



## INSPECCIÓN DE PATOLOGIAS EN EL PUENTE SOBRE EL ARROYO CALÁ EN LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS.

Fernández Facundo  
Gómez Erika  
González Federico

Codirector: María  
Inés Schierloh

Departamento de Ingeniería Civil – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concepción del  
Uruguay - UTNFRUCU  
Ing. Pereira 676 – Concepción del Uruguay – Entre Ríos - Argentina

Tel/Fax 03442 425541 int 131 e-mail: gomezrika15@gmail.com

### RESUMEN

El presente trabajo, forma parte del Convenio Marco firmado entre la Vicegobernación de la Provincia de Entre Ríos y la U.T.N. Facultad Regional Concepción del Uruguay.

Los puentes de hormigón armado, poseen en su interior barras de acero, las cuales por diferentes motivos se pueden corroer, y con el paso del tiempo, estos pueden quedar inutilizados o directamente colapsar.

Un papel importante en la ocurrencia de este tipo de patología, tienen los diseños no adecuados a la durabilidad esperada, la falta de control de calidad durante la construcción, el aumento de niveles de contaminación, la falta de mantenimiento e imprevisiones de acciones tales como riadas, accidentes, etc.

Con el objetivo de dar una solución a la problemática planteada, se propuso realizar un relevamiento en los puentes de la red vial provincial comenzando con estudios de inspección del tipo visual y ensayos in-situ en el puente sobre el arroyo Calá, del que trata este trabajo.

En los elementos analizados se detectaron problemas de corrosión de armaduras causadas, en principio, por la suma de diferentes factores, tales como defectos constructivos (escaso o inexistente recubrimiento, coqueas, etc.), filtraciones y acumulación de agua.

**PALABRAS CLAVES:** inspección – durabilidad – puente

**TÓPICO:** 11 - Materiales para la Construcción

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrollan metodologías de evaluación y valoración de daño en estructuras, aplicadas al puente de hormigón armado sobre el Arroyo Calá, identificando los defectos y detectando fuentes potenciales de problemas que puedan afectar su condición de servicio, durabilidad o seguridad.

Se realizó un análisis del estado actual del puente, incluyendo ensayos en el hormigón y el acero, promoción de recursos humanos especializados y uso de equipamiento adecuado para esta clase de auscultaciones.

El puente en cuestión, se encuentra emplazado en la Provincia de Entre Ríos, a  $32^{\circ} 21' 04''$  de Latitud Sur y  $58^{\circ} 57' 10''$  de Latitud Oeste; sobre la Ruta Provincial N° 39 (progresiva Km 78,5), sobre el Arroyo Calá, vecino a la localidad de Rocamora.

Se encuentra ubicado en un ambiente que se clasifica como rural. Estos ambientes se caracterizan por la ausencia de agresivos químicos al hormigón armado, con excepción del CO<sub>2</sub> de la atmósfera que promueve los procesos de carbonatación. Así si tomamos en consideración la clasificación de exposición dada por el Proyecto de Reglamentación CIRSOC 201 [1], se puede indicar que la estructura evaluada se encuentra en un ambiente tipo A3: exteriores expuestos a precipitación media anual mayor o igual a 1000mm y con temperatura media mensual mayor o igual a 25°C durante más de 6 meses. En la Figura 1 se muestra una distribución de estas clases de exposición en la República Argentina.

De acuerdo a la clasificación de la norma IRAM 11603 [2], se puede decir que el puente propuesto se ubica en la zona bioclimática IIb que corresponde a clima cálido con amplitudes térmicas menores que 14°C.



Figura 1. Ubicación geográfica y Zonas Ambientes A2 y A3.

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la evaluación del puente se discretizaron distintas partes que componen la estructura como lo son las barandas, el tablero, las vigas principales, las pilas y los estribos. Luego se trabajó sobre ellas de acuerdo a tres etapas bien definidas a saber: Inspección Preliminar, Inspección detallada y análisis de los resultados. Para el presente trabajo se han seguido los criterios extraídos del manual DURAR de la red CYTED [3] y otros manuales que abordan la temática [4].

## 3. RESULTADOS

En la inspección preliminar se realizó una búsqueda de antecedentes, de la cual solo se obtuvo su fecha de construcción que fue el año 1978. Por lo tanto se realizaron mediciones y observaciones de la estructura arrojando la siguiente descripción general: según su destino o uso, es un puente carretero, de Hormigón Armado in situ, con una longitud de 58 m, un ancho de calzada de 8,4 m y una altura máxima de 4,7 m. Compuesto por tablero de hormigón armado, con juntas de dilatación tipo tijera, barandas de hormigón; cinco vigas longitudinales, dos pilas y dos estribos.

A continuación se realizó un examen de tipo visual por elemento, registrando los signos aparentes de corrosión, degradación del hormigón, así como cualquier otra señal particular que pudiera constituir un indicativo de alguna afectación. En esta etapa fue fundamental el registro fotográfico.



Figura 2. Fisuras del tablero superior con proceso de lixiviación



Figura 3. Armadura expuesta y procesos corrosivos

En la inspección detallada se seleccionaron las técnicas y zonas de ensayo, mediciones y análisis físico-químicos en el hormigón, armadura y en el medio ambiente circundante.

Se realizaron ensayos de esclerometría y ultrasonido para verificar el estado del hormigón, profundidad y dirección de fisuras, y además se midió el espesor de la capa de hormigón carbonatado utilizando la técnica colorimétrica.

De la prueba con el esclerómetro se obtuvieron los siguientes resultados:

- En barandas se obtuvo una resistencia superficial promedio de 51,2 MPa.
- En tablero se obtuvo una resistencia superficial promedio de 48,7 MPa.
- En vigas principales las pruebas dieron una resistencia superficial promedio de 51,0 MPa.
- En pilas y cabezales los resultados fueron en promedio de 57,6 MPa.

No se observaron problemas de fisuración en las barandas, pero sí en los otros elementos estructurales. Tales fueron: En el tablero, se observaron múltiples fisuras, algunas de ellas con espesores mayores a 3 mm en la cara superior, que favorecen los procesos de lixiviación visibles en la cara inferior del mismo, donde se midieron espesores de 0,1 mm en promedio.

En vigas principales se observan fisuras en toda la longitud de las vigas, distancias iguales o mayores a un metro entre sí, con espesores que varían de 0,075 mm a 0,1 mm.

En pilas, la fisura más importante detectada tenía un espesor de 0,4 mm, 3 metros de longitud, habiéndose determinado una profundidad promedio de 167,3 mm. Se constataron fisuras que podemos considerar como normales, aunque deberá controlarse la abertura de las mismas periódicamente.

En cuanto a fallas constructivas como oquedades o falta de recubrimiento, las mismas no se detectaron en barandas. Tanto en la cara inferior del tablero, como en las pilas, se observó la falta de recubrimiento, lo que deja a la armadura principal y secundaria expuesta al medio ambiente. En vigas principales se observaron oquedades y también se verificó la presencia de hierros usados como separadores expuestos al medio ambiente y afectados por procesos de corrosión evidentes. Estos hierros actúan como “ventanas a la corrosión” de extrema peligrosidad. En la Figura 4 y en la Figura 5 se muestran algunas de las fallas constructivas de las vigas principales.



Figura 4. Falta de recubrimiento - hierros separadores expuestos



Figura 5. Oquedades que dejan hierros expuestos

Se hicieron estudios de carbonatación en barandas, tablero, vigas principales, pilas y estribos dando resultados negativos en el momento de realizar las pruebas y en las zonas elegidas. En la Figura 6 se muestra uno de los ensayos.



Figura 6. Ensayo de carbonatación sobre viga principal

A continuación se presenta el análisis realizado al agua de contacto:

El arroyo, presenta olores nauseabundos, signos de problemas de contaminación.

Los análisis de laboratorio dieron los siguientes resultados:

\*Residuos sólidos (total de sales solubles) = 700 p.p.m.

\*Sulfatos = 80 p.p.m.

\*Cloruros = 78 p.p.m.

\*Ph = 7

El contenido máximo de ión cloruro ( $Cl^-$ ) en el hormigón endurecido establecido por el Proyecto CIRSOC 201 [1] en su Tabla 2.6, se muestra a continuación.

Tabla 1. Contenido máximo de ión cloruro (tabla 2.6 – CIRSOC 201)

Hormigón	Condición de exposición en servicio	Contenidos máximos de ión cloruro (Cl <sup>-</sup> ) en el hormigón endurecido (IRAM 1 857)
		% en masa del cemento
Sin armar	Cualquier condición	1,20
Armado, con curado normal	Medio ambiente con cloruros	0,15
	Medio ambiente sin cloruros	0,30
Armado, con curado a vapor	Cualquier condición	0,10
Pretensado	Cualquier condición	0,06

En este caso se obtuvo 0,022% suponiendo un contenido de cemento de 350 kg/m<sup>3</sup>, lo que permite estimar que esta dentro del máximo permitido.

Para el sulfato, se establece el siguiente grado de exposición:

- < 150 p.p.m.....leve
- 150 a 1500 p.p.m.....moderado
- 1500 a 10000 p.p.m.....severa
- > 10000 p.p.m.....muy severa.

En este caso, el grado de exposición se puede clasificar como leve.

Los valores Límites de sustancias agresivas en aguas de contacto dados por el Proyecto CIRSOC 201 [1] en su Tabla 2.3, se muestra a continuación:

Tabla 2. Valores límites de sustancias agresivas (tabla 2.3 – CIRSOC 201)

Grado de ataque	Sulfatos solubles (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (1)	Magnesio (Mg <sup>2+</sup> ) (2)	pH (3)	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) (4)	Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (5)
	mg/litro	mg/litro	-----	mg/litro	mg/litro
Moderado	150 a 1.500	300 a 1.000	6,5 a 5,5	15 a 40	15 a 30
Fuerte	1.500 a 10.000	1.000 a 3.000	5,5 a 4,5	40 a 100	30 a 60
Muy fuerte	Mayor de 10.000	Mayor de 3.000	Menor de 4,5	Mayor de 100	Mayor de 60
(1): (2) y (3) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM que se redactará al efecto (4) y (5) Se determinarán con el método especificado en la norma IRAM 1 708. ( Se encuentra en etapa de redacción el método para determinación de amonio).					

Estos valores son válidos para clima moderados, con temperaturas medias anuales iguales o menores que 25°C y aguas estacionarias o que se mueven lentamente (velocidad igual o menor que 0,8 m/seg.), como en este caso particular.

#### 4. CONCLUSIÓN

- Las resistencias superficiales determinadas en los diferentes elementos fueron uniformes y elevadas.

- No se detectaron problemas de carbonatación.
- En el 75% de los elementos analizados se detectaron problemas de corrosión de armaduras causadas, en principio, por la suma de diferentes factores. Comparándolos con el modelo de Vida Útil dado por Tutti (1982), Figura 7, se puede concluir que el proceso de corrosión está en período de propagación.

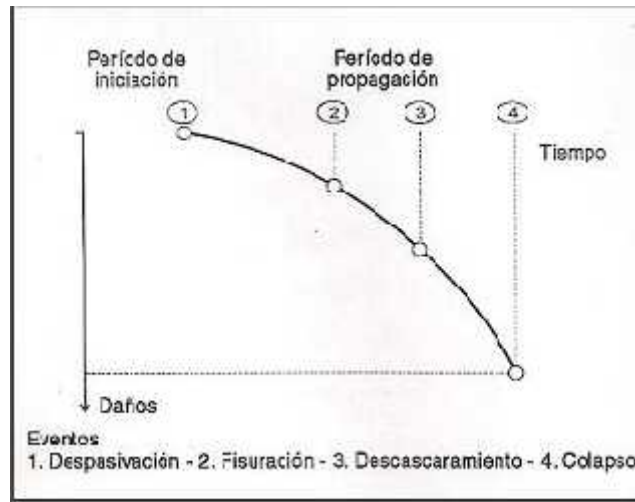


Figura 7. Tiempo de vida útil antes de reparar

En estos casos se considera necesario establecer el grado y ritmo de deterioro de la estructura mediante mediciones de velocidad de corrosión. Estudios de este tipo son fundamentales a la hora de encarar tareas de mantenimiento o de reparación.

De esta manera será factible recomendar la implementación de algunas de las múltiples medidas preventivas disponibles en el mercado, tales como el empleo de inhibidores de corrosión y/o de recubrimientos específicos.

## REFERENCIAS

1. Reglamento CIRSOC 201, Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Argentina (2002) (en trámite de aprobación).
2. IRAM 11603 - Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
3. Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado, Red temática XV.B "DURAR" (Durabilidad de la armadura) – CYTED.
4. CONTECVET, Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura, Geocisa – Instituto Eduardo Torroja.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen en primer lugar a la ViceGobernación por la confianza puesta en este trabajo a través del importante apoyo económico proporcionado y a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional C. del Uruguay, así como también al Profesor Jorge Sota por el asesoramiento brindado para la realización del trabajo.