

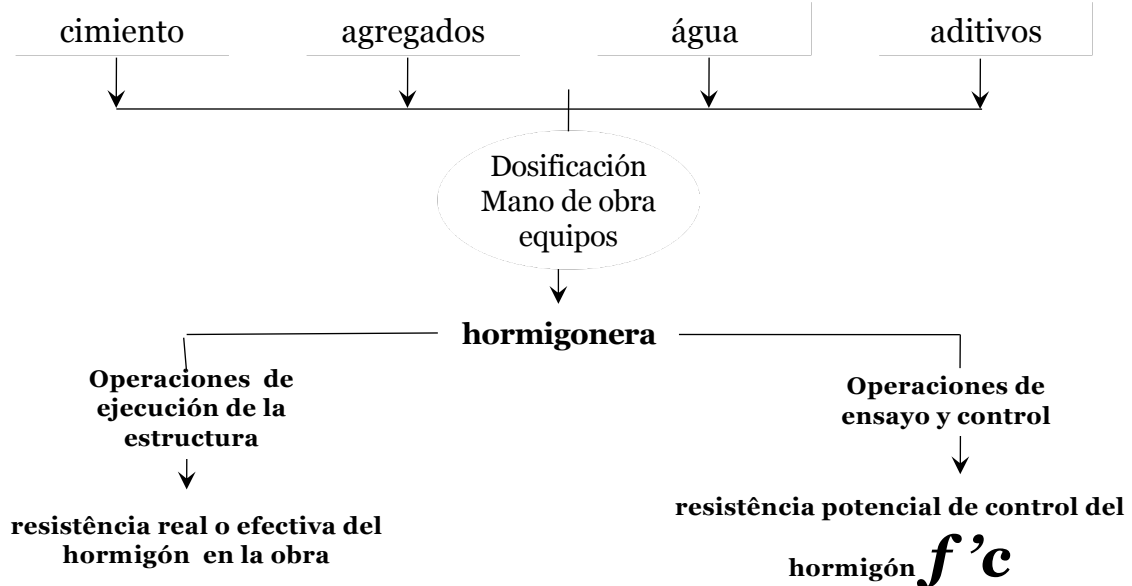


Análisis de la resistencia del hormigón de estructuras existentes.

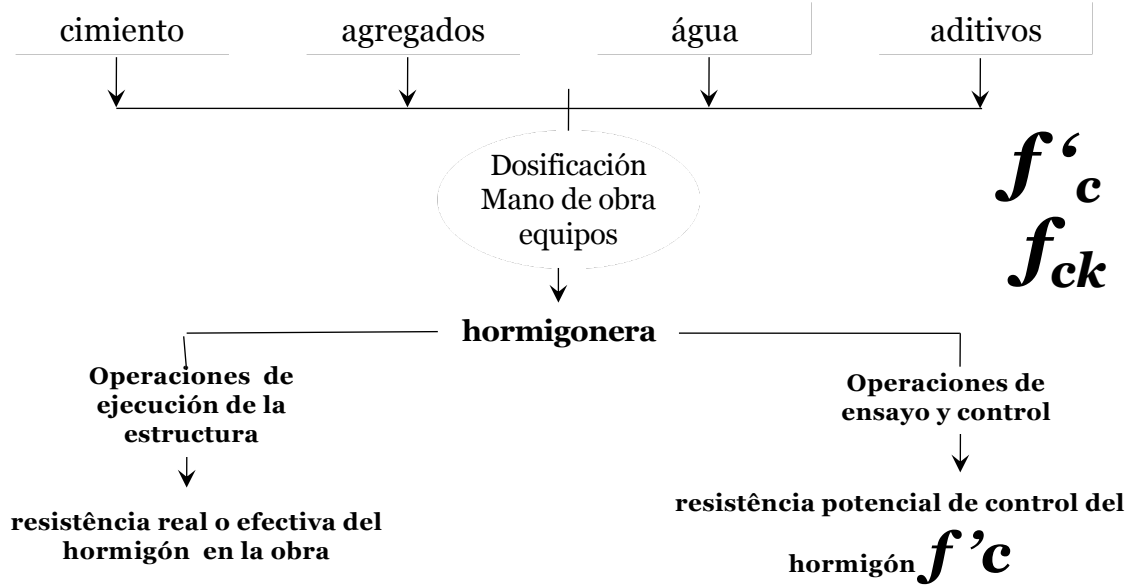


Douglas Couto
Ingeniero Civil PhD Engenharia
Researcher at University of Campinas
(UNICAMP)

resistencia del hormigón

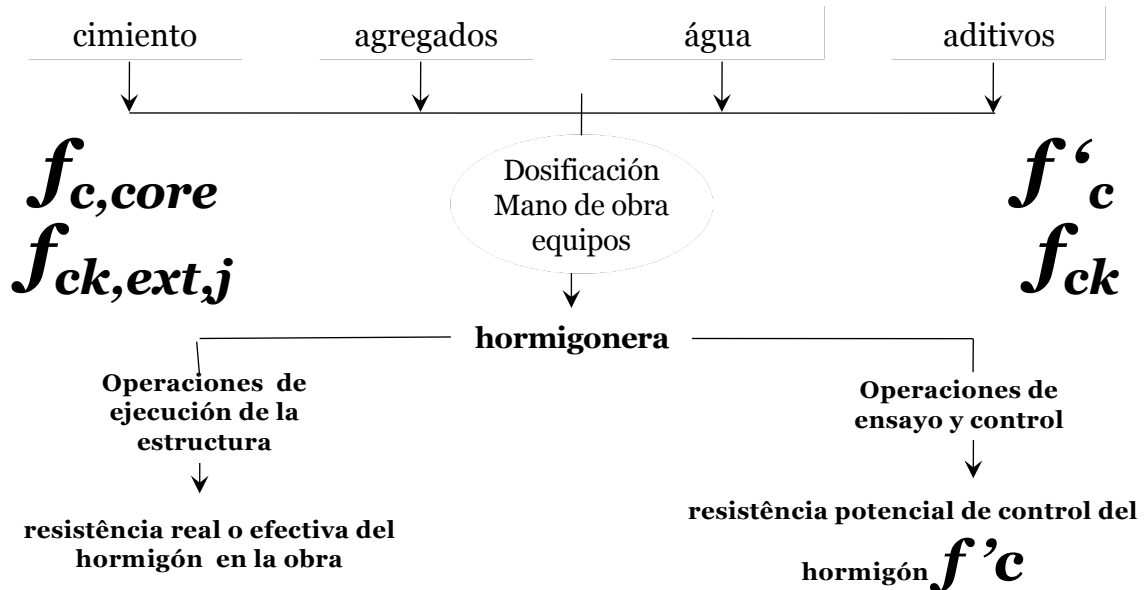


resistencia del hormigón



3

resistencia del hormigón



4

Preliminares

Conceptos:

¿de lo que estamos hablando?

5

Preliminares

resultados de control que pueden generar dudas, es decir, resultados de $f_{ck,est}$ entre $0,60 * f_{ck}$ a $0,95 * f_{ck}$ y, principalmente cuando hay divergencia entre Concretera y Laboratorio

6

Preliminares

Estructuras existentes que no tiene documentación del control de la resistencia del hormigón y necesita hacer un *retrofit*.

7

Problemas típicos del control que pueden afectar los resultados de ensayo de resistencia

8

ordem	nota fiscal	consistência do concreto fresco	Resistência à Compressão		crescimento de 7 para 28 dias
			7 dias 7-Apr-09	28 dias 28-Apr-09	
1	206099	686	48.9	50.2	1.027
2	206100	736	53.6	54.8	1.022
3	206101	746	57.1	57.8	1.012
4	206102	753	51.0	51.4	1.008
5	206103	743	44.0	53.6	1.218
6	206105	726	56.2	57.7	1.027
7	206106	730	50.4	52.0	1.032
8	206109	750	56.5	57.0	1.009
9	206110	720	53.8	54.7	1.017
média em MPa			52.4	54.4	1.041
desvio padrão em MPa			4.0	2.6	0.063
coeficiente variação em %			7.7	4.8	6.056

9



10



11



12



13



14



15

Preliminares

Conceptos:

¿Cuál es el objetivo de una investigación con extracción de testigos?

16

Preliminares

encontrar un f_{ck} que viabilice revisar la seguridad, es decir, verificar la seguridad conforme a las convenciones universales del proyecto estructural.

f_{ck} ? f_{cd} ? σ_{cd} ? A los 28 días \rightarrow desde $f_{c,ext,j}$?

17

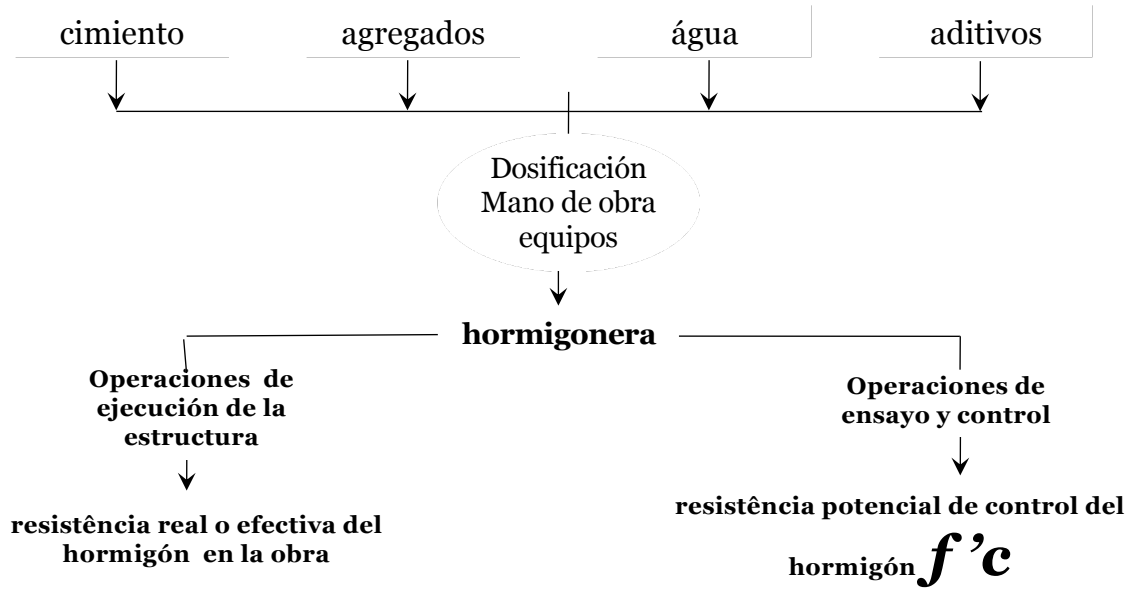
Preliminares

encontrar el f_{ck} estándar convenido, normalizado, muy bien definido.

La NBR 7680, hoy, proporciona sólo el $f_{c,ext,j}$ y, por lo que todavía no sirve para calcular, revisar, verificar la seguridad

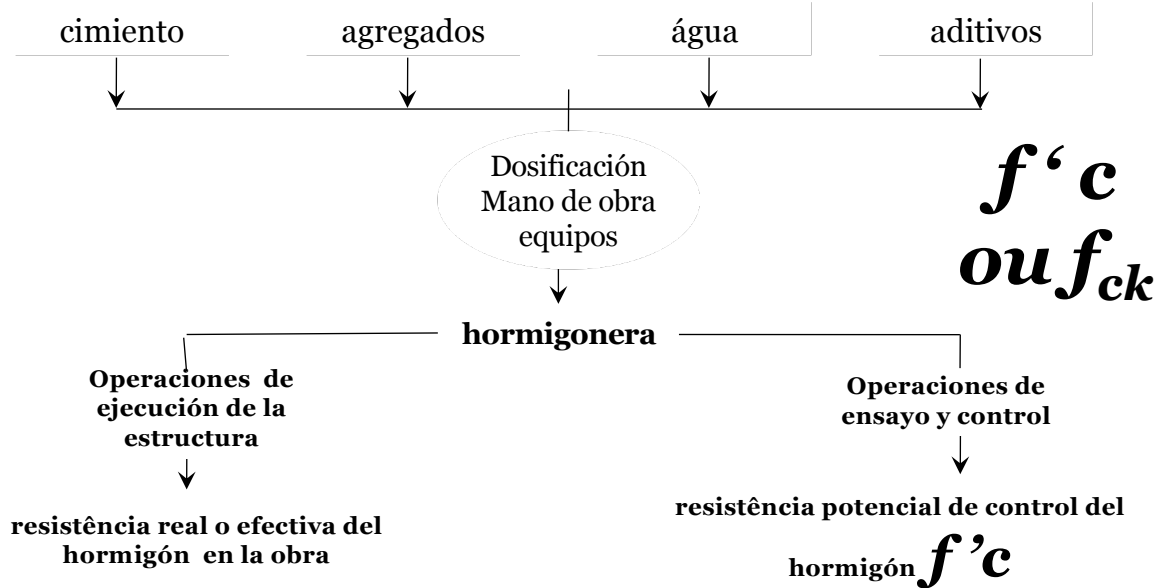
18

resistencia del hormigón



19

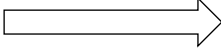
resistencia del hormigón



20

resistencia del hormigón

INGENIERO ESTRUCTURAL

f_{ck}
28d  referencial

$$f_{cd} = f_{ck} / 1,4$$

21

resistencia del hormigón

TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN

NBR 12655; NBR 5738 E NBR 5739 (BRASIL)

ACI 214 (USA)

- ✓ ***geometria: $h/d = 2 \rightarrow 10 \times 20$ ou 15×30***
- ✓ ***adensamiento ideal***
- ✓ ***curación sumergido; $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$***
- ✓ ***Preparación de los topes; retificación (ideal)***
- ✓ ***Dirección de aplicación de carga //***
- ✓ ***velocidad de carga (ideal)***
- ✓ ***ruptura saturada***

22

resistencia del hormigón

TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN

NBR 12655; NBR 5738 E NBR 5739 (BRASIL)

ACI 214 (USA)

*puede
mejorar?*

- ✓ ***geometria: $h/d = 2 \rightarrow 10 \times 20$ ou 15×30***
- ✓ ***adensamiento ideal***
- ✓ ***curación sumergido; $(23 \pm 2)^{\circ}C$***
- ✓ ***Preparación de los topes; retificación (ideal)***
- ✓ ***Dirección de aplicación de carga //***
- ✓ ***velocidad de carga (ideal)***
- ✓ ***ruptura saturada***

23

***¿cuantas resistencias tiene el hormigón
dentro de una hormigonera?***

f_{c1} f_{c2} f_{c3} f_{c4} f_{c5}

muestra = mayor (f_{ck})

$f_{ck} = 45 \text{MPa}$

“potencial del hormigón”

24

Con ese hormigón se construyeron 10 pilares. ¿Cuál es la resistencia del hormigón en esos pilares para la verificación de la seguridad?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

25

Con ese hormigón se construyeron 10 pilares. ¿Cuál es la resistencia del hormigón en esos pilares para la verificación de la seguridad?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**f_{ck}
45MPa**

26

“coqueras”

¿Cuál es la resistencia del hormigón en esos pilares para la verificación de la seguridad?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

27



28



29

“coqueras”
¿Cuál es la resistencia del hormigón en esos pilares para la verificación de la seguridad?

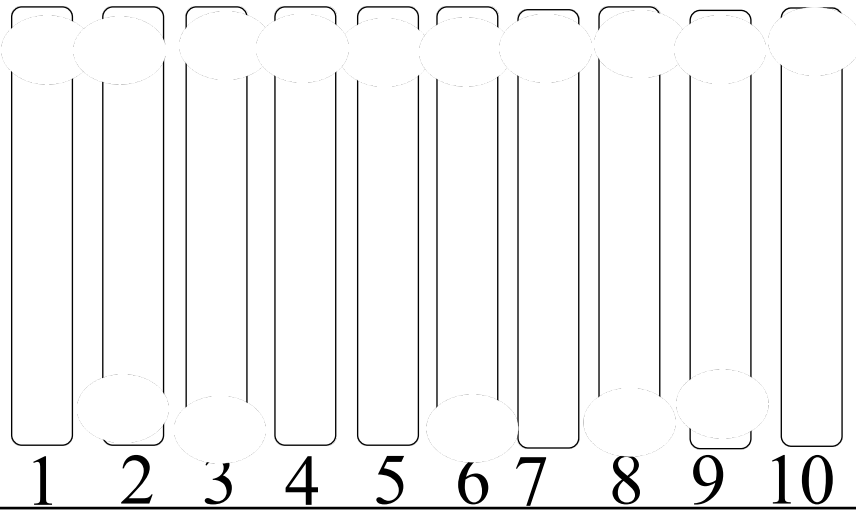
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

f_{ck}
45MPa

30

“exudación”

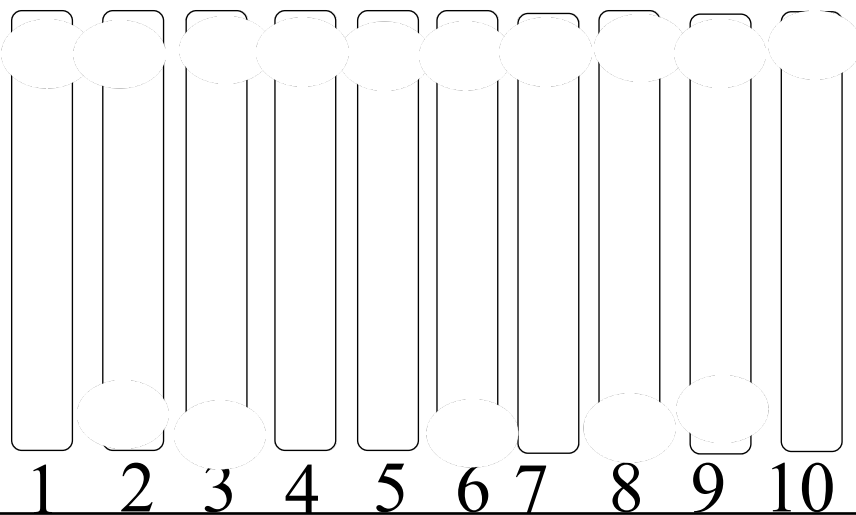
¿Cuál es la resistencia del hormigón en esos pilares para la verificación de la seguridad?



31

“exudación”

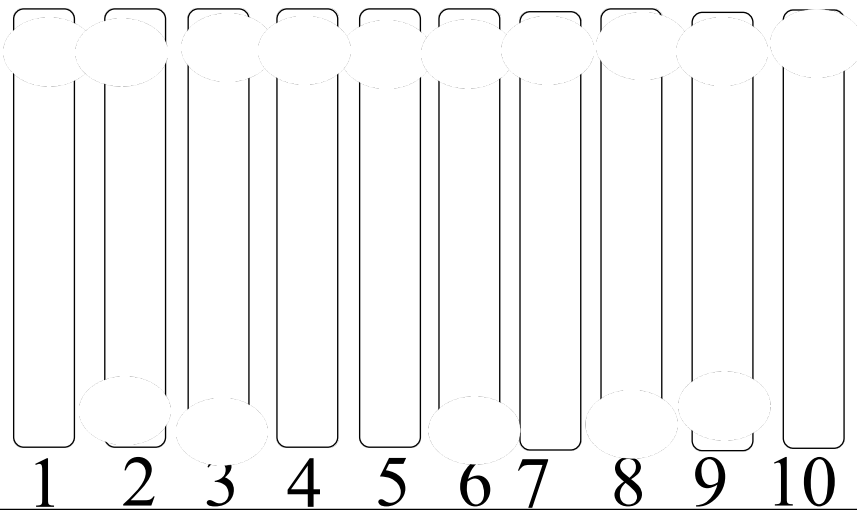
¿Cuál es la resistencia del hormigón en esos pilares para la verificación de la seguridad?



**f_{ck}
45MPa**

32

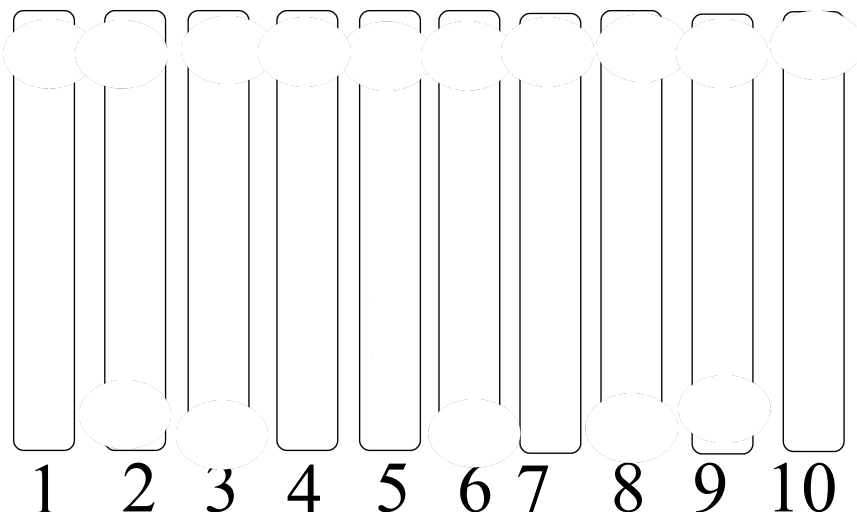
¿Cuál es la resistencia del concreto en los pilares que están más cerca de la resistencia de control (probetas) $f_{ck,est}$?



**f_{ck}
45MPa**

33

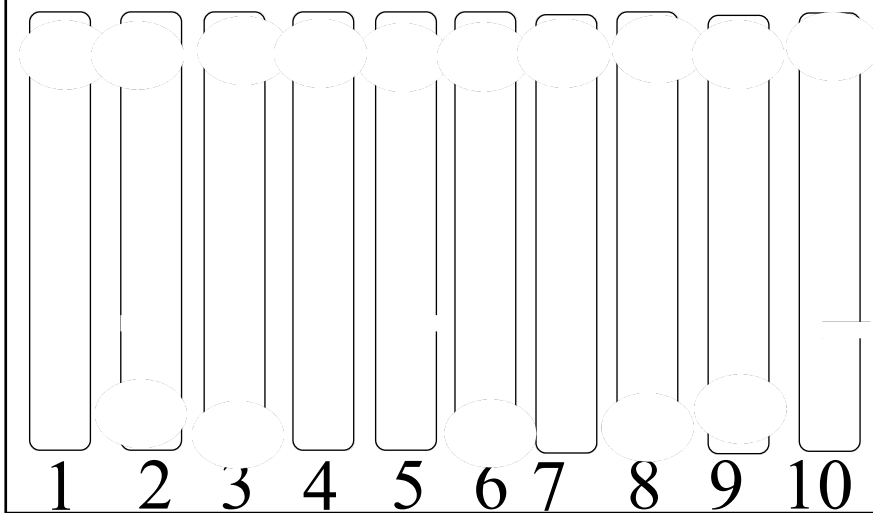
¿Cuál es la resistencia del concreto en los pilares que están más cerca de la resistencia de control (probetas) $f_{ck,est}$?



**tercio
inferior**

34

¿Cuál es la resistencia obtenida de un pilar $f_{ck,ext}$?



tercio inferior

$f_{ck,ext,1}$

$f_{ck,ext,2}$

$f_{ck,ext,3}$

35

Normativa Internacional

- 1. *fib(CEB-FIP) Model Code 2010 for Concrete Structures.***
- 2. *fib(CEB-FIP) Bulletin 22 Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures. State-of-art Report. 304p. 2003.***
- 3. *fib(CEB-FIP) bulletin n.2. v.2. July 1999. Structural Concrete. updating CEB/FIP Model Code 90)***
- 4. *fib(CEB-FIP) bulletin n.54. v.4. October 2010. Manual, Textbook on Behavior, Design and Performance. Structural Concrete***
- 5. *ISO 13822:2010. Bases for Design Structures. Assessment of Existing Structures. International Organization for Standardization. 2010. 44 p.***

36

Normativa Internacional

6. *EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.*
7. *ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.*
8. *ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.*
9. *ACI 562-13 Code Requirements for Evaluation, Repair and Rehabilitation of Concrete Buildings. 2013. 59p.*
10. *ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2014. 470p.*

37

Normativa Internacional

6. *EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.*
7. *ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.*
8. *ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.*
9. *ACI 562-13 Code Requirements for Evaluation, Repair and Rehabilitation of Concrete Buildings. 2013. 59p.*
10. *ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2014. 470p.*

38

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

Posibilidad de reducción del factores γ_c y γ_s si han evaluado las incertidumbres de la estructura y del calculo.

Ex:

Pilar en diseño con 20 x 50 cm y ejecutado con 22 x 51 cm; o calculado 22,5 varillas de 20mm y detallado con 24 varillas de 20mm

39

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

2.4.2.4 Partial factors for materials

1. Partial factors for materials for ultimate limit states, γ_c and γ_s should be used.

Note: The recommended values for design situations are given in Table 2.1N.

these are not valid for fire design for which reference should be made to EN 1992-1-2.

Table 2.1N: Partial factors for materials for ultimate limit states

design situations	γ_c for concrete	γ_s for reinforcing steel
persistent & transient	1,5	1,15
accidental	1,2	1

40

**EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures.
General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial
Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete
Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.**

2. The values for partial factors for materials for serviceability limit state verification should be taken as those given in the particular clauses of this Eurocode. **Note:** The recommended value for situations not covered by particular clauses of this Eurocode is **1,00**.

3. Lower values of γ_c and γ_s may be used if justified by measures reducing the uncertainty in the calculated resistance. **Note:** Information is given in Informative Annex A.

Annex A → Modification of Partial Factors for Materials

A.2 In situ concrete structures

A.2.1 Reduction based on quality control and reduced deviations

41

**EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures.
General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial
Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete
Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.**

(1) If execution is subjected to a quality control system, which ensures that unfavorable deviations of cross-section dimensions are within the reduced deviations given in Table A.1, the partial safety factor for reinforcement may be reduced to $\gamma_{s,red1} = 1,1$.

(2) Under the condition given in A.2.1 (1), and if the coefficient of variation of the concrete strength is shown not to exceed 10 %, the partial safety factor for concrete may be reduced to $\gamma_{s,red1} = 1,4$.

A.2.2 Reduction based on using reduced or measured geometrical data in design

42

**EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures.
General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial
Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete
Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.**

- (1) If the calculation of design resistance is based on critical geometrical data, including effective depth, which are either: a. reduced by deviations, or, b. measured in the finished structure, the partial safety factors may be reduced to $\gamma_{s,red2} = 1,05$ and $\gamma_{c,red2} = 1,45$.
- (2) Under the conditions given in A.2.2 (1) and provided that the coefficient of variation of the concrete strength is shown not to exceed 10%, the partial factor for concrete may be reduced to $\gamma_{c,red3} = 1,35$.

A.2.3 Reduction based on assessment of concrete strength in finished structure

43

**EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures.
General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial
Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete
Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.**

- (1) For concrete strength values based on testing in a finished structure or element, see EN 137911, EN 206-1 and relevant product standards, γ_c may be reduced by the conversion factor $\eta = 0,85$, ou seja, **auementar de 18% (1/0,85)**

Resumindo:

✓ *estrutura bem executada → revisar a segurança adotando:*

$\gamma_s = 1.05$ (ao invés de 1.15)

$\gamma_c = 1.35$ (ao invés de 1.50)

✓ *a partir de testemunhos extraídos revisar adotando:*

$f_{c,j} = 1.18 \cdot f_{c,ext,j}$

44

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

Extracción de testigos:

3 a 14 testigos:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k$$

$$f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4$$

45

EUROCODE II. EN 1992. Dec. 2004. Design of Concrete Structures. General Rules for Buildings. Annex A → Modification of Partial Factors for Materials based on → EN 13791 Assessment of Concrete Compressive Strength in Structures or in Structural Elements.

Extracción de testigos:

15 o más testigos:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48 \cdot s$$

$$f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4$$

46

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2014. 521p.

Chapter 26. Strength Evaluation of Existing Structures

Item 26.12.4 Investigation of low-strength test results:

(d) concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if (1) and (2) are satisfied:

- (1) The average of three cores is equal to at least 85 percent of f'_c
- (2) No single core is less than 75 percent of f'_c ... (*corresponde a $f'_c = 1,18*f_{core,av}$ o $f'_c = 1,33*f_{core,min}$*)

26.12.4.1 (d) comments → An average core strength of 85 percent of the specified strength is realistic. It is not realistic, however, to expect the average core strength to be equal to f'_c , because of differences in the size of specimens, conditions of obtaining specimens, degree of consolidation, and curing conditions.

...If criteria for evaluating structural adequacy based on core strength results are not met, ..., shall be permitted to order a strength evaluation in accordance with Chapter 27...

47

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2014. 521p.

Chapter 26. Strength Evaluation of Existing Structures

Item 26.12.4 Investigation of low-strength test results:

(d) concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if (1) and (2) are satisfied:

- (1) The average of three cores is equal to at least 85 percent of f'_c
- (2) No single core is less than 75 percent of f'_c ... (*corresponde a $f'_c = 1,18*f_{core,av}$ o $f'_c = 1,33*f_{core,min}$*)

26.12.4.1 (d) comments → An average core strength of 85 percent of the specified strength is realistic. It is not realistic, however, to expect the average core strength to be equal to f'_c , because of differences in the size of specimens, conditions of obtaining specimens, degree of consolidation, and curing conditions.

...If criteria for evaluating structural adequacy based on core strength results are not met, ..., shall be permitted to order a strength evaluation in accordance with Chapter 27...

48

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2014. 521p.

Chapter 27. Strength Evaluation of Existing Structures

27.3.1.3 If required, an estimated equivalent f'_c shall be based on analysis of results of cylinder tests from the original construction or tests of cores removed from the part of the structure... The method for obtaining and testing cores shall be in accordance with ASTM C42.

27.3.2.1 ...it is permitted to increase ϕ from the design values elsewhere in this Code; however, ϕ shall not exceed the limits in Table 27.3.2.1

Table 27.3.2.1 Maximum permissible strength reductions factors.

sections	item 21.2.1 and 21.2.2	item 27.3.2.1	aumento
tension controlled sections	0,90	1,00	1,11
compression controlled sections members with spiral reinforcement	0,75	0,90	1,20
other reinforced members	0,65	0,80	1,23
shear and/or torsion	0,75	0,80	1,06
bearing on concrete	0,65	0,80	1,23

49

ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results.

$$f_c = F_{l/d} \cdot F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_d \cdot f_{core}$$

f_c = resistencia corregida del testigo

f_{core} = resistencia del testigo obtenida directamente del ensayo

$F_{l/d}$ = factor de corrección debido a la relación altura / diámetro

F_{dia} = factor de corrección debido a lo diámetro del testigo

F_{mc} = factor de corrección debido a la condición de humedad del testigo

F_d = factor de corrección debido a lo efecto de perforación (drilling effect)

50

*ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and
Interpreting Compressive Strength Results.*

$$f_c = F_{l/d} \cdot F_{dia} \cdot F_{mc} \cdot F_d \cdot f_{core}$$

0,87 a	0,98 a	0,96 a	1,06
1,00	1,06	1,09	

51

*ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and
Interpreting Compressive Strength Results.*

$$f_c = 0,86 \cdot f_{core} \quad a$$
$$1,22 \cdot f_{core}$$

52

ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results.

Tolerance Factor Method (Hindo & Bergstrom, 1988):

$$f'_{c,eq} = \bar{f}_c - \sqrt{(K \cdot s_c)^2 + (Z \cdot s_a)^2}$$

K = factor del nivel de confianza deseado (cuantil 10%)

f_c = promedio de las resistencias corregida de los testigos

S_c = desviación estándar de la muestra

Z = factor de las incertezas de los factores adoptados

S_a = desviación estándar de los factores de corrección

53

ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results.

Alternate Method (Barlett & MacGregor, 1995):

$$\left(\bar{f}_c\right)_{CL} = \bar{f}_c - \sqrt{\frac{(T \cdot s_c)^2}{n} + (Z \cdot s_a)^2} \quad f'_{c,eq} = C \cdot \left(\bar{f}_c\right)_{CL}$$

f_c = promedio de las resistencias corregida de los testigos

T = factor obtenido vía T-student distribution con n-1 grados de libertad

S_c = desviación estándar de la muestra

n = numero de testigos ensayados

Z = corrección de las incertezas de los factores adoptados

S_a = desviación estándar de los factores de corrección

C = factor de la variabilidad intrínseca de las resistencias de la estructura

54

***ACI 562-13 Code Requirements for Evaluation, Repair,
and Rehabilitation of Concrete Building and
Commentary***

***Similar al ACI-214, pero tiene distinción en lo
calculo de la resistencia equivalente de la
estructura***

$$f_{ceq} = 0,9 \cdot \bar{f}_c \cdot \left[1 - 1,28 \cdot \sqrt{\frac{(k_c \cdot V)^2}{n} + 0,0015} \right]$$

55

***ACI 562-13 Code Requirements for Evaluation, Repair,
and Rehabilitation of Concrete Building and
Commentary***

$$f_{ceq} = 0,9 \cdot \bar{f}_c \cdot \left[1 - 1,28 \cdot \sqrt{\frac{(k_c \cdot V)^2}{n} + 0,0015} \right]$$

fc = promedio de las resistencias corregida (ACI 214.4R) de los testigos

kc = factor de modificación del coeficiente de variación

V = factor de la variación de la resistencia efectiva de los testigos

n = numero de muestras ensayadas

56

fib Model Code 2010 for Concrete Structures

Consideraciones sobre la confiabilidad estructural

Tabela 4 – Índices de confiabilidade (β) segundo o fib Model Code 2010 (p. 31 e 32) (10)

Estado limite	Modelo de verificação da segurança	Período de referência	Novas estruturas	Estruturas existentes	Comentário
Serviço (ELS)	Método probabilístico de segurança	50 anos	$\beta = 1,5$	-	Considera o mesmo critério de avaliação da segurança para estruturas novas e existentes
	Método dos coeficientes parciais de segurança	Vida útil residual	-	$\beta = 1,5$	
Último (ELU)	Método probabilístico de segurança	50 anos	$3,1 \leq \beta \leq 4,3$	$3,1 \leq \beta \leq 3,8$	Permite reduzir a confiabilidade para estruturas existentes
	Método dos coeficientes parciais de segurança	50 anos	$\beta = 3,8$	$3,1 \leq \beta \leq 3,8$	

57

ABNT NBR 7680:2015 Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto

Tabela 1 – Mapeamento da estrutura, formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos

Tipo de controle (conforme ABNT NBR 12655)	Mapeado (rastreadibilidade)		Formação de lotes	Quantidade de testemunhos por lote ^a	
	No lançamento	Por ensaios não destrutivos			
Amostragem total	Sim	opcional	Cada lote corresponde ao volume de uma betonada ou de um caminhão-betoneira	Aplicado em um elemento estrutural	2
			Aplicado em mais do que um elemento estrutural	3	
	Não	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos ^b	Até 8 m ³	3 ^c
				Maior que 8 m ³ e menor que 50 m ³	4
Amostragem parcial	Indiferente	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos ^b	Até 8 m ³	4
				Maior que 8 m ³ e menor que 50 m ³	6
Casos excepcionais	Vale o critério de amostragem parcial conforme ABNT NBR 12655 (concreto preparado na obra).				

58

ABNT NBR 7680:2015 Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto

4.2.1.2 Estruturas existentes

Os requisitos relativos ao mapeamento, à formação de lotes e à quantidade de testemunhos a serem extraídos estão estabelecidos na Tabela 1. No caso de estruturas sem histórico do controle tecnológico, estas devem ser divididas em lotes, identificados em função da importância dos elementos estruturais que as compõem e da homogeneidade do concreto, que deve ser avaliada por meio de ensaios não destrutivos, conforme 4.2.1.1.

59

ABNT NBR 7680:2015 Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto

6.2 Cálculos

Cabe ao laboratório responsável pelo ensaio informar os resultados individuais de cada testemunho, corrigidos pelos coeficientes k_1 a k_4 , de acordo com a equação a seguir:

$$f_{ci,ext} = [1 + (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci,ext, inicial}$$

Para verificar a uniformidade dos resultados, calcular a média aritmética com os resultados individuais corrigidos. Caso os resultados tenham divergência em relação à média maior do que $\pm 15\%$, este valor deve ser analisado com mais rigor, pois pode indicar que o testemunho não faz parte do lote examinado. Nesse caso, pode ser recomendável repetir a extração ou estudar uma nova subdivisão de lotes (ver Tabela 1). Este critério também pode ser utilizado para descartar resultados espúrios.

60

ABNT NBR 7680:2015 Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto

$$f_{ci,ext} = [1 + k_1 + k_2 + k_3 + k_4] \cdot f_{ci,ext,inicial}$$

f_{ci,ext} = resistencia corregida del testigo

k1 = factor de corrección debido a la relación altura / diámetro

k2 = factor de corrección debido a lo efecto de perforación (drilling effect)

k3 = factor de corrección debido a la dirección del cargamento del hormigón

k4 = factor de corrección debido a la condición de humedad del testigo

f_{ci,ext,inicial} = resistencia del testigo obtenida directamente del ensayo

61

resumo de las normativas internacionales

dos partes bien distintas:

1. Una primera relativa a ensayo, es decir, pasar de $f_{c,ext}$ a f_c equivalente, para a cual algunas normas recomiendan explícitamente un especialista en tecnología del hormigón. Corresponde à inspección da estructura, pacometría, esclerometria e ultrasonido, muestreo, extracción, plomada, excentricidades, medidas geométricas “*as built*” in situ, transporte de los testigos, preparación de los topes, sazonomiento, ensayo de ruptura y corrección del resultado para obtener $f_c = \lambda * f_{c,ext}$

62

resumo de las normativas internacionales

2. Una segunda relativa a verificación de la seguridad, o cálculo de la seguridad estructural donde se altera el factor de reducción de la resistencia del hormigón, o el factor global de seguridad, o el factor β de confiabilidad, de acuerdo con el método de introducción de la seguridad en lo proyecto de estructuras de hormigón utilizado por el proyectista. En todos los casos es recomendado aceptar factores γ_M de reducción de la resistencia de los materiales o β de confiabilidad, inferiores a los utilizados normalmente no proyecto (verificación) da seguridad en estructuras nuevas.

63

Comparación entre las normativas

8 testigos

n	1	2	3	4	5	6	7	8
$f_{c\text{test}}$	15,4	15,4	17,6	19,1	19,5	19,9	16,6	17,6

64

Comparación entre las normativas

8 testigos

n	1	2	3	4	5	6	7	8
f_{clexf}	15,4	15,4	17,6	19,1	19,5	19,9	16,6	17,6

ACI 214.4R promedio corregido = 20,4 MPa

NBR 7680 promedio corregido = 19,6 MPa

EN 1992 promedio corregido = 14,4 MPa

65

Comparación entre las normativas

ACI 214 (TFM) + ACI 318	19.38 MPa
ACI 214 (AM) + ACI 318	19.40 MPa
ACI 562 + ACI 318	21.0 MPa
EN 13791 + EC2	18.8 MPa
NBR 7680 + NBR 6118	21.5 MPa

Promedio = 20,0 MPa

66



67



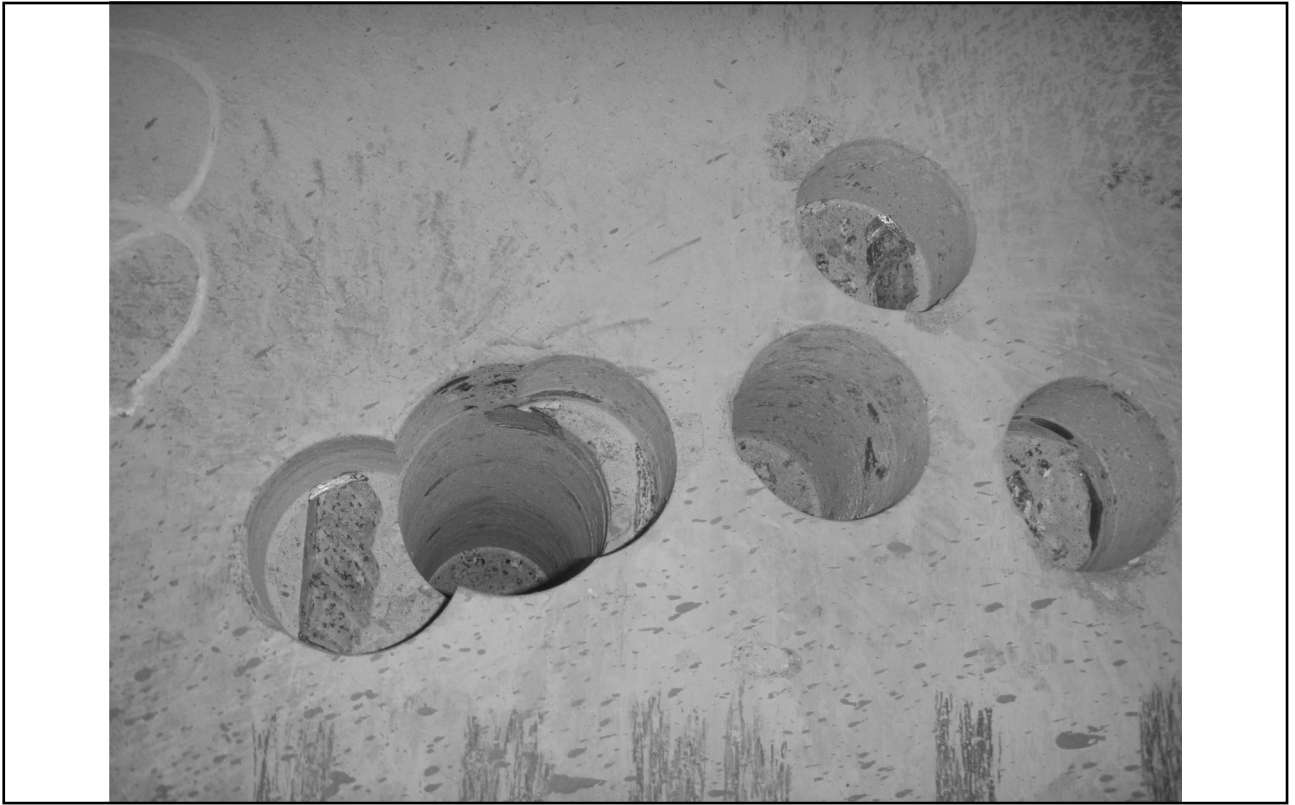
68



69



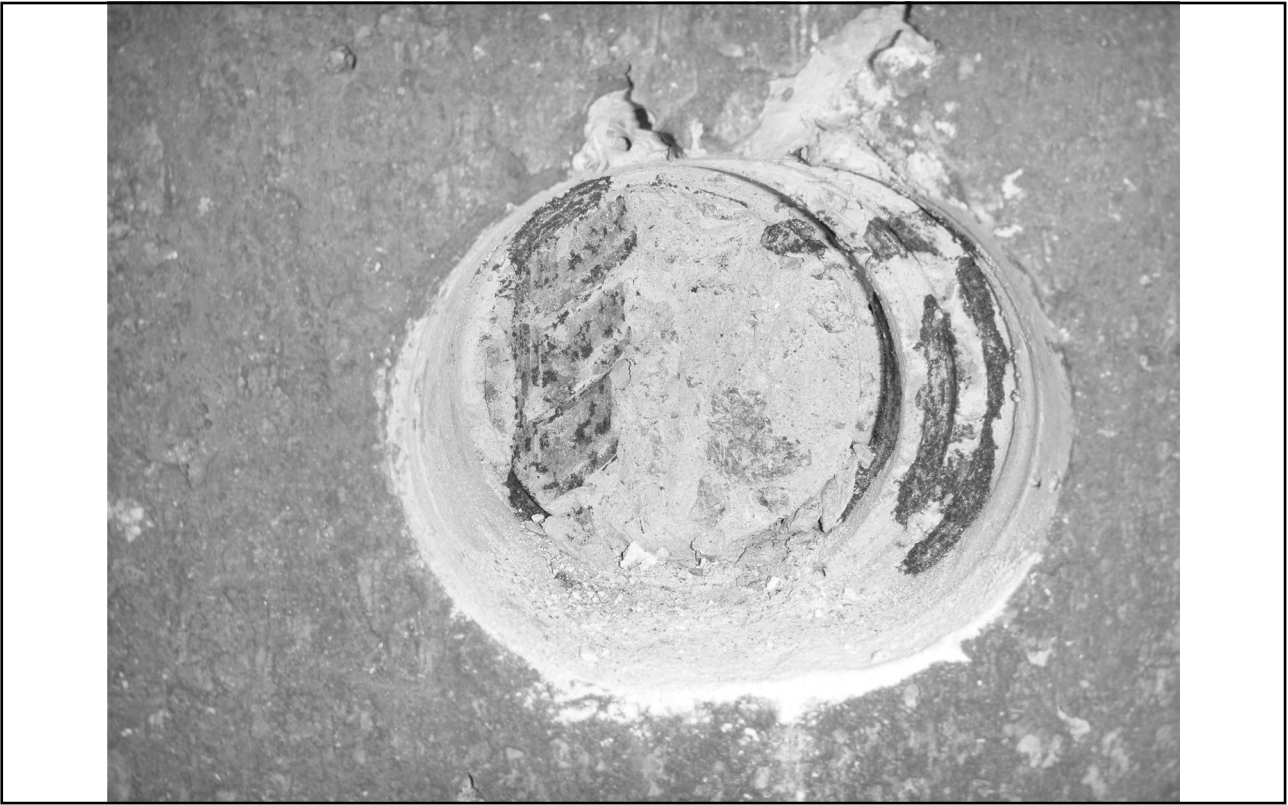
70



71



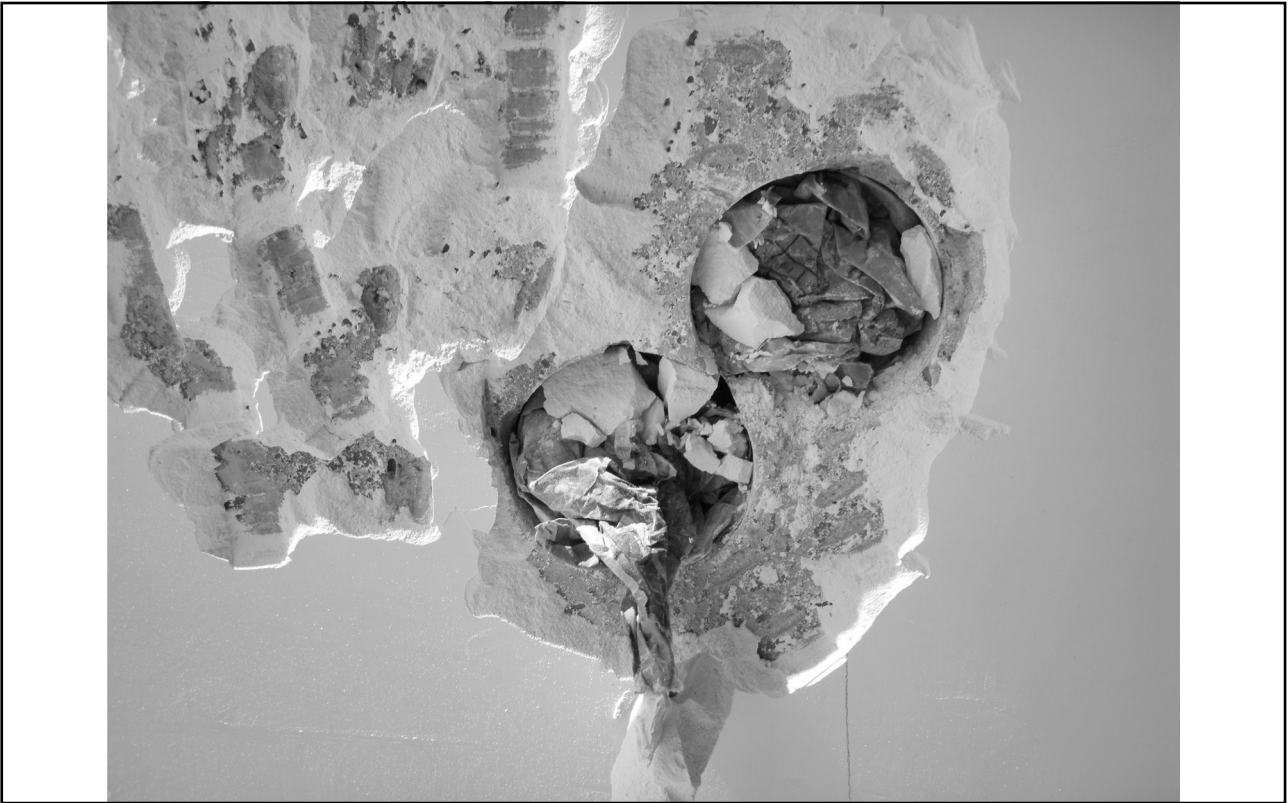
72



73



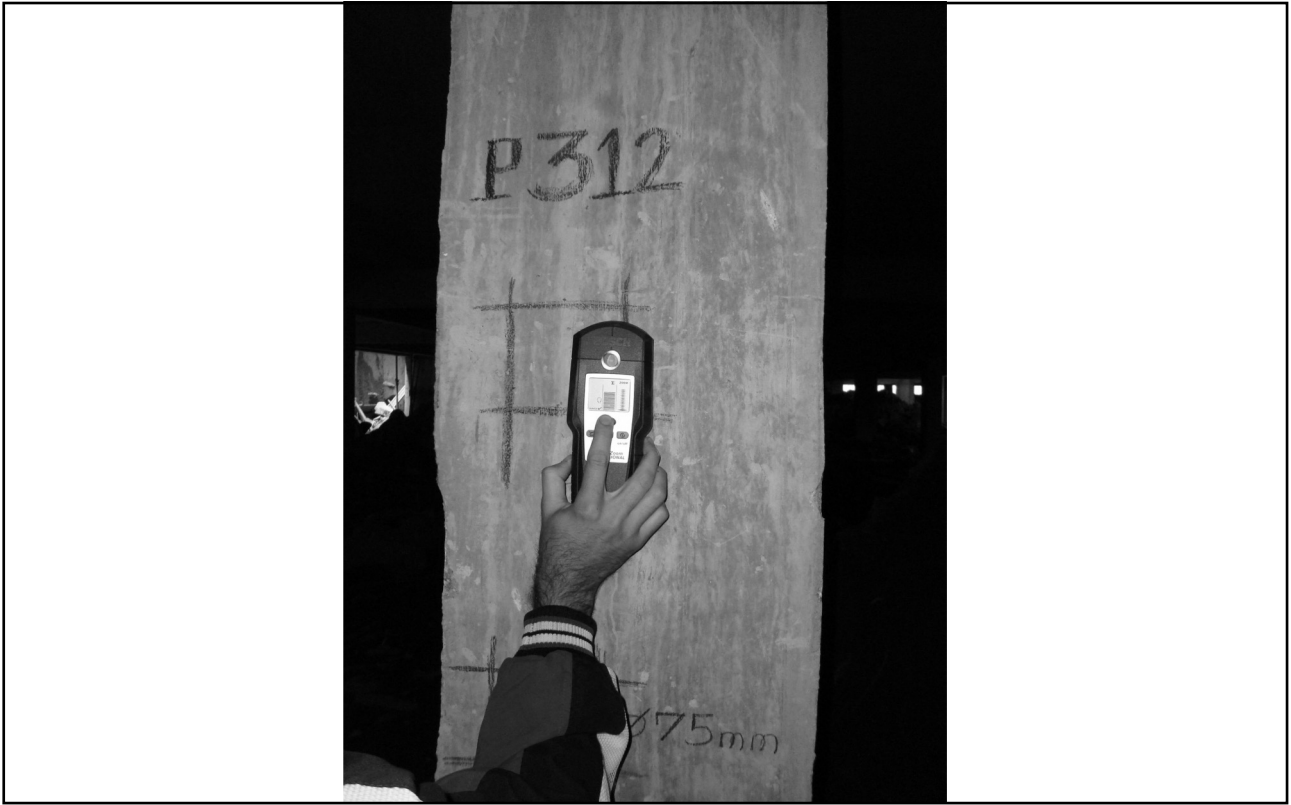
74



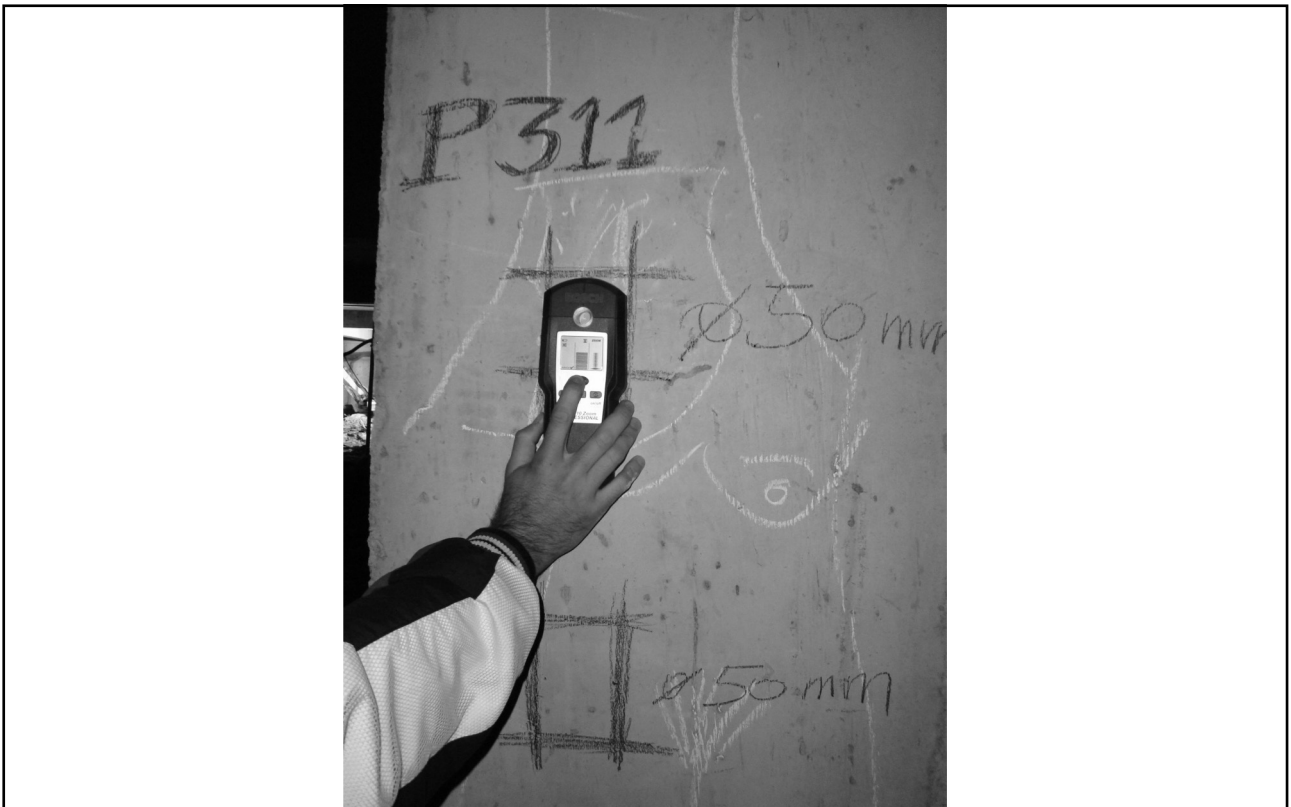
75



76



77



78



79



80



81



82



83



84



85



86



87