



Revista de Arquitectura e Ingeniería
ISSN: 1990-8830
Olga-Toledo@empai.co.cu
Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería
de Matanzas
Cuba

Casos de estimación de la resistencia a compresión del hormigón armado validando ecuaciones de regresión que combinan el empleo de ensayos no destructivos (NDT) con ensayos destructivos (DT) en Cuba

Porras Navarro, Carlos Alberto; Aguilar Balbuena, Manuel; Puig Martínez, René

Casos de estimación de la resistencia a compresión del hormigón armado validando ecuaciones de regresión que combinan el empleo de ensayos no destructivos (NDT) con ensayos destructivos (DT) en Cuba

Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 13, núm. 1, 2019

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193958877008>

Todos los derechos reservados.

Todos los derechos reservados.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Casos de estimación de la resistencia a compresión del hormigón armado validando ecuaciones de regresión que combinan el empleo de ensayos no destructivos (NDT) con ensayos destructivos (DT) en Cuba

Cases of estimation of the compressive strength of reinforced concrete validating regression equations that combine the use of non-destructive tests (NDT) with destructive tests (DT) in Cuba

Carlos Alberto Porras Navarro porras@oc.biocubafarma.cu
Osde BioCubaFarma, Cuba

Manuel Aguilar Balbuena manuelab@enialabh.cu
Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas, Cuba

René Puig Martínez rpuig@civil.cujae.edu.cu
Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cuba

Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 13, núm. 1, 2019

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, Cuba

Recepción: 10 Diciembre 2018
Aprobación: 20 Febrero 2019

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193958877008>

Resumen: En la práctica ingenieril la necesidad de conocer la resistencia a compresión del hormigón es de vital importancia. La existencia de múltiples estructuras de hormigón de las que se desconocen datos de resistencia y sobre las que es necesario realizar actividades de restauración o remodelación, unido a la posibilidad de utilizar el resultado de los ensayos no destructivos, por su facilidad de realización y su efecto no dañino sobre las estructuras, da pie al presente artículo, en el cual se muestran casos en los que se estima la resistencia a compresión del hormigón combinando ensayos no destructivos de esclerometría y ultrasonido con ensayos destructivos, empleando ecuaciones de regresión. .

Palabras clave: Resistencia a la compresión, ensayos destructivos y no destructivos, método SONREB.

Abstract: In engineering practice, the need to know the compressive strength of concrete is of vital importance. The existence of multiple concrete structures of which resistance data are unknown and on which it is necessary to carry out restoration or remodeling activities, together with the possibility of using the result of the non-destructive tests, their ease of realization and their effect not harmful on the structures, gives rise to the present article, which shows cases in which the compressive strength of concrete is estimated by combining non-destructive tests of sclerometry and ultrasound with destructive tests, using regression equations

Keywords: Compression resistance, destructive and non-destructive tests, SONREB method.

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados obtenidos con la aplicación de ensayos no destructivos combinados con ensayos destructivos para estimar la resistencia a compresión del hormigón

en estructuras de hormigón armado, utilizando como herramienta fundamental el método SONREB.

El método SONREB es un método ampliamente empleado fuera de Cuba para estos fines desde la década del 60 del siglo pasado, no estando regulada en Cuba en ninguna de las normas ni regulaciones existentes para la construcción. Solo en la NC 9002/2000, el acápite 2.3.4, "Método combinado para la estimación de la resistencia a compresión del hormigón" y en la NC 1109: 2015 en el acápite 4.4.4, "Método combinado para la estimación de la resistencia a compresión del hormigón", se plantea la ecuación:

$$f'_{cestim} = \beta_0 + \beta_1 + CR + \beta_2 \times V_U^4$$

1

Ecuación 1

Donde:

- f'_{cestim} : Resistencia a compresión estimada del hormigón, (kg/cm²)
- CR: Coeficiente de rebote
- V_U : Velocidad de la onda ultrasónica (km/s)
- β_0 , β_1 y β_2 : Parámetros a determinar mediante un modelo general de regresión múltiple. Si se acepta un comportamiento Gaussiano de la resistencia, el modelo se resuelve por la teoría clásica de mínimos cuadrados, o sea, haciendo mínimos los residuos del modelo, pero en la práctica la determinación de estos parámetros se hace inoperante y engorrosa

En el caso del método SONREB se aplican dos variantes para estimar la resistencia a compresión del hormigón:

a) Mediante el empleo de un ábaco que correlaciona velocidad de ultrasonido y esclerometría (sin extraer testigos).

b) Mediante el cálculo matemático, combinando la extracción de varios testigos y una cantidad mayor de ensayos de esclerometría y ultrasonido.

Estos datos se correlacionan en una regresión múltiple que se manifiesta a través de un conjunto de ecuaciones, de las cuales, algunas se muestran a continuación. El método que emplea estas ecuaciones para estimar " f_c " según refiere la literatura especializada es el método SONREB, y las ecuaciones referidas son las siguientes:

Norma RILEM, 1993

$$f_c = 7.7 \times 10^{-11} \times S^{1.4} \times V^{2.6}$$

Ecuación 2

Gasparik, 1992

Di Leo Pascale, 1994

$$f_c = 1.0 \times 10^{-9} \times S^{1.058} \times V^{2.446}$$

[Ecuación 4]

Del Monte et al, 2004

$$f_c = 3.7 \times 10^{-7} \times S^{1.127} \times V^{1.690} \quad \text{[Ecuación 5]}$$

Donde:

- S= Índice de rebote esclerométrico.
- V= Velocidad de ultrasonido

Estas ecuaciones han sido aplicadas en múltiples ocasiones por el Grupo de Patología de la ENIA Habana atendiendo a las siguientes causas:

1. Necesidad de afectar lo menos posible estructuras muy antiguas que serían dañadas si se aplica la RC 2017 acápite 1.a (extracción, tratamiento y rotura de probetas in situ) en el que se establecen 10 testigos como mínimo.

2. Imposibilidad de extraer testigos en elementos objeto de estudio.
3. Elevado costo de la operación de extracción de testigos.
4. Humanización del trabajo.
5. Disponibilidad de tiempo para brindar resultados.

Considerando todo lo antes expuesto en este trabajo se muestran un conjunto de resultados de la aplicación del método SONREB en diferentes investigaciones.

1. Aplicación del método SONREB en diferentes casos.

Los resultados que a continuación se muestran son el resultado de múltiples investigaciones realizadas por el Grupo de Patología de la ENIA Habana entre enero y octubre del 2018. Los estudios referidos son los siguientes:

2.1 Caso 1: Bases para equipos de climatización en el Hotel Habana Riviera.

Como puede apreciarse en la figura No 1, debido a las dimensiones de los elementos objeto de análisis se hizo imposible extraer testigos, razón por la cual se decidió realizar ensayos de esclerometría y ultrasonido aplicando el ábaco del método SONREB.

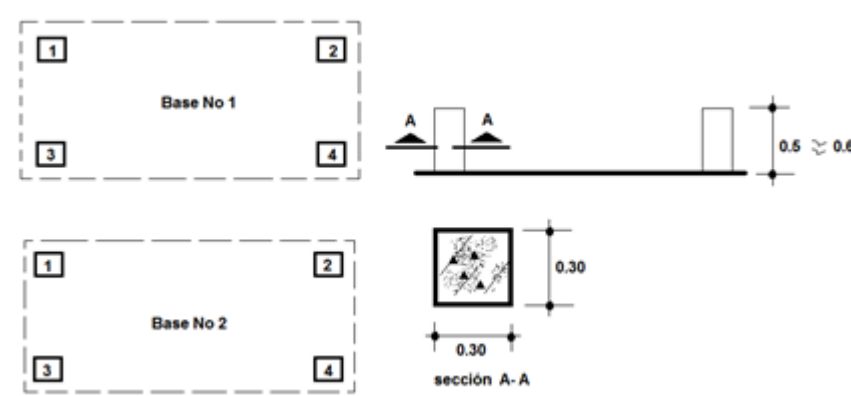


Fig1
Ubicación y dimensiones de las bases.

Elemento	Valores de velocidad de ultrasonido						Promedio	
	μs	m/s	μs	m/s	μs	m/s	μs	m/s
Base 1-1	82,2	3563	81,8	3669	82,2	3656	82,02	3629
Base 1-2	87,3	3436	87,5	3429	87,6	3425	87,46	3430
Base 1-3	87	3448	85,2	3521	84,2	3563	85,46	3510
Base 1-4	81,8	3669	82,2	3656	82,2	3563	82,06	3629
Base 2-1	84,3	3371	84,4	3456	84,5	3452	84,4	3426
Base 2-2	87,6	3401	84,5	3452	88,1	3405	86,73	3419
Base 2-3	89	3559	86,9	3555	86,9	3550	87,6	3554
Base 2-4	88,1	3405	87,6	3425	88,2	3401	87,96	3410

Tabla 1
Valores de velocidad de ultrasonido en las ocho bases.

Elemento	Valores de índice de rebote															Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Base 1-1	30	30	30	29	20	22	28	32	30	24	29	29	29	29	31	28
Base 1-2	31	31	31	31	31	29	29	29	31	31	29	29	29	31	31	30
Base 1-3	29	29	30	35	28	25	26	32	34	32	30	30	32	30	30	32
Base 1-4	29	30	30	26	22	25	36	22	26	25	25	24	24	25	23	23
Base 2-1	28	28	28	28	28	26	30	26	34	32	28	28	18	28	26	27
Base 2-2	30	36	38	28	28	28	34	32	28	28	28	32	30	30	34	31
Base 2-3	28	26	28	28	30	28	28	28	28	28	32	28	30	26	26	31
Base 2-4	26	28	28	28	28	26	28	28	30	28	32	28	36	28	30	30

Tabla 2
Valores de índice de rebote en las ocho bases.

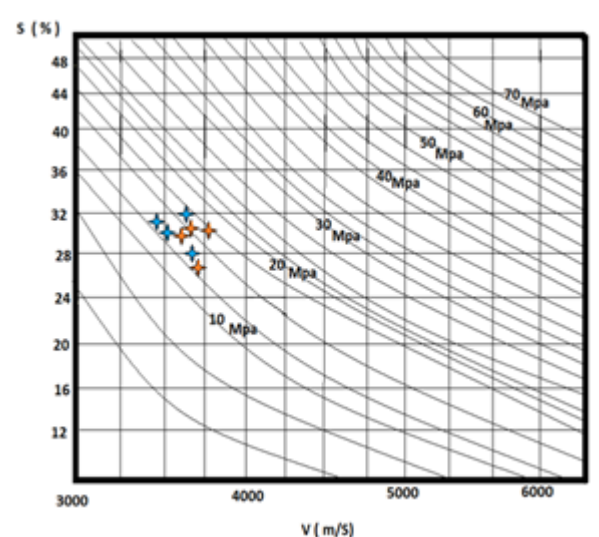


Fig 2
Ábaco para la estimación de f'_c .

Elemento	f'_c estimada MPa	Elemento	f'_c estimada MPa
Base 1-1	15	Base 2-1	14,5
Base 1-2	16,2	Base 2-2	16,5
Base 1-3	18	Base 2-3	16,5
Base 1-4	12,5	Base 2-4	16

Tabla 3
Cálculo de la f'_c estimada.

Como puede apreciarse, la resistencia a compresión estimada se muestra en un rango que oscila entre los 12,5 y 18 MPa, con un valor promedio de 15,37 MPa para los pilares de la base No 1 y de 15,75 para los pilares de la base No 2.

2.2 Caso 2: Columnas en el Hotel Habana Riviera ubicadas frente al Malecón

Cuando se estudiaron estas cuatro columnas el mal estado de las mismas permitió solo extraer un testigo por cada una y en una no fue posible extraerlo por lo que se aplicó el método SONREB completando el estudio con las mediciones de esclerometría y ultrasonido.

2.2.1 Determinación de la dureza superficial. Índice de rebote

El ensayo de esclerometría o índice de rebote mediante esclerómetro es una prueba no destructiva de la resistencia del hormigón. Patentado como martillo SCHMIDT, su valor "R" (índice de rebote) es una unidad adimensional que relaciona la dureza superficial del hormigón con su resistencia de modo experimental. Sin embargo, solo caracteriza la masa de hormigón hasta 2-3 cm de profundidad y se ve muy afectado su valor si existe carbonatación en la masa de hormigón. Por estos motivos, la norma de esclerometría se encuentra actualmente derogada y solo funciona para estimar la dureza superficial de la masa de hormigón.



Fig 3
Esclerómetro o martillo SCHMIDT.

Parámetro	Columnas			
	C-1	C-2	C-3	C-4
Índice de rebote	50	48	30	40
	46	46	34	44
	48	44	36	36
	44	56	38	44
	40	48	38	38
	48	44	34	36
	46	48	40	44
	42	42	40	36
	44	38	38	38
	48	42	38	46
	50	40	44	48
	46	48	38	38
	48	52	38	42
	46	48	48	46
	42	46	42	48
44	42	40	46	
Media	45,8	45,8	38,5	41,9
Desviación standard	2,9	4,6	4,2	4,4
Variabilidad de la medición	6%	10%	11%	11%

Tabla 4
Valores de esclerometría.

A modo de conclusión de este ensayo se puede plantear lo siguiente:

- Los valores de índice de rebote se encuentran entre 38,5 y 45,8.
- La columna C-3 mostró los valores más bajos de índice de rebote.
- Se espera que la columna C-4 muestre condiciones similares presionen su masa de hormigón a las columnas anexas dado que los valores de índice de rebote se comportan de manera similar.

2.2.2 Determinación de los valores de velocidad de ultrasonido.

La medición de la velocidad de ultrasonido, es un parámetro cuali-cuantitativo que aporta como información esencial la característica interna del hormigón, en cuanto a homogeneidad, estado de humedad, porosidad estimada, disgregación de los áridos y resistencia estimada a compresión.

En este caso se trabajó con el medidor de ultrasonido PUNDITLAB + de la firma PROCEQ.



Fig 4
Medidor de ultrasonido PUNDITLAB+ de la firma PROCEQ.

Se realizó la medición de la velocidad de ultrasonido, de forma directa en los elementos estudiados, los valores obtenidos fueron los siguientes.

Ultrasonido in situ (m/s)								
Distancia de los transductores	100 cm	150cm	100 cm	150cm	100 cm	150cm	100 cm	150cm
Elemento	C-1		C-2		C-3		C-4	
Velocidad de ultrasonido	3900	4080	2650	4560	3040	4121	2748	4120
	3700	3670	3140	4780	3280	4310	2750	4240
	3850	3790	3500	4650	3400	4500	2700	4300
Media por tramos	3816	3846	3096	4663	3240	4310	2732	4220
Media de cada columna	3835		3879		3775		3476	

Tabla 5
Valores de velocidad de ultrasonido.

Luego de calibrar estas cuatro ecuaciones mencionadas en la introducción se determinó que la más adecuada en este caso es la de Del Monte.

De esta forma se determinó que los valores de resistencia estimada del hormigón para las cuatro columnas estudiadas son los siguientes.

Parámetros a medir	UM	Columna No 1	Columna No 2	Columna No 3	Columna No 4
f_c de rotura	MPa	47,0	53,0	50,0	x
f_c de rotura real	MPa	38,5	42,9	40,5	x
Índice de rebote		45,8	45,8	38,0	41,9
Velocidad de ultrasonido	m/s	3.835,0	3.879,0	3.775,0	3.476,0
f_c calculada SONREB con la ecuación de Del Monte	MPa	31,6	32,0	30,5	24,0
f_c calculada SONREB con el ábaco	MPa	32,0	33,0	30,0	25,0

Tabla 6
Valores de resistencia estimada del hormigón.

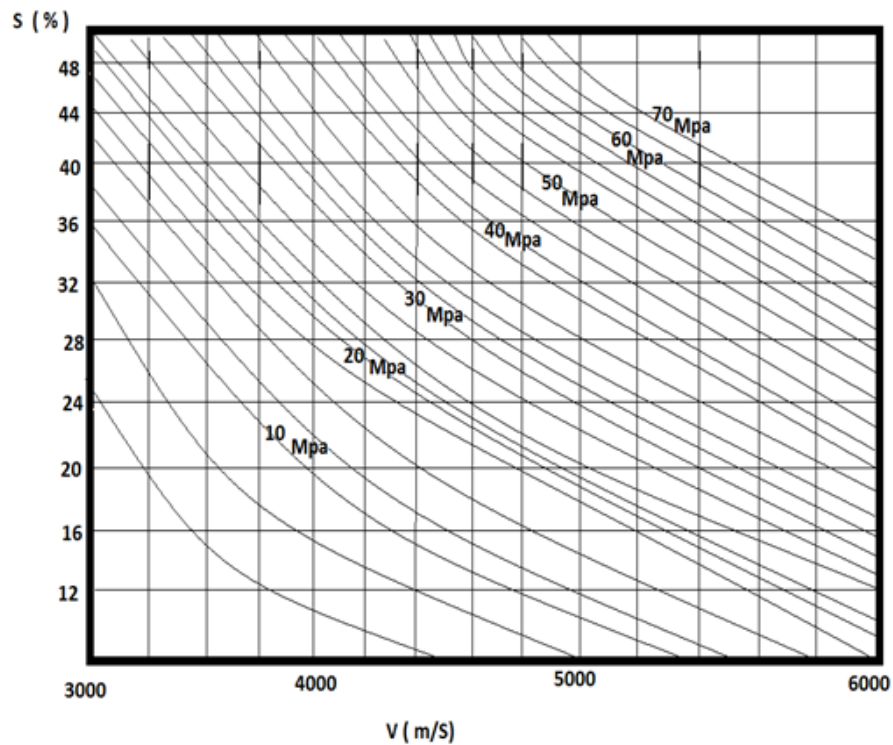


Fig 5

Ábaco para estimar f_{c} del hormigón.

2.2.2 Análisis cualitativo de los valores obtenidos.

Aunque se observa contraste entre los resultados obtenidos, la triangulación realizada entre los tres métodos de cálculo (la rotura de los testigos, la ecuación de Del Monte y el Ábaco), y que los mismos son valores estimados, atendiendo a las observaciones del hormigón y a los valores del ultrasonido, puede asumirse que no existe contradicción significativa entre los mismos. Los más cercanos a la realidad son en este caso, los obtenidos con el ábaco y la ecuación de Del Monte los cuales se encuentran en el entorno de los 30 a 38 MPa de resistencia a la compresión.

Estos valores son más consistentes con los valores de resistencia alcanzados en la época en que se construyó el edificio.

2.3 Caso 3: Estudio de la estructura de la nave de máquinas de PRODAL

El objetivo de esta investigación fue el de ofrecer los datos sobre el estudio realizado a las vigas y columnas de hormigón armado del cuarto de máquinas de PRODAL, que forman parte de la estructura soportante de esta instalación para determinar su capacidad soportante, en correspondencia con la solicitud de servicio realizada por la entidad inversionista teniendo en cuenta la tarea técnica No 117/107 realizada por la EPROYIP, la cual será encargada de realizar la revisión de esta estructura.

Para la realización de este estudio se seleccionaron cuatro vigas principales (115 cm de peralte) con 6 zonas de estudio cada una, 4 vigas

secundarias (65 cm de peralte) con 2 zonas de estudio cada una y 8 columnas con 2 zonas de estudio cada una (ver esquema No 1).

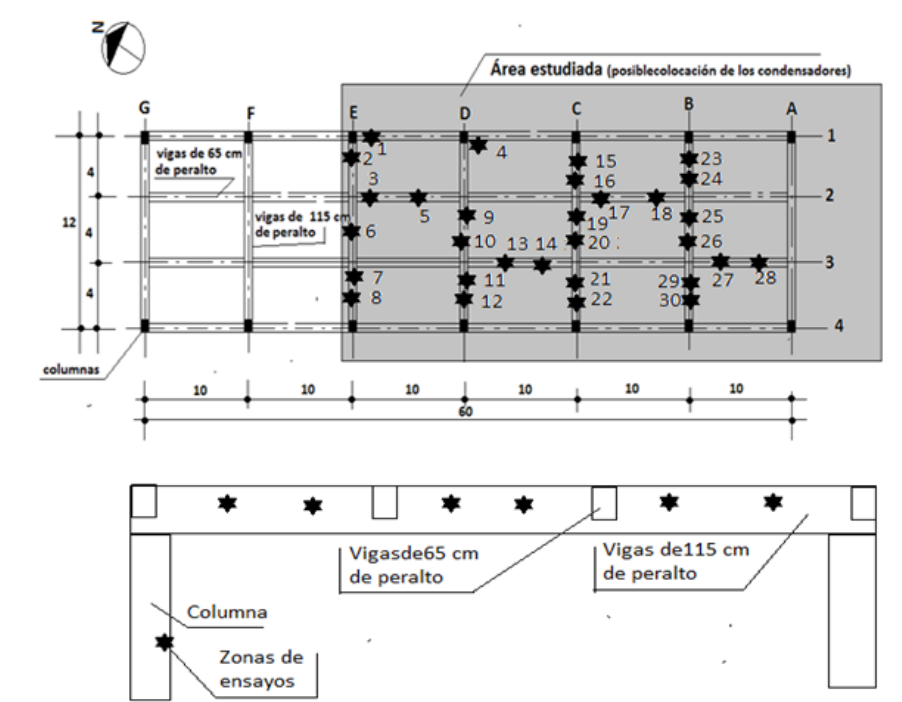


Fig 6
Ubicación de las zonas estudiadas.

Se estudiaron especialmente sus componentes estructurales para identificar sus características fundamentales y detectar la presencia de síntomas o lesiones, esta acción se realiza mediante el método de inspección visual de la estructura y con la recogida de información genérica imprescindible para conocer el estado de la misma. Conjuntamente, se realizó el estudio de la tarea técnica, con el objetivo de ir ajustando la investigación y las acciones necesarias a desarrollar. No se estudió la losa de cubierta por no existir las condiciones adecuadas para este estudio.

Las características actuales de las vigas y la explotación actual de la instalación, no permitieron extraer testigos en la totalidad de las mismas, por lo que se decidió desarrollar la investigación en el empleo de métodos centrados en ensayos no destructivos (NDT) y su tratamiento para procesar y obtener la validez de la estimación de la resistencia a compresión del hormigón fue aplicando el método SONREB

2.3.1 Estimación de f_c con el método SONREB en correspondencia con la NC-9002 / 2000.

Según la RC- 9002, los lotes de estructura sujetos a análisis, deberán estar compuestos de partes equivalentes de elementos estructurales compatibles y similares, por ejemplo, probetas representativas de losas y vigas, no pueden ser a su vez, representativas del hormigón de los pilotes.

Por lo antes expuesto, Los datos obtenidos se ofrecen por elementos separados y para que el proyectista que revisara la estructura tenga la opción de escoger con cuales valores trabaja. A continuación se ofrecen

los resultados del cálculo de la resistencia a compresión estimada del hormigón empleando el método SONREB.

Valores promedio de esclerometría, ultrasonido, y f_c , obtenidos con los ensayos realizados, teniendo como referencia la figura 6.

$R'_{bk, est}$

Según la RC- 9002, la resistencia característica estimada a compresión del hormigón en la estructura $R'_{bk, est}$, se puede realizar con dos variantes:

a).- Realizando una sumatoria de los valores obtenidos mediante la ecuación:

$$R_{bk.est} \geq \frac{\sum_{i=1}^n R_{bi}}{0,9n}$$

Ecuación 6

b).- Tomando el menor valor de los obtenidos y aplicando la ecuación:

$$R_{bk.est} \geq \frac{R_b}{0,8}$$

Ecuación 7

Tomándose el valor mayor de los resultados, donde:

- n: Número total de probetas testigos en una muestra
- R'_{bi} : Resistencia a compresión de las probetas testigos en MPa
- R_b : Resistencia a compresión de las probetas testigos en MPa

Elemento	Eje	Zona de estudio	IR	V/U (m/s)	f_c (MPa)	f_{ck} (MPa)	f_c (MPa)	f_c (MPa)
Vigas de 115 cm de peralte	E / 1.4	2*	41	4020	20,5	25,62	22,72	23,49
		6*	41	4030	30		22,85	
		7	44	4100			25,67	
		8	41	4020			22,72	
	D / 1.4	9	42	4030			23,44	23,76
		10	43	4045			24,25	
		11	41	4020			22,72	
		12	44	4031			24,64	
	C / 1.4	15	43	4000			24,19	22,67
		16	41	4020			22,72	
		19	42	3998			23	
		20	40	4000			21,87	
		21	40	4010			22,4	
	B / 1.4	22	40	3999			21,86	24,26
		23	44	4050			24,92	
		24	41	4058			23,24	
25		42	4040			23,58		
26		45	4050			25,52		
Valores promedio		20 zonas	42	4030			23,01	23,5

Tabla 7

Análisis de las vigas de 115cm de peralte.

En el caso de las vigas de 115 cm de peralte, se obtuvieron dos valores de rotura de testigos, como se puede observar en la tabla. Al aplicarla ecuación (b) de la RC-9002, el valor de f_{ck} es de 25,62 MPa. Se decidió tomar este valor para calibrar la ecuación de Di Leo Pascale, porque solo se tienen dos valores de rotura de testigos y es preferible trabajar con rangos de seguridad.

Como puede apreciarse, el valor de resistencia obtenido en el análisis de las vigas de 115 cm de peralte, se mueven en un rango entre 21,87 MPa y 25,67 MPa. El valor de f_{c} estimado es promedio es de 23,5 MPa.

Como puede verse, el valor más bajo obtenido es el 78 % del de proyecto, el más alto está en un 91% del de proyecto y el promedio es de un 83 % del de proyecto.

Elemento	Eje	Zona de estudio	IR	V/U (m/s)	fc (MPa)	fck (MPa)	fc (MPa)	fc (MPa)	
									$R_{b, teste} \frac{R_b}{0,8}$
Vigas de 65 cm de peralto	1 / D-E	1*	46	4200	25,5	31,25	28,58	28,58	
		3	46	4200			28,58	27,12	
	2 / D-E	5	44	4100			25,67		
		3 / D-C	13	45	4250			28,65	30,32
	14		45	4450			32		
	2 / C-B	17	42	4210			26,04	27,41	
		18	46	4230			28,79		
	3 / A- B	27	44	4000			25,05	25,56	
		28	44	4200			26,07		
	Valores promedio		9 Zonas	44,66	4204			27,5	27,79

Tabla 8

Análisis de las vigas de 65 cm de peralto

En el caso de las vigas de 65 cm de peralto, se obtuvieron dos valores de rotura de testigos, como se puede observar en la tabla. Al aplicarla ecuación (b) de la RC-9002, valor de f_{ck} es 31,25 MPa. La decisión de emplear este valor está fundamentada en el mismo análisis de la viga anterior.

Como puede apreciarse, el valor de resistencia obtenido en el análisis de las vigas de 65 cm de peralto, se mueven en un rango entre 25,05 MPa y 32 MPa. El valor de f_{ck} promedio es de 27,79 MPa.

Como puede verse, el valor más bajo obtenido es el 89,46% del de proyecto, el más alto está en un 114,28% del de proyecto y el promedio es de un 99,25 % del de proyecto

Elemento	Eje	Zona de estudio	IR	V/U	fc	fck	fc	fc
				(m/s)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
						$R_{b,k,est} = \frac{R_b}{0,8}$	SONREB	SONREB (promedio)
Columnas	D / 1	4*	45	4020	28,5	35,62	25,07	25,46
		4-A	45	4025			25,86	
	E / 4	31	44	4000			24,19	24,58
		32	42	4200			24,97	
	C / 4	33	44	4100			25,06	25,98
		34	46	4100			26,9	
	B / 1	35	47	4050			26,72	25,89
		36	44	4010			25,06	
	A / 4	37	43	4120			25,34	24,74
		38	42	4080			24,15	
Valores promedio		10 zonas	44,2	4070			25,22	25,33

Tabla 9
Análisis de las columnas.

2.3.2 Análisis de la estimación de la resistencia:

Para las columnas, se obtuvieron dos valores de rotura de testigos, como se puede observar en la tabla. Al aplicarla ecuación (b) de la RC-9002, valor de fck es 35,62 MPa. Se decidió tomar este valor para calibrar la ecuación de Di Leo Pascale (), porque solo se tienen dos valores de rotura de testigos y es preferible trabajar con rangos de seguridad.

Como puede apreciarse, el valor de resistencia obtenido en el análisis de las columnas, se mueven en un rango entre 24,15 MPa y 26,72 MPa. El valor de fck promedio es de 25,33 MPa

Como puede verse, el valor más bajo obtenido es el 86,25 % del de proyecto, el más alto está en un 95,42% del de proyecto y el promedio es de un 90,46 % del de proyecto.

3. Conclusiones

Como se ha mostrado en este trabajo, las condiciones y exigencias de las solicitudes de estudio de estructuras para estimar su resistencia a compresión son muy variadas y singulares.

Puede apreciarse que la estimación de la resistencia a compresión del hormigón puede realizarse empleando de forma combinada métodos de ensayos destructivos y no destructivos, lográndose veracidad y operatividad en la estimación de resultados que pueden ser útiles para los proyectistas cuando se necesita revisar estructuras antiguas en las que se van a realizar cambios de uso o revisión a partir de dudas sobre los estados actuales.

Aunque no está regulado en las normas y regulaciones de la construcción de Cuba, la práctica y experiencia alcanzada por el grupo de Patología de la ENIA Habana, permite validar la efectividad del método y considerar incorporarlo en un futuro cercano a los documentos rectores.

Bibliografía

Ana Rafael G. Nuevas Tecnologías para Ensayos No Destructivos del Hormigón. ENIA.1998.

CENTROTEST. DEPKA PARTNER. Método SonReb (2012). Disponible en Web: <http://w.w.w.centrotest.com>

Corvo F. et al. "Segunda variante de Mapa Regional Agresividad Corrosiva de la atmósfera de Cuba". Proceedings.

Primer Taller Internacional de Corrosión, CONACYT-CINVESTAV, Mérida, Yucatán. México, 23-28 marzo, 1992.

Massimo Federico Bonfigli, Marco Breccolotti, A. Luigi Materazzi. Improved Son Reb Method for assessment of carbonated concrete. Conference paper. Mayo2015. Disponible en Web: <http://w.w.w.researchgate.net/publication/282132825>

M.T. Cristofaro, A. D' Ambrisi, M. De Estefano & M. Tangarelli. Mechanical Characterization of concrete from existing buildings with Son Ren Method. 2012. Disponible en Web: <http://w.w.w.iitk.ac.in/nicee/article/WCEE2012>.

NC-120: 2014 Hormigón Hidráulico. Especificación. 2014

NC 724:2015 Ensayos del hormigón - Resistencia del hormigón en estado endurecido (ISO 1920-4: 2005, Mod).

NC 250:2005 Requisitos de Durabilidad para el Diseño y Construcción de Edificaciones y Obras Civiles de Hormigón Estructural. 2005.

NC 318:2015 Ensayos al Hormigón - Muestreo, preparación y ensayo de testigos de hormigón (ISO 1920-6: 2004, Mod).

Troconis del Rincón, O; Romero De Carruyo, A; Andrade, Ma. Carmen; HELENE, PAULO. R. et al. "Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado. Red DURAR". CYTED.1997.

Reglamento Técnico de la Construcción. Control de la Calidad del Hormigón. No. 1:2003.

Referencias

Ana Rafael G. Nuevas Tecnologías para Ensayos No Destructivos del Hormigón. ENIA.1998.

CENTROTEST. DEPKA PARTNER. Método SonReb (2012). Disponible en Web: <http://w.w.w.centrotest.com>

Corvo F. et al. "Segunda variante de Mapa Regional Agresividad Corrosiva de la atmósfera de Cuba". Proceedings.

Primer Taller Internacional de Corrosión, CONACYT-CINVESTAV, Mérida, Yucatán. México, 23-28 marzo, 1992.

Massimo Federico Bonfigli, Marco Breccolotti, A. Luigi Materazzi. Improved Son Reb Method for assessment of carbonated concrete. Conference paper. Mayo2015. Disponible en Web: <http://w.w.w.researchgate.net/publication/282132825>

M.T. Cristofaro, A. D' Ambrisi, M. De Estefano & M. Tangarelli. Mechanical Characterization of concrete from existing buildings with Son Ren Method. 2012. Disponible en Web: <http://w.w.w.iitk.ac.in/nicee/article/WCEE2012>.

NC-120: 2014 Hormigón Hidráulico. Especificación. 2014

NC 724:2015 Ensayos del hormigón - Resistencia del hormigón en estado endurecido (ISO 1920-4: 2005, Mod).

NC 250:2005 Requisitos de Durabilidad para el Diseño y Construcción de Edificaciones y Obras Civiles de Hormigón Estructural. 2005.

NC 318:2015 Ensayos al Hormigón - Muestreo, preparación y ensayo de testigos de hormigón (ISO 1920-6: 2004, Mod).

Troconis del Rincón, O; Romero De Carruyo, A; Andrade, Ma. Carmen; HELENE, PAULO. R. et al. "Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado. Red DURAR". CYTED.1997.

Reglamento Técnico de la Construcción. Control de la Calidad del Hormigón. No. 1:2003.

Notas

3. Conclusiones Como se ha mostrado en este trabajo, las condiciones y exigencias de las solicitudes de estudio de estructuras para estimar su resistencia a compresión son muy variadas y singulares. Puede apreciarse que la estimación de la resistencia a compresión del hormigón puede realizarse empleando de forma combinada métodos de ensayos destructivos y no destructivos, lográndose veracidad y operatividad en la estimación de resultados que pueden ser útiles para los proyectistas cuando se necesita revisar estructuras antiguas en las que se van a realizar cambios de uso o revisión a partir de dudas sobre los estados actuales. Aunque no está regulado en las normas y regulaciones de la construcción de Cuba, la práctica y experiencia alcanzada por el grupo de Patología de la ENIA Habana, permite validar la efectividad del método y considerar incorporarlo en un futuro cercano a los documentos rectores.