

UFRN	<i>Curso sobre Diagnóstico e Reabilitação de Estruturas de Concreto</i>	universidade Potiguar
Reabilitação de Estruturas Pontes e Edifícios		
Ing. Paulo Helene <i>MSc, PhD, Prof. Titular da Universidade de São Paulo PCC.USP Deputy Chairman of fib (CEB-FIP) Commission 5 "Structural Service Life Aspects" Chairman of Red REHABILITAR CYTED Director of GLARilem Diretor Conselheiro do IBRACON</i>		
7-9 Outubro 2002	SINDUSCON, Natal, Rio Grande do Norte	BRASIL

1

	
Red REHABILITAR	Red XV.F
Programa XV Corrosión e Impacto Ambiental sobre los Materiales	
CYTED Ciencia y Tecnología para el Desarrollo	
15 países	más de 45 expertos
Manual de Rehabilitación de Estructuras (Reparación, Refuerzo y Protección)	
www.rehabilitar.pcc.usp.br	

2



Universidade de São Paulo

Escola Politécnica

Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil

Maestría y Doctorado

**Materiales, Construcción, Estructuras, Medio
Ambiente, Cimentaciones, Urbanización, Gestión
Económica y de Producción**

www.poli.usp.br

www.pcc.usp.br

3

Casos Reales

- Edifício de Oficinas**
- Luxury Hotel**
- Residence Park Hotel**

- Ponte Leonel Viera**
- Ponte Paulo Guerra**

4

 Puente
Leonel Viera
Punta del Este
Uruguay

8



9

Leonel Viera Bridge

- **Diseño y construcción de 1962 e 1963 Leonel Viera**
- **Eng^a. Susana Garcia del MTOP proceso tipo “banda tesada”**
- **Arroyo Maldonado, Punta del Este y La Barra**
- **estructura viga tipo cajón con 5 “longarinas”**
- **$f_{ck} = 32,5 \text{ MPa}$**

10

Leonel Viera Bridge

- **Cables de acero galvanizado de la casa Roebling utilizados para exterior - puentes golgadas -**
- **reaccionar con cemento**

$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{liberar H}^+$$
- **hidrógeno nascente**
- **corrosión fragilizante del acero**

11



12



13



14



15



16



17



18



19



20

 Leonel Viera Bridge

Diagnóstico

- **corrosión de armaduras**
- **estructura segura (*cimientos, encepados, losas, vigas*)**
- **cables galvanizados OK
pueden seguir dentro del
concreto**
- **falta modernizar (*aceras, drenages, guard rail, ...*)**

21



22

Leonel Viera Bridge

Solución

**→ reparar con morteros base
cemento modificados con
polímeros**

**→ abrir todos los cajones
(ventanas de inspección)**

→ modernizar

23

Ponte Paulo Guerra

***Recife
Pernambuco***

24



25



26

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”
🇺🇲 antecedentes

Ubicación:

Recife Pernambuco
sobre una Bahia fuera de la
zona de “splash”

Construido: 1977- 1980
22 a 25 años

27

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”

 *antecedentes*

Infra-estructura:

Encepado



$f'_c = 15 \text{ MPa}$

Superestructura:

Tablero de concreto armado



$f'_c = 21 \text{ MPa}$

28

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”

fenómenos esperados

corrosión de cabillas

lixiviación urbana e industrial

expansión por sulfatos

acciones mecánicas

29

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”
Agresividad Ambiental

Análisis del Agua

pH = 7,5	Cl⁻ = 14.000 mg/L
Mg⁺⁺ = 900 mg/L	SO₄⁺⁺ = 1.900 mg/L

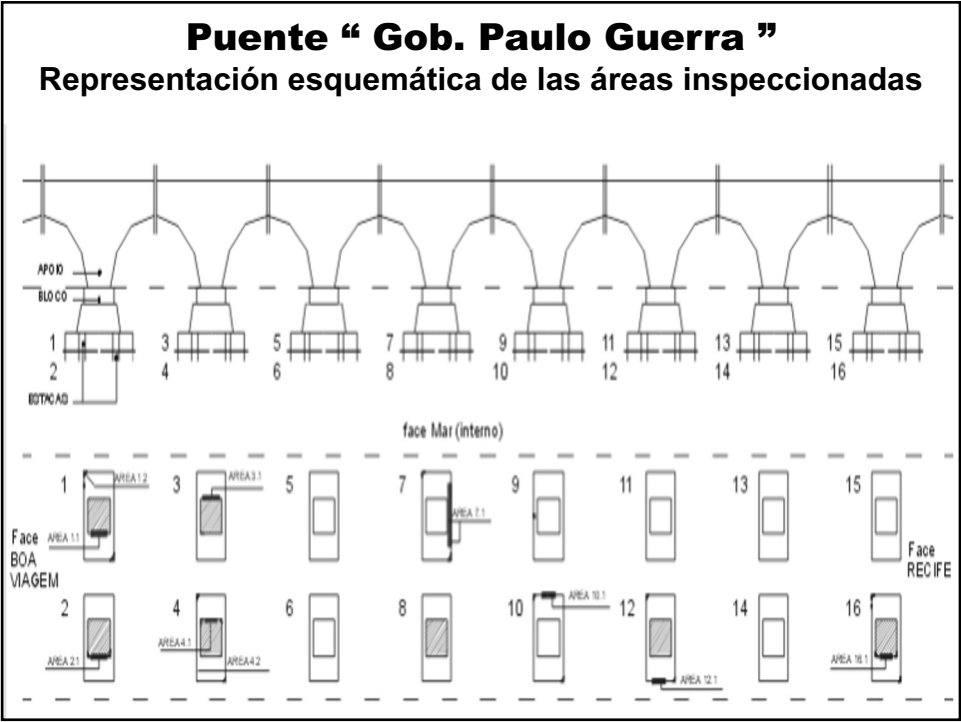
30

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”
Agresividad Ambiental

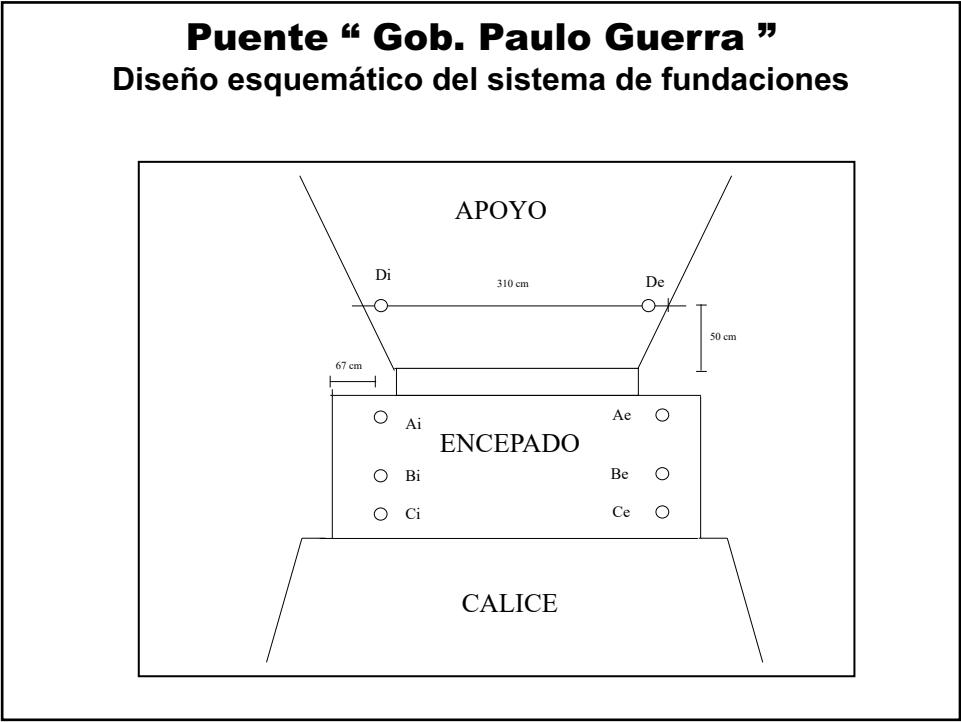
Núcleos (testigos) de Hormigón

SO₄⁺⁺ en el Hormigón = 0,35% a 0,62%
SO₄⁺⁺ en el Hormigón = 0,59% p/ 3% gipso

31

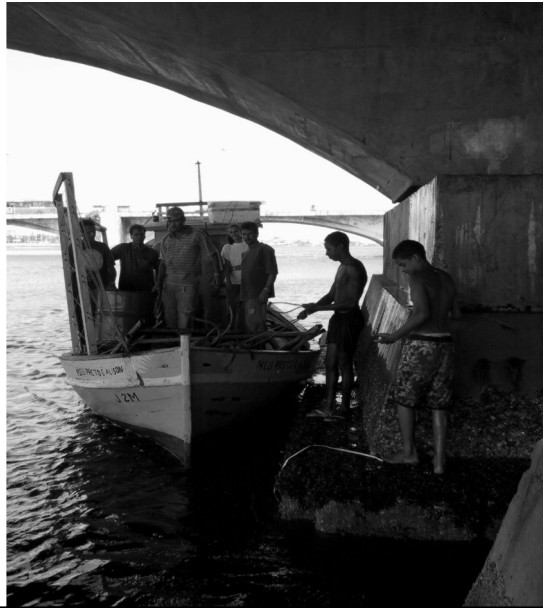


32



33

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”
🚦 *Inspección*



34

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”
🚦 *Inspección*



Deterioro del aparato de apoio

35

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”

🚦 Inspección visual



Super-estructura: Tablero de H.A

36



38

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”

🚧 Inspección

→recubrimiento μ 25mm σ 2,6mm

→carbonatación $< 12\text{mm}$

→ E_{corr} 10 - 450 mV

→ i_{corr} 0,07 - 0,31 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

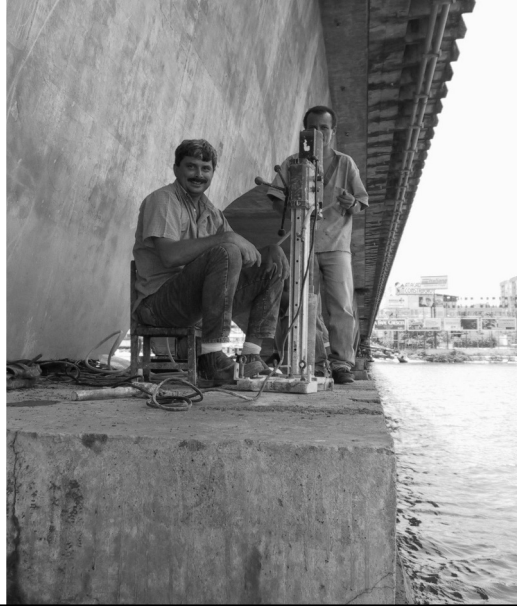
39



40

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”

 ***Inspección: extracción de testigos***



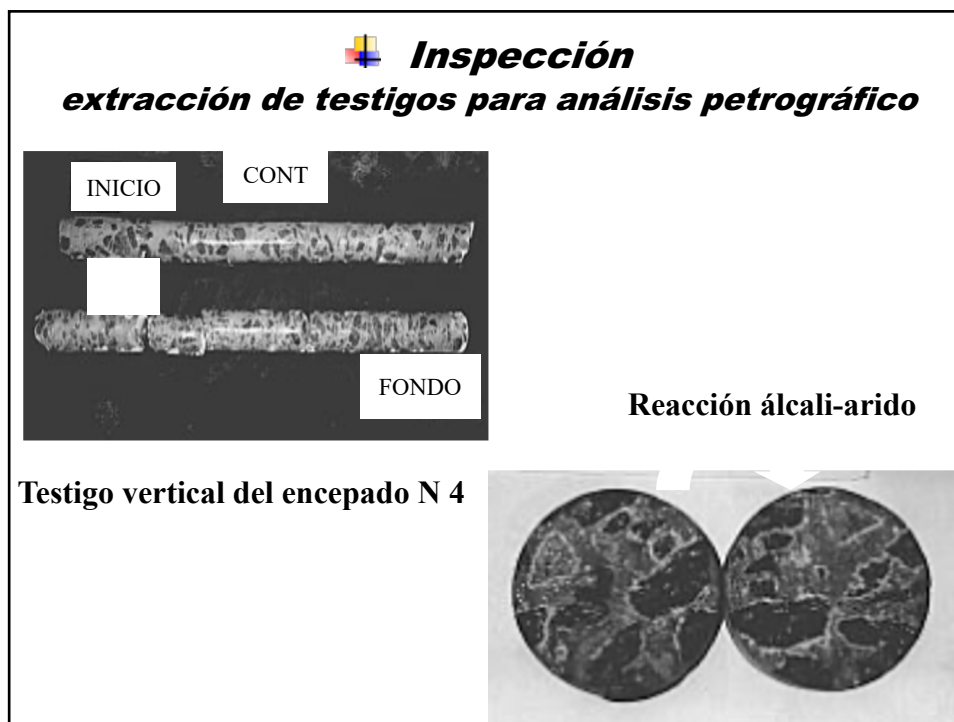
41

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”

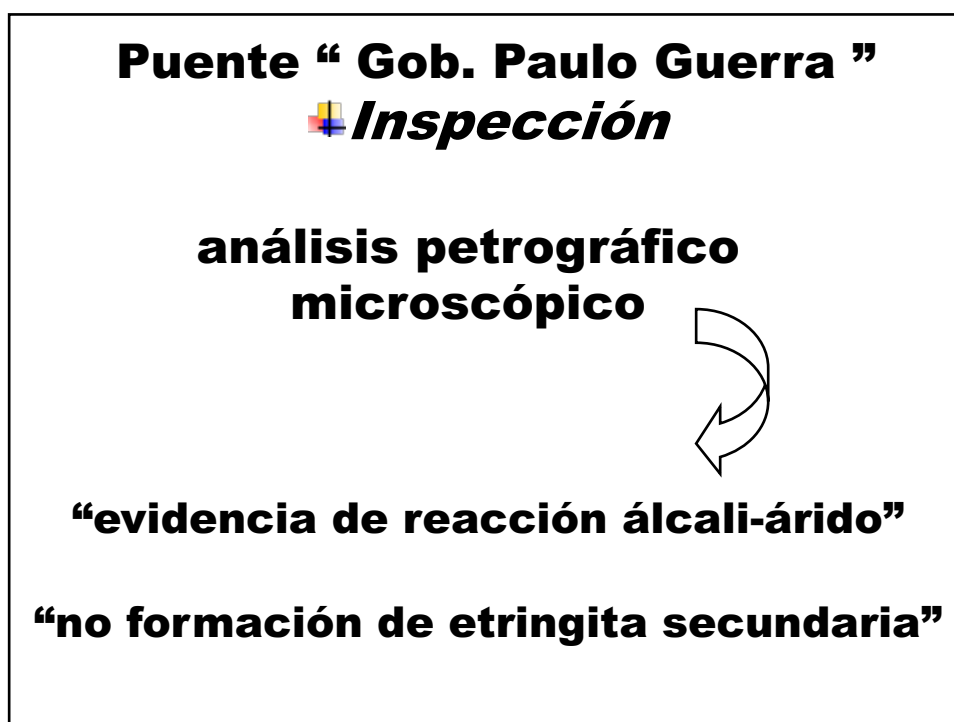
 ***Inspección***



42



43



44

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”

🚧 Inspección

- resistencia f'_c (nucleos) $\mu = 28 \text{ MPa}$
- módulo de elasticidad $5 - 30 \text{ GPa}$
- ultrasonido $1500 - 3800 \text{ m/s}$

45



46



47



48

 Puente Gob. Paulo Guerra “ Soluciones ”

corrosión de armaduras

**“clásica solución de
cortar, limpiar y
hormigonar”**

49

 Puente Gob. Paulo Guerra “ Soluciones ”

Para los encepados con un grado avanzado
de reacción alcali-árido

**“nuevas fundaciones, nuevos
encepados, mantenimiento
del tablero – nuevo puente!!!”**

50

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”
• Alternativas

- ✓ **DEMOLER**
- ✓ **CONSTRUIR OTRA**
- ✓ **SALES DE LITIO**
- ✓ **ZUNCHAR!!!**

51

Puente “ Gob. Paulo Guerra ”

**Solo confinar los
bloques con
fuerzas de
compresión ???**

> 8 MPa ?

52

Correção: “Medicina Curativa”

- 1. Limpeza Rigorosa;**
- 2. Análise judiciosa da eventual redução de secção;**
- 3. Reconstrução do cobrimento;**

DEVE

- a) Impedir a penetração de umidade**
- b) Recompor a área da secção original**
- c) Propiciar um meio passivante**

53

Correção: “Medicina Curativa”

PROCEDIMENTOS

- a) Concreto Projetado**
- b) Adesivos + Concreto ou Argamassa normal**
- c) Concretos e Argamassas Poliméricas**
- d) Concretos e Argamassas para grauteamento especiais**
- e) Concretos e Argamassas comuns**

54