

## ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN DEL SECTOR SE DE BAHÍA BLANCA (BUENOS AIRES)

Priano Carla<sup>1</sup>, Pérez Marfil Paula<sup>2,3</sup>, Lescano Leticia<sup>2,3</sup>, Marfil Silvina<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Ingeniería. UNS, Av. Alem 125. Bahía Blanca. [cpriano@uns.edu.ar](mailto:cpriano@uns.edu.ar), <sup>2</sup>CGAMA-CIC-UNS,

<sup>3</sup>Dpto. de Geología. UNS. San Juan 670. Bahía Blanca.

### RESUMEN

En el presente trabajo se relevaron pavimentos de hormigón de la ciudad de Bahía Blanca con el propósito de determinar el estado de conservación y las causas de deterioro. Se presentan los resultados de 43 barrios del sector SE de la ciudad, que abarca una superficie de 13,4 km<sup>2</sup>. Se analizó el estado de las losas considerando las que necesitan reemplazo debido al avanzado estado de deterioro y el tipo de agregado que constituye el hormigón. Se determinó densidad, absorción y porosidad y se realizó un estudio petrográfico de los agregados y del estado del mortero, utilizando estereomicroscopio y microscopio óptico. Se realizó un estudio estadístico sobre un total de 32703 losas relevadas y se concluyó que el 40% presenta deterioro y de éstas, el 18% necesita reemplazo total. Las principales causas de falla están asociadas a defectos constructivos en la preparación de bases y a la falta de mantenimiento de juntas.

**Palabras claves:** Hormigón, pavimentos, durabilidad, Bahía Blanca.

### INTRODUCCIÓN

Es frecuente observar estructuras de hormigón con una clara disminución de su vida en servicio. Los requisitos de durabilidad son de igual importancia que los de resistencia. Un factor importante a considerar en relación con las tensiones de la losa y a la durabilidad del pavimento, es el diseño de las juntas (espaciamiento, tipo y dimensiones).

Los pavimentos de hormigón necesitan poco trabajo de mantenimiento, pero es imprescindible que éste se realice en forma periódica y constante para evitar que una pequeña falla inicial, reparable a bajo costo, se convierta en un daño progresivo que encarecerá los trabajos de remediación. Todas las juntas deben sellarse para evitar que el agua superficial infiltre en el suelo de la subrasante con el consecuente debilitamiento de su poder portante. El sellado evita también que material granular no compresible, se introduzca dentro de las cavidades de las juntas, generando tensiones localizadas en el hormigón cuando éstas tienden a cerrarse por dilatación. Los pavimentos sufren un progresivo desgaste por el roce y fricción de partículas sólidas o por la circulación de fluidos. En función de la duración de estas acciones, el deterioro puede ser superficial o profundo. La resistencia a la abrasión depende fundamentalmente de las características de la pasta, de los agregados (en especial los gruesos) y de la adherencia entre ellos [1].

En un trabajo previo se realizó un relevamiento y muestreo de los pavimentos de hormigón de un área de 33 km<sup>2</sup> de la ciudad de Bahía Blanca, delimitada por el canal Maldonado y las vías del ferrocarril (macro y microcentro, y los barrios Pedro Pico, Universitario, Pacífico, Almafuerte, Km 5 y Napostá). Se analizó el estado de las losas (fallas estructurales, superficies de abrasión, fracturas y daños por la reacción álcali-sílice) y el tipo de agregado. Se determinó porosidad, absorción, densidad y se realizaron estudios petrográficos de los agregados y del hormigón. Se realizó un estudio estadístico y se concluyó que el 48% presentaba deterioro, 47% debido a fallas estructurales y de éstas el 14% necesitaban reemplazo total. Se observó con frecuencia lavado superficial, en especial en las esquinas [2,3].

Estos resultados parciales forman parte de un proyecto financiado por la CIC de la provincia de Buenos Aires para estudiar el estado de los pavimentos de toda la ciudad y su relación con el nivel freático. Se evaluará además el comportamiento hidrodinámico de la zona no saturada, haciendo especial énfasis en la franja capilar, y su incidencia en los diferentes sectores ya que la ciudad de Bahía Blanca está construida en ambientes geológicos muy diferentes. La zona céntrica está asentada sobre un abanico aluvial, entre cotas topográficas que varían entre 5 y 25 metros, mientras que, hacia el sur, se extiende a un ambiente de llanura de marea emergida con alturas topográficas menores a 5 metros y hacia el norte a una peniplanicie que llega hasta los 70 msnm [4].

Los cambios volumétricos originados en variaciones térmicas y/o en el contenido de humedad de los hormigones, constituyen una de las causas más frecuentes de fisuración de las estructuras, especialmente en pavimentos. Estas fisuras pueden alterar el comportamiento estructural y además afectan su durabilidad, ya que son vías de ingreso para sustancias agresivas [1, 5].

Las fisuras, asentamiento de la losa y fallas estructurales, frecuentemente son resultantes de la preparación inadecuada y de la mala compactación de la subrasante, la que debe ser bien drenada, con capacidad de soporte uniforme, nivelada o adecuadamente inclinada y libre de césped, materia orgánica e hielo. La falta de uniformidad de soporte se debe principalmente, a la presencia de suelos suaves, inestables y saturados o suelos pedregosos, a un relleno sin la compactación adecuada y a la existencia de suelos expansivos [6].

Existen antecedentes de pavimentos de hormigón de la ciudad de Bahía Blanca con evidencias de deterioro prematuro debido a malas prácticas constructivas, por elección errónea de materiales, proyectos no adecuados a las características del tránsito o por cambios producidos en su intensidad y frecuencia que produjeron desfasajes generando solicitaciones no previstas y, en mucho menor proporción, al desarrollo de la reacción álcali-sílice. En distintos sectores de la ciudad de Bahía Blanca se han detectado problemas en los pavimentos de hormigón vinculados a las diferentes condiciones que presenta el subsuelo que conforma el área. En la zona oeste de la ciudad, la presencia de arcillas en superficie y la escasa profundidad del nivel freático, determinan el predominio de movimientos hídricos verticales y la transferencia del agua por ascenso capilar, potenciando la concentración de sales por evapotranspiración. En trabajos previos se concluyó que el deterioro estaba vinculado a una suma de procesos que actuaron durante un largo período de tiempo. Es probable que la rotura se haya iniciado por fallas constructivas e incluso de proyecto, como podría ser el curado defectuoso. El ingreso de agua a través de las fisuras pudo ser el factor desencadenante de otras patologías como la reacción álcali-sílice [7-10]. En algunos casos el factor climático parece haber jugado un rol importante. La elevada humedad y permeabilidad creciente de las losas ante la fisuración, juntas con conservación deficiente, y otros factores, incrementaron los procesos de deterioro. Esta condición alternada con períodos de sequía posiblemente contribuya en la movilización de iones a través de la solución de

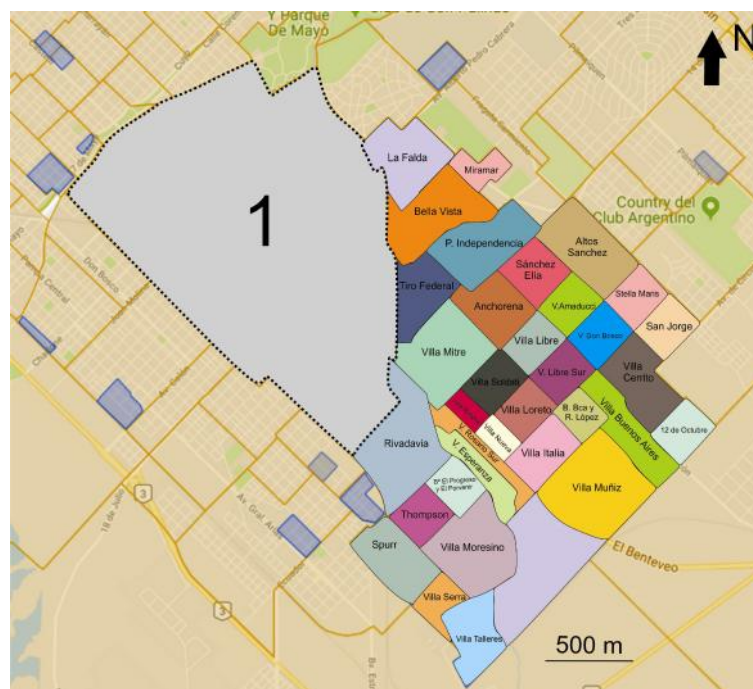
poro para que reaccionen con los agregados reactivos y con los materiales cementantes del hormigón generando productos de neoformación en cavidades y fisuras [11, 12]. Por lo tanto, la durabilidad de las estructuras de hormigón sin dudas dependerá de numerosas variables entre las que pueden mencionarse: la presencia de especies mineralógicas deletéreas que componen los agregados, los productos de reacción formados a expensas de las reacciones de intercambio entre agregados – cemento y agua, el tiempo, la temperatura y las condiciones físico-químicas y ambientales.

En este trabajo se presentan los resultados del relevamiento de pavimentos de hormigón de 43 barrios del sector SE de la ciudad. Se analizó el estado de las losas (superficies de abrasión, fisuras, fracturas, levantamientos, juntas, etc.), considerando las que necesitan reemplazo debido al avanzado estado de deterioro y el tipo de agregado que constituye el hormigón (fino y grueso). En los sectores donde fue posible tomar muestras, además se determinó densidad, absorción y porosidad y se realizó un estudio petrográfico de los agregados y del estado del mortero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área relevada cubre un total de 43 barrios del sector SE de la ciudad, que abarca una superficie de 15 km<sup>2</sup>. En la Figura 1 se indica el sector analizado. Se relevaron 2.048 cuadras de las cuales el 26% corresponde a pavimento rígido. Se evaluaron 36.213 losas de hormigón, y se tomaron muestras en los casos donde fue posible.

Se realizó un estudio estadístico donde se contó el número de placas de hormigón sanas, con fallas estructurales y cortes por el tendido de servicios públicos, evaluando las que necesitan reemplazo debido al avanzado estado de deterioro. Se evaluó la presencia de fisuras y/o grietas, tanto longitudinales (paralelas al eje del pavimento) y transversales (perpendiculares al eje del pavimento) como en esquina. Estas últimas son fisuras diagonales que intersectan la junta o el borde que delimita la losa, y pueden originarse por acción de las cargas de tránsito sobre esquinas sin soporte o por alabeo de las losas.



**Figura 1:** Mapa de Bahía Blanca. En color se indica los barrios relevados. 1 corresponde al área relevada en un trabajo previo [2].

Se determinó el tipo de agregado utilizado, se evaluó el desarrollo de fisuras por retracción, fracturas por causas estructurales o por reacciones deletéreas del tipo RAS (fisuras en mapa) y presencia o ausencia de material sellador en las juntas de contracción.

Con las muestras de hormigón obtenidas en los relevamientos, se realizaron ensayos de densidad, absorción y porosidad, según lo establecido en la norma ASTM C642-97 [13] y estudios petrográficos con un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT para el análisis de la composición de los agregados finos y gruesos, el estado del mortero y desarrollo de microfisuras, etc.

Para la determinación de la porosidad se consideraron los espacios vacíos que quedan en la masa del hormigón, por evaporación del agua excedente del amasado y del aire naturalmente atrapado. Para su determinación se secaron las muestras en horno hasta obtener masa constante, a una temperatura entre 100-110 °C, durante 24 horas y se determinó el peso de la masa seca. Luego se sumergió en agua a temperatura ambiente por 48 horas, se secó y pesó, determinando así la masa saturada y superficie seca. Se colocó la muestra en un recipiente con agua hasta ebullición durante 5 horas. Se enfrió hasta temperatura ambiente y se pesó. Finalmente se utilizó una balanza hidrostática para el cálculo de la masa aparente. Con estos parámetros se obtuvieron los valores de absorción, densidad relativa en estado saturado superficie seca y porosidad. Como un criterio de evaluación se acepta que un valor de porosidad por debajo de 10%, indica un hormigón de buena calidad y compacidad, entre 10% y 15%, uno de moderada calidad y si se supera el 15%, se considera que el hormigón no tendrá una adecuada durabilidad [14]. La porosidad del hormigón está directamente relacionada con la posibilidad de ingreso de agua y agentes agresivos a su interior, por lo tanto es un parámetro que está estrechamente vinculado con la durabilidad de una estructura.

## RESULTADOS

De las 36.213 losas relevadas el 39,1% presentan deterioro siendo necesario el reemplazo en el 4,3%. La principal falla observada es estructural (88% del total) con predominio de fisuras y fracturas longitudinales y/o transversales (34,8%), en menor proporción en esquina (4%). Solo el 0,3% presenta fisuramiento en forma de mapa (Figura 2).

Es muy frecuente observar lavado superficial dejando expuestas las partículas del agregado grueso, en especial en las bocacalles. También se observaron fisuras por retracción. El 2% de las losas relevadas presenta cortes por servicio. Esto, en la mayoría de los casos (debido a malas reparaciones) provocó rotura del pavimento preexistente.

En general no existe material sellador en las juntas de contracción y éstas se encuentran rellenas con tierra o vegetación. En los pavimentos más recientes las juntas están aserradas y aún conservan el material sellador.

En la Tabla 1 se muestra la distribución de las fallas por barrios donde se puede observar que el porcentaje de deterioro es muy variable (entre 64% y 2%). Con fisuras longitudinales y transversales entre <1% y 64%, en esquina entre 0% y 20% y en mapa (asociadas a RAS) entre 0% y 1%.

Estos resultados son comparables con los obtenidos en un trabajo previo [2], donde las causas principales de deterioro son coincidentes, aunque en este sector de la ciudad el promedio de pavimentos deteriorados es menor (39% vs. 48%).

Tabla 1: Distribución del estado de los pavimentos por barrio.

Barrio	Sanos (%)	Deteriorados (%)			Necesita reemplazo % respecto al total deteriorado	Corte por servicio % respecto al total relevado
		Fisuras long. y transv.	Fisuras en esquina	Fisuras en mapa		
La Falda-Bella Vista-Miramar	56,5	37,2	5,3	1,1	9,9	4,0
Villa Mitre	62,5	29,2	6,3	1,0	7,6	3,3
Tiro Federal	67,0	29,9	6,5	0,2	4,7	2,4
Sánchez Elía	57,8	40,8	1,4	-	4,0	1,1
Villa Libre	63,7	27,2	8,1	-	1,9	2,9
Amaducci	46,4	43,0	6,8	-	5,3	2,1
Villa Don Bosco	45,7	30,0	20,0	-	-	-
Villa Cerrito	70,9	15,2	13,9	-	-	-
Villa Bahía Blanca.	80,0	11,2	7,3	-	-	1,0
Villa Bs. As.	58,8	37,5	2,9	0,7	2,2	2,2
Villa Libre Sur	50,2	48,1	1,6	-	2,8	1,7
Barrio Obrero	45,7	52,3	1,9	-	3,5	1,3
Villa Loreto	47,5	50,9	0,7	0,9	3,0	6,4
Villa Soldati	58,1	39,9	1,1	0,9	1,9	1,2
Rosendo López	74,0	15,0	9,9	-	1,6	2,3
Villa Nueva	42,8	57,2	-	-	2,8	-
1810	88,8	11,2	-	-	0,7	0,3
Rivadavia	35,7	64,0	0,4	-	7,6	0,4
Spurr	98,5	0,3	1,1	-	-	-
Villa Moresino	95,1	0,4	4,5	-	-	-
El Progreso – El Porvenir	91,5	8,5	-	-	-	-
Thompson	75,0	25,0	-	-	-	-

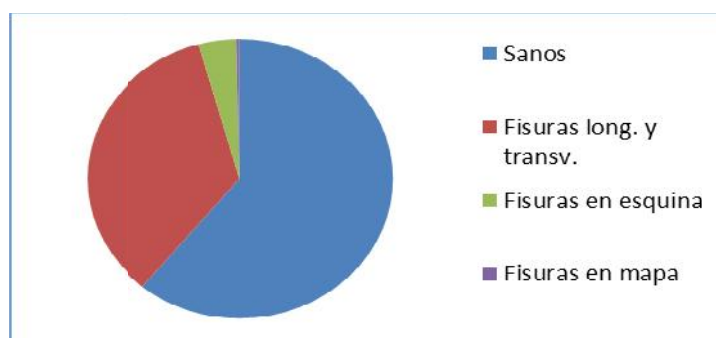


Figura 2: Distribución del estado de conservación.

### Estudio petrográfico de los agregados y hormigones

Los materiales utilizados como agregado presentan una composición litológica semejante. El agregado grueso es en general piedra partida granítica (ppg). En menor proporción se identificó canto rodado, en algunos casos combinado con ppg. Los pavimentos más nuevos están constituidos por binder. En la Tabla 2 se detalla la composición por barrio. El agregado fino en todos los casos es arena natural constituida principalmente por rocas volcánicas, con cantidades subordinadas de rocas graníticas, cuarzo, feldespato, vidrio volcánico, minerales opacos, escasos piroxenos y micas y en algunos casos además valvas carbonáticas. La composición del canto rodado y del binder es similar a la de la arena.

**Tabla 2:** Tipo de agregado grueso por barrio.

Barrios	Agregado grueso		
	Piedra partida granítica (%)	Binder polimíctico (%)	Canto rodado polimíctico (%)
La Falda-Bella Vista-Miramar	92,7	4,9	2,4
Villa Mitre	88,9	11,1	-
Tiro Federal	97,0	-	3,0
Sánchez Elía	90,0	-	10,0
Villa Libre	70,0	10,0	20,0
Amaducci	83,4	-	16,6
Villa Cerrito	100,0	-	-
Villa Bahía Blanca	-	100,0	-
Villa Bs. As	100,0	-	-
Villa Libre Sur	100,0	-	-
Barrio Obrero	100,0	-	-
Villa Loreto	100,0	-	-
Villa Soldati	100,0	-	-
Rosendo López	48,6	21,4	-
Villa Nueva	100,0	-	-
Rivadavia	100,0	-	-

**Tabla 3:** Resultados ensayos físicos por barrio.

Barrio	A (%)	d (g/cm <sup>3</sup> )	P (%)
La Falda	1,3	2,61	4,2
Bella Vista 1	4,7	2,29	10,8
Bella Vista 2	2,4	2,59	6,0
Tiro Federal	2,2	2,41	5,4
Villa Mitre	2,6	2,47	7,4
Villa Soldati	3,6	2,42	8,7
Villa Don Bosco	4,0	2,37	9,4
Villa Loreto	2,6	2,35	6,2
Sánchez Elía	4,2	2,36	9,4
Villa Mitre	1,7	2,45	4,0

El estudio petrográfico de las muestras de hormigón no evidencia desarrollo de microfisuras. Los contactos agregado-mortero son netos y no se observaron coronas de reacción. El mortero presenta buena compacidad y las cavidades de aire accidental se encuentran vacías. No se observaron productos de neoformación.

### Ensayos físicos sobre muestras de pavimento

Los resultados de las determinaciones de densidad (d), absorción (A) y porosidad (P) se detallan en la Tabla 3.

Las diferencias en los valores de densidad se adjudica a que ciertas muestras tomadas en los relevamientos estaban compuestas principalmente por mortero, lo cual genera una baja densidad (por ejemplo Barrio Bella Vista 1). Por el contrario, otras muestras estaban formadas por agregado grueso con muy poco mortero adherido, generando elevadas densidades (por ejemplo Barrio La Falda). Los resultados de absorción se mantienen por debajo del 5% y los de porosidad por debajo del 10%, lo que indicaría hormigones de buena calidad y compacidad, salvo el Barrio Bella Vista 1 cuyo elevado valor de porosidad se corresponde con una muestra conformada mayoritariamente por mortero.



En todos los casos, los valores obtenidos no evidencian alteraciones físico-mecánicas en el hormigón de los pavimentos.

## CONCLUSIONES

La principal causa de deterioro de los pavimentos de la ciudad de Bahía Blanca relevados está relacionada a fallas estructurales y falta de mantenimiento.

Es frecuente la presencia de fisuras por retracción.

Los valores de porosidad y absorción resultaron bajos (menores a 10% y 5%, respectivamente). Existe una correlación entre estos últimos, sin embargo no se observó relación entre estos parámetros y el grado de deterioro.

No se identificaron fallas debido a una incorrecta elección de los materiales dentro de los pavimentos urbanos.

Los agregados utilizados son similares. En la composición del agregado grueso predomina la piedra partida granítica y el agregado fino corresponde a arena natural constituida principalmente por rocas volcánicas.

Son escasas las fallas debidas al desarrollo de la reacción álcali-sílice (0,3%).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CGAMA, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As. y a la Universidad Nacional del Sur por el apoyo brindado. Este trabajo se financió con un subsidio otorgado por la CIC de la provincia de Buenos Aires.

## REFERENCIAS

- [1] 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, Bahía Blanca, (2011), 289 p.
- [2] Pérez Marfil P., Bauer E., Lescano L., Pera Vallejos G., Priano C., Berezosky J., Lexow C., Marfil S. "Causas del deterioro prematuro de pavimentos de hormigón de la ciudad de Bahía Blanca y rutas de acceso. Su relación con la franja capilar". IV Congreso Internacional de la provincia de Bs. As. Quilmes, (2017), 12 p.
- [3] Pérez Marfil P., Priano C., Lescano L., Marfil S. "Evaluación del estado de conservación de pavimentos de hormigón de la ciudad de Bahía Blanca (provincia de Buenos Aires)". XX Congreso Geológico Argentino. San Miguel de Tucumán, (2017), 32-34.
- [4] Caló, J., Fernández, E., Marcos A., Aldacour, H. "Construcciones de mapas geológicos-ingenieriles a partir de conocimientos previos compilados en una sistema de información geográfica". Revista de la ASAGAI, 13, (1999), 1-10.
- [5] Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M. Concrete. "Microstructure, properties, and materials". 3rd Edition. McGraw-Hill, New York, (2006), 659 p.
- [6] Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W. y Tanesi, J. "Diseño y Control de Mezclas de Concreto". EB 201. Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU., (2004). 448 p.
- [7] Marfil, S. y Maiza, P. "Pavimento de hormigón deteriorado por la reacción álcali - sílice, en un complejo edificio de la ciudad de Bahía Blanca". Congreso de Ingeniería 2000, Buenos Aires, (2000), 2, 44-50.
- [8] Marfil, S., Maiza, P. y Salomón, R. "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, (2001), 146-152.

- [9] Marfil, S., Maiza, P. and Salomón, R. "ASR Induced blow-up in an urban concrete pavement (Bahía Blanca-Argentina)". *The International Journal of Pavement Engineering*, 2 (4), (2001), 271-276.
- [10] Priano, C., Marfil, S. y Señas, S. "Ruta de circunvalación a la ciudad de Bahía Blanca. Evaluación del deterioro del pavimento de hormigón". 16° Reunión Técnica de la AATH, Mendoza, (2006), 307-314.
- [11] Priano, C. y Marfil, S. "Evaluación del estado de conservación de pavimentos de la ciudad de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires)". XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, VIII Congreso Internacional ITS, Mar del Plata, (2009), 20 p.
- [12] Priano, C., Marfil, S, Señas, L. y Maiza, P. "Patología de un pavimento rígido de la ciudad de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires)". XV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, VIII Congreso Internacional ITS. Mar del Plata, (2009), 12 p.
- [13] ASTM, C642. "Standard test method for density, absorption and voids in hardened concrete". American Society for Testing and Materials, (1997), 3 pp.
- [14] CYTED. "Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado". Programa Iberoamericano de Ciencia y Técnica para el Desarrollo, (1998), 208 p.