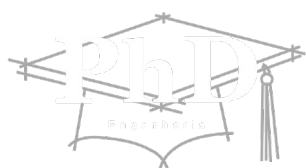


FICEM

Sobre la Supremacía de las Estructuras de Concreto



Paulo Helene

*Conselheiro IBRACON
Diretor PhD Engenharia*

Miembro Red PREVENIR CYTED

fib (CEB-FIP) Member of Model Code for Service Life

M.Sc. PhD Prof. Titular da Universidade de São Paulo USP

Presidente Asociación Latino Americana de Control de Calidad y Patología ALCONPAT Internacional

FICEM2012

10 de octubre de 2012

Santiago / Chile

1



2

Oscar Niemeyer



1970

3

José Carlos de Figueiredo Ferraz



Lina Bo Bardi

MASP Museu de Arte São Paulo 1968

4

Importância de la “arquitectura & de la ingeniería civil” para él desarrollo de una Nación

5

Investigación en Concreto

No Canadá, CA → Pierre-Claude Aitcin – Diretor Científico

1989 National Research Council, NRC
NCE 1989 → Network of Centres of Excellence
NCE investe 40 milhões de dólares/ano

Concrete/Béton Canada (1989 → 1999)
Université de Sherbrooke
1,4 milhões de dólares/ano (10 anos)

Entidades integrantes:
11 universidades
15 Instituições Governamentais
5 Entidades
65 Empresas

6

Béton Canada

The mission of Concrete Canada is to position the Canadian construction industry at the leading edge of concrete technology in order to enhance its competitiveness.

Its goal is to develop more durable, high-performance concrete and provides a longer life expectancy for structures, to develop innovative tools for designing new structures and repairing existing structures.

Beton Canada are demonstrating that HPC structures are safe, efficient and cost-effective, and providing direct transfer of technology from the laboratory to industry.

Béton Canada Network assure Canada as world leader in the industry field.

7

CANADA → Networks of Centres of Excellence (14 em 1989, hoje 19)

Advanced Technologies

1. Canadian Network for Space Research
2. Centres of Excellence in Molecular and Interfacial Dynamics
3. Institute for Robotics and Intelligent Systems
4. Micronet - Microelectronic Devices, Circuits and Systems
5. NeuroScience Network

Engineering and Manufacturing

1. Canadian Institute for Telecommunications Research
- 2. Concrete Canada**
3. Mechanical Wood-Pulps Network

Health, Human Development and Biotechnology

1. Canadian Ageing Research Network
2. Canadian Bacterial Diseases Network
3. Insect Biotech Canada
4. Inspiraplex - Respiratory Health Network of Centres of Excellence
5. Protein Engineering Network

Natural Resources and Environment

1. Ocean Production Enhancement Network

8

NCE Canada Network of Centres of Excellence

Engineering and Manufacturing

1989 a 1999

Concrete / Béton Canada

1995- 2012

Intelligent Sensing for Innovative Structures

ISIS Canada

University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba

9

Pesquisas em Concreto

Nos Estados Unidos, USA → Surendra Shah → Diretor Científico

1989 → National Science Foundation, NSF

ACBM Center for Advanced Cement-based Materials

NorthWestern University

University of Illinois

Purdue University

University of Michigan

National Institute of Standards and Technology

→ WMU, waste material utilization;

→ LCP, life cycle prediction;

→ DHPC, designing for high performance concrete

“Concrete & Science Engineering”

“Cementing the Future” média: 8 artigos por ano

10

ACBM: Worldwide leaders in new technology

ACBM was established in 1989 as a National Science Foundation Science and Technology Center, dedicated to the cement and concrete industries. By focusing on research, education, and technology transfer, ACBM has contributed major advances in the knowledge of cement and concrete materials and their behavior.

Hundreds of students and visiting scholars have participated in research at ACBM and have gone on to careers in industry and academia to continue this important work.

Many companies have adopted and optimized new technologies based on expertise developed through collaborative efforts with ACBM. **Cement Research — Response to a real world need.**

Much of the way we live depends on concrete. Our houses, roads, cities and underground support systems are all structured from this.

11

**CUANDO FUE
RECONOCIDA LA
PROFESIÓN DE
ARQUITECTO POR
PRIMERA VEZ EN LA
HISTÓRIA DE LA
HUMANIDAD ?**

12

**Político, alquimista, primero
Arquitecto → Imhotep**



64m

2790 A C

Pirâmide escalonada de Djeser

13



Piramides de Giza

Faraó Khufu

Queóps

147 m

Egito

2.580 aC

14

Materiales Estructurales!

1. Madera / bambú;
2. Barro / arcilla (+ fibra);
3. Cerâmica;
4. Roca

15

I Grande Revolución !

La Arquitectura podía
construir obras durables,
majestuosas y de grandes
proporciones.

16



17



18



*Pirâmide de
Chichen Itza
Kukulcán
Imperador
Maya*

*1050.000
visiting tourists
2010*

México 1.100 – 1.300 d.C.

19

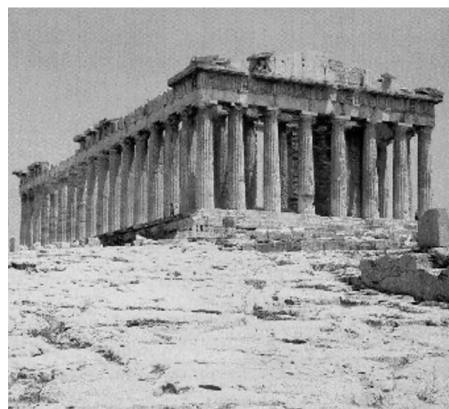
EL CONCEPTO DE CONSTRUIR CON DURABILIDAD EXISTE DESDE LA ANTIGUEDAD

*razón áurea C/L = 1,618
número phi (Phidias)*

*Arquitetos Ictinos de Mileto
e Calícrates (escultor Phidias)*



Parthenon, 440 aC
“século de Péricles”



20

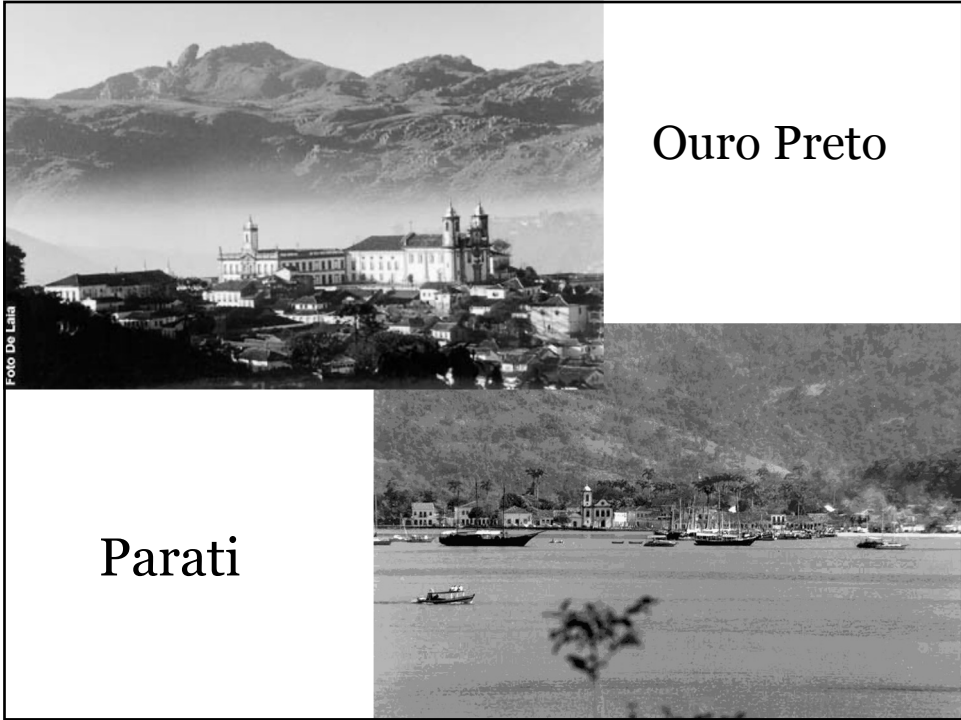
Cartagena de Indias



21



22



23



24

**CUANDO EL CONCRETO
(estructural) HA
APARECIDO POR
PRIMERA VEZ EN LA
HISTÓRIA?**

25

Panteón
de
Roma



26



27

**Cúpula del Panteón de Roma
Siglo II dC → Diámetro de 44m**



28



29

Siglos históricos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadía Cluny, France

XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Colonia

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral São Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclasico → Arco do Triunfo , Paris

30

Catedral de Notre Dame



1163-1330

Abóbada da nave central → 35 m de altura

31

Siglos históricos

IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul

IX → Estilo Romanico → Abadia Cluny, France

XII-XIV → Estilo Gótico → Catedral Notre Dame, Coloña

XV → Estilo Renacentista

XVII → Estilo Barroco → Catedral San Pedro, Bernini

XVII → Estilo Neoclasico → Arco del Triunfo , Paris

XIX → Estructuras metálicas

32

Primer Puente Metálica → 1.779 d.C.

Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra

still in use today carrying occasional light transport and pedestrians



33



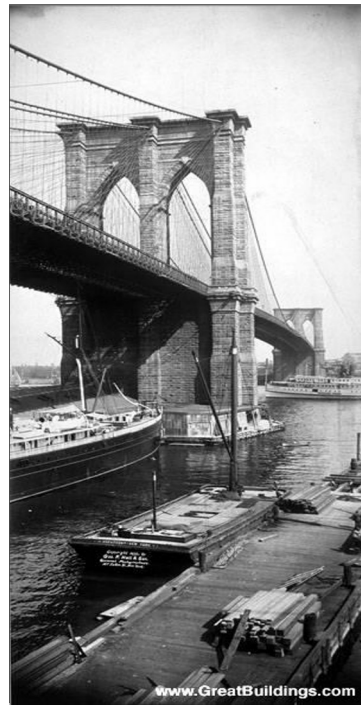
Puente del Brooklyn, New York, USA → 1.883

John Augustus Roebling

ponte suspensa com cabos de aço galvanizados

34

**cimentación
en roca y
albañilería
de roca**



35

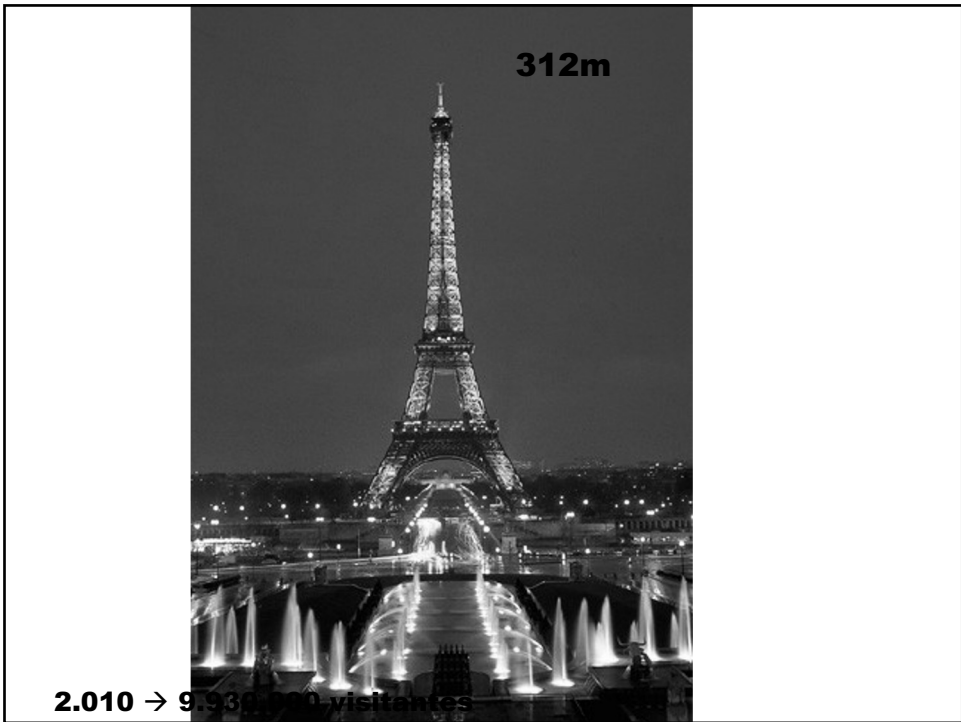
II Grande Revolución !

La Arquitectura de Estructuras
podía diseñar obras antes
inimaginables, con mucho más
velocidad, seguridad para vencer
grandes vanos y podía construir
en altura como nunca antes.

36



37



38

**donde están los
edificios de
oficinas y
habitación?

que pasó?**

39



**Palácio de Westminster → Houses of Parliament
1.868 dC Big Ben**

40

- **1.888 → Leroy Buffington
USA, esqueleto reticular**
- **1.853 → Otis, elevador seguro,
1889 → 1º elevador elétrico em
NY**

41



**O início dos arranha-
céus foi em 1.890-1.891
com a construção do
edifício Wainwright
com 42m
St. Louis, USA.**

***Conhecido Escola de
Chicago***

**Projetista
Arquiteto Louis Henry
Sullivan**

42

SIGLO “XX”

1892

**APARECE UN
NUEVO MATERIAL**

Concreto Armado

43

**Primeras Normas sobre
Estructuras de Concreto**

1903	Suiça
1903	Alemanha
1906	França
1907	Inglaterra

44



45



**Systeme
Hennebique**
Paris, Rue Danton1

7 andares
França 1.901
30m

$f_{ck} = ?$

109 anos !

*edificio em concreto mais
antigo do mundo*

46



Palácio Salvo
Montevideu

27 andares

Uruguai 1925

103m

$f_{ck} = ?$

85 anos !

world record

47



***Edifício
Martinelli***

1929

106m

81 anos

world record

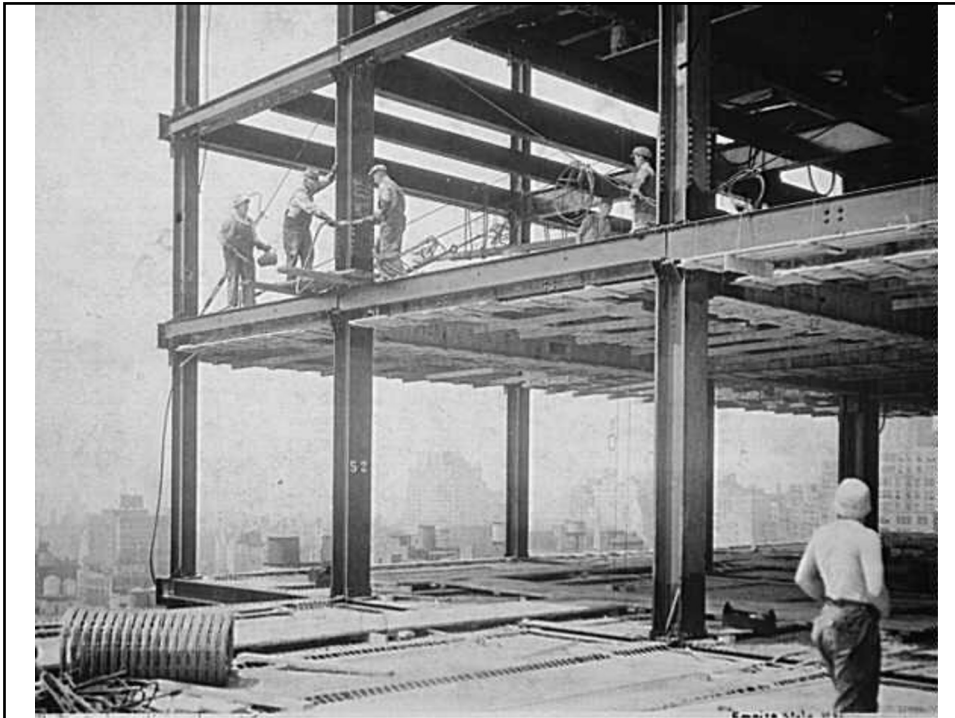
São Paulo, Brasil

48



Empire State Building
381m , New York, 1.931

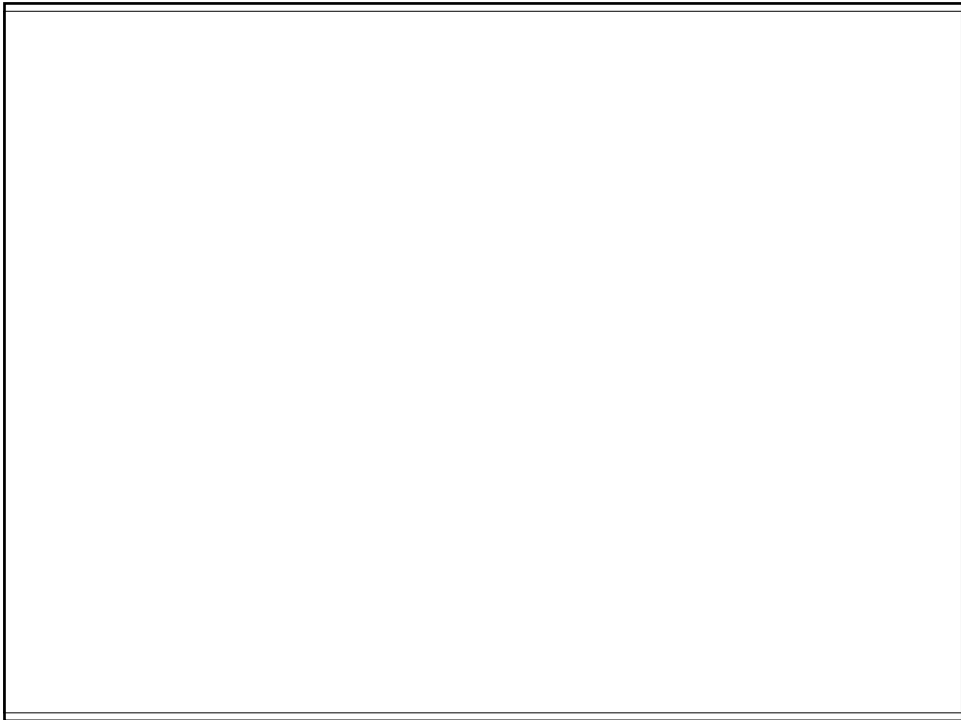
49



50



51



52



53

Siglo XX
1.928

“nuevo material estructural”

Concreto
Protendido

Eugene Freyssinet

54



55



56



57

III Grande Revolución !

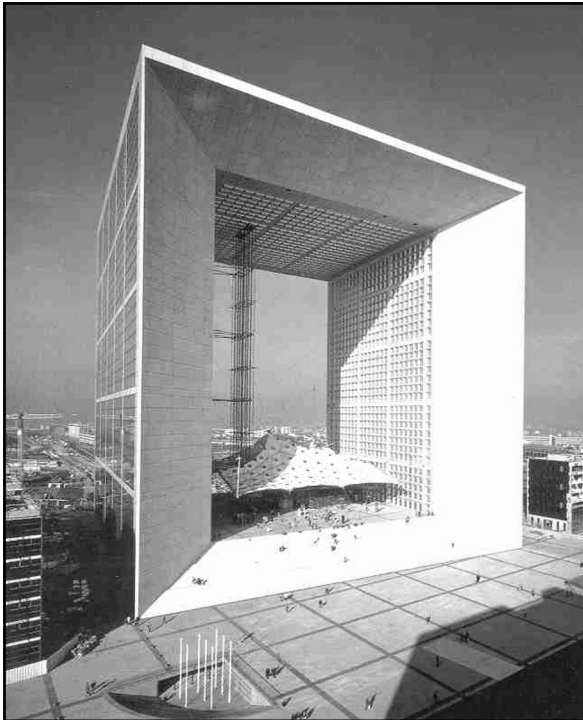
La Arquitectura de estructuras podía ousar mucho más pues ha descubierto como combinar dos materiales fantásticos. Él concreto tenía la durabilidad de la roca, era compatible con el acero e aún lo protegía “eternamente”

58



Torre Gran Costanera
70 pisos
Santiago de Chile
300m recorde Ibero Americano
Febrero 2012 → inauguración 2013

59



Grand Arch
La Defense
Paris
França 1990
 $f_{ck} = 60 \text{ MPa}$
“high-tech style”

60



Petronas Towers

Cesar Pelli

Kuala Lumpur

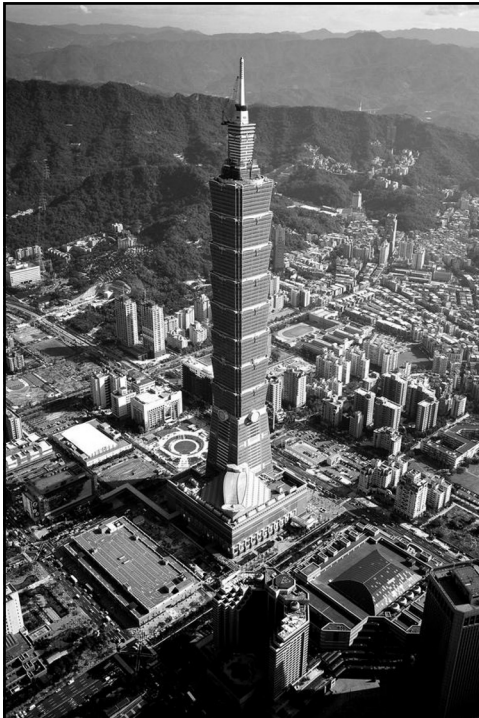
Malasia 1.997

452m

$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

before / after

61



TAIPEI 101

Shangai World Financial Centre

Taiwan, China

2005

509m

$f_{ck} = 80 \text{ MPa}$

steel / concrete

62

Como puede ser él futuro?

63

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "De Architectura"

10 volumes → 800 anos como best - seller

Utilitas
Firmitas
Venustas

(funcional)
(estável e durável)
(bonita)

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

64

Venustas

Bonita !

65



66

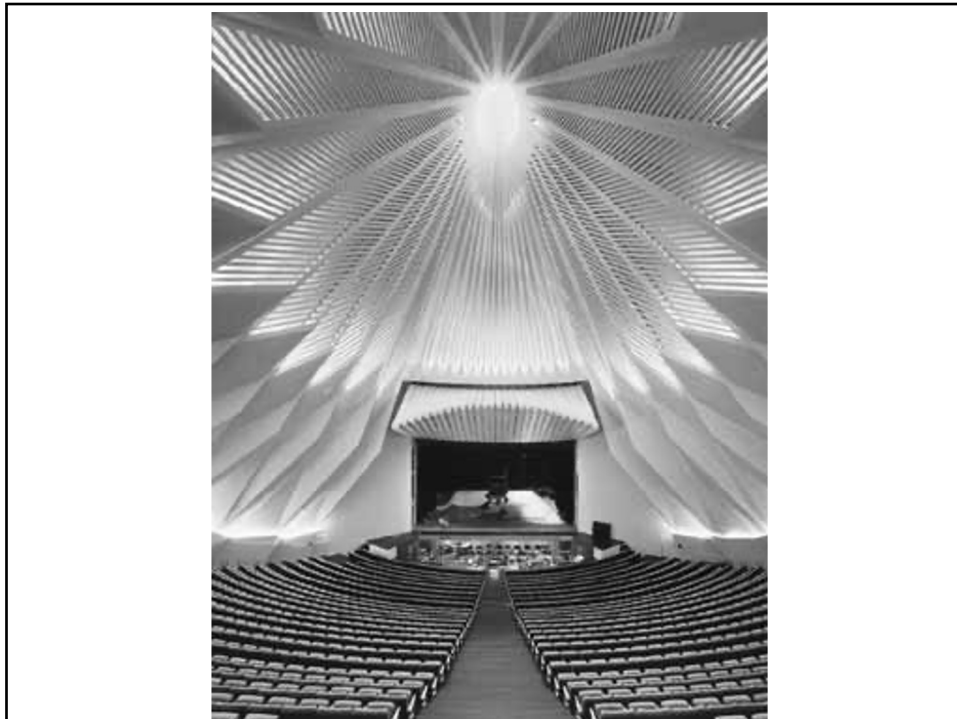
Auditório de Tenerife
Espanha
2003
Santiago Calatrava



67



68



69

Firmitas
estável e durável

70



**Centro
Empresarial
Nações
Unidas**

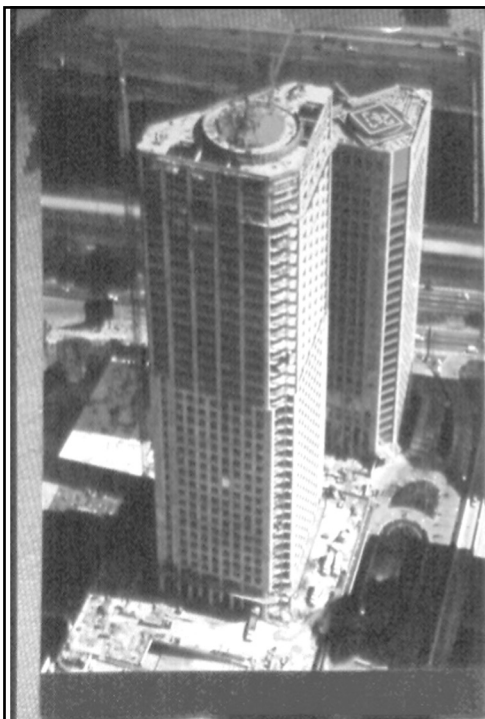
Torre Norte

**São Paulo
1997**

Altura 179 m

$f_{ck} = 50\text{MPa}$

71



**250 anos
de garantia.**

Quando precisa de segurança, tecnologia e compromisso com o meio ambiente, chama a Mindo Engenharia. Conheça a Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um ícone de São Paulo. O empreendimento foi desenvolvido em parceria com a Mindo Engenharia, responsável por garantir a qualidade e a durabilidade da obra. A Torre Norte é um exemplo de arquitetura moderna e sustentável, com uma estrutura de concreto armado de alta resistência. O projeto foi desenvolvido em parceria com a Mindo Engenharia, responsável por garantir a qualidade e a durabilidade da obra. A Torre Norte é um exemplo de arquitetura moderna e sustentável, com uma estrutura de concreto armado de alta resistência.



**CONCRETO
ENGEMIX**



72

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "*De Architectura*"

10 volumes → 800 anos como best - seller

<i>Utilitas</i>	<i>(funcional)</i>
<i>Firmitas</i>	<i>(estável e durável)</i>
<i>Venustas</i>	<i>(bonita)</i>

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

73

Arte e Ciência da Construção

Marcus Vitruvius Pollio (*Engenheiro / Arquiteto Romano*)

40 anos aC → "*De Architectura*"

10 volumes → 800 anos como best - seller

<i>Utilitas</i>	<i>(funcional)</i>
<i>Firmitas</i>	<i>(estável e durável)</i>
<i>Venustas</i>	<i>(bonita)</i>

Até hoje pode-se considerar como os grandes marcos da pesquisa, da inovação e do desenvolvimento em construção civil

74

Sostenibles

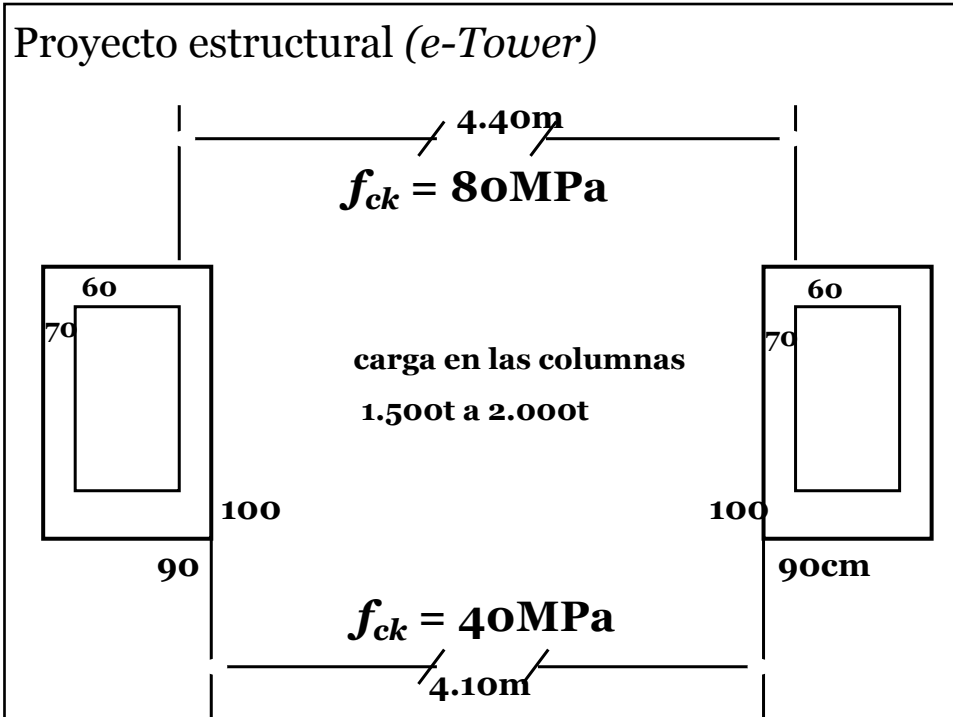


75

- ▼ Edifício e-Tower SP
- ▼ 42 pisos
- ▼ Heliponto
- ▼ Pileta semi-olímpica
- ▼ Academia de ginástica
- ▼ 2 restaurantes
- ▼ Concreto colorido
- ▼ f_{ck} pilares = 80MPa




76



77



78



79

Economía de recursos naturales

Original:

$$f_{ck} = 40\text{MPa}$$

sección transversal \rightarrow 90cm x 100cm

$$0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

$$f_{ck} = 80\text{MPa}$$

sección transversal \rightarrow 60cm x 70cm

$$0,42\text{m}^2$$

80

Economía de recursos naturales

- **70% menos arena**
- **70% menos grava**
- **53% menos concreto**
- **53% menos agua**
- **20% menos cemento**

81

Consideraciones Finales

*basadas en CTBUH → Council on Tall Buildings
and Urban Habitat*

82

Edificios Altos

Según Council on Tall Buildings and Urban Habitat - CTBUH, un edificio es considerado rasca-cielo cuando su altura supera los 300m (>75 pisos)

83



Edificios Altos



Tabela comparativa

Material	Construídos		En construcción	En proyecto
	hasta 2002	de 2002 a 2012		hasta 2020
Acero	10	3	4	-
Concreto	8	18	18	4
Compuesto	14	13	32	4
total	32	34	54	8

fonte: <http://www.skyscrapercenter.com/>

84

Edifícios Altos

Gran Torre Costanera – Santiago / Chile



Fonte:
<http://malasepanelas.com/category/chile/santiago/providencia/>

Altura: 300m

Início da Construção: 2006

Término previsto: 2013

85

En 1.997 las torres
gemelas Petronas, en
Kuala Lumpur,
construídas en concreto,
han superado en altura la
torre metálica Sears en
Chicago

86

Pasados pocos años y hasta 2020, habrá 96 nuevos edificios con altura superior a 300m

87

De ese total de 96

“rasca cielos”:

- 40 son en concreto
- 49 son compuestos
- apenas 7 son de acero

88



Edifícios Altos



Tabela comparativa

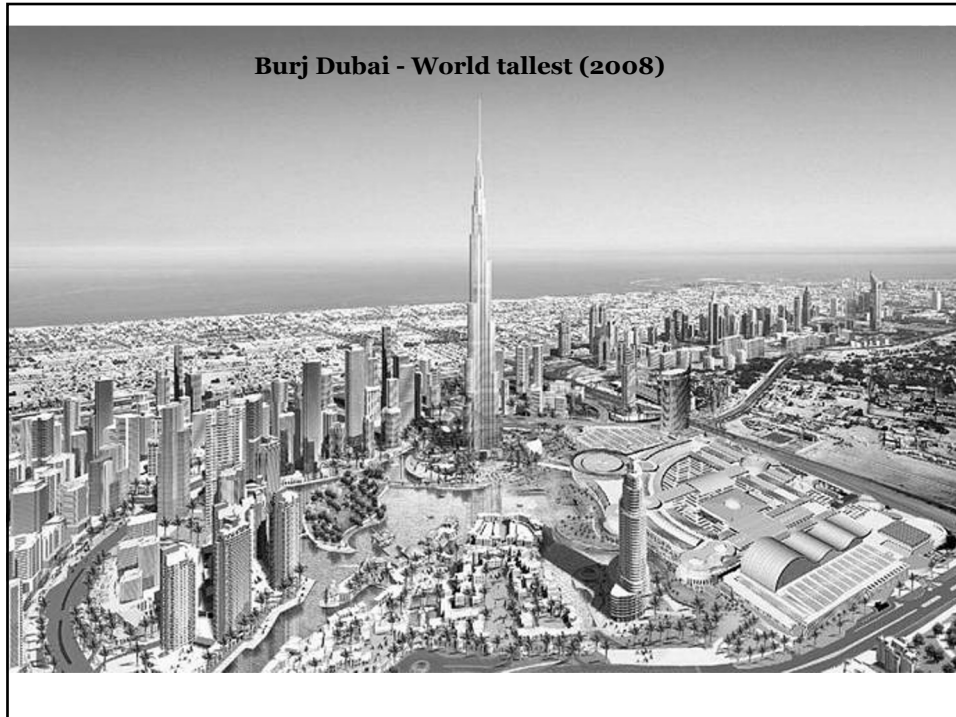
Materiais	edifícios			
	até 2002	%	de 2002 a 2012	%
Aço	10	31%	7	7%
Concreto	8	25%	40	42%
Composto	14	44%	49	51%

fonte:
<http://www.skyscrapercenter.com/>

89

Incluso el más alto edificio del mundo, la Burj Khalifa, en Dubai, con 820m, ha sido construida con concreto

90



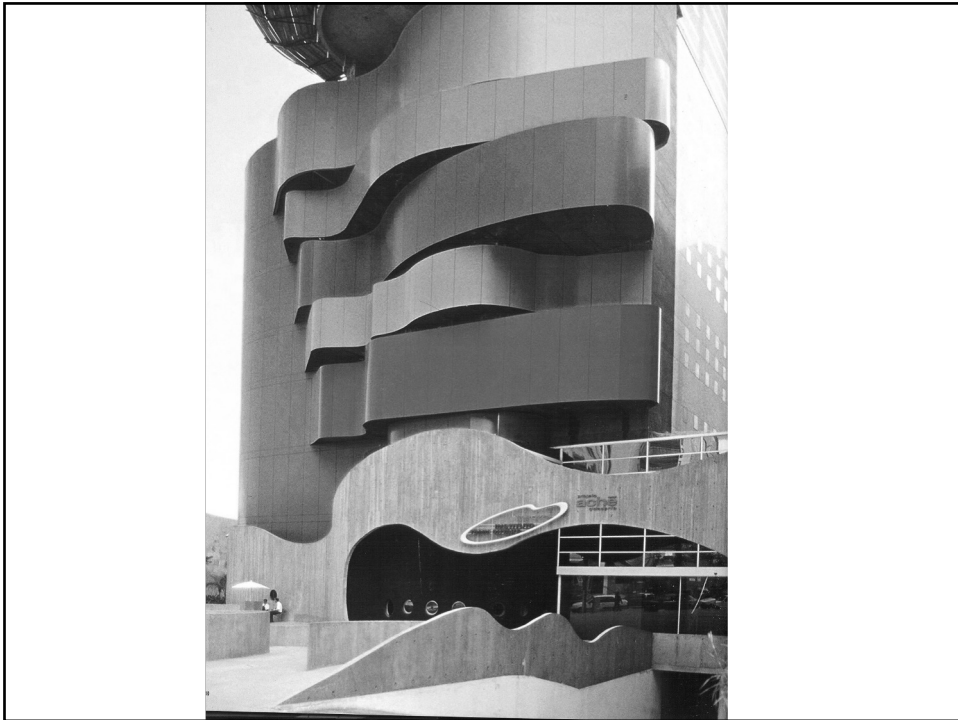
91

En 100 años, el concreto
ha superado todos los
límites y fronteras del
conocimiento en
Arquitectura e
Ingeniería de proyecto y
de construcción !

92

y... todavía sigue en franco progreso e evolución, tornando imposible preveer sus límites y su sustituto !

93



94



95