

# ESTUDIO DEL PAVIMENTO DE HORMIGÓN DE LA RUTA DE ACCESO AL DIQUE PASO DE LAS PIEDRAS (PARTIDO DE CNEL. PRINGLES, PROV. DE BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Carla Priano<sup>1</sup>, Lilia Señas<sup>1</sup>, Silvina Marfil<sup>2,3</sup>, Pedro Maiza<sup>2,4</sup>  
Universidad Nacional del Sur - Av. Alem 1253 - Bahía Blanca, Argentina  
(0291) 4595103 int. 3223. E-mail: cpriano@uns.edu.ar

**Palabras claves:** Durabilidad, Pavimento, Hormigón, Petrografía.

## RESUMEN

El dique Paso de Las Piedras fue construido en el año 1970 sobre el río Sauce Grande (Prov. de Bs. As.), con el propósito de abastecer de agua a la ciudad de Bahía Blanca. Simultáneamente y con los mismos materiales, se construyó el camino de acceso de 6 km de extensión, desde la ruta provincial N° 51.

Poco tiempo después de su habilitación comenzaron a manifestarse problemas en su estructura por fisuras en la sala de bombeo y filtraciones e inestabilidad al pie de la presa entre otros, realizándose trabajos de remediación durante cinco años.

El pavimento también ha sido reparado en distintas oportunidades, por levantamiento de placas o fracturamiento de la carpeta.

En el presente trabajo se estudió el pavimento de hormigón del camino construido sobre el coronamiento del dique Paso de las Piedras y el del camino de acceso al mismo. Se realizó una evaluación visual y muestreo de los sectores más deteriorados.

Se estudiaron las características físico – mecánicas del hormigón, realizando ensayos de densidad, absorción y porcentaje de vacíos.

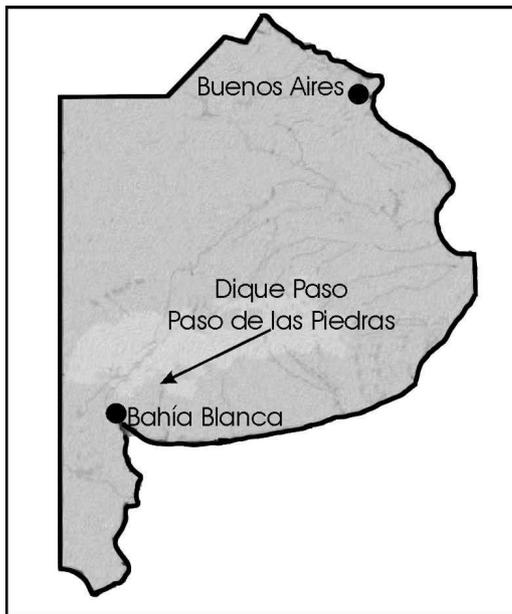
Se estudió la composición petrográfico-mineralógica de los agregados gruesos y finos utilizando estereomicroscopio y microscopio de polarización sobre secciones delgadas. Se evaluó el estado del hormigón poniendo énfasis en la presencia de materiales de neoformación, en especial los desarrollados en el interior de cavidades de aire accidental. Se identificó muy escasa ettringita y portlandita. Sobre secciones delgadas se analizaron las zonas de interfase agregado-mortero, principalmente vinculadas con agregados potencialmente reactivos.

1. Docente Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional del Sur.
2. Docente Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur. smarfil@uns.edu.ar
3. Investigador Independiente Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As. (CIC)
4. Investigador Principal CONICET.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 1968 el gobierno de la provincia de Buenos Aires resolvió la construcción de un dique y embalse sobre el río Sauce Grande en Paso de las Piedras, con un acueducto a la ciudad de Bahía Blanca, solucionando el problema de abastecimiento de agua potable (Figura 1). El dique comenzó a construirse en 1970 y años más tarde se habilitó.

Simultáneamente y con los mismos materiales, se realizó el camino de acceso desde la ruta provincial N° 51 con una extensión de 6 km (Figura 2).



**Figura 1.** Mapa de ubicación

El dique Paso de las Piedras es una represa de tierra. Desde que comenzó el llenado presentó serios problemas ya que la fundación se asentó sobre un paleocauce de conglomerados cuarcíticos de alta permeabilidad. Comenzaron a manifestarse severos problemas en su estructura por fisuras en la sala de bombeo y filtraciones e inestabilidad al pie de la presa entre otros.

Pese a todo, en diciembre de 1978, la obra fue inaugurada con una capacidad de suministro de 250.000 m<sup>3</sup> por día previstos para una población de hasta 500.000 habitantes.

Se morigeró el problema de filtraciones, haciendo una losa de hormigón aguas arriba que se extendió a lo largo del frente del cierre y unos 200 metros de ancho.

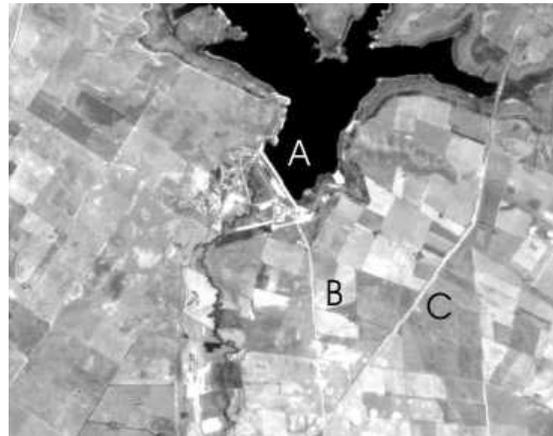
Si bien las filtraciones disminuyeron, el agua de los piezómetros se mantenía con turbidez, haciendo prever un desmejoramiento del sustrato por eliminación del material fino, que con el tiempo podría ocasionar el colapso del dique.

En el año 1998, se resolvió la impermeabilización del frente del cierre, utilizando el método "jet grouting", lo que disminuyó notablemente la infiltración. Este trabajo duró 5 años finalizando en el 2001.

El pavimento del camino de acceso a la presa, realizado con los mismos materiales que ésta, también ha sido reparado en distintas oportunidades, debido a levantamiento de placas y/o fracturamiento de la carpeta. Dicho camino se diseñó para intensidad de tránsito baja, y no soportó vehículos de carga importante hasta el ingreso de maquinaria pesada para la reparación antes mencionada.

Tres décadas después de su habilitación, el dique Paso de las Piedras continúa prestando

su servicio de abastecimiento de agua a los usuarios de las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta.



**Figura 2.** A: Dique; B: Camino de acceso; C: Ruta Provincial N° 51

En Argentina, existen numerosas obras de hormigón, principalmente pavimentos y puentes carreteros, que presentan patologías atribuidas a fallas de proyecto, ejecución y falta de mantenimiento [1].

En la ciudad de Bahía Blanca y su zona de influencia se han realizado numerosos estudios sobre pavimentos urbanos e interurbanos construidos en diferentes épocas [2]. La mayoría de los agregados utilizados en la región son considerados potencialmente reactivos frente a la reacción álcali-sílice [3-6], aunque las obras afectadas por esta patología son escasas o por lo menos, poco conocidas [7-9].

En el presente trabajo se estudió el pavimento de hormigón del camino construido sobre el coronamiento del dique Paso de las Piedras y el del camino de acceso al mismo, los cuales presentaban sectores deteriorados. Las estructuras analizadas se encuentran emplazadas en un ambiente rural caracterizado por la ausencia de agresivos químicos al hormigón armado, salvo por la presencia de CO<sub>2</sub> de la atmósfera responsable de los procesos de carbonatación.

El clima predominante en la región es semiárido templado, con una temperatura media anual de 15° C y con una precipitación media de 700 mm. Si tomamos en consideración la clasificación de exposición dada por el Reglamento de Proyecto CIRSOC 210 [10], se puede ubicar a las estructuras estudiadas en un ambiente tipo A2: ambiente normal, con temperatura moderada y fría, sin congelación, humedad alta y media con ciclos de mojado y secado, precipitación media anual menor que 1000 mm.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudio el pavimento de hormigón construido sobre el coronamiento del dique Paso de las Piedras y el del camino de acceso al mismo. La edad del hormigón es de aproximadamente 30 años y en distintas oportunidades ha sido reparado por levantamiento de placas o fracturamiento de la carpeta.

Se llevó a cabo un relevamiento fotográfico de los sectores más deteriorados, se tomaron muestras de hormigón de diferentes zonas y se realizaron determinaciones de densidad, absorción y porcentaje de vacíos según lo establecido en la norma ASTM C642-97 [11].

Se estudió la composición petrográfico-mineralógica de los constituyentes de los agregados gruesos y finos, poniendo especial énfasis en la identificación de especies potencialmente reactivas y minerales de alteración que puedan desarrollar reacciones expansivas en el hormigón. Se estudió el estado de conservación, se determinó la relación entre el agregado grueso y fino con el mortero, el desarrollo de fisuras, presencia de productos de neoformación, en especial en el interior de cavidades de aire accidentalmente entrampado.

Los estudios petrográficos se realizaron con estereomicroscopio y microscopio de polarización petro-calcográfico Olympus BH-2 trinocular, con cámara de video y programas computarizados para el tratamiento de imágenes.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**3.1. Relevamiento:** En la figura 3 se muestra el estado del hormigón de la zona de estudio. La figura 3a corresponde a un sector del pavimento que presenta marcado deterioro. Del relevamiento realizado se verificó la ausencia de material sellador entre paños contiguos de losas, permitiendo el ingreso de agua hacia la base. En la figura 3b se puede apreciar la falta de material bituminoso en las juntas de dilatación y la falta de mantenimiento evidenciada por el crecimiento de vegetación. En la figura 3c se observa otro sector con marcado deterioro. El desarrollo de las fisuras sigue una dirección predominante como se muestra en la figura 3d. Una base compactada deficientemente sumada al efecto anterior que permite el ingreso y egreso de agua, genera una pérdida de material de sustento, lo que cambia el estado de sollicitación de la losa por falta de apoyo (efecto viga). Ante la acción de cargas se produce la aparición de fisuras y grietas. Otros sectores de la ruta se presentan en perfecto estado de conservación (figura 3e). El pavimento del camino construido sobre el coronamiento de la presa evidencia un marcado deterioro (figura 3f). En este sector las fisuras también tienen una dirección predominante (figura 3g), así como en la zona de la vereda peatonal (figura 3h).

**3.2. Ensayos físicos:** Los resultados de los ensayos de determinación de densidad, absorción y porcentajes de vacíos se detallan en la tabla I.

Tabla I. Densidad, absorción y porcentajes de vacíos

Zonas de muestreo	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)	Porcentaje de vacíos (%)
I	2,42	7,8	17,4
II	2,32	8,2	17,5
III	2,40	7,5	16,7
IV	2,45	4,4	10,5

### 3.3. Petrografía:

#### • Agregado grueso:

El agregado grueso es un canto rodado polimítico. Los clastos de mayor tamaño (> 1") son en su mayoría cuarcitas. Están

constituidas por un agregado cristalino de clastos de cuarzo anhedrales, de textura sacaroide, con fuerte extinción ondulante. El tamaño de los cristales varía desde 0,2 hasta 1,5mm. Los bordes son totalmente irregulares y en algunos se evidencia un proceso de crecimiento de los mismos (figura 4a, con

nicos cruzados). Estos clastos están cementados por cuarzo fino cuyo tamaño oscila entre 30 y 50 micrones. Es frecuente observar texturas miloníticas, consecuencia de los procesos metamórficos que afectaron a la roca (Figura 4b, con nicoles cruzados). En algunos sectores se observó escasa cantidad de illita asociada, especialmente con el mineral que cementa los cristales de cuarzo. En la composición de los clastos, cuyo tamaño oscila entre 1/2" y 4,75 mm, además de las cuarcitas, participan filitas, esquistos cuarzo micáceos, metamorfitas graníticas y rocas volcánicas. Entre estas últimas se destacan las de composición andesítica.

#### • Agregado fino:

El agregado fino es una arena natural, constituida en forma predominante por cuarcitas, con cantidades subordinadas de metamorfitas graníticas, filitas, andesitas, riolitas con pastas microcristalinas y vítreas, areniscas calcáreas (tosca) y areniscas silíceas ferruginosas. Son raros pero se pueden observar clastos de anfíboles, micas y titanita. En la figura 4c se muestra la composición el agregado fino (con nicoles cruzados).

#### • Hormigón:

##### Observaciones con estereomicroscopio:

En la figura 4d se muestra que el hormigón del pavimento presenta buena compacidad. Los contactos agregado – mortero son netos. No hay microfisuramiento. Las fracturas se observaron sólo a nivel macroscópico en direcciones definidas. No se observaron coronas de reacción, ni bordes de disolución. No se identificaron productos de neoformación. Las cavidades de aire accidental aparecen en general vacías. Solo se observaron en forma escasa algunas con las paredes tapizadas con hidróxido de calcio (portlandita), carbonato de calcio (calcita) y muy escasa cantidad de ettringita (figura 4e).

##### Microscopía de polarización:

En la figura 4f se muestra el estado general del mortero. En general no hay microfisuramiento aunque se observaron algunos sectores con microfisuras incipientes y desprendimiento de los clastos, especialmente de las filitas. En la zona superficial, el mortero se presenta moderadamente carbonatado.

## 4. CONCLUSIONES

- Si bien se identificaron especies deltéreas (cuarzo con extinción ondulante, cuarzo microcristalino y rocas volcánicas con pastas vítreas) no hay evidencias del desarrollo de reacciones expansivas atribuibles a la composición petrográfico-mineralógica de los agregados.
- La elección de los materiales y el proyecto de las mezclas fue el adecuado para esta estructura que lleva más de 30 años de vida en servicio.
- Las patologías que presentan los pavimentos estudiados se deben a deficiencias en las técnicas constructivas y a la falta de mantenimiento.
- La falta de sellador en las juntas permitió el ingreso de agua a la base, produciendo la socavación de la losa. Esta modificación del estado de sollicitación hizo, que frente a las cargas, la losa de hormigón simple falle por flexión.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Departamentos de Ingeniería y Geología de la Universidad Nacional del Sur, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As. y al CONICET por el apoyo brindado; al Sr. Rodolfo Salomón por la colaboración en la compaginación de las fotografías y a la Agrimensora Beatriz Aldalur.

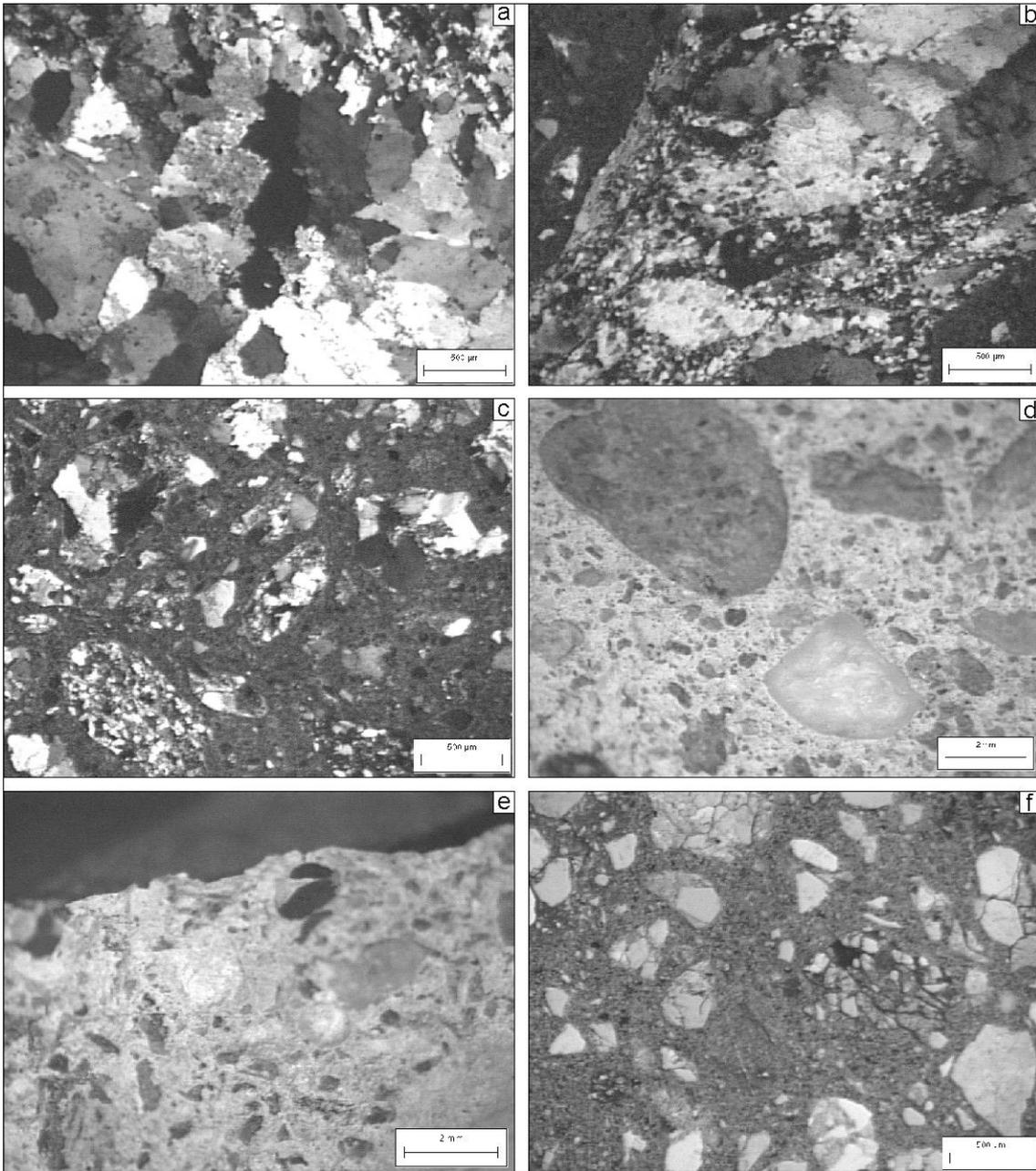
## REFERENCIAS

1. Traversa L., Giovambattista A., Di Maio A. y Esperjesi L. "Performance of concrete structures in Argentine environments", Proceedings Symposium "Structures for the Future. The Search for Quality", IABSE, Río de Janeiro, Brasil. pág. 224-230. (1999)
2. Marfil, S. A.; P. J. Maiza y R. C. J. Salomón. 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. N° 16. 146-152. (2001)
3. Maiza P. J.; S. A. Marfil; J. D. Sota y O. R. Batic. 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. Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses (1988)
4. Maiza P. J. y S. A. Marfil. Principales yacimientos de arena, canto rodado y piedra partida, utilizados en la construcción en la zona de Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires. Primer

- Seminario de Tecnología del Hormigón en la Vivienda del Mercosur. Memorias. Santa Fe. 253-264. (1997).
5. Marfil S. A. 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. Biblioteca Central. Universidad Nacional del Sur. (1989).
  6. Marfil S. A. y P. J. Maiza. Los agregados gruesos utilizados en la zona de Bahía Blanca (Prov. de Bs. As.), en relación con la reacción álcali agregado. Congreso Internacional de Ingeniería Estructural y Tecnología del Hormigón. Córdoba. Memorias. I, 1-10. (1993)
  7. Marfil, S. A. y P. J. Maiza. Pavimento de hormigón deteriorado por la reacción álcali - sílice, en un complejo edilicio de la ciudad de Bahía Blanca. Congreso de Ingeniería 2000. Vol. 2. 44-50. Buenos Aires. (2000).
  8. Marfil S. A. and P. J. Maiza. Deteriorated pavements due to the alkali - silica reaction. A petrographic study of three cases in Argentina. Cement and Concrete Research. Ed. Elsevier. USA. Vol 31. N° 7. pp. 1017-1021. (2001).
  9. Maiza, P. J. y S. A. Marfil Examen petrográfico aplicado al estudio del hormigón de una ruta interurbana con evidencias de deterioro. Revista de la Asociación de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. N° 17. 75-79. (2002).
  10. "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 discusión pública).
  11. ASTM C642-97. "Standard Test Method for Density, Absorption and Voids in Hardened Concrete". Annual Book of ASTM Standards, 1997.



**Figura 2.** Relevamiento del pavimento de hormigón



**Figura 3.** Petrografía de los agregados gruesos; finos y del hormigón.