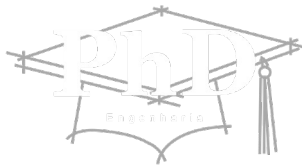




Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa  
12-14 de Noviembre del 2012



# Sobre el Arte de Diseñar y Construir Estructuras



**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*

*Los Mochis*

*14 de noviembre de 2012*

*Sinaloa / Mexico*

1



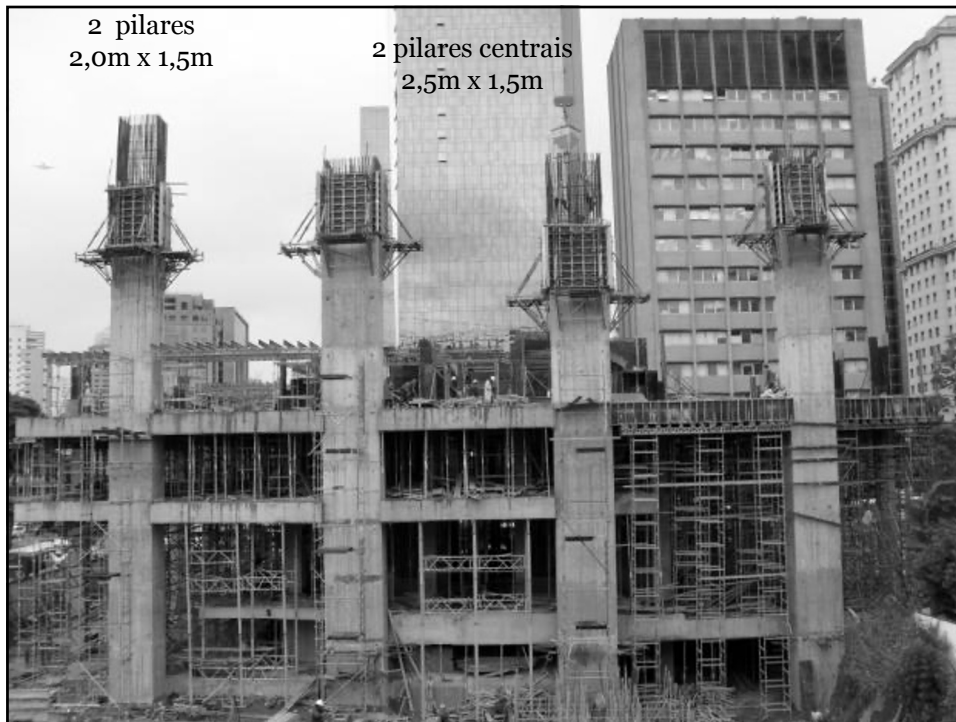
2



3

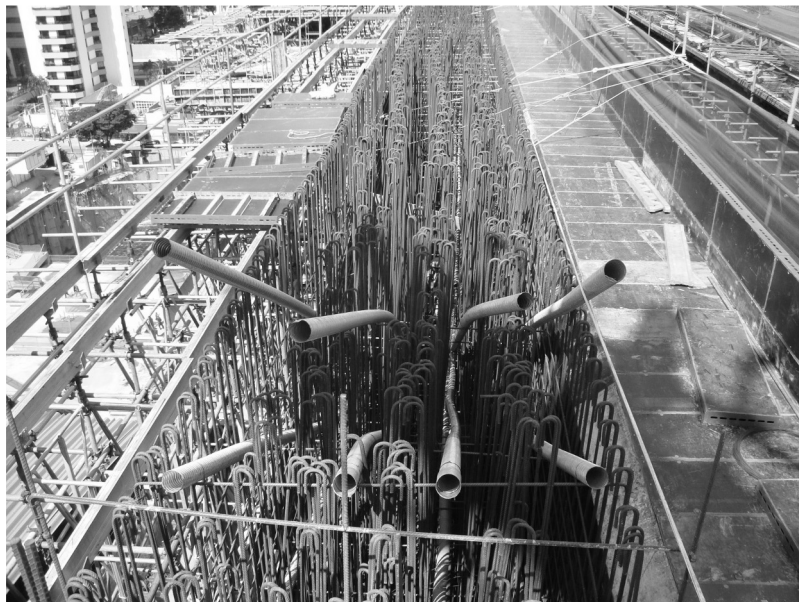


4



5

**Como concretar sem vazios nem fissuras?**



6



7



8



9

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

10

## **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

11

## **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.

12

**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

13

**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

14

## 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

15

### 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.

16



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

17

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



**Pirâmide escalonada de Djeser**

18



19

## **Materiales Estructurales!**

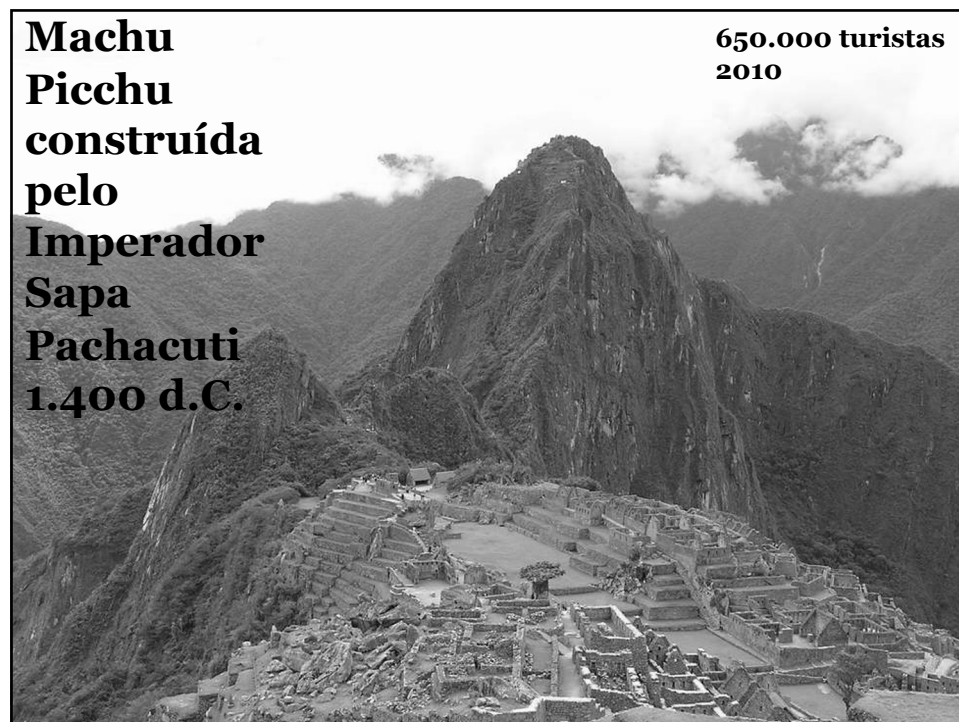
1. Madera / bambú;
2. Barro / arcilla (+ fibra);
3. Cerâmica;
4. Roca

20

# **I Grande Revolución !**

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

21



22



23



24

## EL CONCEPTO DE CONSTRUIR CON DURABILIDAD EXISTE DESDE LA ANTIGUEDAD

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

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



**Pártenon, 440 aC**  
**“século de Péricles”**

25

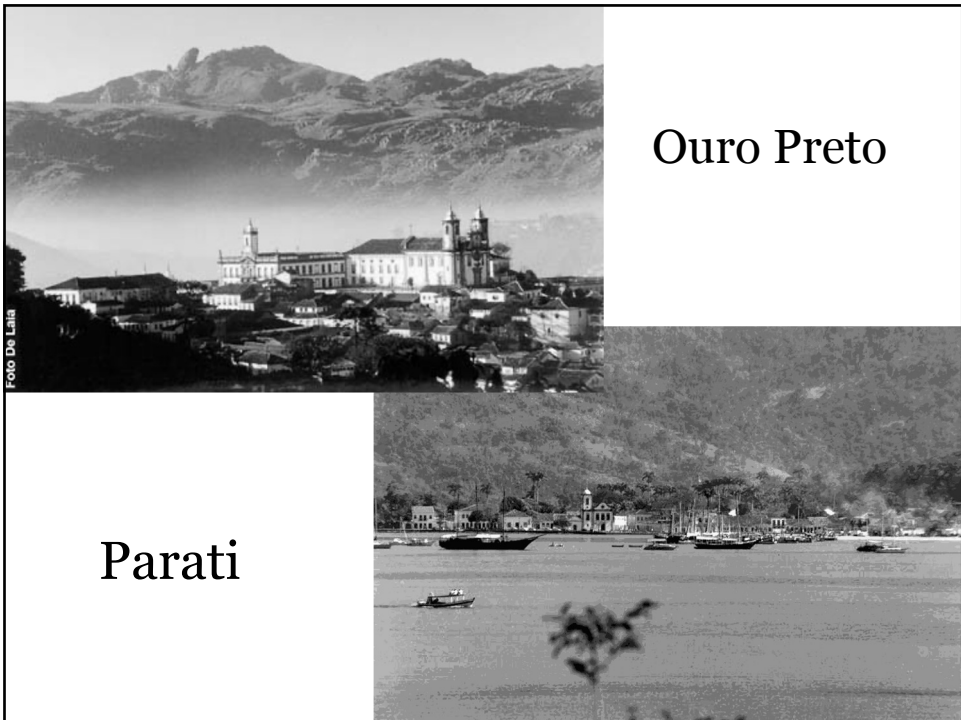
## Cartagena de Indias



26



27



Ouro Preto

Parati

28



29

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

30

Panteón  
de  
Roma



31



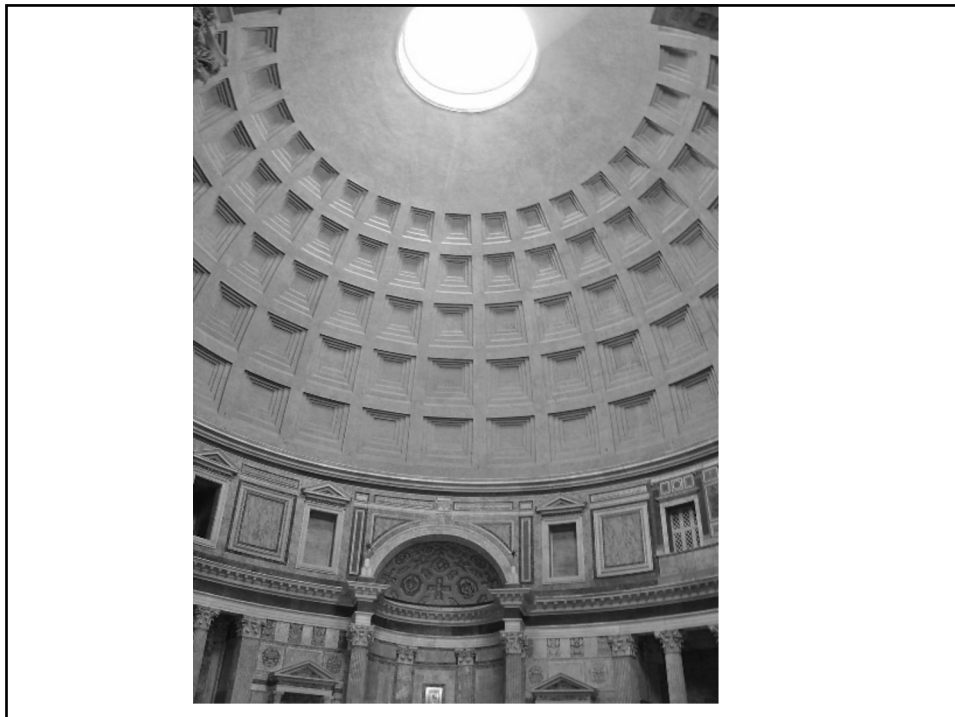
32



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



33



34

## **Siglos históricos**

**IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul**

**IX → Estilo Romanico → Abadia 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**

35

## **Catedral de Notre Dame**



**1163-1330**

**Abóbada da nave central → 35 m de altura**

36

## **Siglos históricos**

**IV → Estilo Bizantino → Catedral Santa Sophia, Istambul**

**IX → Estilo Romanico → Abadía 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**

37

**Primer Puente Metálica → 1.779 d.C.**

**Coalbrookdale Bridge in Telford, Inglaterra**

*still in use today carrying occasional light transport and pedestrians*



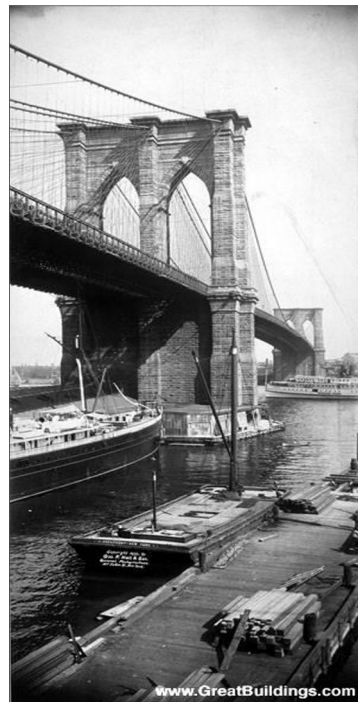
38



Puente del Brooklyn, New York, USA → 1.883  
John Augustus Roebling  
*ponte suspenso com cabos de aço galvanizados*

39

**cimentación  
en roca y  
albañilería  
de roca**



40

## **II Grande Revolución !**

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

41



42



43

**donde están los  
edificios de  
oficinas y  
habitación?  
  
que pasó?**

44



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

45

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

46



**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**

47

**SIGLO “XX”  
1892**

**APARECE UN  
NUEVO MATERIAL**

***Concreto Armado***

48



## **Primeras Normas sobre Estructuras de Concreto**

<b>1903</b>	<b>Suiça</b>
<b>1903</b>	<b>Alemanha</b>
<b>1906</b>	<b>França</b>
<b>1907</b>	<b>Inglaterra</b>

49



50



**Systeme  
Hennebique**  
*Paris, Rue Danton1*

**7 andares**  
**França 1.901**  
**30m**

**$f_{ck} = ?$**

*109 anos !*

*edificio em concreto mais  
antigo do mundo*

51



**Palácio Salvo**  
**Montevideu**

**27 andares**

**Uruguai 1925**

**103m**

**$f_{ck} = ?$**

*85 anos !*

**world record**

52



***Edifício  
Martinelli***

***1929***

***106m***

***81 anos***

***world record***

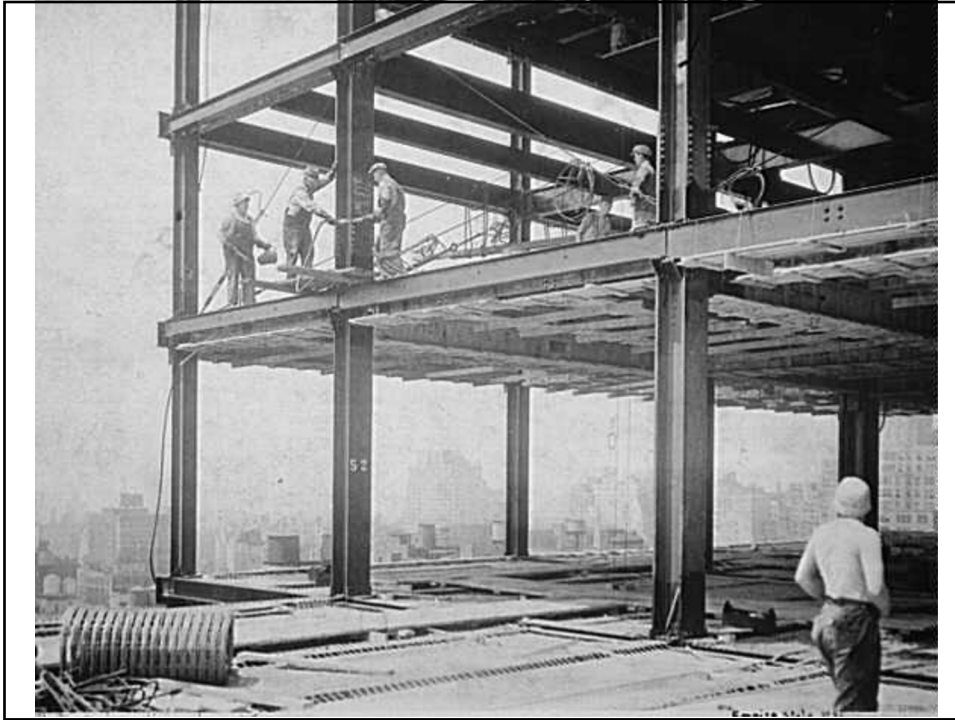
***São Paulo, Brasil***

53

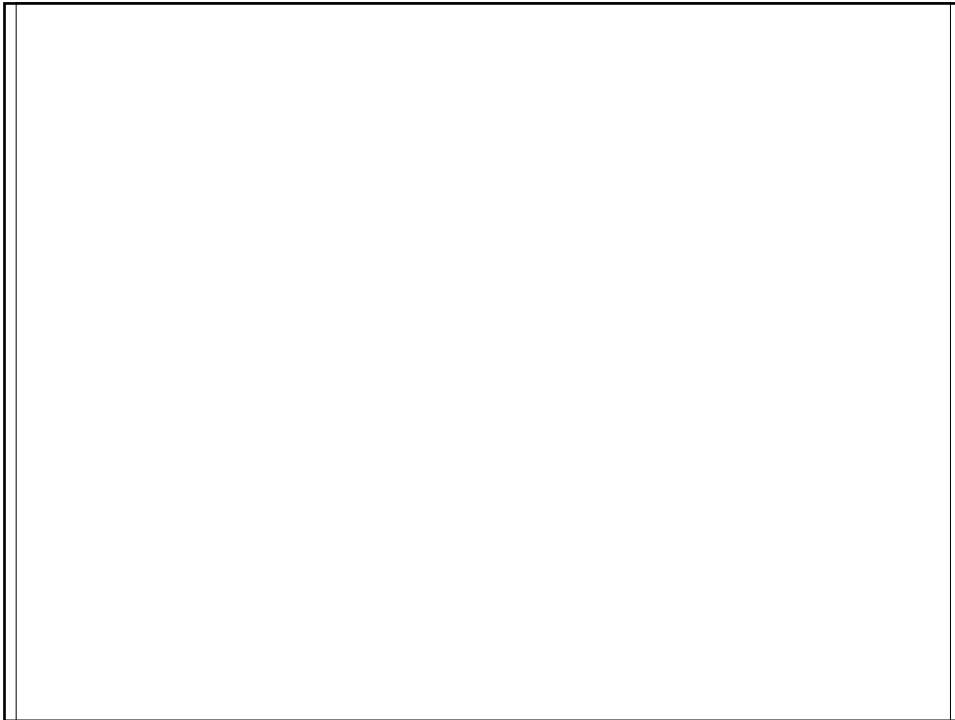


**Empire State Building  
381m , New York, 1.931**

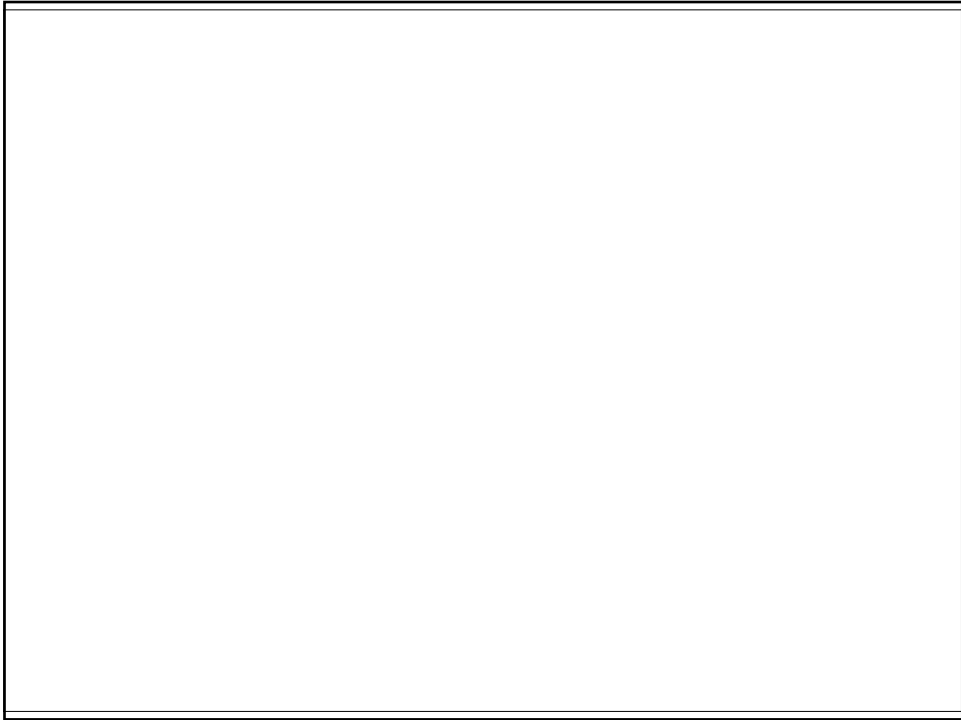
54



55



56



57



58

**Siglo XX  
1.928**

**“nuevo material estructural”**

***Concreto  
Protendido***

Eugene Freyssinet

59



60



61



62

## 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”

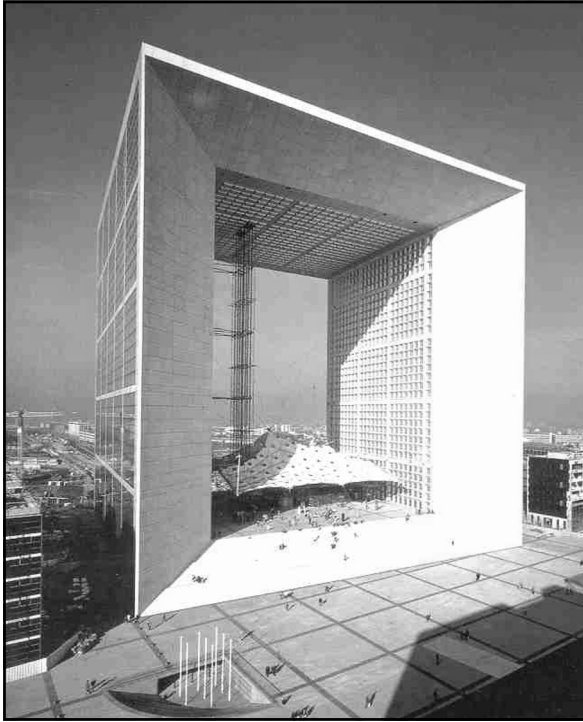
63



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

64





**Grand Arch**

**La Defense**

**Paris**

**França 1990**

**$f_{ck} = 60 \text{ MPa}$**

**“high-tech  
style”**

65



**Petronas Towers**

*Cesar Pelli*

**Kuala Lumpur**

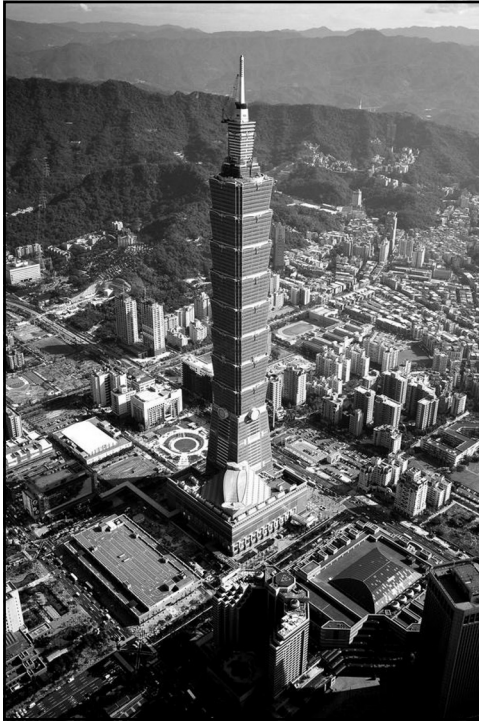
**Malasia 1.997**

**452m**

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

*before / after*

66



## **TAIPEI 101**

*Shanghai World Financial Centre*

**Taiwan, China**

**2005**

**509m**

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

***steel / concrete***

67

Como  
puede ser él  
futuro?

68

## **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

69

*Venustas*  
*Bonita !*

70

*Oscar Niemeyer  
Bruno Contarini*



*Museu de Arte, Niemeyer / 1971*

71

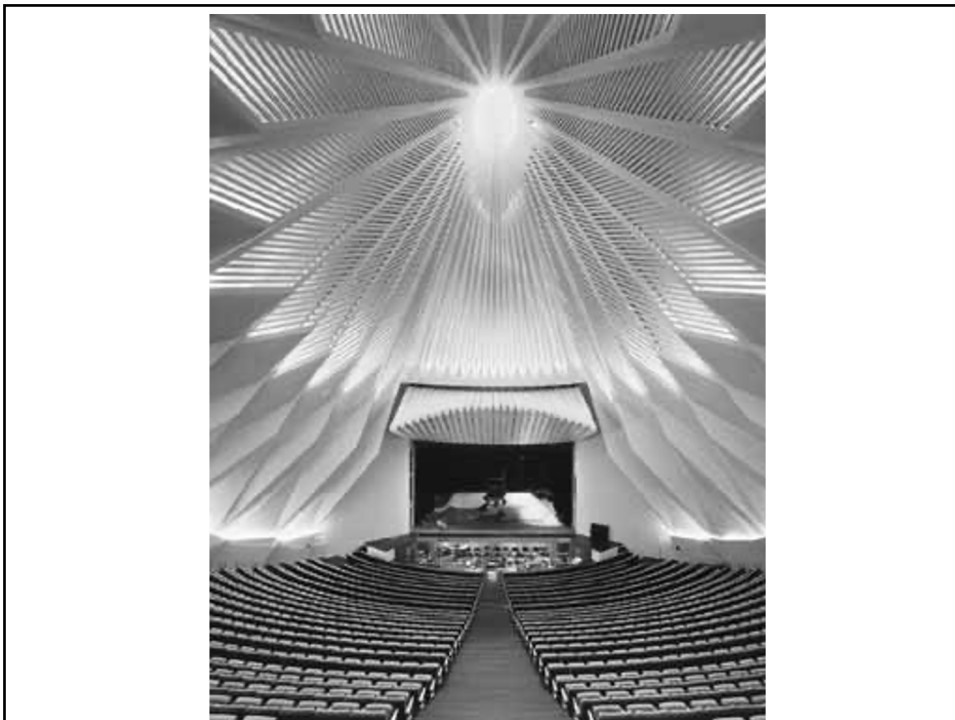
**Auditório de Tenerife  
Espanha  
2003  
Santiago Calatrava**



72



73



74

# *Firmitas*

*estável e durável*

75



**Centro  
Empresarial  
Nações  
Unidas**

**Torre Norte**

**São Paulo  
1997**

**Altura 179 m**

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

76

**250 anos de garantia.**

Quando precisava de segurança, tecnologia e desempenho, precisava do Engemix. Com a inovação Engemix, precisava, quando precisava de tecnologia, precisava do Engemix. Com a inovação Engemix, precisava, quando precisava de tecnologia, precisava do Engemix. Com a inovação Engemix, precisava, quando precisava de tecnologia, precisava do Engemix.

Um marco de 4 horas, superdimensionado, com 40% de concreto em 30 dias. Trabalho de segurança de concreto com segurança superior a 100 milhões.

O resultado é que hoje a Casa Engemix faz parte da história e garante uma construção com tecnologia de ponta.

Quando precisava de solução segura em concreto, precisava do Engemix. Com a inovação Engemix, precisava, quando precisava de tecnologia, precisava do Engemix. Com a inovação Engemix, precisava, quando precisava de tecnologia, precisava do Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

77

## 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

78

## Arte e Ciência da Construção

**Marcus Vitruvius Pollio (Engenheiro / Arquiteto Romano)**

*40 anos aC → "De Architectura"*

**Sosteníveis**

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

79



80

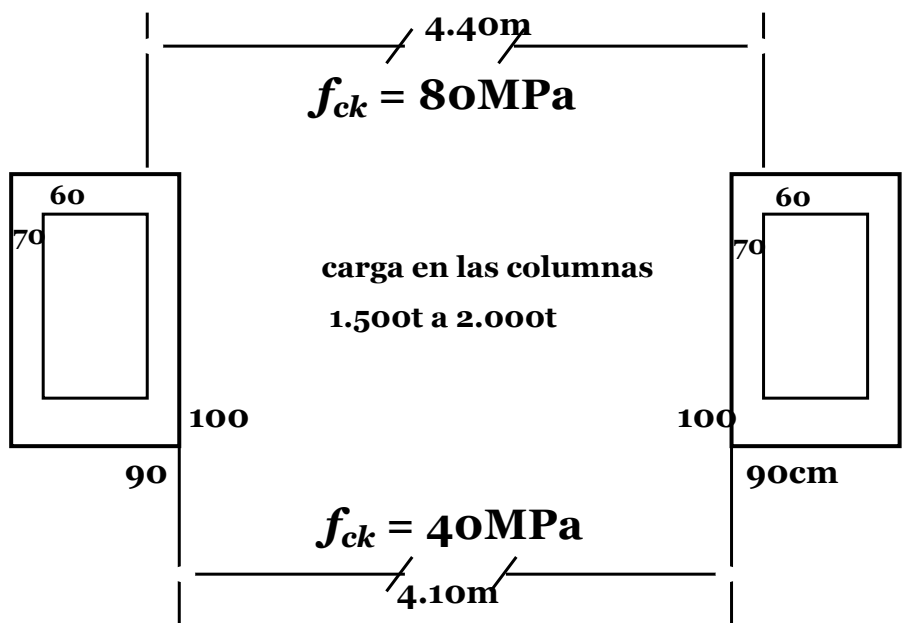


- ▼ Edificio e-Tower SP
- ▼ 42 pisos
- ▼ Heliponto
- ▼ Pileta semi-olímpica
- ▼ Academia de gimnástica
- ▼ 2 restaurantes
- ▼ Concreto colorido
- ▼  $f_{ck}$  pilares = 80MPa



81

Proyecto estructural (*e-Tower*)



82



83



84

## **Economía de recursos naturales**

**Original:**

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

**sección transversal  $\rightarrow$  90cm x 100cm  
0,90m<sup>2</sup>**

**HPC / HSC:**

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

**sección transversal  $\rightarrow$  60cm x 70cm  
0,42m<sup>2</sup>**

85

## **Economía de recursos naturales**

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

86

# Consideraciones Finales

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

87

## 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)**

88



## Edifícios 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
<b>total</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>54</b>	<b>8</b>

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

89

## Edifícios Altos

### Gran Torre Costanera – Santiago/Chile



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

**Altura: 300m**  
**Início da Construção: 2006**  
**Término previsto: 2013**

90

**Gr  
Sa**



91



92

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

93

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

94

De ese total de 96

“rasca cielos”:

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

95



## 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%

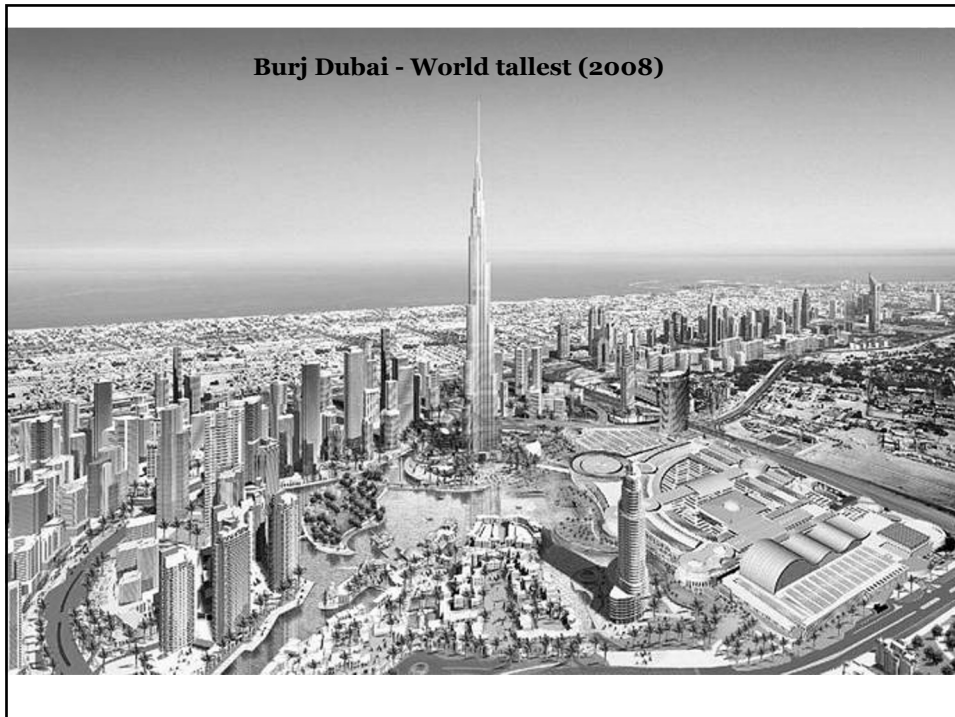
fonte:  
<http://www.skyscrapercenter.com/>

96



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

97



98

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

99

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

100



**No basta ser  
estudiante  
de la Universidad  
Autónoma de  
Sinaloa...**

101

*Hay que ser*  
**Ingeniero Civil** *de*  
*la Facultad de Ingeniería*  
*Mochis...*



102



103



104