



FORO
CALIDAD EN LA
CONSTRUCCIÓN
DE EDIFICACIONES
EN ZONAS COSTERAS



Control del Concreto para Estructuras de Edificaciones

*Diseño, Producción,
Control y No
Conformidades*

Paulo Helene
*Profesor Catedrático USP
Diretor PhD Engenharia*



1

Intervenientes



**proyectista
estructural**



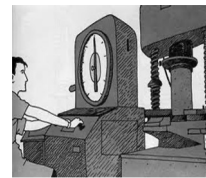
**fornecedor
del material**



**constructora
(ejecución)**



**tecnologista
(consultor)**



**laboratório
(control)**

**responsabilidad
compartida**

2

- **Diseño**
- **Central de concreto**
- **Dosificación**
- **Control de recebimento**
- **Control de aceptación**
- **No conformidades**

3

DISEÑO Proyectista

*NSR-10 Reglamento Colombiano de
Construcción Sismo Resistente
Título A: Requisitos Generales de Diseño y
Construcción Sismo Resistente
Título C: Concreto Estructural*

*NSR-98 Normas Colombianas de Diseño y
Construcción Sismo Resistente
Título C: Concreto Estructural*

4

NSR-10 Título A y C

✓ C.1.2 – Planos y Especificaciones

Los planos, detalles y especificaciones diseñados por profesional facultado debe incluir a resistencia especificada a la compresión del concreto a las edades o etapas de construcción establecidas, para las cuales se diseñó cada parte de la estructura.

✓ C.5.1 – Generalidades

C.5.1.1 Para concreto diseñado y construido de acuerdo con el Reglamento NSR-10, f_c no puede ser inferior a 17MPa.

5

Propiedades especiales del concreto

- *módulo de elasticidad (E_c);*
- *masa específica;*
- *absorción de agua;*
- *contenido de aire (atrapado o incorporado);*
- *resistencia a la abrasión;*
- *dureza de la superficie;*
- *asentamiento;*
- *tiempo de fraguado inicial y final;*
- *otras, relacionadas con la durabilidad y el comportamiento mecánico del material.*

6

NSR-10
Capítulo C.4 – Requisitos de Durabilidad

TABLA C.4.2.1 — CATEGORIAS Y CLASES DE EXPOSICIÓN

Categoría	Severidad	Clase	Condición	
F Congelamiento y deshielo	No es aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo	
	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad	
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad	
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	
S Sulfato			Sulfatos solubles en agua (SO₄) en el suelo, % en peso	Sulfato (SO₄) disuelto en agua, ppm
	No aplicable	S0	SO ₄ < 0.10	SO ₄ < 150
	Moderada	S1	0.10 ≤ SO ₄ < 0.20	150 ≤ SO ₄ < 1500 agua marina
	Severa	S2	0.20 ≤ SO ₄ ≤ 0.30	1500 ≤ SO ₄ ≤ 10000
	Muy severa	S3	SO ₄ > 2.00	SO ₄ > 10000
P Requiere baja permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad	
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad	
C Protección del refuerzo para la corrosión	No aplicable	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad	
	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros	
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	

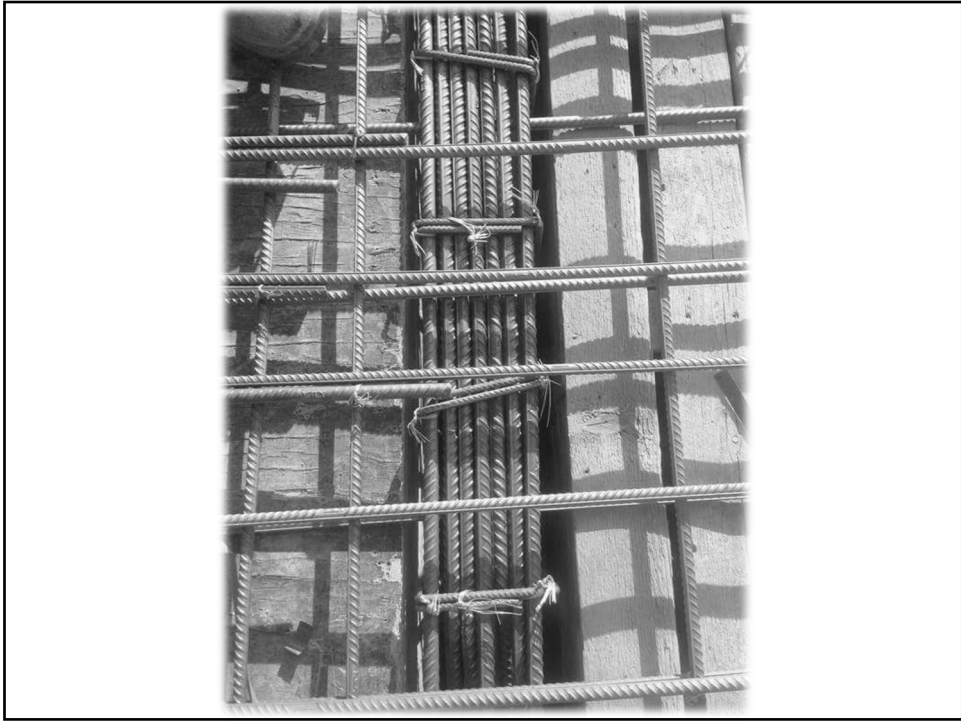
7

NSR-10
Capítulo C.4 – Requisitos de Durabilidad

TABLA C.4.3.1 — REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICIÓN

Clase de Exposición	Rel. a/mc máx.±	f' _c min. MPa	Requisitos mínimos adicionales			
			Contenido de aire			Límites en los cementantes
F0	N/A	17	N/A			N/A
F1	0.45	31	tabla C.4.4.1			N/A
F2	0.45	31	tabla C.4.4.1			N/A
F3	0.45	31	tabla C.4.4.1			tabla C.4.4.2
			Tipos de material cementante*			Aditivo cloruro de calcio
			ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 1157	
S0	N/A	17	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
S1	0.50	28	II ¹²	IP(MS), IS(-70) (MS)	MS	Sin restricción
S2	0.45	31	V ²	IP(HS), IS(-70) (HS)	HS	No se permite
S3	0.45	31	V puzolanas o escoria ³	IP(HS) y puzolanas o escoria ³ o IS(-70) (HS) y puzolanas o escoria ³	HS y puzolanas o escoria ³	No se permite
P0	N/A	17	Ninguna			
P1	0.50	28	Ninguna			
			Contenido máximo de iones de cloruro (Cl ⁻) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento			Requisitos relacionados
			Concreto reforzado	Concreto Preesforzado		
C0	N/A	17	1.00	0.06	Ninguno	
C1	0.50	17	0.30	0.06		
C2	0.40	35	0.15	0.06	7.7.6, 18.16 ³	

8



9



10

Shopping Center

11.06.2013

colapsou 40.000m²

4 lajes protendidas

3 pavimentos

vãos 7,5m x 7,5m

obra em construção

11



12



13



14



15



16

Comunicado

Shopping Rio Poty

O Shopping Rio Poty vem a público esclarecer a causa do incidente verificado na madrugada de 11/07, bem como detalhar seu plano de retomada das obras, tornado possível após reunir técnicos de renome nacional em colaboração com as autoridades públicas. A conclusão irrefutável a que se chegou foi de que o incidente se deveu a um erro de execução específico e pontual. É importante frisar que, por se tratar de erro isolado, fica garantida a continuidade do projeto. Abaixo a descrição do que ocorreu:

1 Antes de iniciada a concretagem de um trecho específico da Laje do 5º pavimento (L5), foi retirado INADVERTIDAMENTE o escoramento da Laje do 4º pavimento (L4), que se encontrava parcialmente tensionada.

Na fase final da concretagem de trecho do L5, a soma das cargas de duas lajes (L4+L5), sob uma única laje (L4) PARCIALMENTE TENSIONADA e NÃO ESCORADA, acarretou no colapso em cadeia da estrutura.



17

Investigación:

¿Cual es el Concreto Estructural más Sustentable?

$$f_c = 25\text{MPa (250kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f_c = 30\text{MPa (300kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f_c = 35 ; 40 ; 45 \text{ y } 50 \text{ MPa}$$

18

Investigación: edificio en Hormigón Reforzado

Conclusión:

Para todas las categorías de impacto la estructura de f_c 45 MPa es ambientalmente la mejor, la que causa los mínimos impactos al medio ambiente

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

19



20

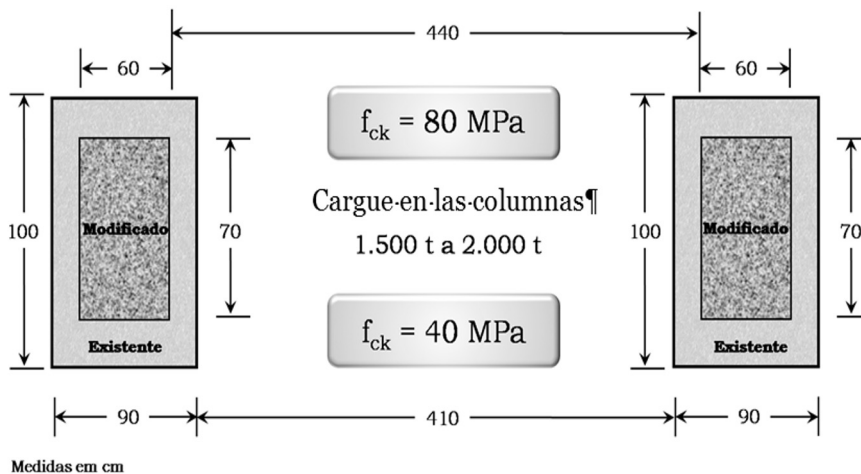
e-Tower

- Edificio e-Tower SP
- 42 pisos
- Helipuerto
- Piscina semi-olímpica
- Academia de gimnasia
- 2 restaurantes
- hormigón coloreado
- f_{ck} columnas = 80MPa



21

Proyecto estructural (e-Tower)



22



23



24



25

Economía de Recursos Naturales

Original:

$$f_c = 40\text{MPa}$$

$$\text{sección transversal} \rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm} \\ = 0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

$$f_c = 80\text{MPa}$$

$$\text{sección transversal} \rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm} \\ = 0,42\text{m}^2$$

26

Sustentabilidad



- **70% menos arena**
- **70% menos grava**
- **53% menos hormigón**
 - **53% menos agua**
- **20% menos cemento**
- **31% menos area de molde**

27

Sustentabilidad



- **25% mas de reaprovechamiento del molde**
 - **43% menos acero**
 - **16 coches a mas**
- **10x vida útil más grande**
- **100% desforma más rápida**

28

Concepto de rendimiento:

Considerando apenas el contenido de cemento:

hormigón de 120MPa → 4 kg/MPa
→ 1,2kg Clinker / MPa

hormigón de 40MPa → 8 kg/MPa
→ 2,4kg Clinker / MPa

hormigón de 20MPa → 12 kg/MPa
→ 3,6kg Clinker / MPa

29

- **Diseño**
- **Central de concreto**
- **Dosificación**
- **Control de recebimento**
- **Control de aceptación**
- **No conformidades**

30

Plantas dosificadoras

NTC 3318
“Producción de concreto”

31



32



33



34

humedad de la arena

$$f'_c = 20MPa$$

Cemento = 280 kg/m³

Arena = 845 kg/m³

Grava = 1036 kg/m³

Agua = 210 L/m³

$\mu = 3\% \text{ e } 5\%$

$$\mu = 3\%$$

$$845 \times 0,03 = 25,35L$$

$$\frac{25,35}{210} \times 100 = 12\%$$

$$\mu = 5\%$$

$$845 \times 0,05 = 42,25L$$

$$\frac{42,25}{210} \times 100 = 20\%$$

$$f'_c = 50MPa$$

Cemento = 480 kg/m³

Arena = 801 kg/m³

Grava = 1010 kg/m³

Agua = 160 L/m³

$\mu = 3\% \text{ e } 5\%$

$$\mu = 3\%$$

$$801 \times 0,03 = 24,03L$$

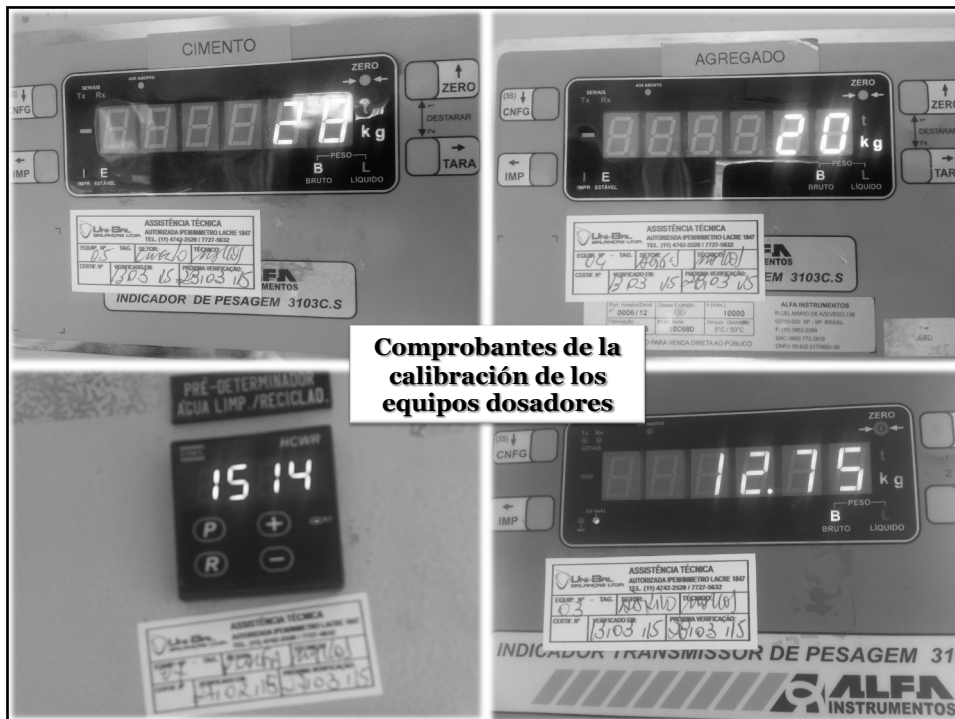
$$\frac{24,03}{160} \times 100 = 15\%$$

$$\mu = 5\%$$

$$801 \times 0,05 = 40,05L$$

$$\frac{40,05}{160} \times 100 = 25\%$$

35



36

**Calibración Equipo de
Dosificación (pesos)**

UNI-BAL ASSISTÊNCIA TÉCNICA			
BALANÇAS LTDA. TEL. (11) 4742-2520 / 7727-5632			
EQUIP. N°	TAG.	SETOR:	TÉCNICO:
7654		Handbook	MAR/10
VERIFICADO EM:		PRÓXIMA VERIFICAÇÃO:	
03/01/12		03/07/12	

Visita en Abril/2015!

37

Limpieza del balón



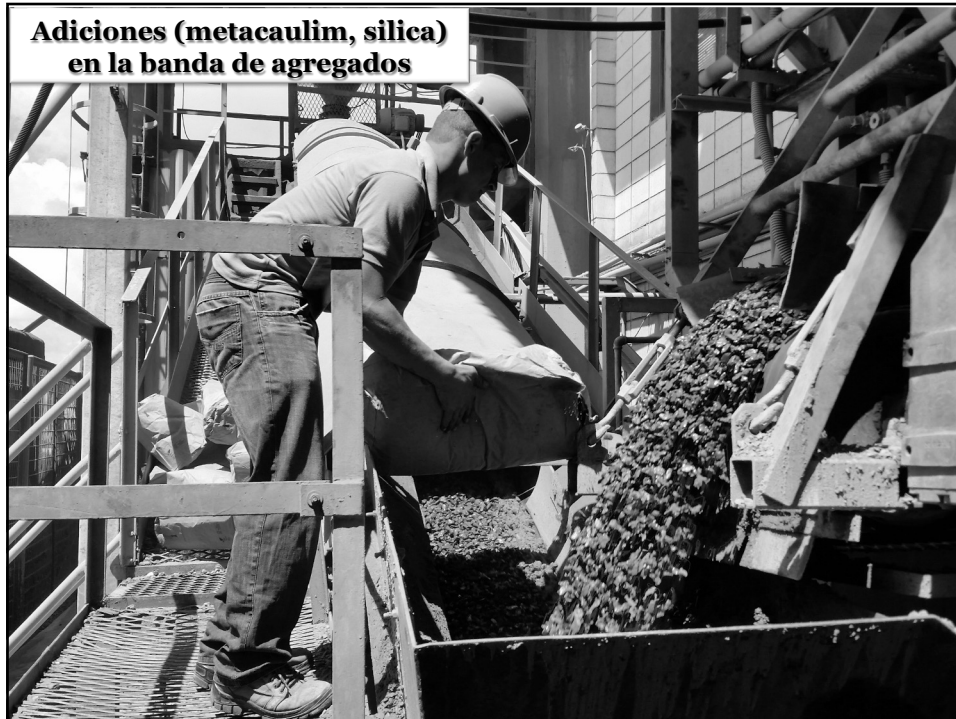
38



39



40



41



42



43

- **Diseño**
- **Central de concreto**
- **Dosificación**
- **Control de recebimento**
- **Control de aceptación**
- **Laboratórios de control**
- **No conformidades**

44

DOSIFICACIÓN

NTC 3318
“Producción de concreto”

45

Diseño de la mezcla

Alternativa a – diseño de mezcla realizado por el Productor

Alternativa b – diseño de mezcla suministrado por el Cliente / comprador

Alternativa c – diseño de mezcla realizado por el Productor con el contenido mínimo de cemento especificado por el Cliente / comprador

46

Diseño de la mezcla

Alternativa c – diseño de mezcla realizado por el Productor con el contenido mínimo de cemento especificado por el Cliente / comprador

**...me engañas...
que me gusta....!**

47

Concepto

Proyectista f'_c

Constructor $f'_{c,est}$

referencial de seguridad
 f'_c

48

Estudio de dosificación experimental del concreto



HELENE, Paulo & TERZIAN, Paulo. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. São Paulo, PINI/ SENAI, 1993. 189p. Método IBRACON



49

Resistencia promedio requerida—NSR-10

TABLA C.5.3.2.1 — RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c \leq 35$	Usar el mayor valor obtenido de las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-2) $f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$ (C.5-1) $f'_{cr} = f'_c + 2.33s_s - 3.5$ (C.5-2)
$f'_c > 35$	Usar el mayor valor obtenido con las ecuaciones (C.5-1) y (C.5-3) $f'_{cr} = f'_c + 1.34s_s$ (C.5-1) $f'_{cr} = 0.90f'_c + 2.33s_s$ (C.5-3)

50

Resistencia promedio requerida— NSR-10

TABLA C.5.3.2.2 — RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$

51

Ajuste y comprobación de la mezcla

✓ Antes del inicio del hormigonado

evento
prototipo



52

- **Diseño**
- **Central de concreto**
- **Dosificación**
- **Control de recebimento**
- **Control de aceptación**
- **Laboratórios de control**
- **No conformidades**

53

CONTROL DE RECIBIMIENTO

NTC 3318
“Producción de concreto”

54



Cono de Abrams
Slump-test o Asentamiento

55



56



57



58



59



60



61



62

- **Diseño**
- **Central de concreto**
- **Dosificación**
- **Control de recibimiento**
- **Control de aceptación**
- **Laboratorios de control**
- **No conformidades**

63

Control de Aceptación

Colombia: NTC 3318

***(Norma Técnica Colombiana - Producción de
Concreto)***

**NSR-10 *(Reglamento Colombiano de
Construcción Sismo Resistente)***

USA: ACI 318-14

64

NSR-10

C.5.6.2 – Frecuencia de los ensayos

Las muestras para los ensayos de resistencia

- una vez al día
- una vez por cada 40m³ de concreto
- una vez por cada 200m² de superficie de losas o muros
- una muestra por cada 50 tongadas de mezclado de cada clase de concreto

65

**Universo
Población
Lote**

muestra

**unidad de producto
unidad de control**

probetas

66

Unidad de Producto
Unidad de Control

Pneu



- **masa de cada pneu**
- **Presión de cada pneu**

67

Unidad de Producto
Unidad de Control

Pelotitas de vidrio



- **masa de cada pelota**
- **diámetro de cada pelota**

68

Unidad de Producto
Unidad de Control
Concreto



- metro cúbico
- probetas
- metro cuadrado
- columna, viga, losa

69

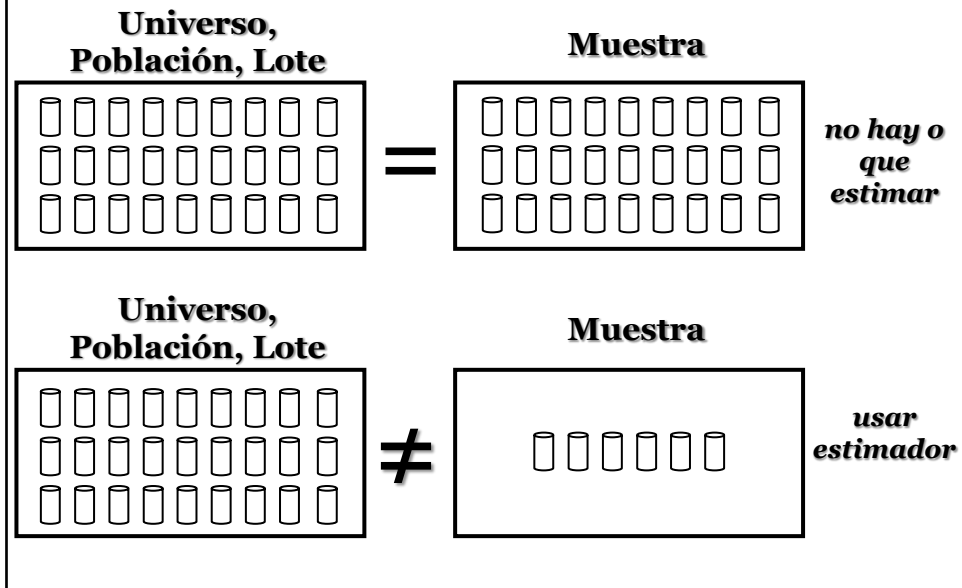
CONCRETO
Unidad de Producto

Pastón
tongada
tanda

CONCRETO
Unidad de Control
resistência a compresión
MPa, kgf/cm², psi

70

Muestreo en Brasil



71

Resumen

Frecuencia de los ensayos

ABNT NBR 12655	<ul style="list-style-type: none"> • cada 8m³ (control al 100%) • cada 16 m³ (control parcial)
NSR-10	<ul style="list-style-type: none"> ≥ una vez al día; ≥ una vez por cada 40m³; ≥ una vez por cada 200m² de superficie de losas o muros • una vez cada 50 tongadas / pastones
ACI 318	<ul style="list-style-type: none"> ≥ una vez al día; ≥ una vez por cada 115m³ ; ≥ una vez por cada 465m² de superficie de losas o muros.

72

Resumen

Criterio Conformidad

ABNT NBR 12655	$f'_{c,est} > f'_c$
NSR-10 ACI 318	$f_{cm3,est} \geq f'_c$ $0,9 \cdot f_{ck}$ para $f_{ck} > 35\text{MPa}$ $f_{ci} = f_{ck} - 3,5\text{MPa}$ para $f_{ck} < 35\text{MPa}$

73

Aceptación del concreto

- ✓ El concreto debe ser aceptado si se cumplen todas las especificaciones de la norma y el diseño



conformidad

74

Aceptación del concreto

✓ En caso de no conformidad, consultar a NTC 3658



no conformidad

75

NSR-10

C.5.6.5 Investigación de los resultados de ensayos con baja resistencia

- En caso de confirmarse que el concreto es de baja resistencia y los cálculos indican que la capacidad de soportar las cargas se redujo significativamente, deben permitirse ensayos de núcleos extraídos de la zona em cuestión de acuerdo con NTC 3658. En esos casos deben tomarse tres núcleos por cada resultado del ensayo de resistencia que sea menor que los valores señalados en C.5.6.3.
- El concreto de la zona representada por los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de tres núcleos es por lo menos igual a 85 por ciento de f'_c , y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75 por ciento de f'_c . C

76

NO CONFORMIDADES

NTC 3658

77

Consultor $f'_{c,ext,j}$

Proyectista f'_c

Constructor $f'_{c,est}$

referencial de seguridad
 f'_c

78



79



80



81



82



83



84



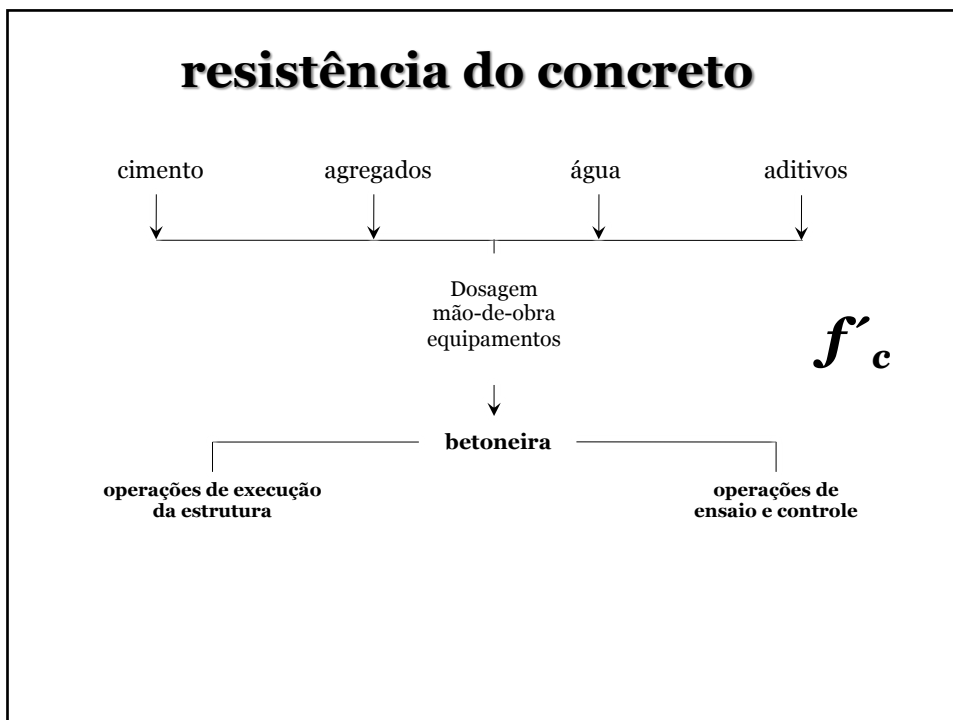
85



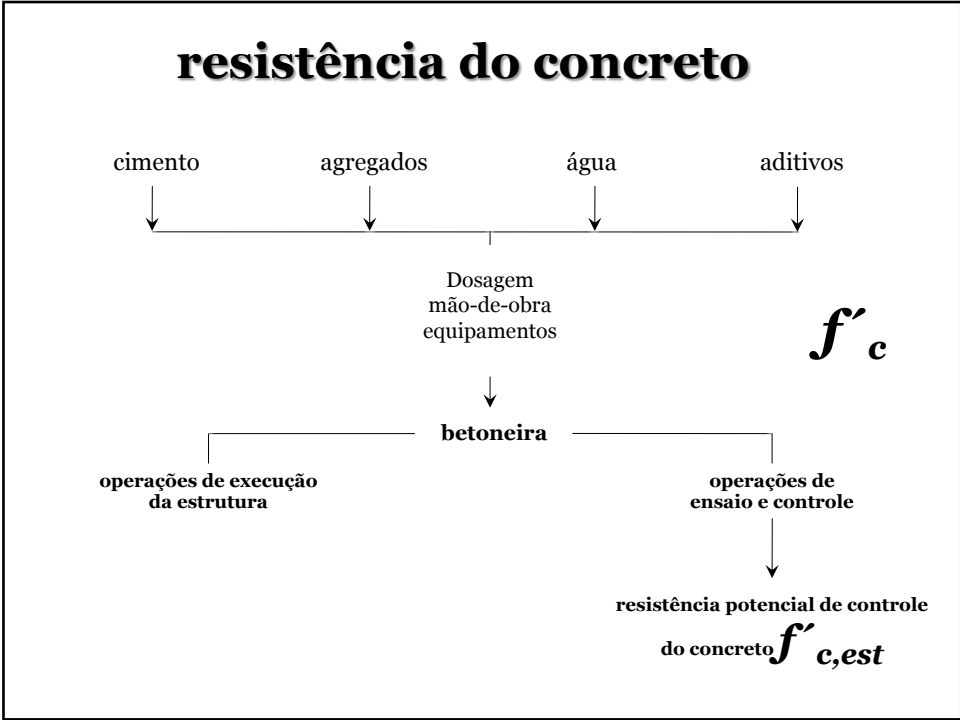
86



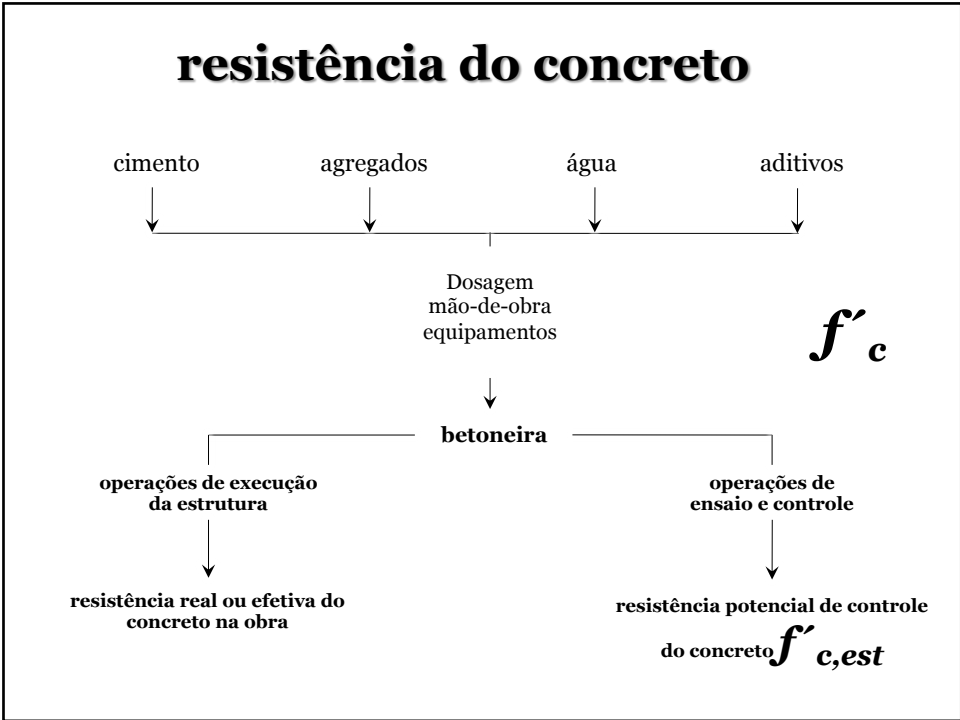
87



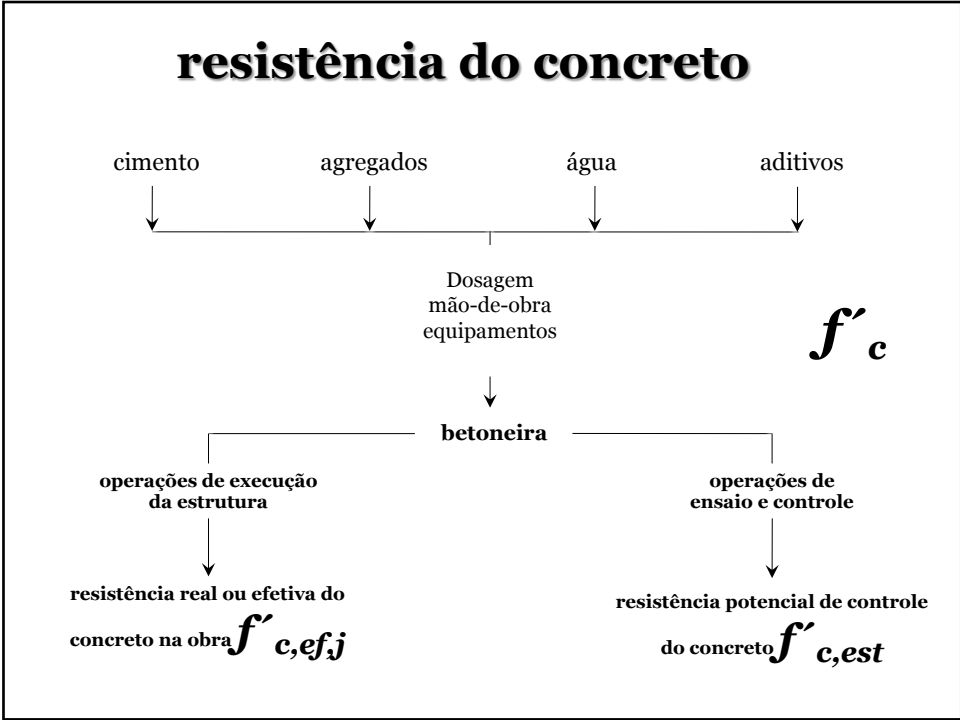
88



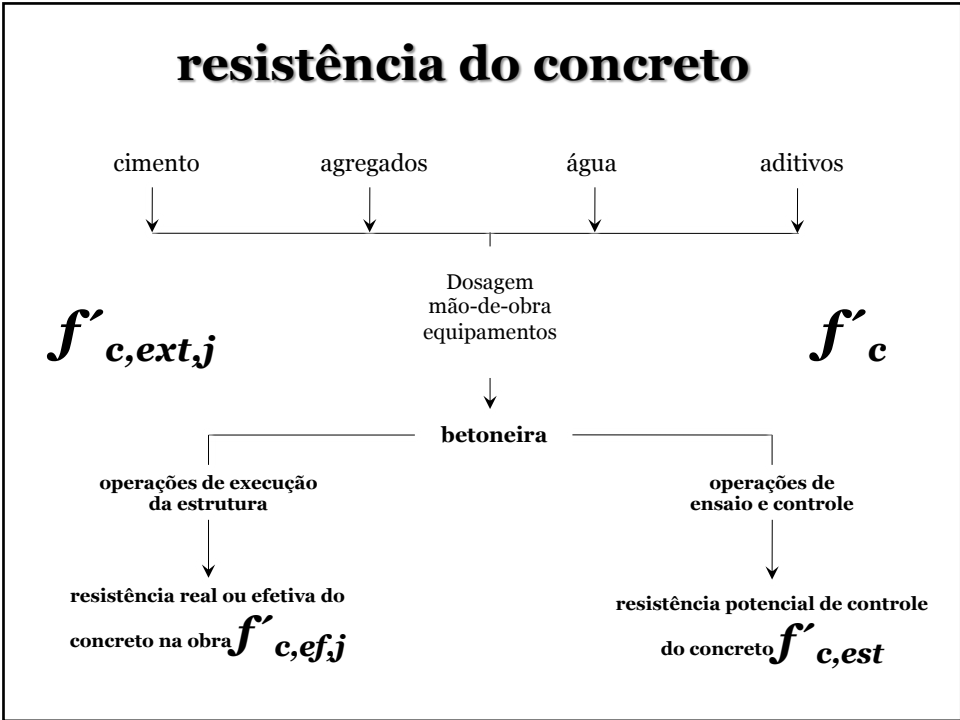
89



90



91



92

Adensamento (vídeo)



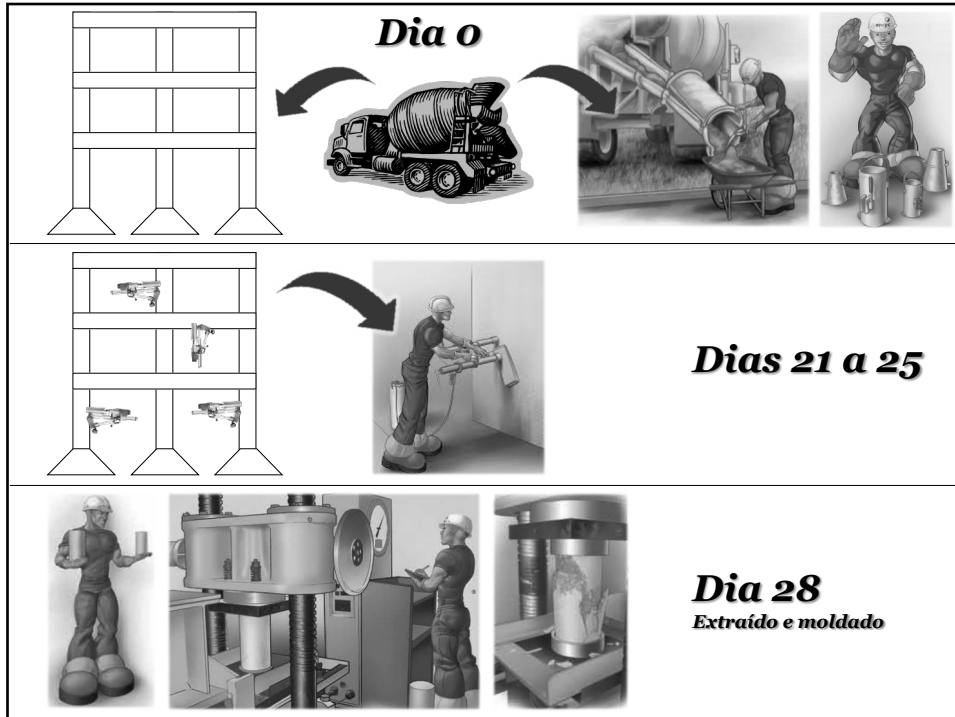
93

TESE de DOUTORADO

CREMONINI, R. A. Análise de Estruturas Acabadas: Contribuição para a Determinação da Relação entre as Resistências Potencial e Efetiva do Concreto. São Paulo, EPUSP, 1994.

Ruy Alberto Cremonini. Prof. Associado, UFRGS

94



95

Conclusiones

columnas:

$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.24$$

losas & (vigas)

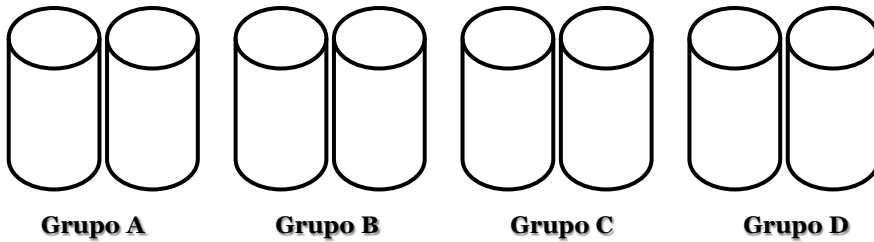
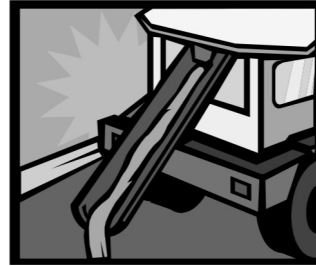
$$\eta = \frac{f_c}{f_{c,ext}} = \frac{f_{ck}}{f_{ck,ext}} = 1.20$$

96

Como obtener la resistencia más alta a compresión a los 28 días?

Concreto de un mismo pastón

Moldeo de probetas hermanas



97

Cuántas resistências hay dentro de un mismo camión de concreto (8m³)?

$f_{c1} \quad f_{c2} \quad f_{c3} \quad f_{c4} \quad f_{c5}$

exemplar = mais alto ($f'_{c,est}$)

$f'_{c,est} = 48,7 \text{MPa}$

“potencial do concreto”

98

Cuántas resistências hay dentro de um mismo camión de concreto (8m³)?

$$f_{c1} \quad f_{c2} \quad f_{c3} \quad f_{c4} \quad f_{c5}$$

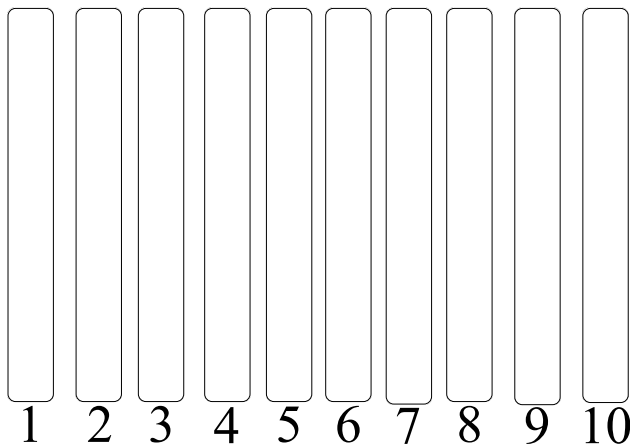
exemplar = mais alto ($f'_{c,est}$)

$$f'_{c,est} = 48,7\text{MPa}$$

$$f'_c = 45\text{MPa}$$

99

Con ese concreto fueran construídos 10 columnas. Cual es la resistência del concreto en esas columnas para fines de verificación de la seguridad?



$$f'_c = 45\text{MPa}$$

100

“nidos de hormigonado”
Cual es la resistencia del concreto para verificación de la seguridad?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

101



102



103

“nidos de hormigonado”
**Cual es la resistencia del concreto para
verificación de la seguridad?**

f'_c
45MPa

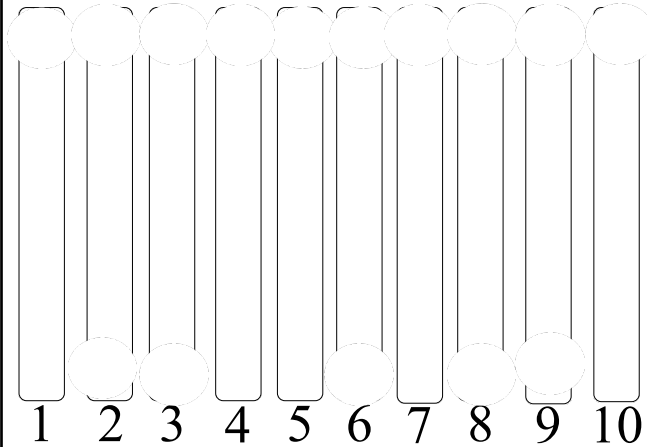
12345678910

104

52

Cual es la resistencia del concreto en esas columnas que seán más parecidas a la resistência de control

(probeta moldeada) $f'_{c,est}$?

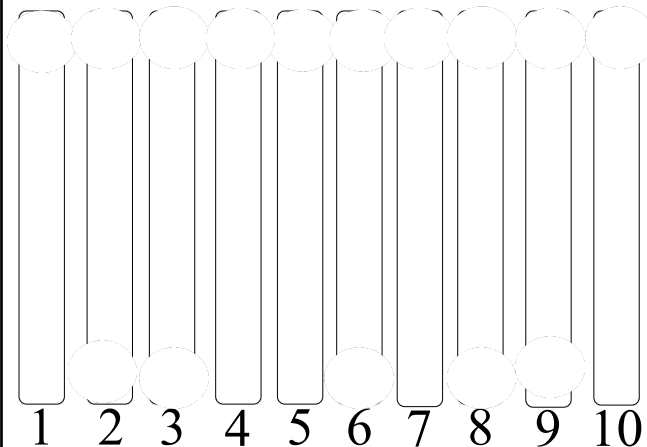


f'_c
45MPa

105

Cual es la resistencia del concreto en esas columnas que seán más parecidas a la resistência de control

(probeta moldeada) $f'_{c,est}$?

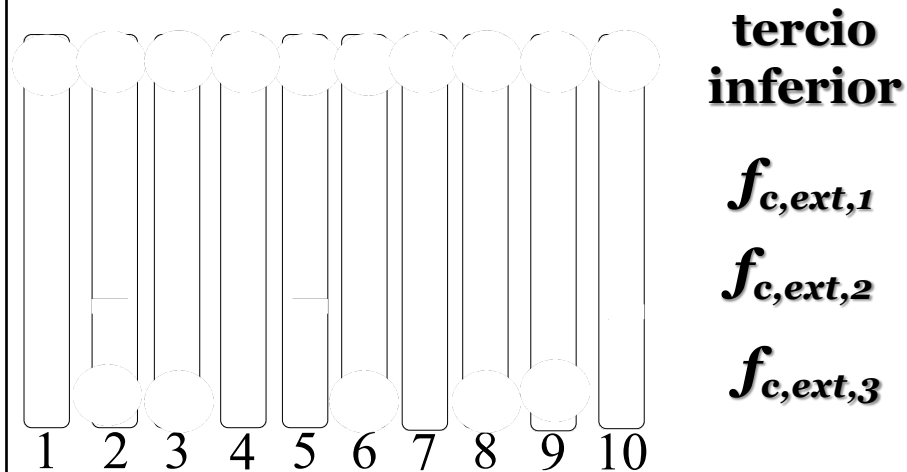


**tercio
inferior**

106

Lo que se puede !!!

$f'_{c,ext}$?



107

NTC 3658

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. 2015. 520p.

Chapter 26. Construction Documents and Inspection.

$$(1) \quad \frac{f_{c1} + f_{c2} + f_{c3}}{3} \geq 0.85 * f'_c$$

(corresponde a $f'_c = 1,18 * f_{ext,m}$ o $f'_c = 1,33 * f_{ext,min}$)

$$(2) \quad f_{ci} \geq 0.75 * f'_c$$

108

Conformidad del Concreto
Consultores, Proyectistas,
Controladores, Gerenciadores,
Constructores, Fiscales

Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhez
Avareza
Corrupción
Onipotência
Ignorância
Omissão

109

Conformidad del Concreto

Consultores, Projetistas, Controladores,
Gerenciadores, Construtores, Fiscais

Falta de ética
Atuação venal
Mezquinhez
Avareza
Corrupção
Onipotência
Ignorância
(omissão e despreparo)

**“no há tecnologia
que resuelva...”**

110

Estructuras de Concreto para Edificaciones

Actividad profesional regida por normas técnicas:

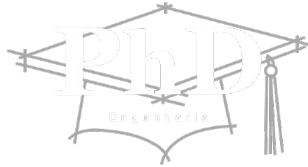
- de DISEÑO
- de MATERIALES
- de EXECUCIÓN
- de CONTROL
- de OPERACIÓN & MANTENIMIENTO
- y, Complementares

111



112

MUCHAS GRACIAS !



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23
11-95045-5408