

**UVA** **REHABILITAR** **CYTED**  
Red Temática XV.F

**T & A**  
CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADA

**28**  
DESDE 1936

**“Congresso Nacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas”**

# **Técnicas Avançadas na Reabilitação de Estruturas**

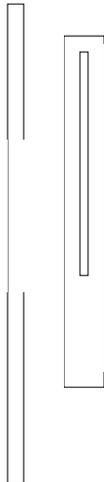
**Eng. Paulo Helene**  
*MSc, PhD, Prof. Titular da Universidade de São Paulo PCC.USP  
Deputy Chairman of fib (CEB-FIP) Commission 5 "Structural Service Life Aspects"  
Chairman of Red REHABILITAR CYTED  
Director of GLARilem  
Diretor Conselheiro do IBRACON*

Sobral Ceará 27 a 30 de Março de 2003

**REHABILITAR** **CYTED**  
Red Temática XV.F

1

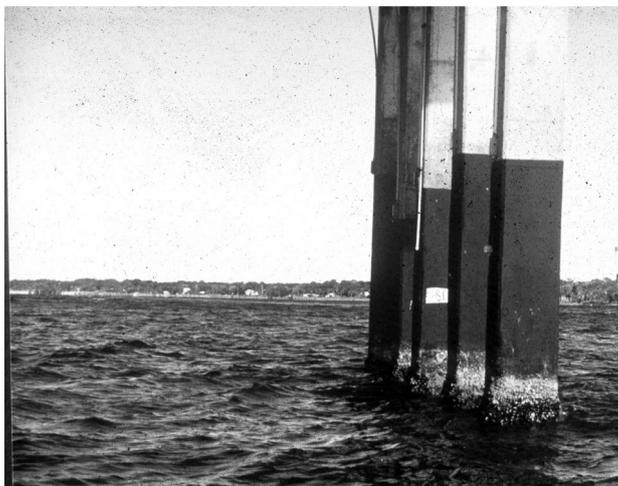
# **REPARO**



**Proteção catódica tipo galvânica com anodo externo**

2

**SISTEMA DE RECUBIERTA CONDUCTIVA (1995)**



**MEZCLA DE BASE DE ACRÍLICO ES  
APLICADA A ROLO O CON ROCEADOR  
SOBRE EL ÁREA A PROTEGER**

3

**SISTEMA DE RECUBIERTA CONDUCTIVA**



**Observaciones:**

- **ÁNODO PRODUCE POLARIZACIÓN DE LA ARMADURA**
- **ÁNODO SE DESPRENDE DE LA SUPERFICIE DEL HORMIGÓN**

4

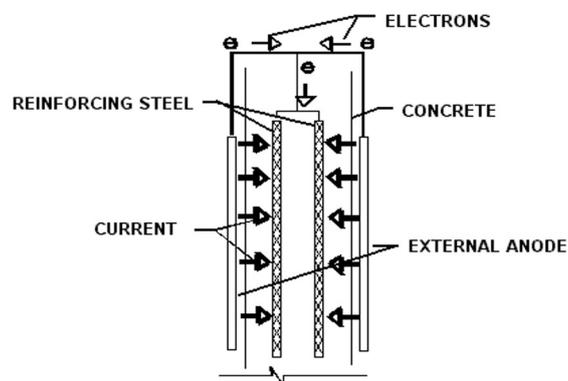
### SISTEMA DE ÁNODO DE GOMA CONDUCTIVA



**INSTALACIÓN DE TIPO REMOVIBLE EN AREA DE CAMBIO DE MAREA**

5

### SISTEMAS DE SACRIFICIO GALVÁNICO



**LA CORRIENTE ES PRODUCIDA POR EL ÁNODO EL CUAL**

**ES MAS ACTIVO QUE EL ACERO DE LA ARMADURA**

6

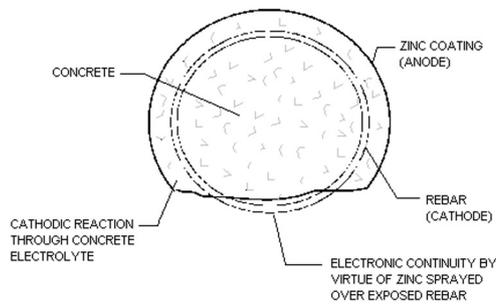
**ARC-SPRAYED ZINC SYSTEM**



- THE ZINC COATING IS APPLIED OVER THE CONCRETE TO BE PROTECTED AND A CONNECTION TO THE STEEL IS ESTABLISHED.
- THE BOND STRENGTH BETWEEN THE ZINC AND THE CONCRETE IS MAINTAINED AT A MINIMUM OF 90 PSI.

7

**MECANISMO DE RECUBIERTA DE CINC**



- LA CONEXIÓN ELECTRÓNICA SE ESTABLECE POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DIRECTA SOBRE LA ARMADURA

- SE REQUIERE UNA BUENA ADHESIÓN ENTRE EL CINC Y EL HORMIGÓN

8

### APLICACIÓN DE RECUBIERTA DE CINC

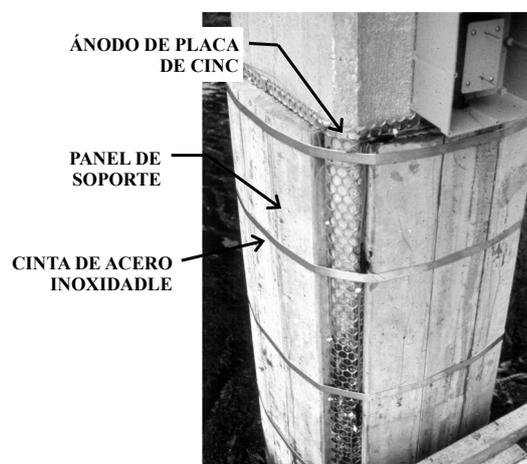


- PREPARACIÓN REQUIERE LIMPIEZA ABRASIVA DE LA SUPERFICIE Y REMOVIDO DEL HORMIGÓN DEFICIENTE.

-APLICACIÓN REQUIERE EQUIPO ESPECIAL.

9

### SISTEMA DE PLACA DE CINC PERFORADA



-EL ÁNODO SE COLOCA SOBRE EL HORMIGÓN Y SE CONECTA DIRECTAMENTE A LA ARMADURA

- LOS PANELES SON FABRICADOS DE MATERIAL DE MADERA Y PLÁSTICO RECICLADO

- ES NECESARIO REPARAR EL HORMIGÓN DELAMINADO ANTES DE INSTALAR EL ÁNODO

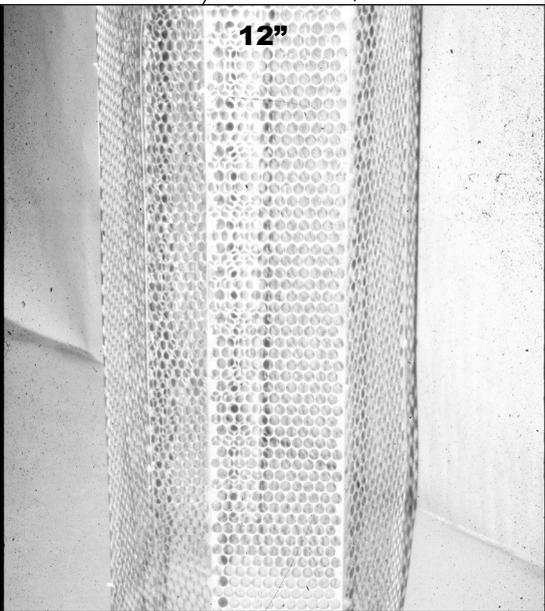
10

**ÁNODO DE PLACA DE CINC PERFORADA**



**PRIMERA GENERACIÓN**

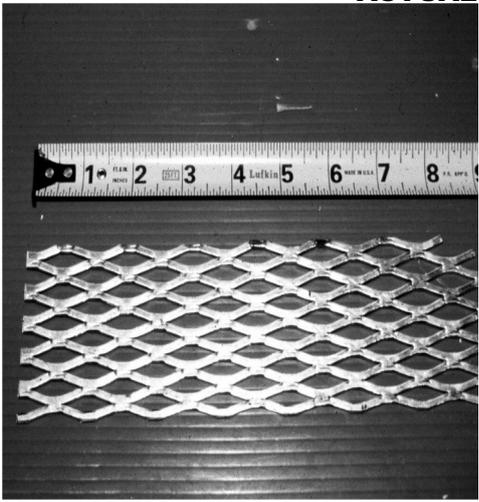
- **FLEXIBILIDAD: EL ÁNODO SE FABRICA PARA SATISFACER LAS DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA**
- **CONTENIDO DE CINC ES DE 0.9 LIBRAS POR PIE CUADRADO DE ÁNODO**



**12"**

11

**ÁNODO PERFORADO ACTUAL**

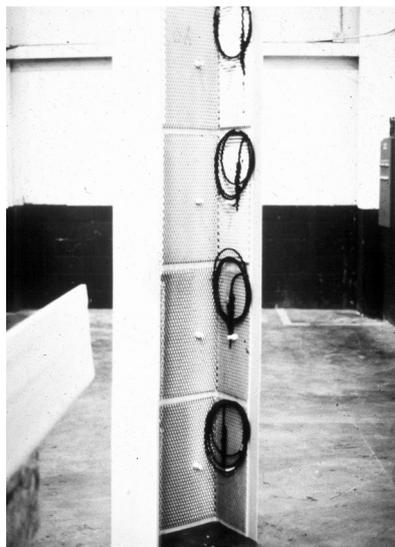


**SEGUNDA GENERACIÓN**

- **CONTENIDO DE ZINC DE 1.6 LIBRAS POR PIE CUADRADO DE ÁNODO**
- **PERFORACIONES EN FORMA DE DIAMANTE**
- **FLEXIBILIDAD REDUCIDA**

12

**ENCAPSULACIÓN DE PILOTES  
CON ÁNODO DE MALLA DE CINC**



- EL ÁNODO ES PRE-  
INSTALADO EN UN  
MOLDE DE FIBRA DE  
VIDRIO
- SI NECESARIO, SE  
PUEDEN  
ESTABLEZER ZONAS  
DENTRO DEL MOLDE  
CON CONEXIÓN  
INDEPENDIENTE A LA  
ARMADURA PARA  
FACILITAR  
MENSURAS

13

**ENCAPSULACIÓN DE PILOTES  
CON ÁNODO DE MALLA DE CINC**

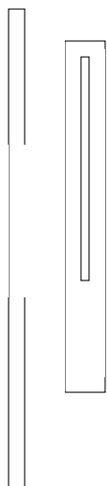
- EL MOLDE SE  
COLOCA ALREDEDOR  
DEL PILOTE Y EL  
ESPACIO ANULAR SE  
FUNDE CON  
MORTERO

- CONEXIÓN A LA  
ARMADURA SE  
ESTABLECE FUERA  
DEL  
ENCAPSULAMIENTO



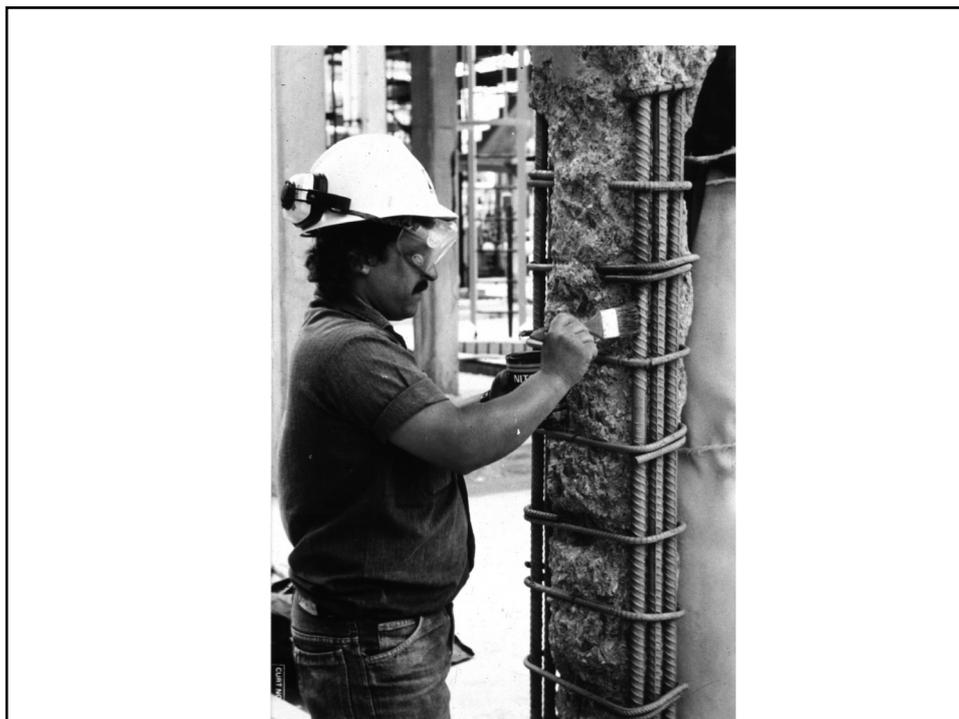
14

# REPARO



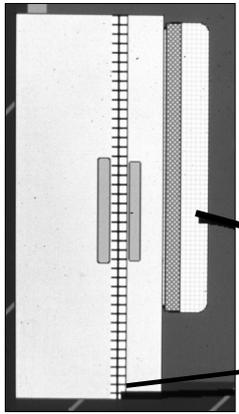
**Proteção catódica tipo  
galvânica com anodo  
interno**

15



16

# REPARO



**Realcalinização por método eletroquímico**

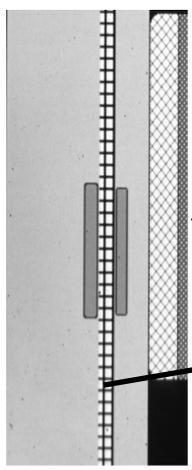
DC

**repassivação**

The diagram shows a cross-section of a metal structure with a central vertical rod. A rectangular electrode is positioned to the left of the rod. A DC power source is connected to the electrode and the rod. The rod is surrounded by a mesh-like material, and a dark shaded area at the bottom indicates the electrolyte solution.

17

# REPARO



**Remoção de cloretos por método eletroquímico**

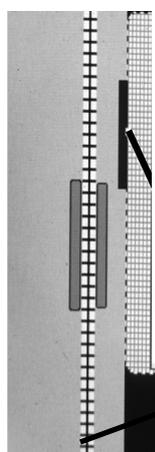
DC

**repassivação**

The diagram shows a cross-section of a metal structure with a central vertical rod. A rectangular electrode is positioned to the left of the rod. A DC power source is connected to the electrode and the rod. The rod is surrounded by a mesh-like material, and a dark shaded area at the bottom indicates the electrolyte solution.

18

# REPARO

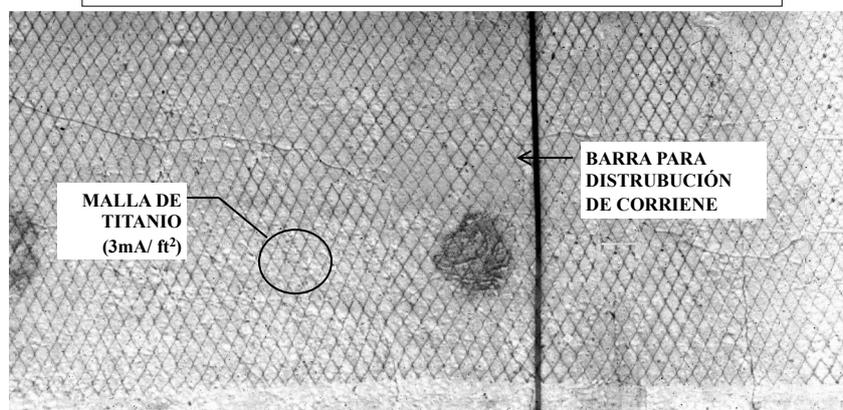


Proteção catódica por  
corrente impressa

DC

19

## SISTEMA DE ÁNODO DE MALLA DE TITANIO

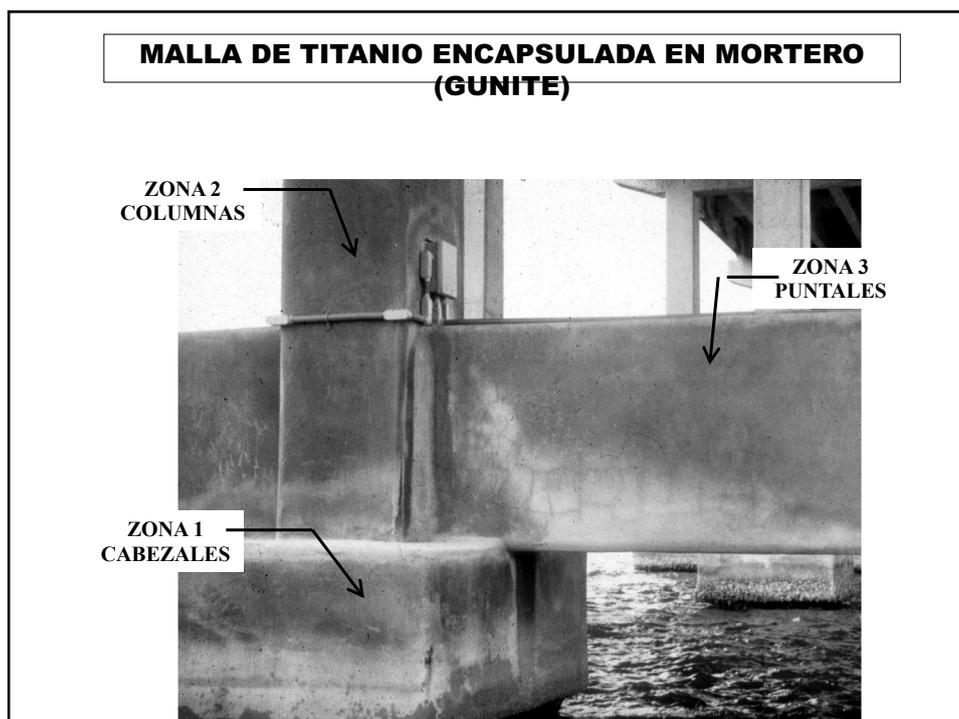


MALLA DE  
TITANIO  
(3mA/ ft<sup>2</sup>)

BARRA PARA  
DISTRUBUCIÓN  
DE CORRIENE

- LA MALLA SE INSTALA DIRECTAMENTE SOBRE EL HORMIGÓN EN EL AREA HA SER PROTEGIDA
- COMPONENTES DEL REFUERZO PRESENTES EN LA SUPERFICIE NO PUEDEN CONTACTAR LA MALLA

20

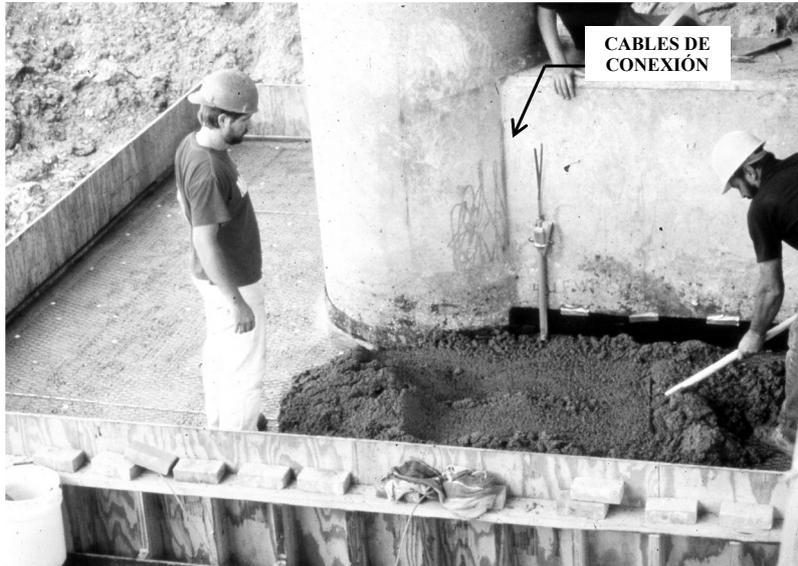


21



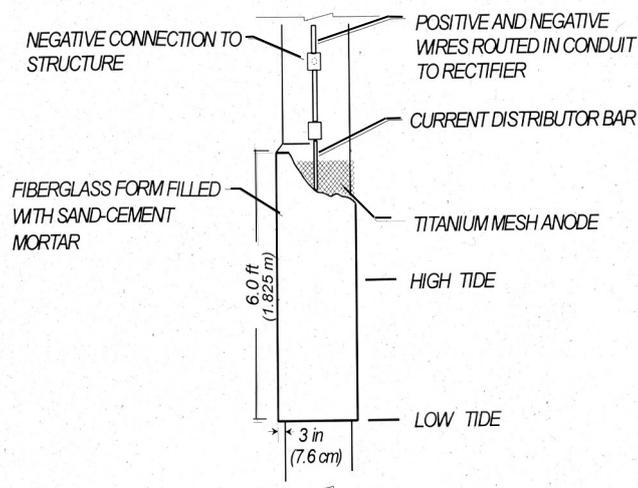
22

### MALLA DE TITANIO ENCAPSULADA EN HORMIGÓN ESTRUCTURAL



23

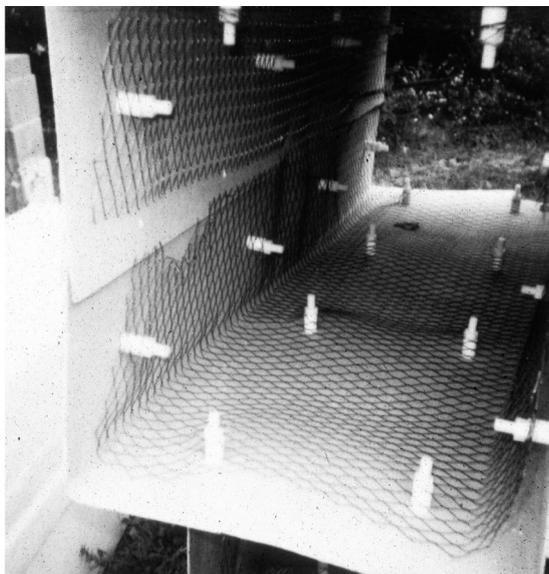
### ÁNODO DE MALLA DE TITANIO PARA ENCAPSULACIÓN DE PILOTES



24

### ÁNODO DE MALLA DE TITANIO PARA ENCAPSULACIÓN DE PILOTES

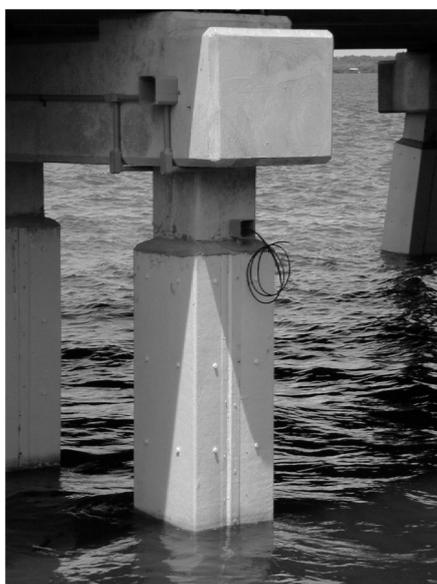
- EL ÁNODO ES PRE-  
INSTALADO EN UN  
MOLDE DE FIBRA DE  
VIDRIO
- AJUSTADORES DE  
TIPO NO-METÁLICO  
SUJETAN LA MALLA Y  
MANTIENEN EL  
ESPACIO ANULAR  
ENTRE EL MOLDE Y EL  
PILOTE



25

### ÁNODO DE MALLA DE TITANIO PARA ENCAPSULACIÓN DE PILOTES

- EL ESPACIO ANULAR  
ENTRE EL PILOTE Y EL  
MOLDE SE FUNDE EN  
MEZCLA DE MORTERO
- LOS CABLES DE  
CONEXIÓN SE DIRIGEN  
EN CONDUCTO AL  
RECTIFICADOR



26

**PROVEEDORES DE CORRIENTE PARA SISTEMAS DE CORRIENTE IMPRESA**



**RECTIFICADORES**



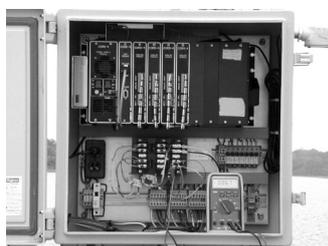
**CELDAS GALVÁNICAS**



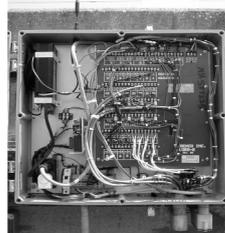
**SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR**

27

**SISTEMAS DE TELEMETRÍA PARA PROTECCIÓN CATÓDICA**



**COREXCO MODELO CD-4**



**COREXCO MODELO CD-2**



**EDS MODELO CPM8X8**

28

<b>COSTO PROMEDIO</b>			
<b>Tipo de Sistema (Ánodo)</b>	<b>Número de Puentes</b>	<b>Años en Servicio</b>	<b>Costo US/ft<sup>2</sup></b>
<b>Goma Conductiva</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>\$76.00*</b>
<b>Malla de Titanio en Mortero o Hormigón</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>\$28.00*</b>
<b>Malla de Titanio Encapsulada Para Pilotes</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>\$77.00</b>
<b>Malla de Cinc Encapsulada Para Pilotes</b>	<b>26</b>	<b>6</b>	<b>\$65.00</b>
<b>Recubierta de Cinc</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>\$24.00</b>
<b>Placas De Cinc Perforadas</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>\$35.00*</b>
<p>* No incluye costos de reparación de hormigón o servicio eléctrico.            - Años en servicio se refiere al tiempo de evaluación del primer sistema de este tipo.</p>			

29

**REPARO**

**ESPECIAIS**

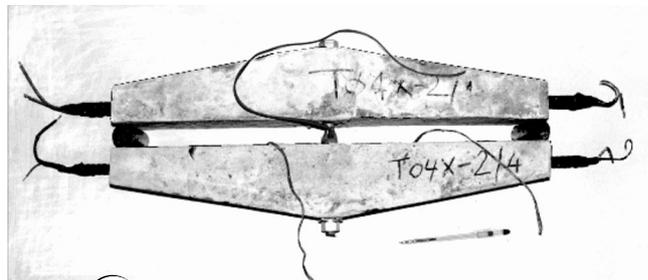
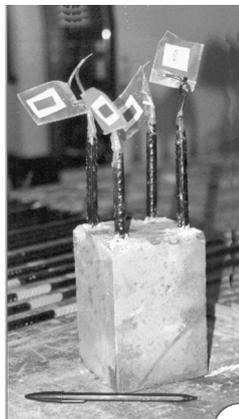
**Acero Inoxidable**

**Galvanizado**

30

## Tests

### CONCRETE SPECIMENS



(T) Tensioned bars

(R) Relaxed bars

31

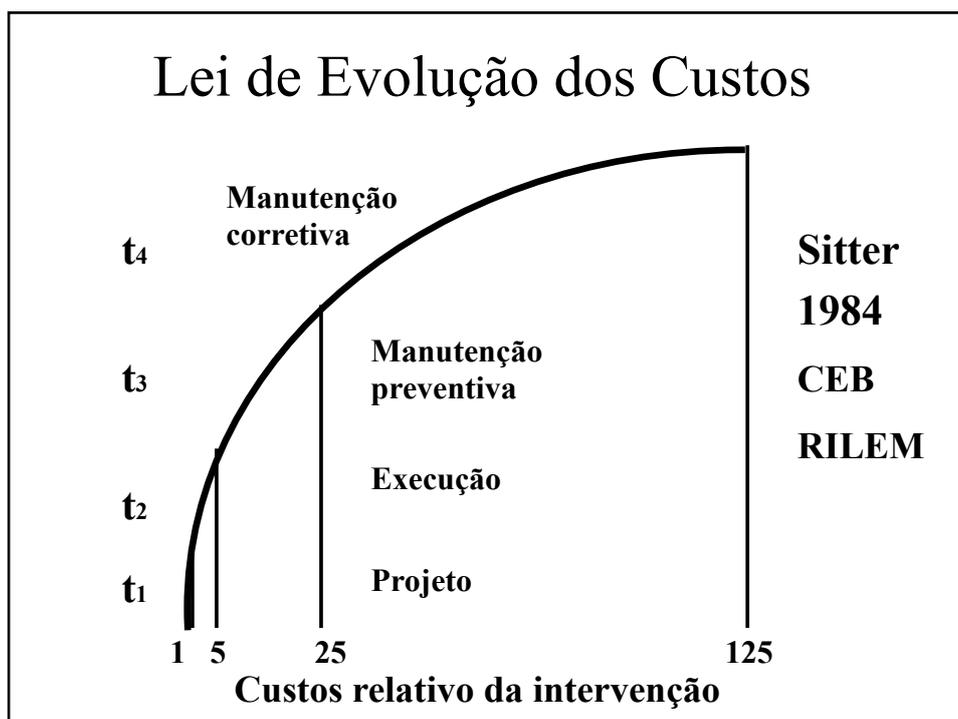
## Comprovação

**TULA, Leonel. Contribuição ao estudo da corrosão de armaduras de aço inoxidável. Universidade de São Paulo PCC / USP, 31 março 2000.**

32

❖ <b>REPARO</b>	<b>Q U A N D O ?</b>
❖ <b>REFORÇO</b>	
❖ <b>PROTEÇÃO</b>	

33



34

**CONVITE  
COLLOQUIA 2003  
50 anos da Escola de Engenharia  
de São Carlos, USP, SP**

**14, 15 e 16 de Maio 2003**

**[www.eesc.usp.br](http://www.eesc.usp.br) COLLOQUIA2003**

**Prof. Jefferson  
liborioj@sc.usp.br**

35

**CONVITE  
COLLOQUIA 2003**

**Petronas Tower  
World Trade Center  
Programa de Manutenção de  
Pontes México  
Obras à Prova de Mísseis  
Vida Útil  
Avanço nas Pesquisa  
Concretos Fluidos**

36