

EVALUACIÓN DEL DETERIORO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN DE RUTAS INTERURBANAS DE BAHÍA BLANCA (PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

Berezosky Juan José^{1,2,3}, Marfil Silvina^{2,3}, Di Sciuolo Nicolás¹

¹Dirección Nacional de Vialidad 19° Distrito. Bahía Blanca. jberezosky@vialidad.gob.ar, ²CGAMA-CIC-UNS. smarfil@uns.edu.ar, ³Dpto. de Geología. UNS. San Juan 670. Bahía Blanca.

RESUMEN

Se seleccionaron cuatro pavimentos de hormigón con aproximadamente 10 años desde su ejecución, ubicados en las rotondas de acceso a Médanos y Puerto Galván, y dos accesos a Bahía Blanca (una rotonda y la autovía 1V03). Se calaron y evaluaron testigos para conocer su estado de conservación, considerando que se proyectaron para una vida útil de 20 años. Se realizaron ensayos de compresión y se determinó la densidad. Posteriormente se efectuaron análisis petrográficos macro y microscópicos para determinar si presentaban patologías relacionadas a la RAS. Se concluyó que la resistencia a compresión disminuyó en la mayoría de las muestras y que la densidad no tuvo variaciones. El agregado tiene composición similar en todos los casos analizados. La arena contiene rocas volcánicas con pastas vítreas y partículas individuales de vidrio volcánico como especies deletéreas. El agregado grueso es piedra partida granítica calificada como no reactiva. El mortero en algunas muestras presenta fisuramiento en mapa que afecta a algunas partículas del agregado fino.

Palabras claves: Pavimentos, hormigón, durabilidad, RAS.

INTRODUCCIÓN

Existen antecedentes acerca de la potencial reactividad frente a la reacción álcali-sílice (RAS) de los agregados utilizados en la zona de Bahía Blanca, debido principalmente al contenido de rocas volcánicas con pastas vítreas y trizas de vidrio como constituyentes de las arenas y del canto rodado [1, 2, 3]. Estos materiales son considerados de reacción rápida. Como piedra partida en la región se utilizan agregados graníticos y cuarcitas, estas últimas contienen cuarzo fuertemente tensionado y microcristalino (de reacción lenta) superiores a los permitidos en la norma IRAM 1531 [4]. Así mismo hay registros del desarrollo de esta patología en hormigones de pavimentos urbanos e interurbanos, manifestándose con fisuración tipo mapa en la superficie [5, 6, 7, 8, 9] atribuido en especial al agregado fino.

En dos trabajos previos se estudió el hormigón de la rotonda de Médanos y una rotonda de acceso a Bahía Blanca desde el punto de vista petrográfico. Se observaron coronas de reacción en los componentes líticos, evidencias de procesos de lixiviación, perturbación en la textura y abundante microfisuramiento del mortero que en algunos casos llega a afectar también al agregado grueso.

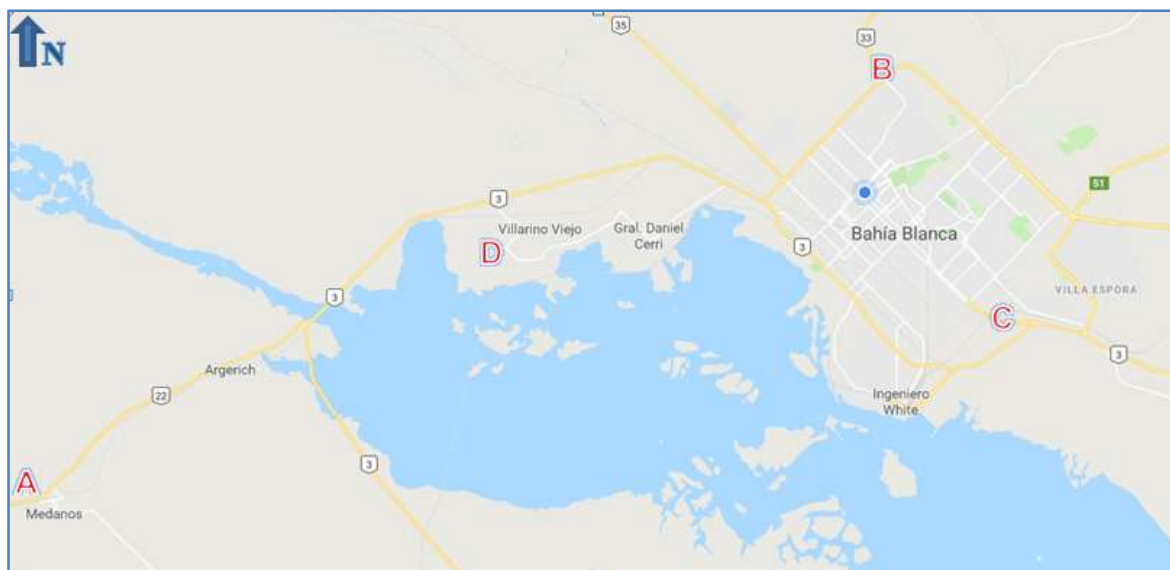


Figura 1: Ubicación de los sectores estudiados

Se concluyó en ambos casos que el deterioro prematuro del hormigón se debe al desarrollo de la RAS, siendo la arena el componente reactivo [10, 8].

En el presente trabajo se calaron testigos de los pavimentos del acceso a Puerto Galván y de la autovía 1V03 acceso a Bahía Blanca. Además, se volvieron a obtener testigos de las rotondas de acceso a Bahía Blanca y a Médanos. Con todos ellos, se realizaron ensayos físicos (resistencia a compresión y densidad) y petrográficos a fin de comparar con los resultados obtenidos previamente, caracterizando los agregados y evaluando sus características físico-mecánicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los sectores seleccionados para el presente estudio son: pavimentos de la rotonda de acceso a la localidad de Médanos (A), rotonda de acceso a la ciudad de Bahía Blanca (B), autovía 1V03 acceso a Bahía Blanca (C) y acceso a Puerto Galván (D) (Figura 1).

Se calaron testigos del total del espesor del pavimento y se analizó la densidad del techo y de la base de cada uno [11]. Mediante este ensayo se obtienen rodajas de 2-3 cm de espesor y se compara el peso seco y saturado con el volumen calculado del espécimen suspendido y sumergido en agua. Además, con el centro del testigo se realizaron ensayos de compresión mediante la aplicación de una carga axial, midiéndose la resistencia que otorga el mismo hasta el momento de su rotura [12].

Posteriormente se efectuaron análisis petrográficos macro y microscópicos con el objeto de analizar si presentaban patologías relacionadas con la RAS. Para ello se utilizó un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT y un microscopio Olympus, trinocular BH-2.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se indica la edad de la obra y las características de los hormigones estudiados y en la Figura 2 se muestra el fisuramiento en forma de mapa observado.

Tabla 1: Características de los hormigones estudiados.

Obra			Hormigón			
Nombre	Año de Ejecución	Tipo de obra	Cemento	kg de Cemento	Relación a/c	Comentarios
Au. 1V03	2009	Reparación	CPN40	380	0,46	Inspeccionada por Vialidad Nacional
Rotonda Bosque Alto	2010	Reparación	-	-	-	Obra ejecutada por el Municipio de Bahía Blanca con colaboración de Vialidad Nacional
Rotonda Médanos	2010 -2011	Básica	CPN40	380	0,48	Se reparó en un 90% en 2015-2016
Puerto Galván	2009	Básica	-	-	-	El hormigón es un H-30. No existen más datos

**Figura 2:** a. Au. 1V03. b. Rotonda Bosque Alto. c. Rotonda Médanos. d. Puerto Galván.

Ensayos Físicos

En la Tabla 2 se resumen los resultados de densidad y resistencia a compresión realizados sobre los testigos extraídos y se comparan con los valores de resistencia inicial del hormigón a los 28 días en la autovía 1V03 y en la rotonda de Médanos ya que no se cuenta con información de los otros pavimentos. Sin embargo en aquellos en los que sí se contaba con datos, se observa una marcada disminución de la resistencia. Con respecto a la densidad, se puede observar que los valores obtenidos se corresponden con aquellos esperados para un tipo de hormigón de estas características.

Tabla 2: Ensayos físicos.

ENSAYOS FÍSICOS			
Nombre	Densidad Testigo [g/cm ³]	Resistencia Inicial a 28 días	Resistencia Testigo extraído [MPa]
Au. 1V03	2,23 +/- 0,03	37,5 +/- 1,1	22,1 +/- 2,6
Rotonda Bosque Alto	2,36 +/- 0,01	H30	30,6 +/- 5,7
Rotonda Médanos	2,26 +/- 0,07	40,6 +/- 4,7	22,2 +/- 4,5
Puerto Galván	2,26 +/- 0,02	H30	28,9 +/- 2,7

Análisis petrográfico

Agregados

El agregado grueso en todos los testigos estudiados es una roca de textura granular compuesta por fenocristales de feldespato (ortosa en su mayoría) con hábito subhedral a anhedral y plagioclasa subordinada, con procesos de argilización puntuales. Abundan en ellos texturas de desmezcla. El cuarzo se encuentra dispuesto entre los fenocristales. Sus formas anhedrales varían en tamaño (los menores son de 120 μm) y un porcentaje elevado posee extinción ondulante (AEO 12° - 16°). Los mafitos son biotita y anfíboles subhedrales, estos últimos alterados parcialmente a clorita y dispuestos entre los feldespatos o como partículas monominerales. La textura es granular hipidiomórfica. Esta roca se califica como granito y no es reactiva según los requisitos de la norma IRAM 1531 [13]. Solo en el hormigón de la rotonda de Médanos se identificó además un canto rodado polimíctico, natural, en cuya composición predominan las rocas volcánicas (andesitas y riolitas, la mayoría con pastas vítreas). Estas rocas participan en el 5% del total del agregado grueso analizado.

El agregado fino es una arena natural polimíctica con formas principalmente subredondeadas. La litología presente en todos los testigos es similar aunque con proporciones variables de los diferentes componentes, los cuales se corresponden con las arenas de la región. En su composición se identificaron rocas volcánicas porfíricas (andesitas y riolitas), la mayoría con pastas vítreas, cuarcitas, tobas, cuarzo, feldespato, areniscas carbonáticas (tosca), minerales opacos, micas, piroxenos y trizas de vidrio. Las vulcanitas están parcialmente alteradas (desvitrificadas y argilizadas). Estos agregados se califican como potencialmente reactivos frente a la RAS según lo establecido en la norma IRAM 1512 [14].

Hormigón

Ruta Nacional N° 1V03: El testigo se presenta totalmente fisurado (perpendicular a la superficie) aunque el material no es deleznable. Al ser fracturado por impacto se reconoce que en las zonas de debilidad, existe carbonación propia del contacto con la base de suelo donde estaba apoyada la losa. Parte de la base granular se encuentra adherida al hormigón y denota un suelo con retención de humedad en la zona de contacto. El mortero se presenta con una porosidad aceptable. En algunos sectores, las oquedades presentes se encuentran rellenas mayoritariamente por carbonato de calcio, pero en otros de iguales condiciones no existe alteración alguna. Además se observa sílice criptocristalina, geles de composición silíceas y ettringita con estructura acicular formando "nidios" y asociada a la carbonatación. En la Figura 3a se observa

microfisuramiento del mortero que afecta algunas partículas del agregado fino (vulcanitas).

Rotonda Bosque Alto: El testigo presenta abundante fisuramiento (paralelo al eje principal) y menor fisuramiento lateral. Las fisuras están parcialmente rellenas. Esta característica se mantiene hasta los 10 cm desde la superficie. Se observó abundante ettringita y calcita relleno las fisuras. Al microscopio son claras las evidencias del desarrollo de la RAS vinculadas con el agregado fino, en especial con las vulcanitas (Figura 3b).

Rotonda Médanos: A nivel macroscópico se observa el típico fisuramiento en forma de mapa, que no solo afecta al mortero sino también (en algunos casos) a las partículas del agregado grueso. El hormigón presenta claras evidencias de deterioro. Son abundantes las cavidades de aire accidental, las que en general se encuentran colmatadas por productos de neoformación (calcita, portlandita). Los agregados finos presentan coronas de reacción, con evidencias de procesos de lixiviación y perturbación en la textura del mortero. En la Figura 3c se muestra una microfisura rellena con productos de neoformación.

Puerto Galván: En la superficie del pavimento se puede observar un fisuramiento generalizado en todas las losas del sector. Las mismas no poseen una apertura marcada pero si la disposición “tipo mapa”. Macroscópicamente se observa que las fisuras son longitudinales y no se profundizan más allá de los 5/7 cm. Además, solo se limitan a la parte superior del testigo. Bajo lupa se pueden observar evidencias de procesos de lixiviación y perturbación en la textura del mortero. Los agregados se presentan sanos con contactos netos con el mortero. Existen pequeñas fisuras transversales que atraviesan el mortero y las zonas de interface sin afectar al agregado.

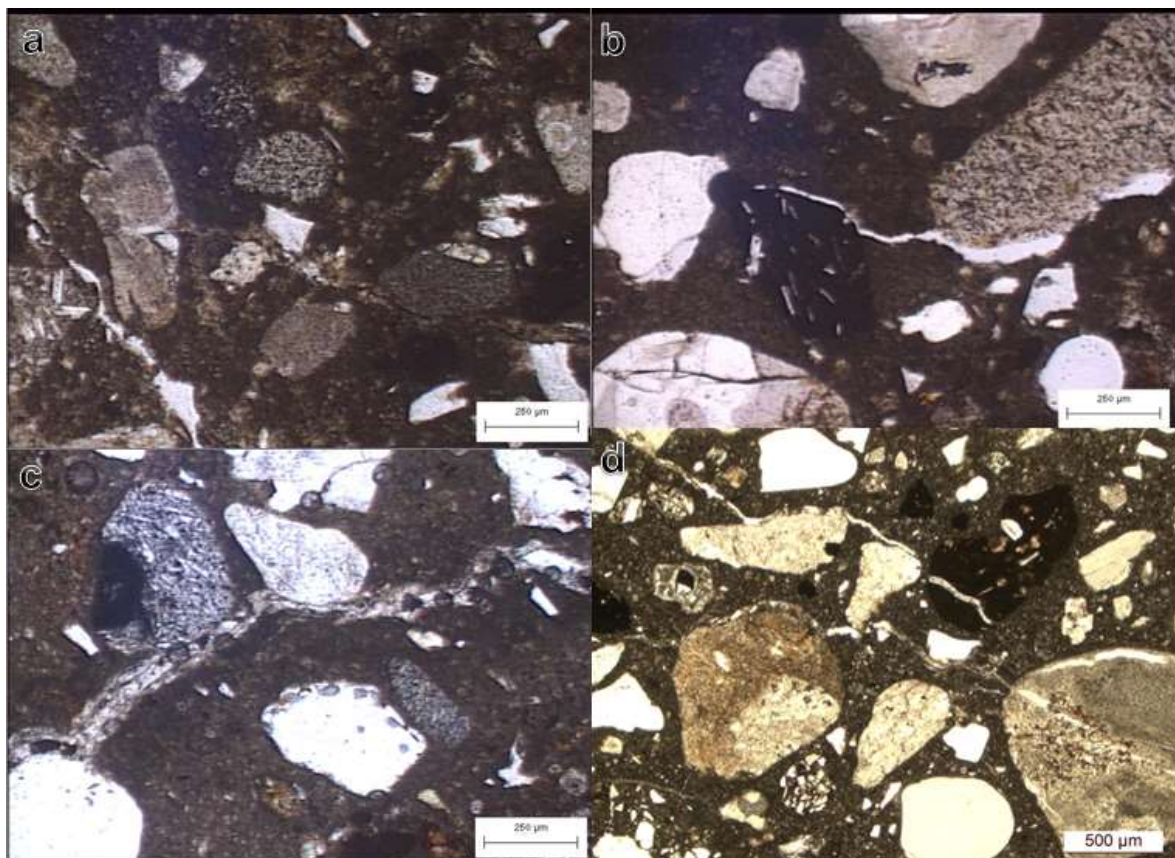


Figura 3: a. Au. 1V03. b. Rotonda Bosque Alto. c. Rotonda Médanos. d. Puerto Galván.

Tabla 3: Análisis petrográfico.

TESTIGOS DE HORMIGÓN			
Nombre	Estado Testigo	Agregado Grueso	Agregado Fino
Au. 1V03	Fisuras superficiales	Roca granítica: constituida por feldespato, cuarzo y micas	Arena Natural polimíctica: 30% rocas volcánicas, 2-4% vidrio volcánico
	Fisuras superficiales		
	Fisuras superficiales		
Rotonda Bosque Alto	Fisuras superficiales	Roca granítica: constituida por feldespato, cuarzo y micas	Arena Natural polimíctica: 40% rocas volcánicas, 2% vidrio volcánico
	Fisuras hasta 1/5 del espesor		
	Fisuras hasta 1/5 del espesor		
Rotonda Médanos	Fisuras que atraviesan todo el testigo	Roca granítica: constituida por feldespato, cuarzo y micas	Arena Natural polimíctica: 50% rocas volcánicas, 5-7% vidrio volcánico
	Fisuras hasta 1/3 del espesor		
	Fisuras que atraviesan todo el testigo		
Puerto Galván	Fisuras superficiales	Roca granítica: constituida por feldespato, cuarzo y micas	Arena Natural polimíctica: 40-50% rocas volcánicas, 3-5% vidrio volcánico
	Fisuras superficiales		
	Fisuras superficiales		

En la Tabla 3 se resumen las características del testigo y la composición de los agregados gruesos y finos. En este último se indican solo los componentes potencialmente reactivos frente a la RAS.

CONCLUSIONES

Los pavimentos estudiados “Au. 1V03, rotonda Bosque Alto, rotonda Médanos, Puerto Galván” presentan deterioro debido al desarrollo de la reacción álcali-sílice.

El proceso se manifiesta en obra con un intenso fisuramiento superficial en forma de mapa. En los testigos obtenidos de los pavimentos de las rotondas se observó continuidad de las fisuras en parte del espesor del mismo.

Al microscopio se identificaron microfisuras rellenas con un material birrefringente que afectan a la pasta y parte de los agregados finos. No se observaron evidencias de reacción vinculadas al agregado grueso.

Los materiales potencialmente reactivos presentes en los agregados son: vidrio volcánico en la pasta de las rocas volcánicas (de la arena y el canto rodado) y en forma de trizas en el agregado fino.

Los valores de resistencia determinados en los pavimentos son bajos. Cuando fue posible, se compararon con los iniciales observándose una notable disminución.

La densidad medida en todos los testigos arrojaron valores acordes para este tipo de hormigón.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección Nacional de Vialidad (Distrito 19), a la UNS y al CGAMA-CIC por el apoyo brindado.

REFERENCIAS

- [1] Maiza P., Marfil S., Sota J., Batic O., “Comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de reactividad potencial alcalina en áridos finos utilizados en Bahía Blanca y Punta Alta, Prov. de Buenos Aires”, II Jornadas Geológicas Bonaerenses, Bahía Blanca, Actas, (1988), 697-709.
- [2] Marfil S., “La reacción álcali-agregado. Investigación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento, utilizados en Bahía Blanca y su zona de influencia”, Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, (1990), 289 pp.
- [3] Berezosky J., Falcone D., Lescano L., Madsen L., Marfil S., Maiza P., “Comportamiento frente a la RAS de los materiales utilizados como agregado pétreo en la zona de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires”. 21º Reunión Técnica y VII Congreso Internacional de la AATH, Salta, (2016), 373-380.
- [4] IRAM 1531. “Agregado grueso para hormigón de cemento”, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, (2016) 28 pp.
- [5] Marfil S., Maiza P., Salomón R. (2001). Pavimentos de hormigón de la ciudad de Bahía Blanca. Su comportamiento frente a la RAS. Revista de la Asociación de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente: 16| 146-152. ISSN 0326-1921.
- [6] Marfil S., Maiza P., Salomón R., “ASR Induced Blow-up in an Urban Concrete Pavement (Bahía Blanca-Argentina)”, The International Journal of Pavement Engineering, UK, 2(4), (2001), 271-276.
- [7] Maiza P., Marfil S., “Evolución de los pavimentos de concreto afectados por la reacción álcali-sílice (RAS) en la ciudad de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, Argentina)”, 10º Congreso Geológico Chileno, Concepción, Chile, (2003), 8 pp.
- [8] Berezosky J., Lescano L., Locati F., Maiza P., Marfil S., “Behaviour of reactive sands in concrete. A case of study”, International Conference on Sustainable Structural Concrete, La Plata, (2015), 349-358.
- [9] Priano C., “Evaluación del estado de conservación de los hormigones en ambientes urbanos, rurales y marinos de la ciudad de Bahía Blanca y su zona de influencia”, Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, (2011), 289 pp.
- [10] Berezosky J., Falcone D., Locati F., Madsen L., Marfil S., “Evaluación de la potencial reactividad de arenas utilizadas como agregado fino en la zona de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires” VII Congreso Internacional de la AATH, Salta, (2016), 4-7.
- [11] UNE EN 12390-7. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 7: Densidad del hormigón endurecido. European Standard, 2009.
- [12] IRAM 1546. Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, 2013.
- [13] IRAM 1531. Agregado grueso para hormigón de cemento. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, 2012, 28 pp.
- [14] IRAM 1512. Agregado fino para hormigón de cemento, IRAM, 2013, 25 pp.

