



ALCONPAT
ECUADOR
2014

Evaluación de la Resistência del Concreto en Estructuras Existentes


Paulo Helene
 Presidente de Honor de ALCONPAT Int.
 Director de PhD Engenharia
 Prof. PhD, Ingeniero Civil
paulo.helene@concretophd.com.br



1



Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción
 CAPTUD ECUADOR




23, 24, 25 de ABRIL DEL 2014
 CENTRO DE CONVENCIONES EUGENIO ESPEJO

1^{ER} CONGRESO DE PATOLOGÍA, RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS Y CONTROL DE CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

ALCONPAT ECUADOR 2014
 QUITO, PATRIMONIO DE LA HUMANIDAD

Evaluación de la Resistência del Concreto en Estructuras Existentes

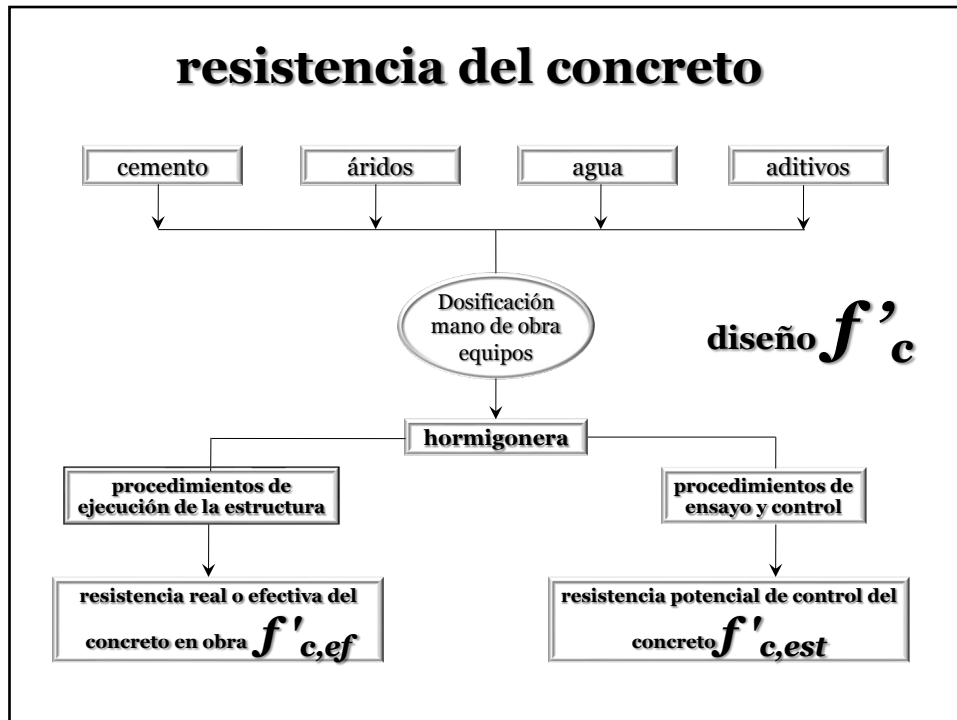


"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
 Presidente de Honor ALCONPAT Internacional
 fib (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life
 Prof. Titular Universidade de São Paulo USP
 Consejero y Director IBRACON
 Director PhD Engenharia

Centro de Convenciones Eugenio Espejo 24 de Abril de 2014 Quito, Ecuador

2



3

$f'_{c,ef} \rightarrow$ imposible de ser conocido

| Resistencia de proyecto, según ACI 318 ítem 9.3.2 | |
|---|--------------------|
| Tipo de esfuerzo | Fator de reducción |
| sección bajo tracción | 0,90 |
| sección bajo compresión confinada | 0,75 |
| sección bajo compresión | 0,65 |
| corte y torsión | 0,75 |
| cimentación | 0,65 |

4

$f'_{c,ef} \rightarrow$ imposible de ser conocido

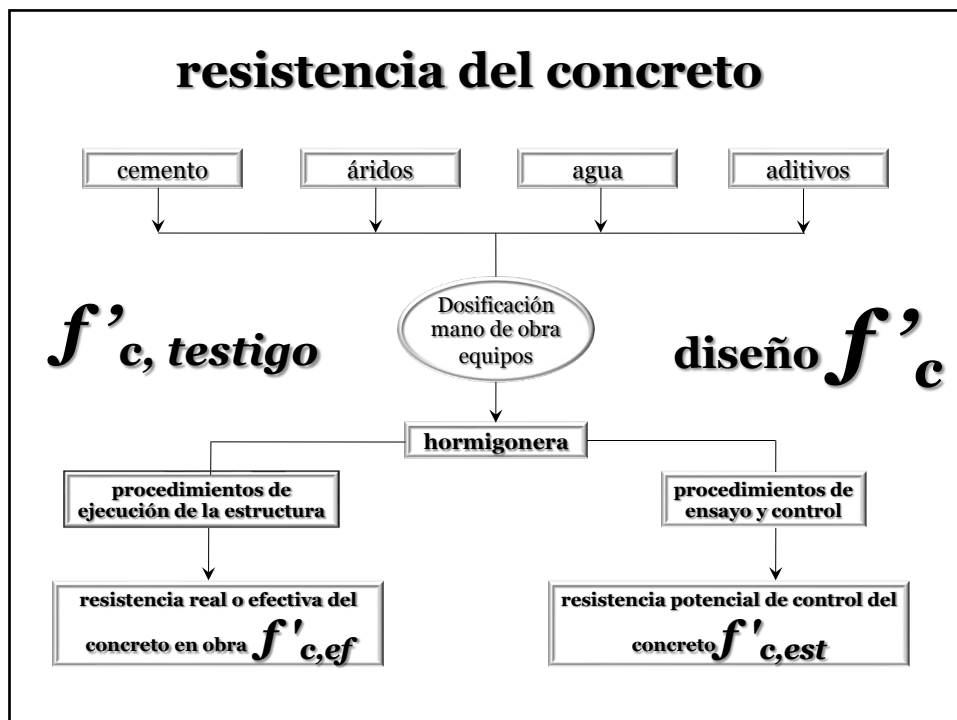
$$f_{c,ef} \approx f_{cd} = f'_c * f$$

$f = 0.65$ compresión

$$f'_c = 20MPa \implies f_{c,ef} \approx f_{cd} = 13.0MPa$$

$$f'_c = 50MPa \implies f_{c,ef} \approx f_{cd} = 32.5MPa$$

5



6

Problema:

conocido $f'_{c, \text{testigo}}$ como encontrar el f'_c de diseño equivalente que será utilizado para verificación de la seguridad de la estructura?

7

| razones | ámbito | acciones |
|--|---|---|
| $f'_{c, \text{est}} < f_{ck}$ | qual el nuevo f'_c para la verificación de la seguridad estructural | se trata de transformar el resultado del $f'_{c, \text{testigo}, j}$ en un f'_c equivalente |
| concreto no conforme con lo especificado | analizar el concreto para comparar con lo especificado / solicitado | se trata de la investigación de la composición, resistencia y otras características y propiedades del concreto entregue |
| concreto expuesto a ambientes agresivos | analizar características y propiedades del concreto determinantes de la vida útil | se trata de una análisis compleja de ciclo de vida del concreto en aquél medio |

8

| razones | ámbito | acciones |
|--|--|--|
| calidad de la ejecución de la estructura | analizar la homogeneidad del concreto, la geometría, las tolerancias | se trata de una evaluación de la calidad de los hormigonados y precisión de la ejecución frente a las tolerancias de norma |
| pericia judicial | inspección y diagnóstico para clarificar un problema patológico | se trata de aclarar un colapso parcial o total, un problema patológico grave, una fisura o deformación exagerada, etc. |
| cambio de uso, retrofit | evaluar el estado actual de la estructura | se trata de una análisis tipo "as built" de la estructura |

9

Preliminares

→ Durante el control de recebimiento (obra):

$$f'_{c,est} < f'_c$$

Puede haber problemas en la producción de concreto → CONCRETERA

puede haber problemas en lo control → LABORATORIO

→ Necesidad de extraer testigos:

Puede haber problemas en la ejecución → CONSTRUTORA

Puede haber problemas en los ensayos → (otro) LABORATORIO

Puede haber problemas en el análisis → PROJETISTA

10

Preliminares

Un concreto conforme es aquél que presenta la resistencia a la compresión igual o mayor al f'_c de proyecto en 90% del volumen de concreto de la estructura en construcción.

Por ejemplo: Una estructura de edificio con 20 pisos de 100m^3 por piso resulta un volumen total de aproximadamente 2.000m^3 de concreto.

En principio, 200m^3 (cerca de 24 camiones hormigonera de 8m^3) podría presentar resistencia por debajo de f'_c y el concreto seguiría siendo conforme.

11

Preliminares

*Por lo tanto, es necesario saber
CONVIVIR con ese problema.*

*Necesita saber **DONDE** estas ese
concreto y **QUAL** es su resistencia.*

*Sólo sabe quién **CONTROLA**.*

*Un camión hormigonera puede
concretar **10** columnas !*

12

quantas resistências tem o concreto
de um caminhão betoneira?

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

exemplar = mais alto (f_{ck})

“potencial do concreto”

13

quantas resistências tem o concreto
de um caminhão betoneira?

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

exemplar = mais alto (f_{ck})

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

“potencial do concreto”

14

com esse concreto foram construídos 10 pilares.
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

15

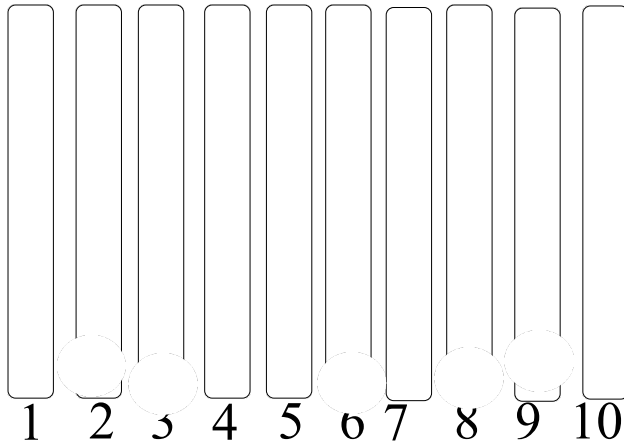
com esse concreto foram construídos 10 pilares.
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

f_{ck}
45MPa

16

“ninhos de concretagem”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?



17



18



19

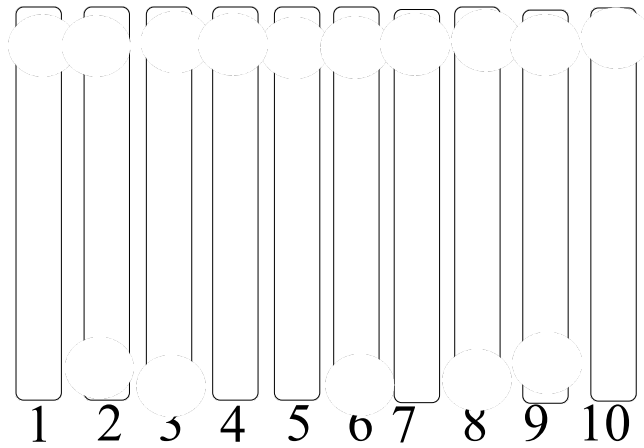
“ninhos de concretagem”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

f_{ck}
45MPa

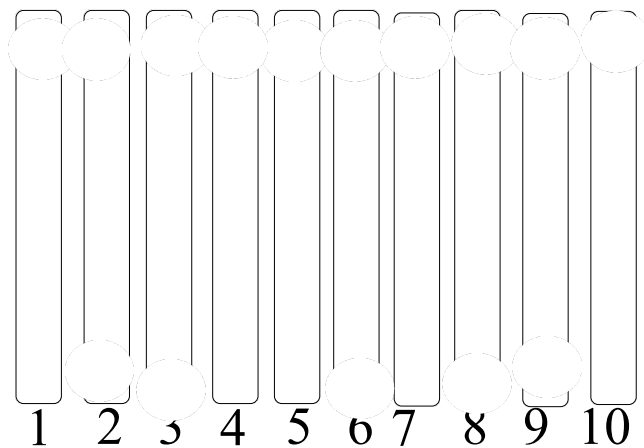
20

“exsudação”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?



21

“exsudação”
qual a resistência do concreto nesses pilares
para fins de verificação da segurança?

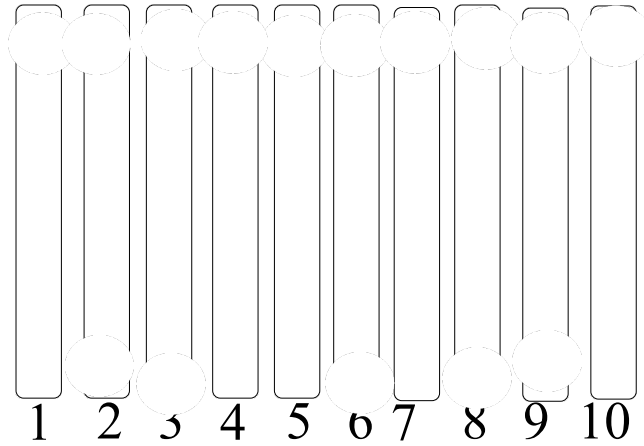


f_{ck}
45MPa

22

qual a resistência do concreto nos pilares que estão mais próximas da resistência de controle

(moldado) $f_{ck,est}$?

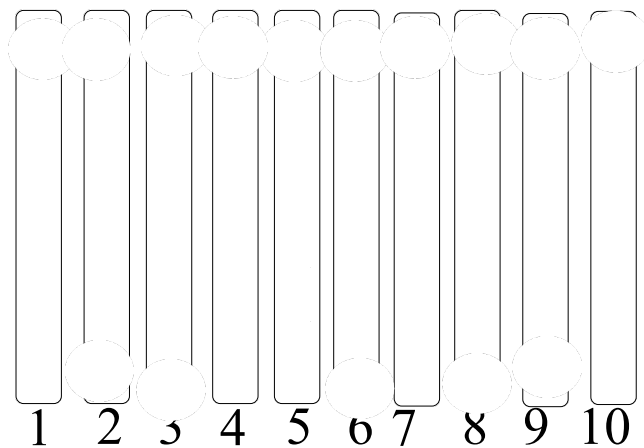


f_{ck}
45MPa

23

qual a resistência do concreto nos pilares que estão mais próximas da resistência de controle

(moldado) $f_{ck,est}$?

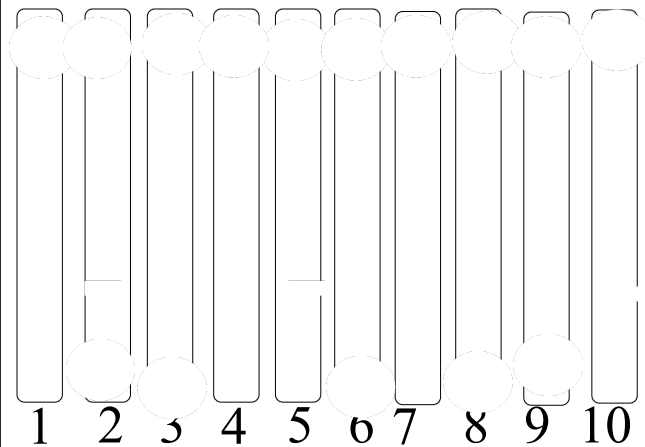


terço inferior

24

qual a resistência obtida de um pilar?

$$f_{ck,ext}?$$



terço
inferior

$$f_{ck,ext,1}$$

$$f_{ck,ext,2}$$

$$f_{ck,ext,3}$$

25

Problema:

*conocido $f'_{c,testigo}$ como
encontrar el f'_c de diseño
equivalente que será utilizado
para verificación de la
seguridad de la estructura?*

26

concreto en estructura existente

- ✓ Normas internacionales
- ✓ Investigaciones
- ✓ Proyecto de las Estructuras de Concreto (Projetistas)
- ✓ Ejecución de las Estructuras de Concreto (Construtores)
- ✓ Producción del Concreto (Concreteras)
- ✓ Control de la Resistencia del Concreto (Laboratorios)
- ✓ Criterios de Introducción de la Seguridad

27

Normalización Internacional

- 1. fib(CEB-FIP) Model Code 2010. Draft Model Code. March 2010. Bulletin 55. v.1**
- 2. ISO 13822:2010. Bases for Design Structures. Assessment of Existing Structures. International Organization for Standardization. 2010. 44 p.**
- 3. 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.**

28

Normalización Internacional

4. *ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.*
5. *ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings. 2010. 28p.*
6. *ACI 318M-08 Building Code Requirements for Structural Concrete. 2008. 470p.*

29

ACI 214.4R-10 Guide for Obtaining Cores and Interpreting Compressive Strength Results. 2010. 17p.

Chapter 9. Item 9.1 → Conversion of core strengths to equivalent in-place strength

$$f_c = F_{h/d} * F_{dia} * F_{mc} * F_d * f_{core}$$

$F_{h/d}$ → depende de h/d ($h/d = 2 \rightarrow 1$ e $h/d \rightarrow 1 \rightarrow 0,87$)

F_{dia} → depende do diámetro ($f=150\text{mm} \rightarrow 0,98$; $f=100\text{mm} \rightarrow 1,00$; $f=50\text{mm} \rightarrow 1,06$)

F_{mc} → depende do sazonamento (padrão = 1,00; sumergido $2d = 1,09$; seco $7d = 0,98$)

F_d → corrección efecto perjudicial de la perforación = 1,06

observar que para testigos de 5cm de diámetro, con $h/d=2$ y roto sumergido / saturado, $f_c = 1 * 1,06 * 1,09 * 1,06 * f_{core} \rightarrow f_c = 1,225 * f_{core}$

30

ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings.2010. 28p.

“...where cores are taken to determine strength, the number of cores shall be based on the expected uniformity of the concrete and the desired confidence level in the average strength...

section 3.1.1, item 3.1.1.1 Core Sampling: ...the strength value shall be taken as the average of the cores”

section 3.1.3, item 3.1.3.1 Testing Cores:...depending on age and strength level, compressive strength values obtained from core tests can either be lower or higher than those obtained from standard cylinders molded during construction. For mature concrete the core strength varies from 100% of the cylinder strength for 20MPa concrete to 70% for 60MPa concrete...(corresponde a $f_c = 1,42 * f_{core}$)

31

ACI 437R-03 Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings.2010. 28p.

...core compression strengths may be expected to be lower for cores removed from the upper parts of slabs, beams, footings, walls and columns than for lower parts of that members...

section 5.1.4 – Acceptance Criteria:...uncertainty about the structure is clearly reduced where fieldwork has established the actual material strengths for steel and concrete...this supporting work can serve as justification for using a different strength-reduction factor ϕ . Suggested values of Φ are reported in section 20.2.5 of ACI 318...”

32

**ACI 318M-08 Building Code Requirements for
Structural Concrete. 2008. 470p.**

Chapter 5. Concrete Quality, Mixing, and Placing

Item 5.6.5 Investigation of low-strength test results:

...concrete in an area represented by core tests shall be considered structurally adequate if the average of three cores is equal to at least 85 percent of f_c and if no single core is less than 75 percent of f_c ... (corresponde a $f_c = 1,18 * f_{core,av}$ ou $f_c = 1,33 * f_{core,min}$)

5.6.5 comments → ...core tests having an average of 85 percent of the specified strength are realistic. To expect core tests to be equal to f_c is not realistic, since differences in the size of specimens, conditions, of obtaining samples, and procedures for curing, do not permit equal values to be obtained...

5.6.5.5 ...if criteria of 5.6.5.4 are not met and if the structural adequacy remains in doubt...strength evaluation accordance with chapter 20...

33

**ACI 318M-08 Building Code Requirements for
Structural Concrete. 2008. 470p.**

Chapter 20. Strength Evaluation of Existing Structures

20.2.3 ...for strength evaluation of an existing structure, cylinder or core test data shall be used to estimated an equivalent f_c . The method for obtaining and testing cores shall be in accordance with ASTM C42M...

20.2.5 ...it shall be permitted to increase the strength reduction factor ϕ but ϕ shall be according with Table 20.2.5.1

Table 20.2.5.1 Factor ϕ to reduce the concrete strength.

| sections | item 9.3.2 | item 20.2.5 | 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 |

34

**ACI 318M-08 Building Code Requirements for
Structural Concrete. 2008. 470p.**

Chapter 20. Strength Evaluation of Existing Structures

Observar que se trata de un doble análisis:

✓ *primero encontrar o f_c equivalente en el cual $f_c = 1,18 * f_{core,av}$ o $f_c = 1,33 * f_{core,min}$*

✓ *posteriormente en caso de no aprobar, cambiar el coeficiente de mitigación f de 6% a 23% y verificar la seguridad*

35

Resumen normas internacionales

dos partes bien diferenciadas:

1. Una primera en relación con las pruebas, o sea, pasar de $f_{c,testigo}$ a f_c equivalente, para lo cual algunas normas recomiendan explícitamente un especialista en tecnología de concreto. Corresponde a la inspección de la estructura, pacometría, esclerometría e ultrasonido, muestreo, extracción, prumo, excentricidad, mediciones geométricas “as built” de campo, el transporte de los testigos, preparación de los extremos, sazónamiento, ensayo de rotura y corrección del resultado para obtener

$$f_c = k * f_{c,testigo}$$

36

Resumen normas internacionales

2. Una segunda relacionada con la comprobación de la seguridad, érl cálculo de la seguridad estructural en la que se modifica el coeficiente de mitigación de la resistencia del concreto (f), o el coeficiente global de seguridad, o el coeficiente β de confiabilidad, de acuerdo con el método de introducción de la seguridad en el diseño de estructuras de concreto preferido por el projetista. En todos los casos es recomendable aceptar coeficientes f de mitigación de la resistencia de los materiales o β de confiabilidad, inferiores a los utilizados normalmente en el proyecto (verificación) de la seguridad en nuevas estructuras.

37

Indice General

- ✓ Normas internacionales
- ✓ Investigaciones
- ✓ Proyecto de las Estructuras de Concreto (Projetistas)
- ✓ Ejecución de las Estructuras de Concreto (Construtores)
- ✓ Producción del Concreto (Concreteiras)
- ✓ Control da Resistencia del Concreto (Laboratorios)
- ✓ Criterios de Introducción de la Seguridad

38

TESIS de DOCTORADO

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

Ruy Alberto Cremonini. Prof. Associado, UFRGS

39

OBJETIVO

Comparación entre la resistencia potencial y real o efectiva del concreto en obras convencionales en construcción. Contribución al estudio del *f*.

Resistencia potencial = probetas cilíndricas moldeadas ASTM C39 (28días) *10cm x 20cm*

Resistencia efectiva = testigos cilíndricos extraídos según ASTM C 42 (28días) *10cm x 20cm*

40

EXPERIMENTO

25 obras

20MPa a 35MPa

41

RESULTADOS:

$$f_c/f_{c,\text{testigo}} \approx f'_c/f'_{c,\text{testigo}}$$

| estadística | columnas | losas y (vigas) |
|----------------------|--|--|
| mínimo | 1.05 | 1.00 |
| máximo | 1.51 | 1.52 |
| promedio | 1.24 | 1.20 |
| S_c | 0.14 | 0.19 |
| v_c | 11% | 15% |
| | $\Phi_{\text{moldado}} \approx \Phi_{\text{extraído}}$ | $\Phi_{\text{moldado}} > \Phi_{\text{extraído}}$ |
| | h/d=2 | h/d≠2 |
| | cp_{ext} ortogonal vaciado | cp_{ext} paralelo vaciado |

42

Conclusiones

columnas:

$$f = \frac{f'_{c, \text{testigo}}}{f'_c} = 0.80$$

losas & (vigas)

$$f = \frac{f'_{c, \text{testigo}}}{f'_c} = 0.83$$

43

TESIS de DOCTORADO

VIEIRA Filho, J. O. Avaliação da Resistência à Compressão do Concreto através de Testemunhos Extraídos: Contribuição à Estimativa do Coeficiente de Correção devido aos Efeitos do Broqueamento. São Paulo, EPUSP, 2007.

José Orlando Vieira Filho. Prof. Titular UNICAP

44

OBJETIVO

Comparación entre la resistencia potencial y la real o efectiva del concreto en paredes/bloques moldeados específicamente para este propósito (lab.). Contribución al estudio de los efectos nocivos de la "perforación".

Resistencia potencial → 480 probetas cilíndricas moldeadas ASTM 39(28días) *10cm x 20cm & 15cm x 30cm*

Resistencia efectiva → 930 testigos cilindricos extraídos según ASTM C 42 (28días) *15cm x 30cm; 10cm x 20cm; 7.5cm x 15cm; 5cm x 10cm e 2.5cm x 5cm*

45

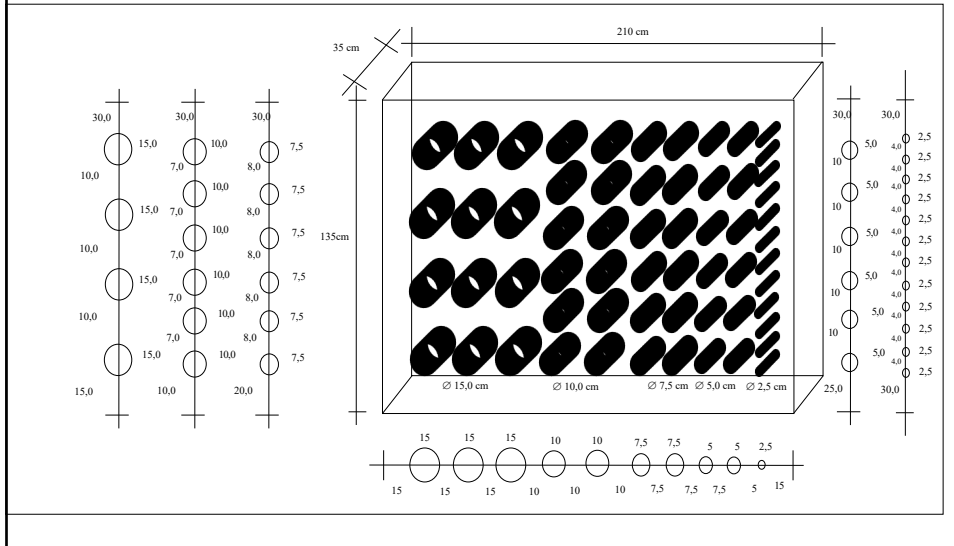
EXPERIMENTO

56 paredes/bloques de espesura de 35cm x 2.10m largo x 1.35m altura construídos en el canteiro de una central del concreto. Situación ideal!

Resistencias a la compresión de: 20MPa; 40MPa; 50MPa; 65MPa e 70MPa.

46

BLOQUE TIPO (210X135X35)cm



47



48



49



Pared / bloque perforado

50

Conclusiones

1. Los valores de $f_c/f_{c,testigo} \approx f'_c/f'_{c,testigo}$ entre 1,01 a 1,30 corresponden a 100% de los resultados obtenidos
2. todos "perforación":

$$f = \frac{f'_{c,testigo}}{f'_c} = 1,07$$

51

Conclusiones de las Tesis

Efecto deletéreo de la "perforación":

$$f'_{c,est} = f'_{c,testigo} \bullet 1,07$$

Efecto deletéreo de la "perforación"+ otras variables":

$$f'_{c,est} = f'_{c,testigo} \bullet 1,24$$

52

Indice General

- ✓ Normas internacionales
- ✓ Pesquisas / investigaciones
- ✓ Proyecto de las Estructuras de Concreto (Projetistas)
- ✓ Ejecución de las Estructuras de Concreto (Construtores)
- ✓ Producción del Concreto (Concreteiras)
- ✓ Control da Resistencia del Concreto (Laboratorios)
- ✓ Criterios de Introducción de la Seguridad

53

Proyecto de las estructuras de concreto ACI 318 → Diseñadores

**¿defecto de diseño, además de
las pérdidas económicas y el
mal comportamiento, puede
colapsar estructuras?**

54

Edificio Palace II Rio de Janeiro Carnaval de 1998 5 años!

55



56



57



58



59

FOLHA DE S. PAULO quarta-feira, 4 de março de 1998 **são paulo** 3 ■ 5

DESABAMENTO 4 Sersan é intimada a consertar prédio em 2 meses; para técnicos, problemas não foram provocados pela implosão

Laudo aponta problemas também no Palace 1

Os problemas encontrados no Palace 1

- 1) Falhas em elementos estruturais nos subsolos, como vigas e pilares
- 2) Armaduras metálicas expostas e em situações de corrosão
- 3) Reforços estruturais necessários nas lajes de piso do pavimento térreo
- 4) Fissuras generalizadas decorrentes de infiltrações
- 5) Instalações prediais hidráulica e elétrica em estado precário de utilização
- 6) Desperdício de revestimento externo (em pilares) das fachadas
- 7) Desperdício de piso do pavimento térreo

Que a Sersan foi intimada a fazer o reforço da edificação com equipamentos e apresentação do relatório de análise de material, especialmente sobre a capacidade do concreto e sua composição química

- apresentação do projeto de reforço estrutural com metodologia a ser aprovada pela Secretaria Municipal de Obras (no prazo de 15 dias)
- execução do reforço estrutural (60 dias) e elaboração de parecer técnico conclusivo sobre as condições de segurança (30 dias)
- retirada e reconposição do revestimento do pavimento das fachadas com aparafusos para proteção aos travessouros (60 dias)
- reconexão das instalações elétrica e hidráulica (60 dias)

FERNANDA DA ESCÓSSIA
da Turca do Rio

Um laudo técnico divulgado ontem pela Secretaria Municipal de Urbanismo do Rio aponta problemas na estrutura do Palace 1 — os trincas nos pilares — e intima a construtora Sersan a recuperar o prédio num prazo de dois meses.

Segundo o laudo, o Palace 1 — rufino ao Palace 2, que desabou no Carnaval e foi implosido no último sábado — está com trincas nas vigas do núcleo, armações metálicas em adiantado estado de corrosão, deformações na laje do térreo, infiltrações, instalações hidráulicas e elétricas em estado precário e desperdício de materiais.

A estrutura do Palace 1 está sendo monitorada por técnicos com equipamentos especializados. O prédio, interdiado desde o desabamento do Palace 2, permanecerá fechado por medida de segurança, até que as obras de reforço estrutural sejam feitas.

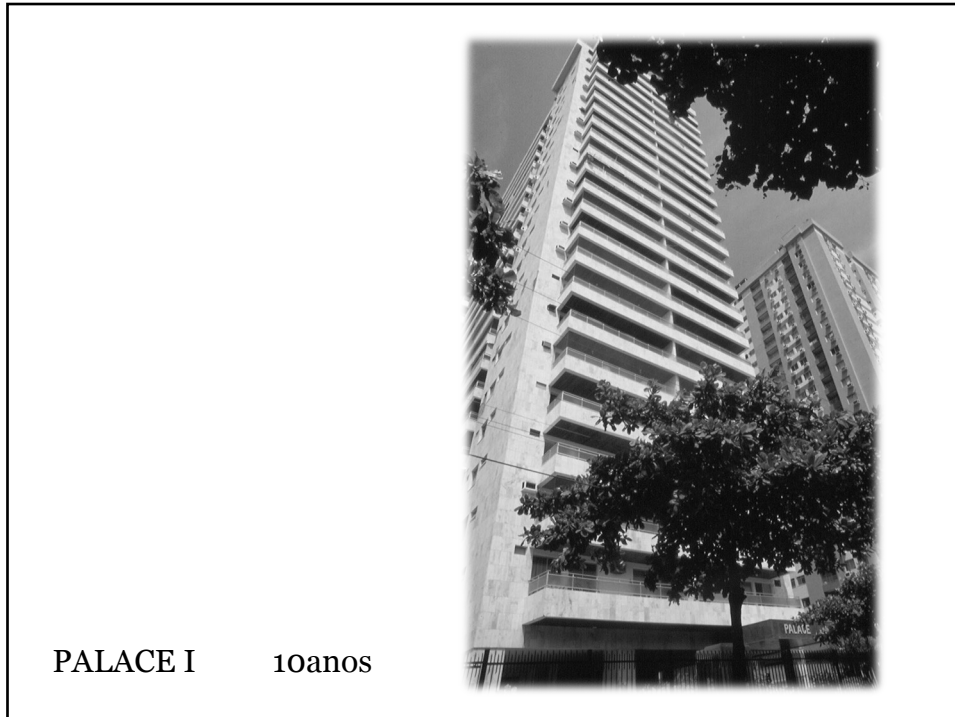
A construtora Sersan deverá também apresentar um relatório com análise de materiais e refazer as instalações hidráulicas e elétricas. A intimação foi enviada ao escritório da construtora.

Se não começar a cumprir em 24 horas as determinações da prefeitura, a Sersan poderá ser multada em até R\$ 240.000. A multa é dobrada a cada dia de atraso.

A assessora do prefeito Luís Paulo Conde (PFL) informou que, caso a Sersan não obedeça às determinações, a prefeitura pagará as despesas da obra e cobrará judicialmente da construtora.

O laudo divulgado contém apenas preliminares e não se refere a materiais utilizados na construção. Uma empresa especializada foi contratada pela prefeitura para avaliar a composição do concreto e de outros materiais. Não há previsão para a divulgação dos laudos dos materiais e das causas do desabamento do Palace 2.

60



61

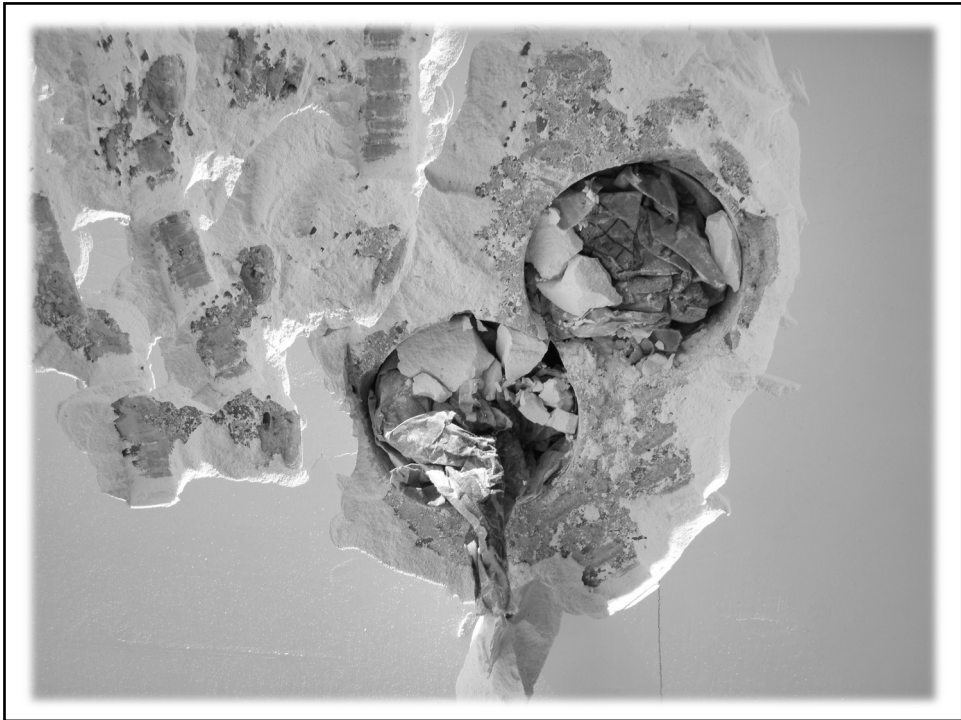
Indice General

- ✓ Normas internacionales
- ✓ Pesquisas / investigaciones
- ✓ Proyecto de las Estructuras de Concreto (Projetistas)
- ✓ **Ejecución de las Estructuras de Concreto (Construtores)**
- ✓ Producción del Concreto (Concreteiras)
- ✓ Control da Resistencia del Concreto (Laboratorios)
- ✓ Criterios de Introducción de la Seguridad

62



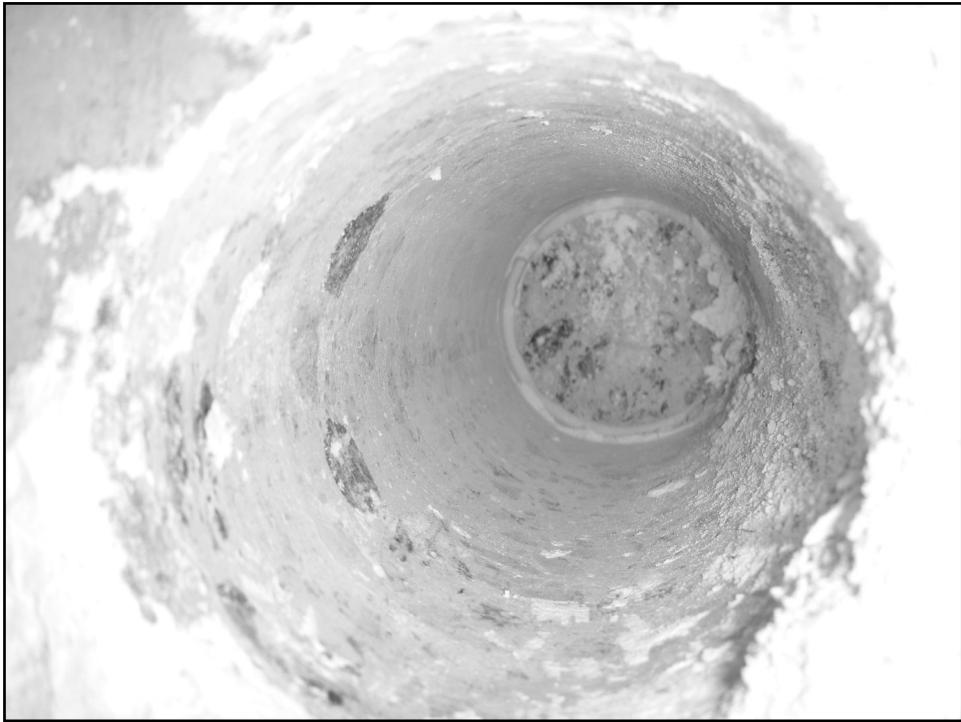
63



64



65



66

Construcción

Con frecuencia una diferencia de 3MPa en los testigos o probetas moldeadas puede convertirse en discusiones y desgastes mientras se considera normales errores absurdos y de este orden !



67

Construcción



68

Construcción



69

Construcción



70

Construcción



71

**ejecución de estructuras de concreto
ACI 318->Constructores**

**¿defecto de ejecución,
además de las pérdidas
estéticas, puede colapsar
estructuras?**

72

*Edificio Areia Branca
Recife, Pernambuco
14 octubre de 2004
jueves, 20:30h
1977 → 1979
25 años
12 pisos + terreno + 1 garaje*

73



EDIFICIO AREIA BRANCA – Pernambuco

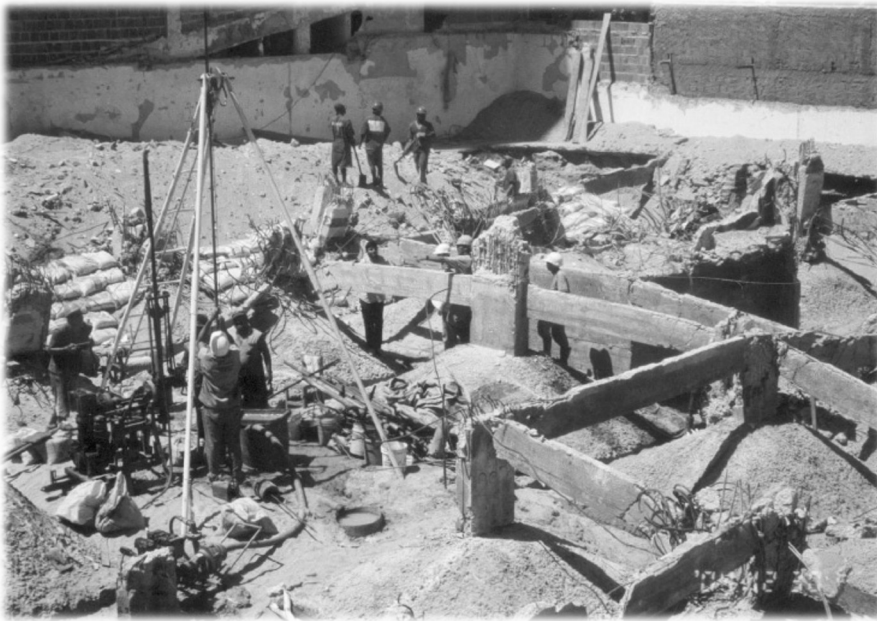
semanas antes

74

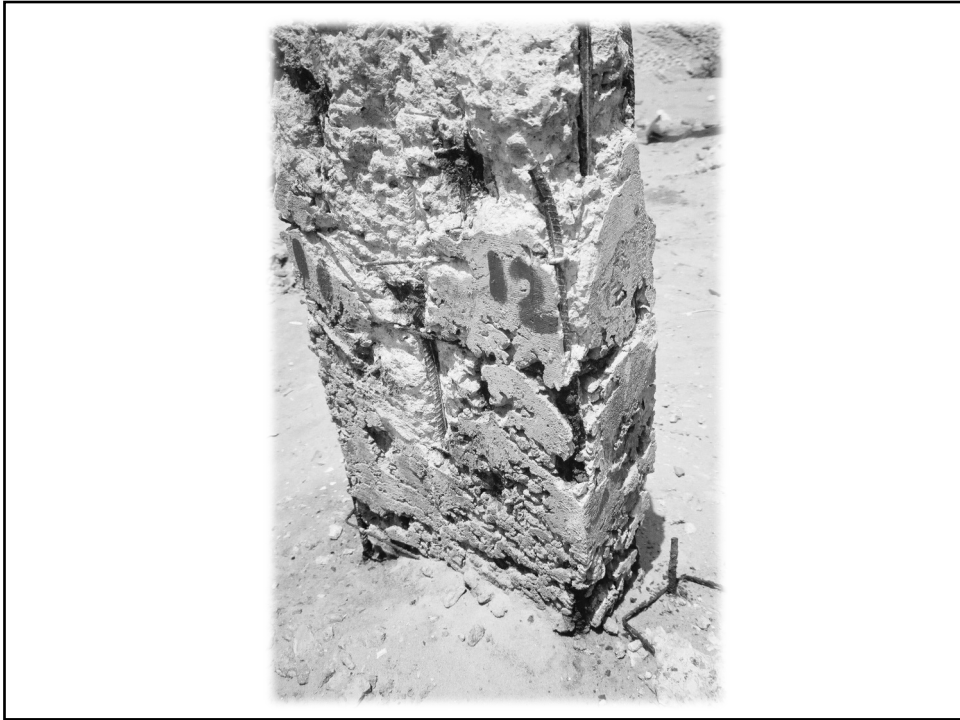


Escombros - la mañana siguiente al deslave

75



76



77



78



La conexión de la columna - sapata con la reducción de la sección transversal de la columna

79

Indice General

- ✓ Normas internacionales
- ✓ Pesquisas / investigaciones
- ✓ Proyecto de las Estructuras de Concreto (Projetistas)
- ✓ Ejecución de las Estructuras de Concreto (Construtores)
- ✓ Producción del Concreto (Concreteras)
- ✓ Control da Resistencia del Concreto (Laboratorios)
- ✓ Criterios de Introducción de la Seguridad

80

Producción del Concreto en Central ASTM C94 e ACI 311->Concretera

Se trata de un producto / servicio que depende de muchas variables :

1. Estudios de dosificación;
2. Humedad de los áridos;
3. Calibrado de prensas;
4. Conformidad laboratorio de la Central;
5. Áridos (natureza, origen, almacenamiento, coleta);

81

Producción del Concreto en Central ASTM C94 e ACI 311->Concretera

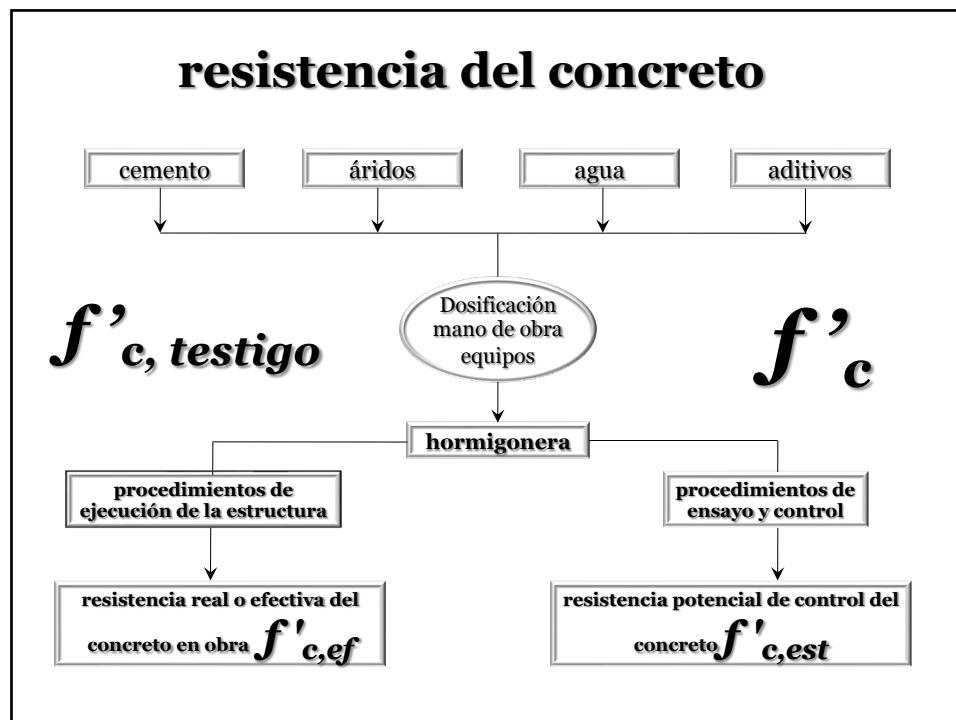
6. Cemento (uniformidad, temperatura);
7. Adiciones (procedimientos???)
8. Aditivos (uniformidad, compatibilidad, procedimientos);
9. Agua (aferición higrometro);
10. Balanceiro (automatizada????)
11. Motorista;
12. Bombista
CUMPLICIDAD !!!!!

82

Indice General

- ✓ Normas internacionales
- ✓ Pesquisas / investigaciones
- ✓ Proyecto de las Estructuras de Concreto (Projetistas)
- ✓ Ejecución de las Estructuras de Concreto (Construtores)
- ✓ Producción del Concreto (Concreteiras)
- ✓ Control da Resistencia del Concreto (Laboratorios)
- ✓ Criterios de Introducción de la Seguridad

83



84

**Control da la resistencia del concreto
ACI 214 (Laboratorios)**

Operaciones de ensayo:

- coleta del concreto;
- local de moldeo;
- almacenamiento;
- desmoldeo;
- transporte;
- sazonamiento;
- terminación;
- rotura.

85

**Control da la resistencia del concreto
ACI 214 (Laboratorios)**

Operaciones de ensayo:

- coleta del concreto;
- local de moldeo;
- almacenamiento;
- desmoldeo;
- transporte;
- sazonamiento;
- terminación;
- rotura.

**Extracción e
ensayo de
testigos!**

86

Dudas

Por lo tanto es conveniente sospechar que hubo falla en las operaciones de ensayo de control siempre que:

- ❖ **la coleta del concreto es hecha en la entrada de la obra;**
- ❖ **las probetas son moldeadas inadecuadamente;**
- ❖ las probetas son transportadas en lo mismo dia;
- ❖ las probetas permanecen al sol;
- ❖ las probetas son mal transportadas;
- ❖ los resultados no crecen;
- ❖ los resultados de hermanos son dispares.

87



88



89



90

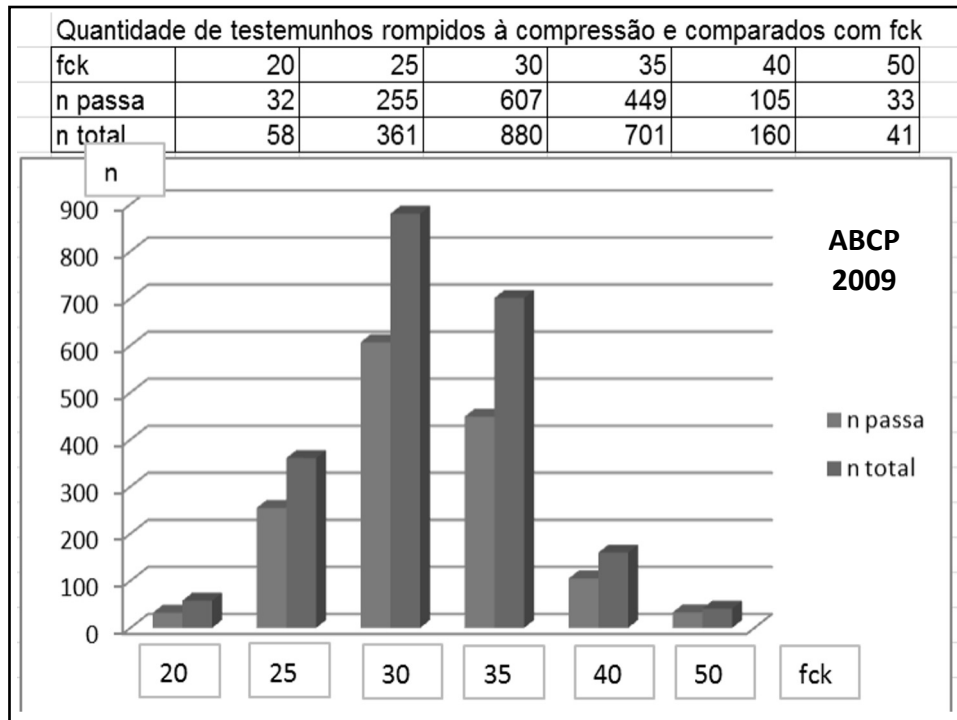
| ordem | nota fiscal | consistência do concreto fresco | Resistencia a la Compresión | | crecimiento de 7 para 28 dias |
|----------------------------------|-------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------|
| | | | 7 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 | |
| coeficiente variação em % | | | 7.7 | 4.8 | |

91

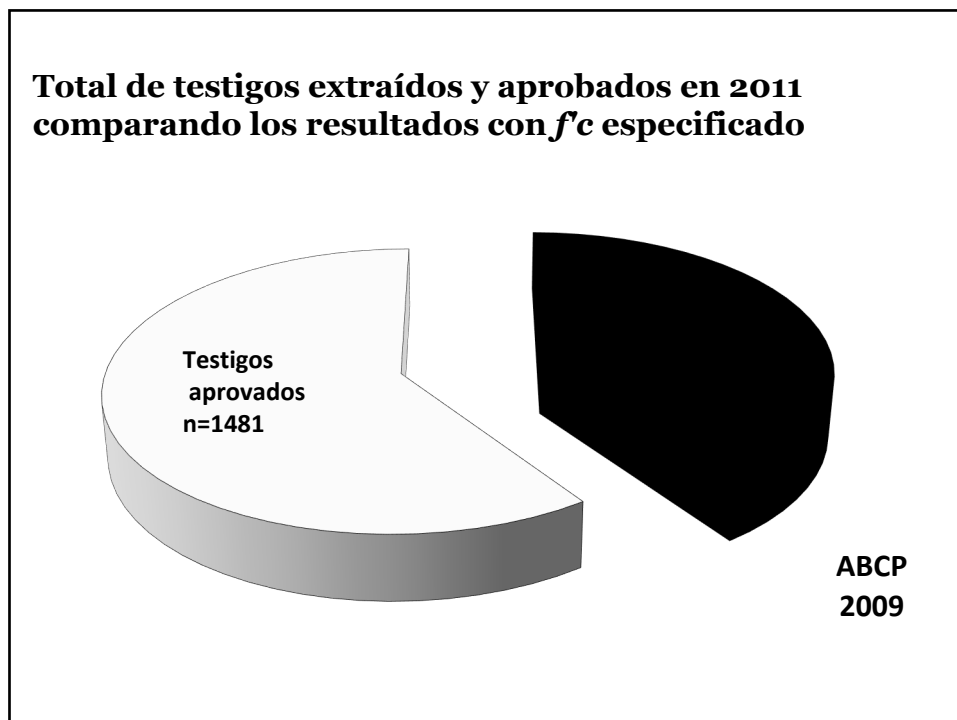
Dudas

testigos extraídos que han demostrado que lo resultado de la probeta de control no siempre es confiable

92



93

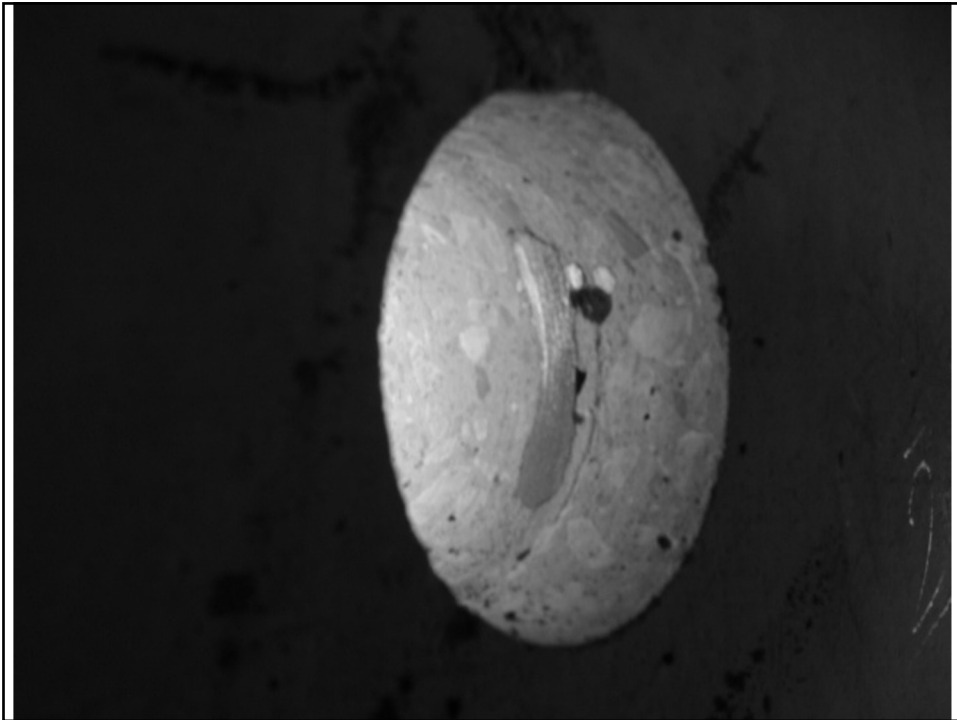


94

**extracción de testigos
LABORATORIO**

**¿Es 100%
confiable?**

95



96



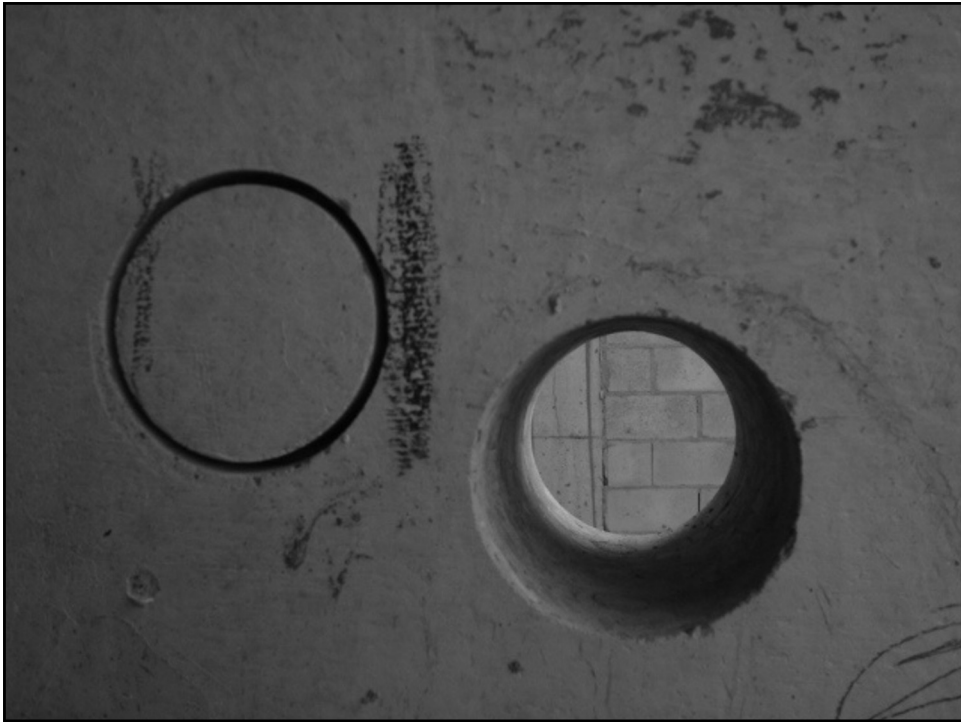
97



98



99



100



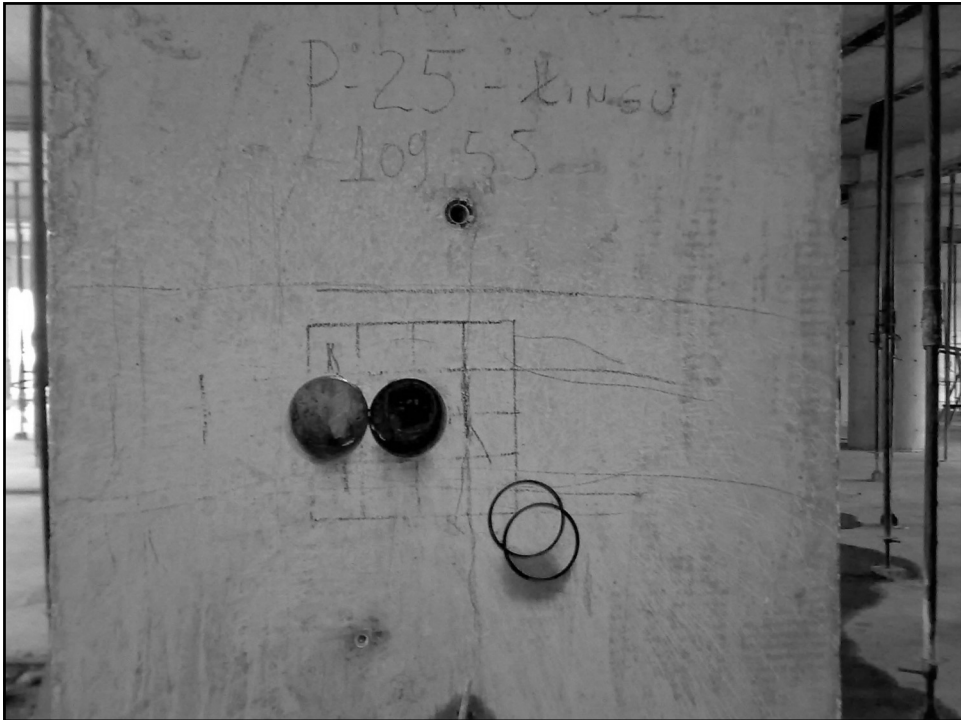
101



102



103



104



105



106



107



108



109



110



111



112



113



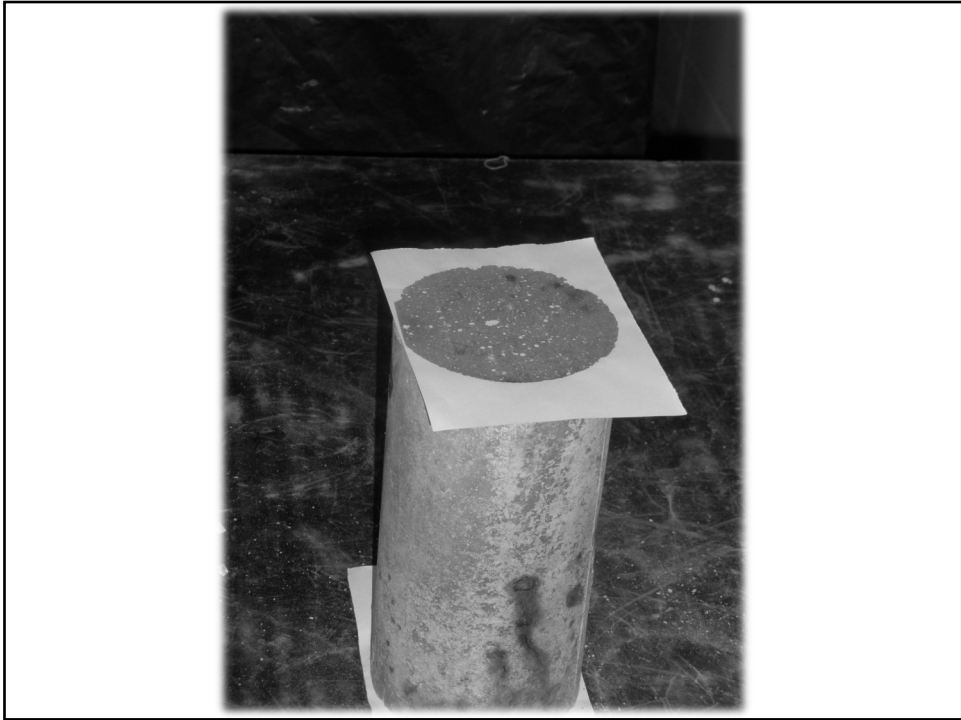
114



115



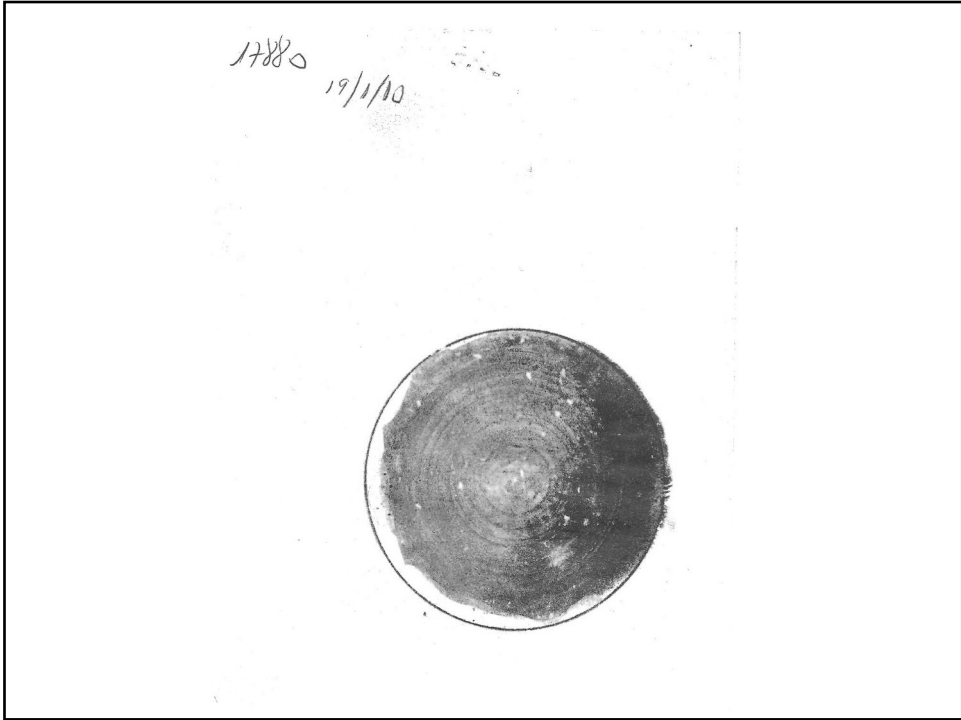
116



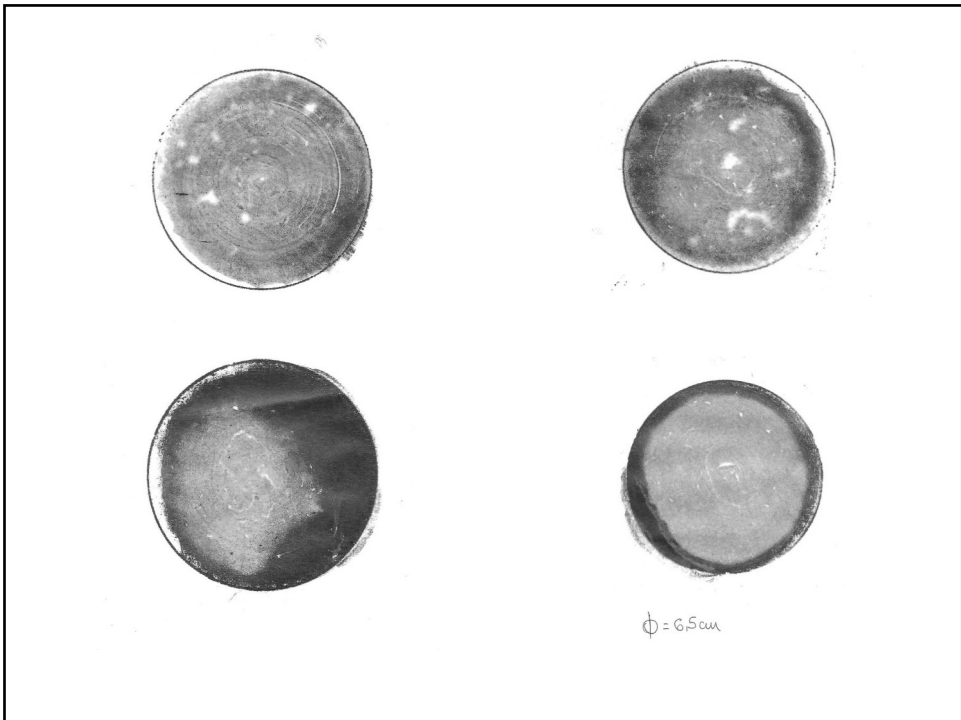
117



118



119



120

SEGURIDAD

EDAD del concreto del testigo

121

Hipótesis

**¿Como la resistencia
crece con el tiempo
partir de 28 días?**

122

onde j é a idade do concreto em dias.

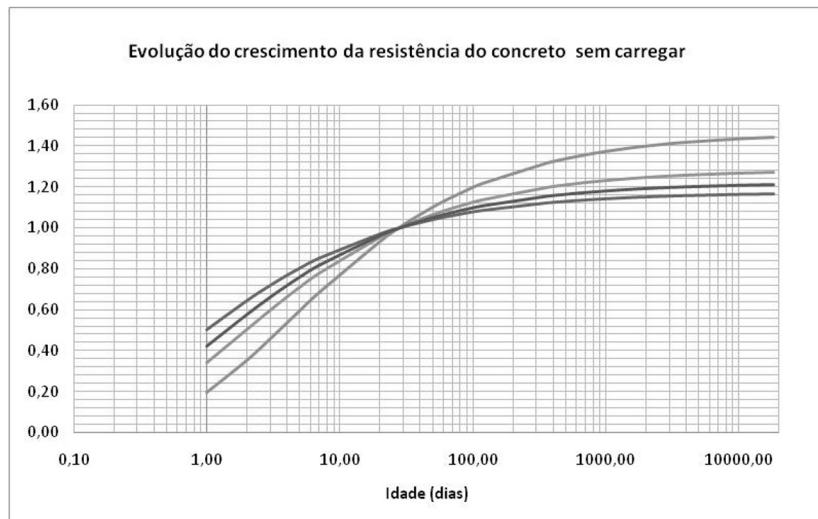
Crecimiento de la Resistencia

$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,28}} = e^{s*(1-\sqrt{\frac{28}{j}})}$$

| | | | | |
|-------------|--------------|---------------|-------------|-----------------------|
| CPV ARI | $s = 0,20$ | 1,21 → 50años | 1,15 → 1año | 1,05 de 1año a 50años |
| CP I / II | $s = 0,25$ | 1,28 → 50años | 1,20 → 1año | 1,07 de 1año a 50años |
| CP III / IV | $s = 0,38$ | 1,45 → 50años | 1,32 → 1año | 1,10 de 1año a 50años |
| NBR 6118 | $s = 0,1545$ | 1,16 → 50años | 1,11 → 1año | 1,05 de 1año a 50años |

123

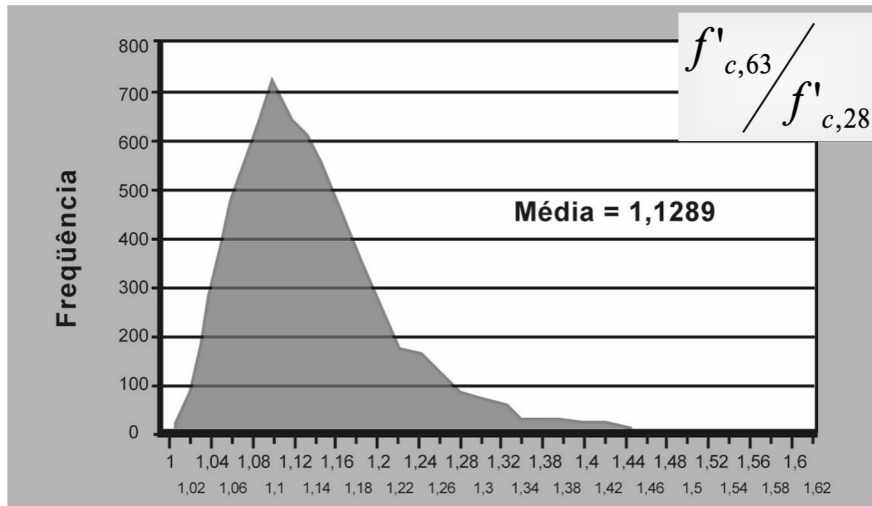
Gráfico



124

Análisis General

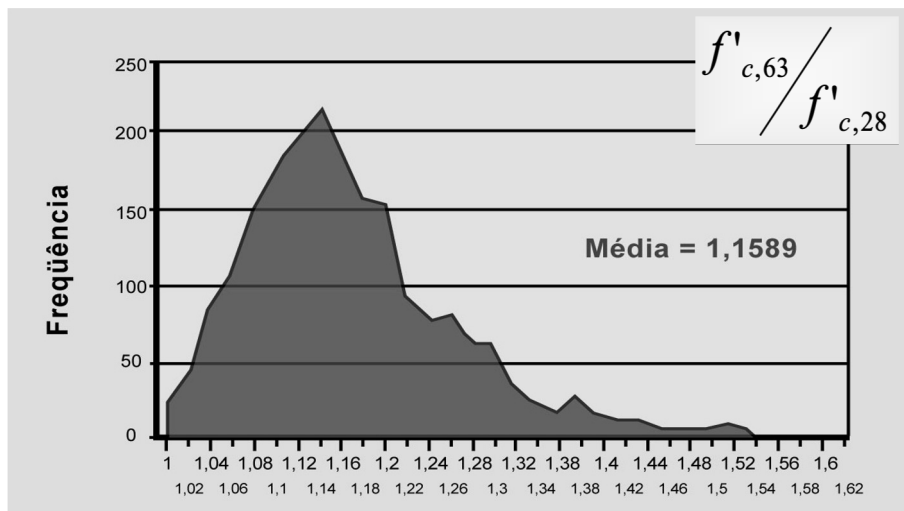
8.429 Registros Analizados, todos los cimientos



125

Análisis

2.046 Registros Analizados, CP III



126

Hipótesis

¿Como la resistencia
disminuye con el
tiempo a partir de 28
días?

127

La reducción de las resistencias (efecto Rüschi)

$$\frac{f_{c,j}}{f_{c,t_0}} = 0,96 - 0,12 * \sqrt[4]{\ln\{72 * (j - t_0)\}}$$

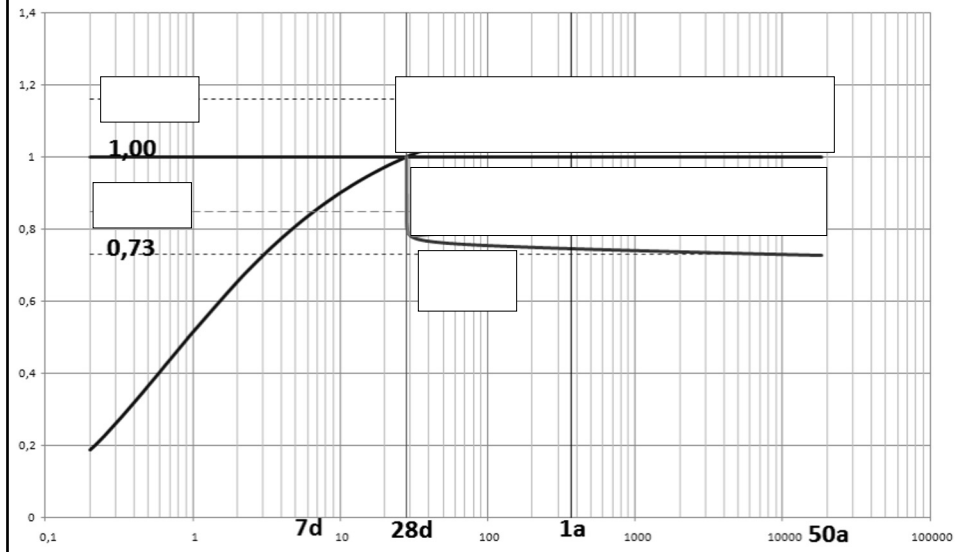
→ j en días

→ t_0 → edad de aplicación de las cargas

→ $j - t_0 > 15$ minutos

128

Disminución de la resistencia



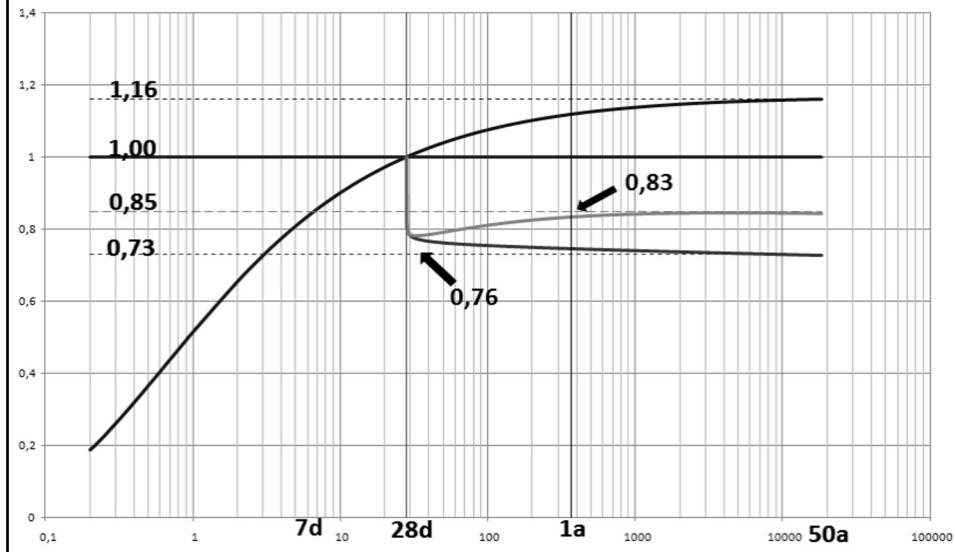
129

Hipótesis

¿ La combinación de crecimiento con una disminución a partir de 28 días?

130

Resistencia del Concreto “bajo carga” desde 28días



131

testemunhos extraídos

estudo de caso $\rightarrow f_{ck} = 35\text{MPa}$

| pilar | c. betoneira 1 |
|--------------------------------------|----------------|
| P11 | 29.5 |
| P12 | 31.6 |
| P13 | 33.0 |
| P11 | 34.3 |
| P14 | 35.2 |
| P14 | 35.4 |
| P13 | 35.9 |
| P12 | 37.4 |
| P15 | 37.7 |
| P16 | 37.9 |
| f_{cm} (MPa) | 34.8 |
| s_c (MPa) | 2.8 |
| v_c (%) | 8% |
| $f_{ck,est}$ (MPa) | 29.0 |

132

Problema:

conocido $f'_{c, \text{testigo}}$ como encontrar el f'_c de diseño equivalente que será utilizado para verificación de la seguridad de la estructura?

133



ABNT/CB-18
1º PROJETO 18:300.02-001/1
SET 2013

Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão axial

APRESENTAÇÃO

1) Este 1º Projeto de Revisão foi elaborado pela Comissão de Estudo de Métodos de Ensaio de Concreto (CE-18:300.02) do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB-18), nas reuniões de:

| | | |
|------------|------------|------------|
| 25.03.2011 | 29.04.2011 | 20.05.2011 |
| 16.06.2011 | 22.07.2011 | 18.08.2011 |
| 23.09.2011 | 24.10.2011 | 16.11.2011 |
| 02.03.2012 | 13.04.2012 | 02.05.2013 |
| 24.05.2013 | 07.06.2013 | 25.06.2013 |
| 02.07.2013 | 26.07.2013 | 01.08.2013 |
| 12.09.2013 | | |

2) Este 1º Projeto de Revisão é previsto para cancelar e substituir a ABNT NBR 7680:2007, quando aprovado, sendo que nesse ínterim a referida norma continua em vigor;

134

Problema

$$f_{c,est,j} = k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 * k_6 * k_7 * k_8 * f_{c,ext,j}$$

$f_{c,est}$ = resistência à compressão característica do concreto equivalente à obtida de corpos de prova moldados, a j dias de idade;

135

$k_1 \rightarrow$ geometria do testemunho

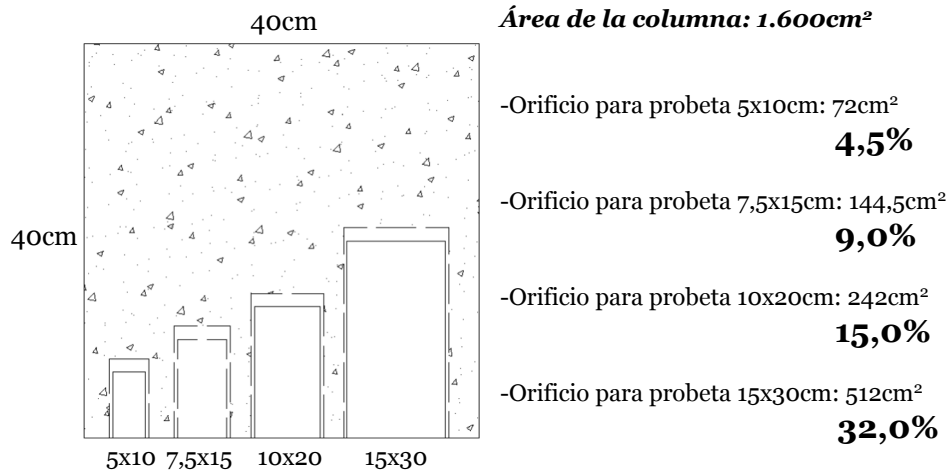
k_1 = correção devida à geometria do testemunho cilíndrico, ou seja, devida à relação h/d.

Esse coeficiente pode ser obtido da *ABNT NBR 7680*.

| relação h/d | $k_1(NBR 7680)$ | ASTM C 42 | BS 1881 |
|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 1,75 | 0,98 | 0,98 | 0,98 |
| 1,50 | 0,96 | 0,96 | 0,96 |
| 1,25 | 0,93 | 0,93 | 0,94 |
| 1,00 | 0,87 | 0,87 | 0,92 |

136

Región afectada por la extracción



137

$k_2 \rightarrow$ broqueamento

k_2 = coeficiente devido ao efeito deletério de broqueamento.

ACI 214:2010 \rightarrow 1,06

138

$k_3 \rightarrow$ curado

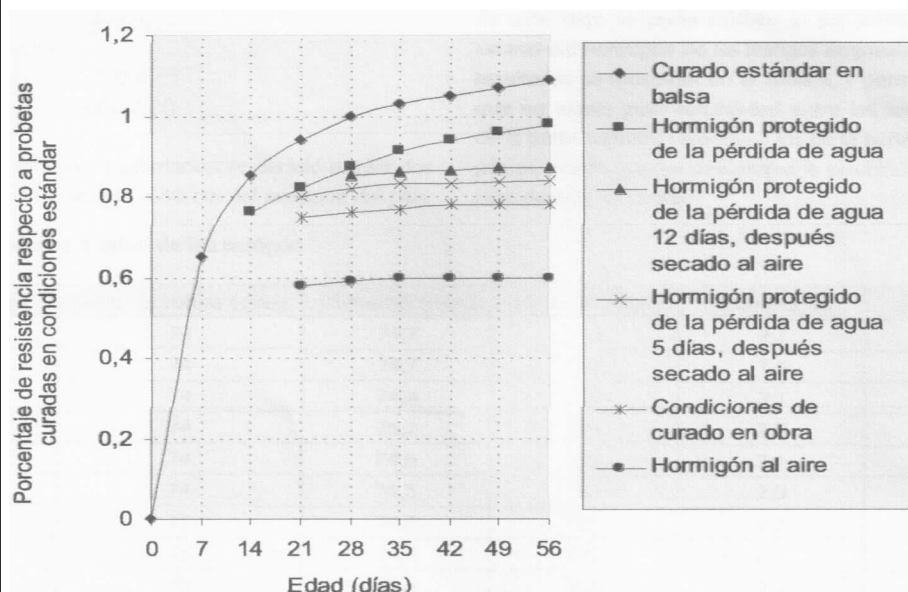
k_3 = coeficiente devido a deficiências de cura do concreto na obra.

Esse coeficiente pode ser obtido de vários textos base de livros de tecnologia de concreto ou até mesmo da norma *ACI 214:2010*.

A cura deficiente de obra, comparativamente àquela padronizada como ideal, pode reduzir muito a resistência do concreto na obra.

139

Efeito del curado $k_3 \rightarrow$ curado para $\Theta = (23 \pm 2)^\circ\text{C}$



Concrete Society Technical Report N° 11 "Concrete core testing for strength". Concrete Society, Maio de 1976.

140

$k_3 \rightarrow$ curado

k_3 = coeficiente devido a deficiências de cura (e temperatura) do concreto na obra.

| referência | condição | coeficiente k_3 |
|-----------------------|---------------|-------------------|
| ACI Materials Journal | > 30°C | 1,10 |
| ACI Materials Journal | <15°C | 1,05 |
| Bureau of Reclamation | ao ar | 1,60 |
| Concrete Society | usual obra | 1,20 |
| Concrete Society | membrana cura | 1,10 |

141

$k_4 \rightarrow$ adensamento

k_4 = coeficiente devido a deficiências de adensamento na obra comparativamente ao adensamento enérgico e ideal do corpo de prova.

142

Fatores de correção por compactação em função do excesso de poros. $k_4 \rightarrow$ adensamento

| porcentagem de ar em excesso | fator de correção por compactação, k_4 |
|------------------------------|--|
| 1,0 | 1,08 |
| 1,5 | 1,13 |
| 2,0 | 1,18 |
| 2,5 | 1,23 |
| 3,0 | 1,28 |
| 3,5 | 1,33 |
| 4,0 | 1,39 |
| 4,5 | 1,45 |
| 5,0 | 1,51 |

Concrete Society Technical Report N° 11 "Concrete core testing for strength". Concrete Society, Maio de 1976.

143

$k_4 \rightarrow$ adensamento

Segundo *ACI 214:2010* e livros texto de concreto, deve ser aumentada a resistência do testemunho de 5% a 7% para cada 1% a mais de porosidade (volume de vazios) do concreto extraído em relação à porosidade medida no concreto bem adensado do corpo de prova padrão.

Isso pressupõe que a porosidade (*ASTM C 642*) tenha sido medida no corpo de prova moldado e também no testemunho extraído;

144

$k_5 \rightarrow$ direção de extração

k_5 = coeficiente devido à direção de extração em relação à direção de lançamento e adensamento do concreto.

145

$k_5 \rightarrow$ direção de extração

| referência | coeficiente k_5 |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Petersons, Nils | 1,12 |
| Delibes Liniers, Adolfo | 1,05 |
| Concrete Society | 1,08 |

- ✓ Petersons, Nils. Recommendation for Estimation of Quality of Concrete in Finished Structures. Stockholm. Materiaux et Constructions, v.4, n. 24, 1977. p 379-97
- ✓ Delibes, Liniers Adolfo. Análisis de la Influencia de Algunas Variables em la Extracción y Ensayo a Compresión de Probetas Testigos de Hormigón. Madrid, Informes de la Construcción, n. 266, 1974. p. 65-79
- ✓ Concrete Society. Concrete Core Testing for Strength. London. Concrete Society Technical Report, .11, 1976.
- ✓ Revuelta Crespo, David & Gutiérrez Jiménez, José Pedro. Ensayos de Información Complementária del Hormigón: Evaluación de la Resistencia a Compresión del Hormigón Mediante Probetas Testigo. Madrid, Hormigón & Acero, Dec. 2009, n. 935. ISSN 0008-8919 p. 34-46

146

$k_5 \rightarrow$ direção de extração

Relação entre a resistência do concreto em testemunhos extraídos em direção paralela e ortogonal à concretagem.

| Pesquisador | coeficiente k_5 |
|-----------------------------|-------------------|
| Petersons (1971) | 1,12 |
| Grahan, apud Neville (1969) | 1,08 |
| Ortiz & Diaz (1973) | 1,01 a 1,06 |
| Liniers (1974) | 1,05 |
| Meininger (1977) | 1,07 |
| Concrete Society | 1,08 |
| Kasai & Matui (1979) | 1,04 |
| Munday & Dhir (1984) | 1,05 a 1,11 |
| Bloem (1968) | 1,00 |

Dissertação de Mestrado. De Castro, E. Estudo da Resistência à Compressão do Concreto por Meio de Testemunhos de Pequeno Diâmetro e Esclerometria. p. 70. Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia, 2009

147

$k_5 \rightarrow$ direção de extração

Segundo *ACI 214:2010*, concreto extraído em direção ortogonal à de lançamento deve ser corrigido de $k_5 = 1,05$, ou seja, a resistência do concreto extraído ortogonalmente é 5% menor que aquela do concreto do corpo de prova onde a moldagem e o ensaio estão na mesma direção;

148

$k_6 \rightarrow$ sazónamento

| sazónamento | coeficiente k_6 |
|--|-------------------------------------|
| padrón | 1,00 |
| submerso 48h em água potável, ensaiado saturado | 1,09 |
| seco por 7días em UR <60% e temperatura de 16°C a 21°C | 0,98 |

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

149

Resumo

$$f'_c = k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 * k_6 * f_{c, \text{testigo}}$$

Aún considerar edad y efecto de carga mantenida

Es un problema técnico y complejo que necesita buen sentido

150

Conformidad del Concreto

*Consultores, diseñadores, controladores,
Gerentes, Constructores, Fiscales Publicos,*

*La falta de ética
acción venal
Mezquinhaz
avareza
corrupción
omnipotencia
omisión
falta de preparación
ignorancia*

**“no hay tecnología
que solucione...”**

151



152



153