

INSPECCION Y EVALUACIONES DE UN PUENTE CARRETERO. EN LA RED VIAL DE LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS

González Federico, Romani Lisandro.

Departamento de Ingeniería Civil

Facultad Regional Concepción del Uruguay. Universidad Tecnológica Nacional.

E3264BTD Ing. Pereira 676 Concepción del Uruguay. Argentina.

e-mail: Lisandro.romani@gmail.com

e-mail: Federico.fag@gmail.com

Palabras claves: Puentes, Corrosión, Hormigón, Inspección.

Resumen. *Los puentes son puntos críticos en la red vial, no solo porque su restricción de uso o clausura implica desconectar un tramo completo para todo o parte del tránsito, afectando cuestiones socio-económicas; sino también porque representan potenciales lugares riesgosos en cuanto a la seguridad vial.*

Una de las principales causas del deterioro de los puentes es la corrosión de sus armaduras de acero. Por ello y a los efectos de preservar la integridad estructural, resulta de gran importancia determinar el grado de daño que presenta el acero a causa del proceso corrosivo.

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación realizada sobre un puente carretero ubicado en la ruta provincial N° 39, de Entre Ríos.

Para la evaluación del puente se plantearon tres etapas bien definidas: Inspección Preliminar, Inspección detallada y diagnóstico.

Los resultados obtenidos mediante las técnicas utilizadas, analizados conjuntamente con características del hormigón, permitieron establecer un nivel de riesgo o de afectación de la estructura.

El estudio presentado aquí forma parte de un proyecto de Inspección y Evaluación de Patologías en Puentes Situados sobre la Red Vial Provincial, Gestión de Mantenimiento.

1 INTRODUCCION

En el presente trabajo se desarrollan metodologías de estimación y evaluación 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 equipamiento de un laboratorio adecuado para esta clase de auscultaciones.

El puente en cuestión, se encuentra emplazado en la Provincia de Entre Ríos, a 32° 21' 04" de Latitud Sur y 58° 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

puede clasificarse como rural. Estos ambientes se caracterizan por la ausencia de agresivos químicos al hormigón armado, con excepción del CO₂ 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 [3], se puede indicar que la estructura evaluada se encuentra en un ambiente tipo A3, el cual corresponde a 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 [4], 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.

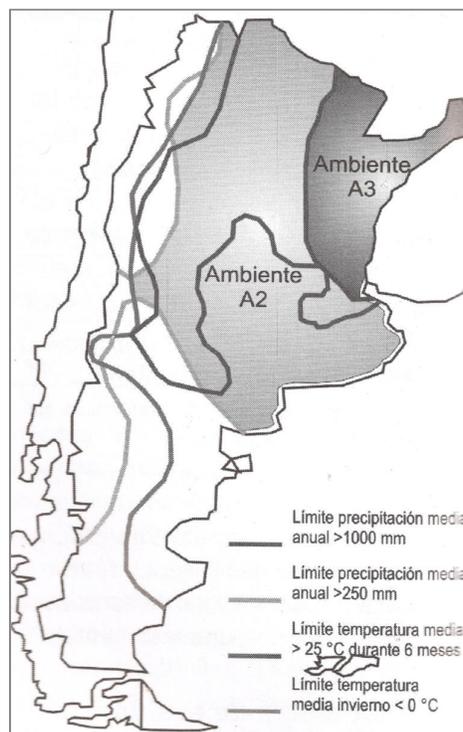


Figura 1: Ambientes A2 y A3, donde la carbonatación es el proceso de degradación predominante

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,

3 RESULTADOS.

En la inspección preliminar se realizó una búsqueda de antecedentes de la estructura arrojando la siguiente descripción general: según su destino o uso, es un puente carretero, de Hormigón Armado in situ, construido en el año 1978, 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,



Figura 2. Fisuras del tablero superior con procesos de lixiviación

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 promedio de 51,2 MPa.

Inspección detallada y análisis de los resultados. Para el presente trabajo se han seguido los criterios extraídos del manual DURAR de la red CYTED [1] y otros manuales que abordan la temática [2].

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 algún agente externo. En esta etapa es fundamental el registro fotográfico.



Figura 3. Armadura expuesta y procesos corrosivos

- 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 las pruebas dieron una resistencia superficial promedio, de 57,6 MPa.

No se observaron problemas de fisuración en las barandas, pero sí en los otros elementos estructurales.

En el tablero, las múltiples fisuras observadas, algunas de ellas con espesores mayores a 3 mm en la cara superior, 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 si, 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

detecto 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.

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 4 y la Figura 5 se muestran dos resultados obtenidos.



Figura 4. Ensayo de carbonatación sobre viga principal



Figura 5. Ensayo de carbonatación sobre tablero

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 [3] 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 ⁻) 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/m³, 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 [3] 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 ₄ ²⁻) (1)	Magnesio (Mg ²⁺) (2)	pH (3)	Disolución de cal por ataque con ácido carbónico (CO ₃ ²⁻) (4)	Amonio (NH ₄ ⁺) (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 CONCLUSION.

- 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

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.

modelo de Vida Útil dado por Tutti (1982), Figura 6, se puede concluir que el proceso de corrosión está en período de propagación.

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.

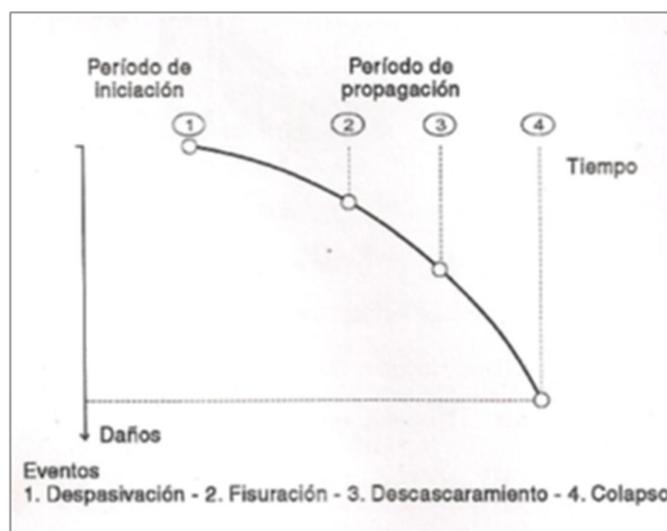


Figura 6. Tiempo de vida útil antes de reparar

5 REFERENCIAS

1. Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado, Red temática XV.B "DURAR" (Durabilidad de la armadura) – CYTED.
2. CONTECVET, Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura, Geocisa – Instituto Eduardo Torroja.
3. 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).
4. IRAM 11603 - Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina

6 AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado gracias al Convenio Marco firmado entre la Vicegobernación de la Provincia de la Provincia de Entre Ríos y la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la U.T.N. para la aplicación de

Tecnologías y asistencia técnica, que posibiliten un incremento de eficiencia y desarrollo para el caso particular del estudio de puentes de hormigón armado que el Gobierno Provincial determine.

