar la resistencia a compresión del hormigón. Por ejemplo, para la producción continua, se requiere de una muestra de ensayo fabricado por cada 400 m³ de hormigón producido. Aparecen también en la tabla, el uso de las condiciones "día producción" y "semana producción", sin ser definida lo que estos términos significan.

Para su entendimiento se presentan las definiciones utilizadas por Tom Harrison en el 13^{er} Congreso ERMCO [5].

Día producción: se puede considerar cualquiera de estas definiciones:

- Día en que han sido producidos 20 m³ o más;
- Día dónde han sido producidos menos de 20 m³;
- Día en que se ha producido una acumulación de 20 m³ de hormigones de una familia.

Semana producción: el período más largo entre:

- Un período de 7 días consecutivos que comprenden por lo menos 5 días de producción;
- Período tomado para completar 5 días de la producción,

4.2.3. Período de valoración.

De 8.2.1.3 La valoración de conformidad deberá ser echa sobre resultados de ensayos tomados durante un período de valoración que no excediera los últimos doce meses.

La conformidad tiene que ser declarada solo al final de cada período de valoración definido. En el caso de la resistencia a compresión para un hormigón o una familia de hormigón el período de valoración, es el período más corto entre:

- Período de condiciones uniforme para la producción;
- El período necesario para obtener 35 resultados;
- 12 meses.

4.2.4. Resultados no-solapados y solapados.

De 8.2.1.3 La conformidad de resistencia a compresión del hormigón se evalúa sobre:

- *grupos de "n" resultados de ensayo no-solapados o solapados, fcm (criterio 1, según tabla 14 de la EN 206-1).*

La aplicación del criterio para resultados de ensayos solapados podría traer como consecuencia un aumento en el riesgo de la no-conformidad.

4.2.5. Uso de familias hormigones.

De 8.2.1.1 El concepto familia no será aplicado para hormigones con clase de resistencia muy altas. Hormigones ligeros no deberían ser mezclados con familias que contengan hormigón de peso normal. Hormigones ligeros pueden ser agrupados con sus agregados similares en una misma familia.

Para aquéllos no experimentados en el uso de familias de hormigones el Anexo K de la EN 206-1: 2000 proporciona una guía en la selección de la familia y el reporte del CEN (CR 13901:2000), presenta información más detallada sobre la aplicación del concepto de familias de hormigones.

En las familias de hormigones, el productor realiza el control sobre todos los miembros de la familia y el muestreo se lleva a cabo por el rango entero de composiciones de hormigón producidas dentro de la familia.

Para el caso de la aplicación del criterio de confirmación de pertenencia, donde existen más de 6 resultados de ensayos para un miembro de la familia, no se entrega información. En esta situación, el reporte del CEN 13901 recomienda lo siguiente:

- Donde el número de resultados de ensayos es ≥ 15 , aplicar el criterio:

$$\text{Media del miembro de la familia} \geq f_{ck} + 1,48\sigma$$

- Cuando el número de resultados de ensayos está en el rango 7 a 14, aplicar la interpolación lineal entre el requisito para 6 resultados de ensayo y $(f_{ck} + 1,48\sigma)$.

6. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. Debido a los tratados de libre comercio firmados por Chile, más específicamente con la Unión Europea, la Norma EN 206-1 puede ser aplicada en nuestro país y por lo tanto, debe ser de conocimiento de los especialistas.
2. En la EN 206-1, la responsabilidad en el control de la conformidad recae en el productor.
3. Es importante seguir y conocer la experiencia en el sistema de familia de hormigones, en aquellos países como Holanda y UK, en donde tales sistemas se vienen utilizando por más de una década.
4. La familia de hormigón incorpora importantes ventajas en los controles de hormigones, como la reducción del número de resultados de ensayo y la mejora en el control de la producción de hormigón en planta.
5. Siempre que sea posible, el hormigón individual debería evitarse a menos que puedan generarse datos suficientes en el período de valoración para asegurar la producción continua y que sean de por lo menos 15 resultados.
6. La utilización de métodos de transformación puede producir un posible enmascaramiento de hormigones de baja calidad, provocando resultados equivocados en los la aplicación de los criterios de conformidad. Por lo tanto, si se opta por la utilización de reglas de transformación, estas deben estar fundamentadas.

El informe CEN CR 13901:2000 proporciona algunos métodos de transformación.

7. El conocimiento de las curvas O-C es útil, ya que permiten cuantificar la probabilidad de aceptación que tendrá un número 'n' de resultados de ensayos, para una regla de conformidad. Y permite además, comparar valores de probabilidad para diferentes números de resultados ($n = 15$ ó 35 , por ejemplo).

8. El parámetro, igual $1,48$, de la regla de conformidad de la resistencia media que aparece en la EN 206-1 (producción continua), es deducido bajo el concepto AOQL y fronteras de Taerwe.

BIBLIOGRAFÍA

1. CEN. CEN Report 13901. "The use of the concept of concrete families for the production and conformity control of concrete". Brussels. 2000.
2. CEB/CIB/FIP/RILEM Committee. "Recommended principles for the control of quality and the judgement of acceptability of concrete". Matériaux et Constructions. N° 47, pag. 387-403. 1975.
3. Taerwe, Luc. "A general basis for the selection of compliance criteria", IABSE PROCEEDINGS P-102/86. 1986.
4. Taerwe, Luc. "Basic aspects of quality control of concrete". 13th ERMCO Congress. Berlin. 2001.
5. Harrison, Tom. "From concrete families to conformity rules". 13th ERMCO Congress 2001. Berlin. 2001.
6. López Agüí, Juan Carlos. 2002. "Las reglas de conformidad de hormigón en la Norma EN 206-1". Revista Cemento–Hormigón. Ediciones Mayo y Junio, 2002.