
NORMA CUBANA

NC

192: 2012

**HORMIGÓN HIDRÁULICO — CÁLCULO DE LA RESISTENCIA
CARACTERÍSTICA REAL A LA COMPRESIÓN**

Hydraulic concrete — Real characteristic compression strength calculation

ICS: 91.100.30

2. Edición Octubre 2012
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC 192: 2012

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 37 de Hormigón Reforzado y Morteros, en el cual están representadas las siguientes entidades:
 - Ministerio de la Construcción (MICONS)
 - Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA)
 - Empresa Productora de Prefabricados de Ciudad Habana
 - Empresa de Tecnologías Industriales de la Construcción (TICONS)
 - Grupo Empresarial Industrial de la Construcción (GEICON)
 - Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción (CTDMC)
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)
 - Ministerio del Transporte (MITRANS)
 - Grupo Empresarial (AZCUBA)
 - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría (ISPJAE)
 - Oficina Nacional de Normalización (ONN)

- Sustituye a la NC 192: 2007 *Hormigón hidráulico. Cálculo de la resistencia característica real a la compresión*, tomándose en cuenta para su revisión el ACI 214R-11 *Guide to evaluation of strength test results of concrete*.

© NC, 2012

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

0 Introducción

En el cálculo de la resistencia característica obtenida para los hormigones de más de 34,5 MPa se ha incluido el Coeficiente de Variación en lugar de la Desviación Típica.

HORMIGÓN HIDRÁULICO — CÁLCULO DE LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA REAL A LA COMPRESIÓN

1 Objeto

Esta Norma Cubana establece el método para calcular la resistencia característica real a la compresión del hormigón hidráulico y el procedimiento para evaluar la uniformidad del lote.

La caracterización de un lote de hormigón requiere la evaluación de los parámetros siguientes:

- Resistencia Característica a la Compresión del lote (f_{ck});
- Desviación Típica del Lote (S_n) o el Coeficiente de Variación del lote (V_n);
- Coeficiente de Variación Interno del Ensayo (V_1)

2 Referencias Normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas se toma en cuenta la última edición de la norma de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

NC 207 Requisitos Generales para el diseño y construcción de las estructuras de hormigón

NC 120 Hormigón hidráulico. Especificaciones.

3 Términos y definiciones

A los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones.

3.1 probeta de hormigón

Elemento que se utiliza para efectuar los ensayos de conformidad de los lotes de hormigón. Tiene forma cilíndrica con altura nominal igual a dos veces el diámetro. Las más utilizadas son las de 150 mm x 300 mm y las de 100 mm x 200 mm. Son fabricadas y conservadas cumpliendo requerimientos normativos, hasta el momento del ensayo de rotura a compresión.

3.2 serie de probetas

Grupo de probetas que se extraen de una misma muestra, representativa de una amasada de hormigón. Son conservadas en iguales condiciones y ensayadas a una misma edad.

3.3 amasada

Porción de mezcla de hormigón que se prepara de una sola vez.

3.4 lote de hormigón

Volumen de hormigón de igual o semejante dosificación y materiales componentes. Es confeccionado y puesto en obra en condiciones sensiblemente iguales y sometido a juicio una sola vez.

4 Preparación de las probetas

La probeta normalizada para los ensayos de resistencia a compresión es la probeta cilíndrica (Ver 3.1). Es importante tener en cuenta que la data para el análisis de la resistencia característica real a la compresión siempre tiene que estar constituida por resultados provenientes de un solo tipo de probetas.

4.1 Cantidad de probetas a elaborar

Cada serie de probetas tendrá tres unidades y como mínimo dos solamente para el caso de los trabajos de laboratorio.

A pie de obra por lo general es suficiente obtener de cada amasada dos series de probetas, una para ensayar a los 3 o 7 días y otra para ensayar a los 28 días, no obstante, para una amasada, es factible obtener tantas series de probetas como edades se deseen ensayar, siempre y cuando representen información de interés para un fin específico.

5 Cálculo de la resistencia característica real a la compresión del hormigón

5.1 La resistencia a la compresión de cada una de las probetas ensayadas (f_{ci}) se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$f_{ci} = \frac{F}{A} \cdot 10 \quad (\text{MPa}) \quad (1)$$

donde

F: Carga de rotura (kN);

A: Área de la sección transversal de la probeta (cm²)

Es conveniente anotar los valores de f_{ci} obtenidos en orden descendente, o sea $f_{c1} \geq f_{c2} > f_{c3}$

No se rechazarán indiscriminadamente aquellos valores de la resistencia individual de las probetas que parezcan estar dispersos. Cuando la probeta se reconozca como defectuosa (con presencia de oquedades, grietas, caras no paralelas, entre otros) se harán las anotaciones correspondientes en las observaciones del ensayo

5.2 La resistencia a compresión de la serie de probetas se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$f_{cs} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n} \quad (\text{MPa}) \quad (2)$$

donde

n: número de probetas de la serie

5.3 El recorrido de la serie de probetas se calcula como la diferencia entre el valor mayor de resistencia a compresión de las probetas de la serie menos el valor menor. Si las probetas se han ordenado adecuadamente en el registro, o sea de mayor a menor, entonces:

$$R_i = f_{c1} - f_{cn} \quad (\text{MPa}) \quad (3)$$

5.4 La resistencia media a la compresión del hormigón del lote (f_{cm}) se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$f_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^m f_{cs}}{m} \quad (\text{MPa}) \quad (4)$$

donde

m: número de series del lote.

5.5 El valor del recorrido medio del lote de hormigón (\bar{R}) se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad (\text{MPa}) \quad (5)$$

5.6 La desviación típica interna del ensayo se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$S_1 = \frac{1}{d_2} \bar{R} \quad (\text{MPa}) \quad (6)$$

donde

1/d₂: Constante que depende del número de probetas promediadas en una serie (Ver Tabla 1)

Tabla 1 — Valor de la constante 1/d₂

Cantidad de probetas	Valor de 1/d ₂
2	0,8865
3	0,5967

5.7 El coeficiente de variación interno del ensayo (Within Test) se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$V_1 = \frac{S_1}{f_{cm}} \cdot 100 \quad (\%) \quad (7)$$

Los valores límites de V_1 para diferentes grados de control se muestran en la Tabla 2. Este coeficiente permite evaluar la calidad del ensayo y el nivel de control en la preparación de las probetas, tanto a pie de obra, en las plantas preparadoras, como en la confección de mezclas de prueba en el laboratorio.

Tabla 2 — Valores de V_1 para diferentes grados de control

Tipo de Operación	Valor de V_1 en % para diferentes grados de control				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Aceptable	Deficiente
Control de campo (a pie de obra o en planta)	Menor que 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor que 6
Mezclas de prueba en el laboratorio	Menor que 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor que 5

Los resultados evaluados como Aceptables y Deficientes requieren la toma de medidas inmediatas que impliquen la revisión de los procedimientos de preparación de las probetas, su curado y forma de transportación al laboratorio y de los métodos y procedimientos de ensayo de rotura a compresión.

5.8 La desviación típica del lote se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$S_n = \sqrt{\sum_{s=1}^m \frac{(f_{cs} - f_{cm})^2}{m-1}} \quad (\text{MPa}) \quad (8)$$

La S_n refleja las variaciones entre amasadas de hormigón, o lo que es lo mismo, entre las series de probetas. Estas variaciones son debidas fundamentalmente a las variaciones propias de las características y propiedades de los materiales componentes del hormigón, a las variaciones en la dosificación, el mezclado y el muestreo e incluyen la desviación típica interna del ensayo, tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$S_n^2 = S_1^2 + S_2^2 \quad (\text{MPa}) \quad (9)$$

donde

S_2 : desviación típica de amasada a amasada, sin incluir las variaciones internas del ensayo (Within Test)

5.9 El coeficiente de variación del lote se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$V_n = \frac{S_n}{f_{cm}} \times 100 \quad (\%) \quad (10)$$

5.10 Evaluación de los valores anormales de la resistencia a la compresión, de los valores individuales y de las series de probetas.

La comprobación de la anormalidad en los valores de la resistencia a la compresión, se realizará para los valores extremos, o sea tanto para los muy bajos, como para los muy altos.

Los valores anormales de la f_{ci} se evalúan comparando el valor individual que resulte sospechoso con el valor promedio de la serie f_{cm} a que corresponde. Si el valor absoluto de la diferencia entre ambos valores es mayor que $3 S_n$, se recomienda rechazar dicho valor individual.

La anormalidad de los valores de resistencia a la compresión de las series, se analiza cuando existen deficiencias en la calidad de la probeta o si el valor sospechoso o muy desviado es provocado por factores ajenos, condiciones anormales o errores de ensayo y medición. En estos casos, a partir de los datos de resistencia media f_{cm} y la desviación típica del lote S_n , se halla el valor del estadígrafo t_n , mediante la siguiente fórmula:

$$t_n = \frac{|f_{c1} - f_{cm}|}{S_n} \quad (10)$$

donde

f_{c1} : Valor de la serie que se considera anormal (MPa).

El valor de t_n se compara con el valor límite “h” dado en la Tabla 3, en función de la población de series que se analizan, para un nivel de significación del 5%. Si se cumple que $t_n > h$ el f_{c1} es anormal y debe ser excluido.

Tabla 3 — Valores de h para un nivel de significación del 5%

Población de Series	h	Población de Series	h	Población de Series	h
3	1,15	12	2,29	25 *	2,87
4	1,46	13	2,33	30 *	2,93
5	1,67	14	2,37	40 *	3,02
6	1,82	15	2,41	50 *	3,08
7	1,94	16	2,44	100 *	3,28
8	2,03	17	2,48	250 *	3,53
9	2,11	18	2,50	500 *	3,70
10	2,18	19	2,53	-	-
11	2,23	20	2,57	-	-

* Para valores intermedios a los indicados se podrá interpolar

Una vez eliminados los valores anormales (individuales y de series), es imprescindible recalcularse la resistencia media a compresión del hormigón del lote por la fórmula 4 y la desviación típica del lote por la fórmula 8.

5.11 La resistencia característica del lote se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,34 \times S_n \quad (\text{MPa}) \quad (11)$$

donde

1,34: Valor de Z para una fracción defectuosa permisible aproximadamente del 10%.

La expresión (11) sólo puede aplicarse cuando se cuente con 15 o más valores de medias muestrales. En el caso de poblaciones más pequeñas la expresión de la resistencia característica del lote será:

$$f_{ck} = f_{cn} - t \times S_n \quad (\text{MPa}) \quad (12)$$

donde

t: Percentil de Student para un nivel de confianza del 90%, cuyos valores, en función de los grados de libertad “v” se indican en la Tabla 4. Donde (v = n – 1), o sea, la población de series menos 1.

Aunque los valores del percentil de Student permiten trabajar con una población de 2 series muestrales, la población muestral mínima para la determinación de la f_{ck} será de 6. Se obtendrán resultados más confiables con una población de 15 o más series muestrales.

Tabla 4 — Valores del percentil t de Student para un nivel de confianza del 90%

Grados de libertad (v)	t	Grados de libertad (v)	t	Grados de libertad (v)	t
1	3,078	12	1,356	23	1,319
2	1,886	13	1,350	24	1,318
3	1,638	14	1,345	25	1,316
4	1,533	15	1,341	26	1,315
5	1,476	16	1,337	27	1,314
6	1,440	17	1,333	28	1,312
7	1,415	18	1,330	29	1,311
8	1,397	19	1,328	30	1,310
9	1,383	20	1,325	40	1,303
10	1,372	21	1,323	60	1,296
11	1,363	22	1,321	120	1,289

6 Determinación de la fracción defectuosa real obtenida

La fracción defectuosa real obtenida, o sea, el porcentaje de los valores de resistencia a compresión de las series, que son inferiores a la resistencia característica del hormigón especificada por el proyecto (f_{ck}), se puede determinar directamente de un examen de la población de las series, o se puede calcular si se cuentan con más de 15 valores de series muestrales, mediante la fórmula siguiente:

$$Z = \frac{f_{cm} - f_{ck}}{S_n} \quad (13)$$

En la Tabla 5 se puede apreciar la fracción defectuosa obtenida en %, en dependencia del valor de Z calculado por la fórmula 11.

Tabla 5 — Valores de fracción defectuosa para diferentes valores de Z

Z	Fracción defectuosa %	Z	Fracción defectuosa %	Z	Fracción defectuosa %
0,1	46,0	1,10	13,6	2,10	1,8
0,2	42,1	1,20	11,5	2,20	1,4
0,3	38,2	1,30	9,7	2,30	1,1
0,4	34,5	1,40	8,1	2,40	0,8
0,5	30,9	1,50	6,7	2,50	0,6
0,6	27,4	1,60	5,5	2,60	0,45
0,7	24,2	1,70	4,5	2,70	0,35
0,8	21,2	1,80	3,6	2,80	0,25
0,9	18,4	1,90	2,9	2,90	0,19
1,0	15,9	2,00	2,3	3,00	0,13

7 Evaluación de la uniformidad del hormigón

El grado de uniformidad o de control obtenido en la producción del hormigón de resistencia especificada $f_{ck} \leq 34,5$ MPa, se evalúa a partir de la comparación de la desviación típica del lote (S_n) y los valores indicados en la Tabla 6, que se empleará tanto para la producción del hormigón a pie de obra o en planta preparadora, así como durante la confección de mezclas de prueba en el laboratorio.

Tabla 6 — Valores de la S_n para diferentes grados de control en hormigones de $f_{ck} \leq 34,5$ MPa

Tipo de Operación	Valor de S_n (MPa) con diferentes grados de control				
	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Aceptable	Deficiente
Control de campo (A pie de obra o planta)	Menor que 2,81	2,82 a 3,52	3,53 a 4,22	4,23 a 4,92	Mayor que 4,92
Mezclas de prueba en el laboratorio	Menor que 1,41	1,42 a 1,76	1,77 a 2,11	2,12 a 2,46	Mayor que 2,46

El grado de uniformidad o de control obtenido en la producción del hormigón de resistencia especificada $f_{ck} > 34,5$ MPa, se evalúa a partir de la comparación del coeficiente de variación del Lote (V_n) y los valores indicados en la Tabla 7, que se empleará tanto para la producción del hormigón a pie de obra o en planta preparadora, así como durante la confección de mezclas de prueba en el laboratorio.

Tabla 7 — Valores de V_n para diferentes grados de control en hormigones de $f_{ck} > 34,5$ MPa

Tipos de operación	Valor de V_n (%) con diferentes grados de control				
	Excelente	Muy bien	Bien	Regular	Pobre
Control de campo (A pie de obra o planta)	Menor que 7,0	7,0 a 9,0	9,0 a 11,0	11,0 a 14,0	Mayor que 14,0
Mezclas de prueba en el laboratorio	Menor que 3,5	3,5 a 4,5	4,5 a 5,5	5,5 a 7,0	Mayor que 7,0

La evaluación del grado de uniformidad del hormigón se puede medir como:

- “Excelente” para el control de campo, que debe garantizar la producción de hormigón en plantas de prefabricado y además en plantas centralizadas de hormigón premezclado con sistema de dosificación automático
- “Muy Bueno” para el control de campo que debe corresponder a plantas dosificadoras gravimétricas con sistema de control manual
- “Bueno” para el control de campo que debe caracterizar a la producción de hormigón a pie de obra en hormigoneras estacionarias con medición volumétrica de los materiales

En cualquier caso los resultados evaluados como “Aceptables” o “Deficientes”, requieren la toma de medidas inmediatas para mejorar el grado de control en la producción del hormigón.

Los criterios anteriormente analizados, conjuntamente con los valores de la desviación típica de la Tabla 6 y del Coeficiente de Variación V_n de la Tabla 7, permiten asumir un valor de S_n o de V_n para determinar la resistencia media de diseño de una dosificación de hormigón, siempre que no exista una estadística anterior que sea confiable, como es el caso de la producción inicial, y se calculará mediante las fórmulas siguientes, para los hormigones de $f_{ck} \leq 34,5$ MPa:

$$f_{cm} = f_{ck} + 1,34 S_n \quad (\text{MPa}) \quad (14)$$

En tanto que para los hormigones de $f_{ck} > 34,5$ MPa:

$$f_{cm} = \frac{f_{ck}}{1 - 1,34 V_n} \quad (\text{MPa}) \quad (15)$$

8 Criterio de conformidad del lote de hormigón

Los dos criterios de conformidad para la aceptación de un lote de hormigón por su resistencia a compresión, tanto para la producción inicial como continua está indicado en la NC 120.

Si el lote de hormigón no cumple con el criterio de conformidad será rechazado y se procederá de acuerdo a lo establecido en la NC 207.

Bibliografía

[1] Estados Unidos, ACI 214R-11, Guide to evaluation of strength test results of concrete.

[2] Cuba, 1997, Editorial MICONSA, Howland Albear J.J. "Elementos de estadística y diseño de experimentos en la tecnología del hormigón".