

Pavimentos - T 147

EVALUACION DEL ESTADO DE CONSERVACION DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE BAHIA BLANCA (PROVINCIA DE BS. AS.)

C. PRIANO *

S. A. MARFIL **

(*) Dpto. de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.

(**) Dpto. de Geología. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.

ARGENTINA

**EVALUACION DEL ESTADO DE CONSERVACION DE PAVIMENTOS DE LA
CIUDAD DE BAHIA BLANCA (Prov. de Bs. As.)**

C. Priano¹; S. A. Marfil^{2,3}

1. Dpto. de Ingeniería. Universidad Nacional del Sur.
Bahía Blanca.
2. Dpto. de Geología. Universidad Nacional del Sur.
3. Investigador Independiente CIC – INGEOSUR

RESUMEN

Se realizó un relevamiento de pavimentos rígidos de un sector de la ciudad de Bahía Blanca. Se consideró año de ejecución y estado de conservación. Se evaluaron las principales patologías observadas.

Se determinó: espesor, material de base, estado de losas y juntas de contracción y dilatación. Se consideró la presencia de fisuras y/o grietas, levantamiento o hundimiento de calzada, problemas de base. Según el daño que presentaban se establecieron tres categorías: 1) losas en buen estado, 2) losas que deberían ser reemplazadas y 3) losas a reparar (reemplazo parcial). Se determinó la existencia de juntas de dilatación y el porcentaje de juntas de contracción tomadas, con sus correspondientes estados de conservación.

Con estos datos se realizó un estudio estadístico por el método de componentes principales. Se utilizó una matriz de correlación para darle el mismo peso a todas las variables ya que los datos tienen unidades diferentes. Se calcularon los autovalores y autovectores de dicha matriz, los porcentajes de reconstrucción del modelo para cada componente y para cada variable y se volcaron en un gráfico.

La principal patología observada fue la falta de juntas de dilatación y el mal estado de conservación de las juntas de contracción. Gran parte de las losas se presentan fisuradas y con grietas, con hundimiento y a veces levantamiento de placas.

Los resultados fueron volcados en un plano de la ciudad indicando el estado de las calles según la categoría establecida y las zonas a reparar. Se vinculó, estadísticamente, el deterioro presentado por los pavimentos con la edad, la falta de juntas de dilatación y el estado de conservación de las juntas de contracción.

INTRODUCCION

Según datos informados por el Departamento de Vialidad de la Municipalidad de la ciudad de Bahía Blanca a fines del 2007, el 34 % de los pavimentos urbanos (de esta ciudad) son flexibles y el 16 % rígidos. El resto de las calles son de tierra, empedrado, intertrabado o con

tratamiento asfáltico. En el año 2005 la Municipalidad encomendó a un grupo de alumnos de la Universidad Nacional del Sur realizar un relevamiento en varios sectores de la ciudad con el fin de analizar las posibles causas del avanzado deterioro que presentaban los pavimentos de hormigón y los asfálticos. En el caso particular de pavimentos rígidos, se recavaron datos sobre la edad de construcción, espesor de losa, características de la base, se evaluó el estado de conservación de losas (fisuras, grietas, levantamientos) y juntas de contracción y dilatación.

Las fallas que generalmente presentan los pavimentos rígidos no se deben exclusivamente a un mal diseño, pueden ser causadas por diversos factores: deficiencias en los procedimientos de construcción, materiales que no cumplen con los requisitos de calidad, mantenimiento inadecuado de juntas, condiciones del medio ambiente no previstas, etc. Un factor importante a considerar con relación a las tensiones de la losa y durabilidad del pavimento es el diseño de las juntas: espaciamiento, tipo, dimensiones.

Los pavimentos de hormigón bien proyectados y construidos necesitan poco trabajo de mantenimiento, pero es imprescindible que éste se realice en forma periódica y constante porque de lo contrario, una pequeña falla inicial, reparable a poco costo, se convertirá en un daño progresivo que encarecerá los trabajos de remediación. La conservación normal de los pavimentos de hormigón consiste en el sellado de juntas, tanto de contracción como de dilatación.

Las juntas de contracción tienen como función básica la de controlar la formación de grietas y/o fisuras derivadas de la retracción del hormigón en su proceso de endurecimiento. Cuando la losa se contrae uniformemente por una disminución de su temperatura media o de su contenido de humedad, aparecen, por roce con la subrasante, tensiones de tracción. Colocando juntas transversales a distancias apropiadas, estas tensiones quedan reducidas a límites admisibles. Las juntas de contracción pueden ser construidas en el hormigón fresco o endurecido, mediante aserrado de una ranura en la parte superior de la calzada, de una profundidad entre un cuarto y un sexto del espesor de la losa. De tal manera que cuando el pavimento se contrae, la fisura se produce en correspondencia con la junta, es decir, se controla la ubicación de las posibles grietas transversales. Considerando que las juntas de dilatación no existen o se tienden a separar excesivamente, se deben proyectar juntas de contracción a poca distancia. En general, el distanciamiento recomendado, para pavimentos sin armar es de 4 a 6 m.

Las juntas de dilatación o expansión están constituidas por una interrupción en la continuidad del hormigón que comprende todo el espesor de la losa, de manera de proveer espacio suficiente para que el pavimento dilate. 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. En caminos de tránsito pesado y con bases formadas por suelos con predominio de arcillas o limos, la presencia de agua en la superficie de la subrasante es causa del “bombeo” de las losas, con su posterior asentamiento y rotura. 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.

En trabajos previos se han estudiado pavimentos de hormigón de la ciudad de Bahía Blanca y su zona de influencia [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Se diagnosticaron diferentes patologías entre las que pueden mencionarse: fallas en la preparación de la base, abrasión, falta de mantenimiento en las juntas de contracción y en particular deteriorados por la reacción álcali sílice [7, 8, 9, 10].

El propósito del presente trabajo fue concluir el relevamiento de pavimentos de un sector la ciudad de Bahía Blanca iniciado en el año 2004 y realizar un análisis estadístico de los resultados obtenidos. Se puso énfasis en el estado que presentan los pavimentos rígidos relacionando el grado de deterioro con la falta de juntas de dilatación y contracción y en estas últimas, el estado de conservación. Se evaluaron las principales patologías observadas y se relacionó además con la edad de la obra.

MATERIALES

Se relevaron 291 cuadras de pavimento rígido de diferentes sectores de la ciudad de Bahía Blanca que se muestran en la figura 1.



Figura 1. Mapa del sector estudiado de la ciudad de Bahía Blanca. Las calles en color rojo corresponden a los pavimentos rígidos y las de color azul a los flexibles.

En el relevamiento se consideraron los siguientes parámetros:

1. Superficie de losas deterioradas, que a su vez se calificaron en: superficie de losas a reconstruir y de losas a reparar. En el primer caso se incluyeron aquellas en que el grado de deterioro no permitía una reparación parcial y debía ser reemplazado totalmente el paño dañado. En el segundo caso, solo era necesario una simple reparación en una pequeña superficie de la losa. Con estos valores se calcularon los porcentajes de superficie a reconstruir (% rec) y a reparar (% rep), referidos a la superficie total pavimentada.
2. Juntas de contracción (jc). En esta variable se consideró el estado de conservación de las mismas (bueno, regular, malo) y el porcentaje de juntas tomadas (selladas) referido a la longitud total de juntas.
3. Existencia de juntas de dilatación (jd).

4. Año de realización de la obra (edad). Esta variable se pudo determinar en 236 calles.
5. Espesor de losa.
6. Características de la base.

METODOS

Se calcularon porcentajes de calles construidas en pavimento rígido por décadas, porcentajes totales de superficie a reconstruir y a reparar en función de la superficie total pavimentada, porcentaje total de juntas tomadas (selladas) referido a la longitud total de juntas con su correspondiente análisis del estado de conservación y por último, porcentaje total de juntas de dilatación existentes.

Se realizó un estudio estadístico por el método de componentes principales [11], que consiste en simplificar la estructura de las variables, a partir de la construcción de una matriz de covarianza o correlación. Se definen nuevas variables basándose en esa matriz, que son combinación lineal de las originales, de forma tal que cada una concentre la mayor variabilidad y sean linealmente independientes.

En el presente trabajo se utilizó matriz de correlación para darle el mismo peso a todas las variables ya que los datos tienen unidades diferentes. Se calcularon los autovalores y autovectores de dicha matriz, los porcentajes de reconstrucción del modelo para cada componente y para cada variable y se volcaron en un gráfico.

Para los estudios estadísticos se trabajó con 236 muestras a fin de poder incorporar el año de ejecución dentro de las variables. Se realizó en forma separada el mismo estudio con las calles de las que no se tenía la edad como dato (total 55 cuadras).

DATOS

En la tabla 1 se resumen los datos de las 236 cuadras relevadas de las cuales se dispone de la edad como variable.

CALLE	Calle	Año	rec. (%)	rep. (%)	Estado jc	jct (%)	Existencia jd
Brasil e/Estomba y V. López	B1	1973	13,8	3,3	0	10	50
Brasil e/ V. López y Vieytes	B2	1973	36,8	1,8	0	0	50
Brasil e/Vieytes y Güemes	B3	1973	50,0	2,2	0	10	0
Brasil e/Güemes y Castelli	B4	1973	14,3	2,4	0	10	0
Brasil e/Castelli y Viamonte	B5	1973	42,5	3,8	0	10	100
Brasil e/Viamonte y Terrada	B6	1974	22,7	6,4	0	10	0
Brasil e/Terrada y Tucumán	B7	1974	30,8	5,4	0	20	100
Brasil e/Tucumán y 9 de Julio	B8	1974	7,6	7,2	0	0	100
Brasil e/ 9 de Julio y Almafuerde	B9	1974	14,0	6,8	0	0	100
Brasil e/Almafuerde y S. Laspiur	B10	1974	2,2	8,8	0	0	100
Bravard e/Castelli y Viamonte	Bd1	1968	7,1	2,8	0	10	50
Bravard e/Viamonte y Terrada	Bd2	1968	1,4	2,9	0	10	100
Bravard e/Terrada y Tucumán	Bd3	1968	5,2	10,4	0	10	0
M. Rodríguez e/V. López y Estomba	Mr1	1969	55,6	5,3	0	0	100
M. Rodríguez e/Vieytes y V. López	Mr2	1969	70,6	7,6	0	0	100
Mendoza e/Vieytes y Güemes	M1	1969	60,2	10,2	0	10	50
Mendoza e/Terrada y Tucumán	M2	1968	8,3	5,5	10	30	0
Vergara e/V. López y Estomba	V1	1955	0,0	0,0	5	50	0
Vergara e/Vieytes y V. López	V2	1955	0,0	0,0	5	50	0
Almafuerde e/M. Rodríguez y Brasil	A1	1980	5,3	5,3	10	85	50
Almafuerde e/J. Molina y M. Rodríguez	A2	1980	17,5	16,3	0	0	0
9 de Julio e/Brasil y Paraná	9J	1970	10,2	17,6	0	30	50
S. Laspiur e/Rondeau y Gorriti	Sx1	1970	27,4	6,3	0	0	0
S. Laspiur e/Gorriti y Roca	Sx2	1970	2,0	8,0	5	10	0
S. Laspiur e/Roca y Blandenguez	Sx3	1970	2,5	4,2	5	10	0
Terrada e/Moreno y Colón	T1	1971	1,9	3,4	0	0	100
Terrada e/Rondeau y Moreno	T2	1971	1,5	5,5	0	0	100
Terrada e/Gorriti y Rondeau	T3	1971	7,9	2,5	0	0	100
Terrada e/Roca y Gorriti	T4	1971	6,2	8,2	0	0	100
Terrada e/Blandenguez y Roca	T5	1971	0,0	4,3	0	0	0
Terrada e/Bravard y J. Molina	T6	1968	13,8	6,0	0	0	0
Terrada e/Chancay y Bravard	T7	1968	0,0	5,7	5	10	0
Terrada e/Charlone y Chancay	T8	1968	0,0	14,4	0	0	50
Terrada e/Mendoza y Charlone	T9	1968	44,0	16,0	0	0	50
Tucumán e/Chancay y Bravard	Tu1	1968	14,9	4,3	0	10	100
Tucumán e/Charlone y Chancay	Tu2	1968	1,2	0,0	0	10	100
Castelli e/Di Sarli y Acosta	C	1999	0,0	0,0	10	60	100
Vieytes e/Acosta y Di Sarli	Vy1	1998	0,0	0,0	5	10	50
Vieytes e/Di Sarli y E. Julio	Vy2	1998	0,0	0,0	10	60	50
Vieytes e/E. Julio y 17 de Mayo	Vy3	1998	0,0	0,0	10	70	0
Vieytes e/Bs. As. Y 17 de Mayo	Vy4	1998	0,0	0,0	10	65	0
Güemes e/M. Rodríguez y Brasil	G	1980	45,7	2,2	5	50	0
Viamonte e/Bravard y J. Molina	Vi	1969	1,3	1,2	0	0	50
A. Brunel e/Luiggi y 25 de Mayo	Ab1	1972	8,7	3,4	0	10	100
A. Brunel e/P. Pico y Luiggi	Ab2	1972	7,7	1,2	0	10	100
A. Brunel e/Misiones y P.Pico	Ab3	1972	18,7	2,5	5	10	100
A. Brunel e/Montevideo y Misiones	Ab4	1972	13,0	1,4	5	10	100
Chiclana e/Pueyrredón y Undiano	Ch1	2003	0,0	0,0	10	100	100
Chiclana e/Pueyrredón y 25 de Mayo	Ch2	2003	0,0	0,1	10	90	0

Chiclana e/25 de Mayo y Luiggi	Ch3	2003	0,0	0,0	10	100	100
Chiclana e/Luiggi y P.Pico	Ch4	2003	0,0	0,0	10	95	100
Chiclana e/P. Pico y Misiones	Ch5	2003	0,0	0,0	10	100	100
Chile e/Undiano y Pueyrredón	Chi1	1972	2,9	4,4	0	10	100
Chile e/Pueyrredón y 25 de Mayo	Chi2	1970	42,5	0,0	0	10	100
Chile e/25 de mayo y Luiggi	Chi3	1973	1,3	2,1	5	10	50
Chile e/Luiggi y P.Pico	Chi4	1973	0,0	0,3	0	10	100
Chile e/P.Pico y Misiones	Chi5	1973	10,7	0,8	0	10	50
Chile e/Montevideo y Misiones	Chi6	1973	19,1	0,3	0	10	0
Darregueira e/P.Pico y Misiones	D1	1970	4,8	2,5	5	10	100
Darregueira e/Misiones y Montevideo	D2	1972	0,0	2,7	5	10	100
Donado e/Thompson e Italia	Do1	1970	3,7	3,3	5	50	0
Donado e/Italia y Santa Fe	Do2	1970	9,5	2,1	5	10	0
Donado e/Santa Fe y A. Brunel	Do3	1970	8,3	7,9	0	0	50
Donado e/Chile y A. Brunel	Do4	1970	0,0	3,1	5	10	100
Luiggi e/A. Brunel y Santa Fe	L1	1972	4,2	0,9	0	10	50
Luiggi e/Chile y A. Brunel	L2	1972	4,0	2,2	0	10	50
Italia e/P.Pico y Misiones	I1	1972	4,6	0,8	0	10	100
Italia e/Misiones y Montevideo	I2	1972	9,3	1,4	0	10	100
P.Pico e/Santa Fe y A. Brunel	Pp1	1972	7,4	0,3	0	10	100
P.Pico e/A. Brunel y Chile	Pp2	1972	16,0	3,5	5	10	100
Podestá e/Misiones y P.Pico	P	1971	0,0	2,3	0	10	100
Misiones e/Darregueira y Berutti	Mi1	1972	6,1	1,7	0	10	50
Misiones e/Thompson y Darregueira	Mi2	1970	9,0	2,8	5	10	0
Misiones e/Podestá y Thompson	Mi3	1970	0,0	5,1	5	10	0
Misiones e/Italia y Podestá	Mi4	1972	0,0	3,4	0	10	0
Misiones e/Santa Fe e Italia	Mi5	1972	5,4	1,3	0	10	0
Misiones e/A. Brunel y Santa Fe	Mi6	1972	23,0	4,0	0	10	0
Misiones e/Chile y A. Brunel	Mi7	1972	11,9	2,9	0	10	0
Montevideo e/Misiones y Brown	Mo1	1972	0,0	0,0	10	100	100
Montevideo e/Saavedra y Berutti	Mo2	1972	9,3	4,3	0	10	100
Montevideo e/Berutti y Darregueira	Mo3	1972	0,0	3,2	5	10	100
Montevideo e/Darregueira y Thompson	Mo4	1972	24,9	0,8	0	10	100
Montevideo e/Thompson e Italia	Mo5	1972	15,0	11,4	0	10	0
Montevideo e/Italia y Santa Fe	Mo6	1972	29,9	4,5	0	10	0
Montevideo e/Santa Fe y A. Brunel	Mo8	1972	45,5	0,8	0	10	0
Montevideo e/A. Brunel y Chile	Mo9	1972	19,1	3,7	0	10	0
Thompson e/Av. Colón y O'Higgins	Th1	1971	2,4	4,8	0	0	100
Thompson e/O'Higgins y Donado	Th2	1971	1,3	7,1	0	0	50
Thompson e/Donado y Fitz Roy	Th3	1971	0,0	2,3	0	10	50
Thompson e/Fitz Roy y España	Th4	1971	4,2	0,5	0	0	100
Thompson e/España y Villarino	Th5	1971	3,6	0,3	0	0	100
Thompson e/Villarino y Undiano	Th6	1971	7,9	4,0	0	0	100
Thompson e/Luiggi y 25 de Mayo	Th7	1968	26,0	6,7	5	10	0
Thompson e/P.Pico y Luiggi	Th8	1969	3,7	6,7	0	10	0
Thompson e/Misiones y P.Pico	Th9	1969	9,7	6,4	0	10	100
Thompson e/Montevideo y Misiones	Th10	1969	31,9	8,3	0	10	0
Undiano e/Saavedra y Berutti	U1	1971	3,8	1,7	0	0	50
Undiano e/Berutti y Darregueira	U2	1971	5,9	2,0	0	0	0
Undiano e/Darregueira y Thompson	U3	1971	1,0	0,5	0	0	100
Undiano e/Thompson e Italia	U4	2002	0,0	0,0	10	80	50

Undiano e/Italia y Santa Fe	U5	2002	0,0	0,0	5	50	100
Undiano e/Santa Fe y A. Brunel	U6	2001	0,0	0,0	10	80	100
Undiano e/A. Brunel y Chile	U7	2001	0,0	0,0	10	80	100
25 de Mayo e/A. Brunel y Chile	25M	1969	26,2	3,1	0	10	100
M. Molina e/Terrada y Viamonte	Mm1	1960	62,5	8,3	5	70	100
M. Molina e/9 de Julio y Almafuerce	Mm2	1980	11,4	2,3	5	10	100
Estomba e/ M Rodríguez y Brasil	E1	1973	1,8	0,2	0	0	50
Estomba e/ M. Molina y M. Rodríguez	E2	1973	15,5	1,4	0	0	100
Vicente López e/ Moreno y Rondeau	VI1	1948	4,3	0,2	0	0	0
Vicente López e/ Vergara y Juan Molina	VI2	1955	0,0	3,1	0	40	50
Vicente López e/ Bravard y Vergara	VI3	1955	24,7	0,0	5	60	0
Vicente López e/ Brasil y M. Rodríguez	VI4	1980	12,9	4,8	10	90	100
A. de Arrieta e/ Alberdi y Castelar	Aa1	1972	0,0	0,0	10	100	0
A. de Arrieta e/ Sócrates y Newton	Aa2	1972	3,0	3,0	0	0	0
A. de Arrieta e/Newton y Balboa	Aa3	1972	27,8	0,9	5	60	0
14 de julio e/Castelar y Alberdi	14J1	1955	77,9	0,3	0	0	0
14 de julio e/Chacabuco y Castelar	14J2	1955	96,0	0,0	0	0	0
14 de julio e/Sócrates y Chacabuco	14J3	1955	34,7	3,1	0	0	0
14 de julio e/Newton y Sócrates	14J4	1972	14,8	4,7	5	60	0
14 de julio e/ Newton y Balboa	14J5	1972	0,0	4,7	5	60	0
14 de julio e/Balboa y San Lorenzo	14J6	1972	8,9	7,2	5	70	0
Garibaldi e/Alberdi y Castelar	G1	1956	1,6	3,1	0	0	0
Garibaldi e/Chacabuco y Castelar	G2	1957	6,0	2,9	0	0	0
Garibaldi e/Chacabuco y Sócrates	G3	1957	11,5	7,3	0	0	0
Garibaldi e/Sócrates y newton	G4	1972	9,1	0,0	5	20	0
Garibaldi e/Balboa y Newton	G5	1972	5,9	0,4	0	10	0
Bermúdez e/Newton y Sócrates	Be1	1972	8,0	7,3	0	0	0
Bermúdez e/Newton y Balboa	Be2	1972	45,1	0,0	0	0	50
Washington e/Alberdi y Castelar	W1	1955	47,8	2,7	0	0	0
Washington e/Chacabuco y Castelar	W2	1955	24,1	1,4	0	0	0
Washington e/Chacabuco y Sócrates	W3	1955	16,9	3,4	0	0	0
Washington e/Sócrates y Newton	W4	1972	9,8	6,0	0	0	0
Washington e/Newton y Balboa	W5	1972	5,9	4,6	0	10	0
Washington e/San Lorenzo y Balboa	W6	1972	0,0	6,3	0	15	0
R. de Escalada e/Rivadavia y Alberdi	Re1	1974	7,1	3,0	5	40	0
R. de Escalada e/Alberdi y Castelar	Re2	1973	0,0	0,8	5	50	50
R. de Escalada e/Castelar y Chacabuco	Re3	1973	0,0	2,5	5	30	0
R. de Escalada e/Chacabuco y Sócrates	Re4	1973	6,7	11,8	0	0	0
R. de Escalada e/Sócrates y Newton	Re5	1973	12,5	0,4	5	30	0
R. de Escalada e/Newton y Balboa	Re6	1978	9,4	1,3	0	0	0
R. de Escalada e/ Balboa y San Lorenzo	Re7	1978	9,4	4,7	0	0	0
R. de Esc. e/ San Lorenzo y 3 de Febrero	Re8	1973	0,0	5,8	5	30	0
R. de Escalada e/3 de Febrero y Rincón	Re9	1973	0,0	5,3	5	15	0
Castelar e/A. de Arrieta y 14 de julio	Cas1	1955	9,4	3,0	0	0	0
Castelar e 14 de julio y Garibaldi	Cas2	1955	10,4	1,5	0	0	0
Castelar e/Garibaldi y Washington	Cas3	1955	4,9	0,0	0	0	0
Castelar e/Washington y R. de Escalada	Cas4	1955	16,0	7,1	0	0	0
Chacabuco e/A. de Arrieta y 14 de julio	Cha1	1955	18,7	0,3	0	0	100
Chacabuco e/14 de julio y Garibaldi	Cha2	1955	0,0	9,5	0	0	0
Chacabuco e/Washington y Garibaldi	Cha3	1957	12,9	4,3	0	0	0
Chacabuco e/R. Escalada y Washington	Cha4	1980	13,2	2,5	0	5	0

Sócrates e/14 de julio y A. de Arrieta	So1	1957	44,4	5,8	0	0	0
Sócrates e/Garibaldi y 14 de julio	So2	1956	51,6	4,6	0	0	0
Sócrates e/Garibaldi y Bermúdez	So3	1957	13,7	4,6	0	0	0
Sócrates e/Bermúdez y Washington	So4	1957	0,0	0,0	0	0	0
Sócrates e/R. de Escalada y Washington	So5	1957	62,8	4,3	0	0	50
Newton e/14 de julio y Garibaldi	Nw1	1972	7,8	7,2	0	0	0
Newton e/Garibaldi 1460 y Garibaldi 1500	Nw2	1972	11,1	10,0	0	0	0
Newton e/Garibaldi y Bermúdez	Nw3	1972	10,0	3,8	0	0	0
Newton e/Bermúdez y Washington	Nw4	1972	14,8	4,4	0	0	0
Newton e/Washington y R. de Escalada	Nw5	1973	2,3	3,9	5	50	100
Balboa e/A. de Arrieta y 14 de julio	Bb1	1972	30,6	3,2	5	85	0
Balboa /14 de julio y Garibaldi	Bb2	1972	18,5	4,9	5	50	0
Balboa e/Garibaldi y Bermúdez	Bb4	1972	7,3	3,5	5	10	100
Balboa e/Washington y Bermúdez	Bb5	1972	0,0	16,1	0	0	0
Newton e/14 de julio y A. de Arrieta	Nw6	1972	18,5	2,0	0	0	0
A. Álvarez e/Florida y 1 de mayo	Aaz1	1981	9,6	2,3	5	20	100
A Álvarez e/Cuyo y Alberti	Aaz2	1981	30,6	2,5	5	30	100
Florida e/Nicaragua y Zapiola	F	1981	31,8	8,1	0	0	50
Panamá e/ Florida y Alberti	Pn1	1981	35,6	0,4	0	10	50
Panamá e/ Alberti y Cuyo	Pn2	1981	60,6	7,1	0	0	0
Republica Siria e/ Florida y Alberti	Rs	1983	0,0	3,1	0	10	0
1810 e/E. Rosas y Tierra del Fuego	1810a	1968	0,0	0,0	0	10	50
1810 e/Nueva Provincia y E. Rosas	1810b	1968	9,3	0,5	5	10	100
1810 e/S. Peña y Nueva Provincia	1810c	1968	0,0	2,2	0	10	0
1810 e/Arias y S. Peña	1810d	1968	0,0	1,8	5	50	50
1810 e/P. Moreno y Arias	1810e	1970	0,0	3,2	0	20	0
1810 e/Levalle y P. Moreno	1810f	1968	8,3	0,0	5	50	0
1810 e/Azurduy y Levalle	1810g	1968	7,9	1,1	5	20	0
1810 e/FFCC y Azurduy	1810h	1980	3,7	1,5	5	50	0
Azurduy e/Ecuador y Venezuela	Az1	1980	29,1	4,0	5	60	50
Azurduy e/Venezuela y Tarapacá	Az2	1980	16,0	3,4	5	60	100
Azurduy e/Tarapacá y 1810	Az3	1980	28,7	4,0	5	60	100
Azurduy e/1810 y Libertad	Az4	1980	19,4	5,7	5	60	50
Azurduy e/Libertad y Piccioli	Az5	1980	0,0	1,3	5	60	0
E. Rosas e/Tarapacá y 1810	Er1	1969	0,0	2,3	5	10	100
E. Rosas e/1810 y Libertad	Er2	1969	9,1	3,0	0	10	100
E. Rosas e/Libertad y Piccioli	Er3	1969	14,6	0,8	5	60	50
E. Rosas e/Piccioli y C. Farina	Er4	1969	0,0	0,8	10	70	50
Ecuador e/E. Rosas y Tierra del Fuego	Ec1	1980	24,0	4,4	0	10	0
Ecuador e/P. Moreno y Arias	Ec2	1980	55,4	0,0	0	10	50
Ecuador e/Levalle y P. Moreno	Ec3	1980	0,0	52,6	0	10	0
Levalle e/Venezuela y Ecuador	Lev1	1972	0,0	3,2	5	60	50
Levalle e/Tarapacá y Venezuela	Lev2	1972	9,5	6,3	5	60	50
Levalle e/1810 y Tarapacá	Lev3	1972	13,2	2,1	5	70	50
Levalle e/Libertad y 1810	Lev4	1972	15,9	2,9	5	70	0
Levalle e/Piccioli y Libertad	Lev5	1972	9,7	2,9	5	70	0
Libertad e/Tierra del Fuego y E. Rosas	Lib1	1969	2,4	1,0	0	10	100
Libertad e/E. Rosas y Nueva Provincia	Lib3	1969	3,0	0,5	0	10	100
Libertad e/Nueva Provincia y S. Peña	Lib4	1968	12,6	1,7	0	10	100
Libertad e/S. Peña y Arias	Lib5	1969	0,0	6,2	0	10	50
Libertad e/Arias y Moreno	Lib6	1972	0,0	0,6	0	40	50

Libertad e/P. Moreno y Levalle	Lib7	1972	0,0	0,0	5	20	100
Libertad e/Levalle y Azurduy	Lib8	1972	0,0	0,9	0	40	100
Libertad e/Azurduy y FFCC	Lib9	1980	0,0	0,0	5	50	50
Nueva provincia e/Peatonal y Tarapacá	Np1	1969	12,0	0,0	0	10	0
Nueva provincia e/1810 y Tarapacá	Np2	1969	8,7	3,6	0	10	50
Nueva Provincia e/Libertad y 1810	Np3	1969	4,3	4,3	0	10	100
Nueva Provincia e/Piccioli y Libertad	Np4	1969	6,4	5,1	5	10	100
Nueva Provincia e/C. Farina y Piccioli	Np5	1969	4,8	1,2	5	60	50
P. Moreno e/Ecuador y Venezuela	Pm1	1972	6,9	3,7	5	70	0
P. Moreno e/Venezuela y Tarapacá	Pm2	1972	2,4	1,8	5	60	50
P. Moreno e/Tarapacá y 1810	Pm3	1972	7,0	4,5	5	60	100
P. Moreno e/1810 y Libertad	Pm4	1972	7,7	4,7	5	80	100
P. Moreno e/Libertad y Piccioli	Pm5	1972	4,8	0,0	5	80	50
Piccioli e/Nueva Provincia y E. Rosas	Pic1	1969	2,1	4,8	5	10	100
Piccioli e/S. Peña y Nueva Provincia	Pic2	1969	7,3	1,1	0	10	100
Piccioli e/Arias y S. Peña	Pic3	1969	0,0	3,6	5	10	50
S. Peña e/Tarapacá y peatonal	Sp1	1969	0,0	3,2	0	10	0
S. Peña e/Tarapacá y 1810	Sp2	1969	13,0	10,9	0	10	100
S. Peña e/1810 y Libertad	Sp3	1969	17,4	2,9	0	10	100
S. Peña e/Libertad y Piccioli	Sp4	1969	4,2	4,2	0	10	100
S. Peña e/Piccioli y C. Farina	Sp5	1969	4,0	1,7	5	30	50
Tarapacá e/Tierra del Fuego y E. Rosas	Tar1	1969	15,6	6,1	0	10	50
Tarapacá e/E. Rosas y Nueva Provincia	Tar2	1969	6,6	1,6	5	80	0
Tarapacá e/Nueva provincia y S. Peña	Tar3	1969	9,1	4,5	0	10	0
Tarapacá e/S. Peña y Arias	Tar4	1969	18,2	1,5	0	10	50
Tarapacá e/Arias y P. Moreno	Tar5	1972	4,8	0,0	0	10	0
Tarapacá e/P. Moreno y Levalle	Tar6	1972	14,5	0,0	0	10	100
Tarapacá e/Levalle y Azurduy	Tar7	1972	7,6	1,5	5	50	0
Tarapacá e/Azurduy y FFCC	Tar8	1972	0,0	4,6	5	10	0
Tierra del Fuego e/Venezuela y Tarapacá	Tf	1972	26,2	2,3	0	10	0
Venezuela e/P. Moreno y Arias	Vz1	1972	0,0	1,6	0	30	50
Venezuela e/Levalle y P. Moreno	Vz2	1972	6,4	5,2	0	10	100
Venezuela e/Azurduy y Levalle	Vz3	1972	2,0	0,8	5	50	50
Venezuela e/FFCC y Azurduy	Vz4	1980	3,3	1,7	0	10	50

Tabla 1. Relevamiento del estado de las calles de un sector de la ciudad de Bahía Blanca. Referencias: rec.: porcentaje de placas a reconstruir, rep.: porcentaje de placas a reparar, jc: Estado de conservación de las juntas de contracción (0 = malo; 5 = regular; 10 = bueno), jct: porcentaje de juntas de contracción tomadas, jd: existencia de juntas de dilatación (0 = no hay; 50 = existe una sola; 100 = existen dos).

Debido a que no se pudo acceder a la información de la edad de un importante sector de los pavimentos relevados, se separaron los datos y se realizó el mismo estudio estadístico para un grupo de 55 cuadras. En la tabla 2 se muestran los datos correspondientes.

CALLE	Calle	rec. (%)	rep. (%)	Estado jc	jct (%)	Existencia jd
Aguado e/Alvarado y Nicaragua	Ag1	50,0	0,0	0	2	0
Aguado e/Nicaragua y Zapiola	Ag2	9,2	30,3	0	10	0
Aguado e/Zapiola y Panamá	Ag3	2,2	20,7	0	10	0
Aguado e/Panamá y A. Álvarez	Ag4	11,3	13,8	0	10	0
Aguado e/A. Álvarez y Alem	Ag5	6,7	20,0	0	0	50
Alem e/1 de marzo y Aguado	Al1	4,2	24,2	5	20	50
Alem e/Aguado y Uruguay	Al2	0,0	13,8	0	10	0
Alem e/Uruguay y Córdoba	Al3	1,9	13,8	5	20	0
Zapiola e/Perú y S. del Estero	Z1	37,5	17,2	0	2	0
Zapiola e/Salta y Paraguay	Z2	56,8	20,5	10	5	0
Zapiola e/Paraguay y Casanova	Z3	74,1	13,0	10	2	0
Zelarrayán e/S. del Estero y Perú	Ze1	37,5	25,0	0	10	0
Zelarrayán e/Perú y San Juan	Ze2	19,2	25,0	5	5	0
Zelarrayán e/Aguado y Guatemala	Ze3	1,8	12,3	10	70	0
Zelarrayán e/Guatemala y Canadá	Ze4	0,0	20,0	10	80	0
Zelarrayán e/Canadá y Colombia	Ze5	25,8	19,7	5	70	0
Zelarrayán e/Colombia y 1 de marzo	Ze6	22,2	35,2	5	70	0
12 de Octubre e/Casanova y Paraguay	12O1	44,4	23,6	0	0	50
12 de Octubre e/Paraguay y Salta	12O2	63,6	18,2	0	0	50
Salta e/12 de Octubre y F. Sánchez	Sa1	0,0	2,4	10	90	50
Salta e/F. Sánchez y Urquiza	Sa2	14,3	31,0	0	0	50
Casanova e/F. Sánchez y 12 de Octubre	Ca1	7,9	31,7	0	0	100
Urquiza e/Córdoba y L. Francés	Uz1	0,0	14,7	10	80	0
Urquiza e/L. Francés y San Juan	Uz2	0,0	0,0	10	80	0
Urquiza e/San Juan y Salta	Uz3	0,7	6,9	5	70	0
Urquiza e/Salta y Casanova	Uz4	0,0	5,4	5	70	0
Urquiza e/Casanova y Caronti	Uz5	0,9	15,3	5	50	0
Urquiza e/Caronti y 11 de abril	Uz6	7,9	20,6	5	20	0
Urquiza e/11 de abril y 19 de mayo	Uz7	11,5	21,8	5	50	0
Urquiza e/Rodríguez y Sarmiento	Uz8	0,0	43,3	5	20	0
Belgrano e/Bompland y Espora	Be1	8,8	17,5	0	20	0
Belgrano e/Espora y Vespucio	Be2	16,7	8,3	0	10	0
Alsina e/Corrientes y Espora	As1	30,2	37,5	0	0	0
Alsina e/Espora y Bompland	As2	26,1	34,8	0	0	0
Bompland e/Alsina y Belgrano	Bm1	4,3	19,6	5	30	0
Espora e/Yrigoyen y Alsina	Es1	12,5	20,8	0	10	0
Espora e/Alsina y Belgrano	Es2	14,3	23,8	0	10	0
Espora e/Belgrano y Amundsen	Es3	7,9	2,6	0	0	0
Amundsen e/Espora y Vespucio	Ad1	10,0	20,0	0	0	0
Amundsen e/Vespucio y Corrientes	Ad2	16,0	8,0	0	0	0
Rodríguez e/12 de Octubre y Laprida	Rz1	33,3	37,8	5	20	50
Rodríguez e/Laprida y F. Sánchez	Rz2	18,5	20,4	5	20	0
Rodríguez e/F. Sánchez y Urquiza	Rz3	35,7	20,2	5	30	0
Laprida e/Sarmiento y Rodríguez	Lp1	22,8	29,8	5	80	0
Laprida e/Rodríguez y 19 de mayo	Lp2	8,9	23,3	5	30	0
19 de mayo e/12 de Oct. y F Sánchez	19M1	1,9	38,9	0	10	0

19 de mayo e/F. Sánchez y Urquiza	19M2	21,2	9,8	0	20	0
F. Sánchez e/Salta y Casanova	Fs1	8,1	27,0	5	30	50
F. Sánchez e/Casanova y Caronti	Fs2	12,1	25,8	0	10	50
F. Sánchez e/Caronti y 11 de abril	Fs3	16,7	35,4	0	10	0
F. Sánchez e/11 de abril y 19 de mayo	Fs4	0,0	18,1	0	10	0
Caronti e/12 de Octubre y F. Sánchez	Cr1	0,0	5,9	10	80	0
Caronti e/F. Sánchez y Urquiza	Cr2	0,0	0,0	0	10	0
11 de abril e/Urquiza y F. Sánchez	11A1	0,0	4,0	0	0	0
11 de abril e/F. Sánchez y 12 de Octubre	11A2	1,9	24,1	0	10	0

Tabla 2. Relevamiento del estado de las calles de otro sector de la ciudad de Bahía Blanca. Referencias: rec.: porcentaje de placas a reconstruir, rep.: porcentaje de placas a reparar, jc: Estado de conservación de las juntas de contracción (0 = malo; 5 = regular; 10 = bueno), jct: porcentaje de juntas de contracción tomadas, jd: Existencia de juntas de dilatación (0 = no hay; 50 = existe una sola; 100 = existen dos).

RESULTADOS

Las losas relevadas presentaron espesores entre 15 y 17 cm. La mayoría de las bases estaban conformadas por suelo compactado, tosca cemento (10 cm) y estabilizado granular compactado. Un primer análisis se hizo sobre la edad de las muestras. Las calles se agruparon por década de construcción (236 calles relevadas) y el resultado se puede observar en la figura 2.

Del relevamiento efectuado se observó desarrollo de fisuras, grietas, hundimiento y levantamiento de losas y cortes transversales debidos a cruces de servicios. En estos últimos se comprobó que luego de efectuado los cortes y el posterior emplazamiento de las cañerías, las empresas prestatarias de servicios no efectuaron la reparación apropiada del pavimento, generándose discontinuidades y asentamientos diferenciales.

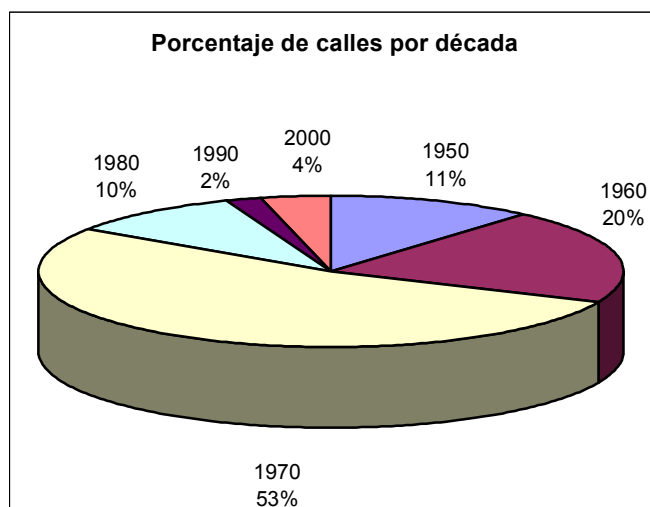


Figura 2. Porcentaje de calles por décadas.

Para cada calle se calculó la superficie que presentaba las patologías mencionadas en el párrafo anterior y según el grado de desarrollo, se calcularon los porcentajes de losas a reconstruir (12,8 %) y a reparar (5,1 %), referidos a la superficie total pavimentada, en las 291 calles relevadas.

El porcentaje total de juntas tomadas (selladas) referido a la longitud total de juntas, es de 28,6%. El correspondiente análisis del estado de conservación se muestra en la figura 3.

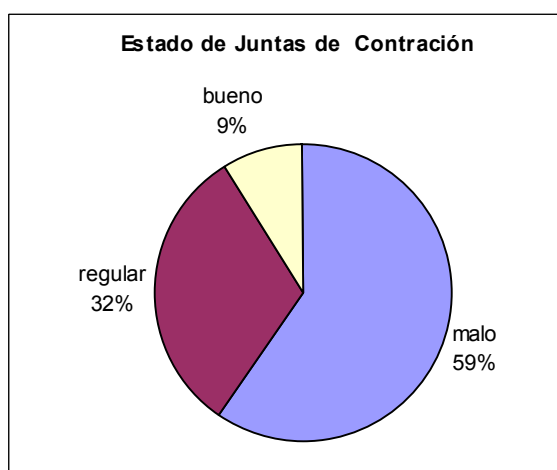


Figura 3. Estado de juntas de contracción.

Se verificó la existencia de juntas de dilatación en ambas bocacalles de cada cuadra relevada. Los resultados se resumen en la tabla 3.

jd	Nº calles	% calles
No existe	152	52
1	61	21
2	78	27
Total	291	

Tabla 3. Existencia de juntas de dilatación.

Estudio estadístico por el método de componentes principales:

1. Se incluyeron las 236 calles de las que se conoce el año de construcción: A partir de los datos de la tabla 1, se elaboró una matriz de correlación cuyos valores se indican en la tabla 4 y se calcularon los autovalores y autovectores de dicha matriz.

	rec.	rep.	jc	jct	jd
rec.	1,00000	0,05814	- 0,25520	- 0,18865	- 0,08456
rep.	0,05814	1,00000	- 0,22277	- 0,20938	- 0,13664
jc	- 0,25520	- 0,22277	1,00000	0,81429	0,07683
jct	- 0,18865	- 0,20938	0,81429	1,00000	0,05933
jd	- 0,08456	- 0,13664	0,07683	0,05933	1,00000

Tabla 4: Matriz de Correlación

Los autovalores de la matriz de correlación son: 2,03766; 1,04625; 0,93461; 0,79886 y 0,18261. El porcentaje de varianza asociado a las tres primeras componentes principales (CP) es del 80 %, por lo que se resolvió trabajar con estas tres. De la observación de la correlación de las variables con las tres primeras CP (Tabla 5) puede decirse que la primer CP representa que existe una relación inversa entre los pavimentos con juntas de contracción tomadas y en buen estado con respecto a las losas deterioradas (a reconstruir y reparar). Esto representa el 41 % de la varianza total del modelo. La segunda CP está dada principalmente por las juntas de dilatación (jd) que se relacionan en forma inversa con las losas a reparar. Esta componente representa el 21 % de la varianza total. La tercer componente está dada por las losas a reconstruir y representa el 18 % de la varianza.

Variable	1 CP	2 CP	3 CP
rec.	- 0,42760	- 0,04076	0,79544
rep.	- 0,42744	- 0,48033	- 0,49497
jc	0,91242	- 0,20795	0,06082
jct	0,89199	- 0,23577	0,12715
jd	0,20968	0,84560	- 0,19241

Tabla 5: Correlación entre las variables y las primeras tres Componentes Principales.

En la figura 4 se muestra la relación de las variables y los porcentajes de reconstrucción de cada una que son: rec: 81,70 %; rep: 65,80 %; jc: 87,90 %; jct: 86,74 % y jd: 79,60 %.

En la figura 5 se graficaron las calles en el plano de las dos primeras componentes principales. El eje de abscisas corresponde a la primera CP y el eje de ordenadas a la segunda CP. Se representó con color las diferentes décadas en que fueron construidos los pavimentos. Estos son: negro para los pavimentos construidos en la década del '40; verde: '50; rojo: '60; azul: '70; marrón: '80; rosa: '90 y amarillo: '00. Las muestras con valores positivos de la primer componente son las que mejor estado presentan (juntas de contracción tomadas y en buen estado) mientras que las que tienen los valores menores son las más deterioradas y a su vez las que no tienen juntas de contracción y/o se encuentran en mal estado de conservación. Los mayores valores de la segunda CP corresponden a las calles que tienen juntas de dilatación. Del gráfico se desprende que no existe una relación entre el deterioro y la fecha de construcción, ni vinculado con las juntas de dilatación. Hay pavimentos deteriorados construidos después del año 2000 y sanos de la década del '50 y viceversa. El deterioro está relacionado con la presencia de juntas de contracción y su estado de conservación.

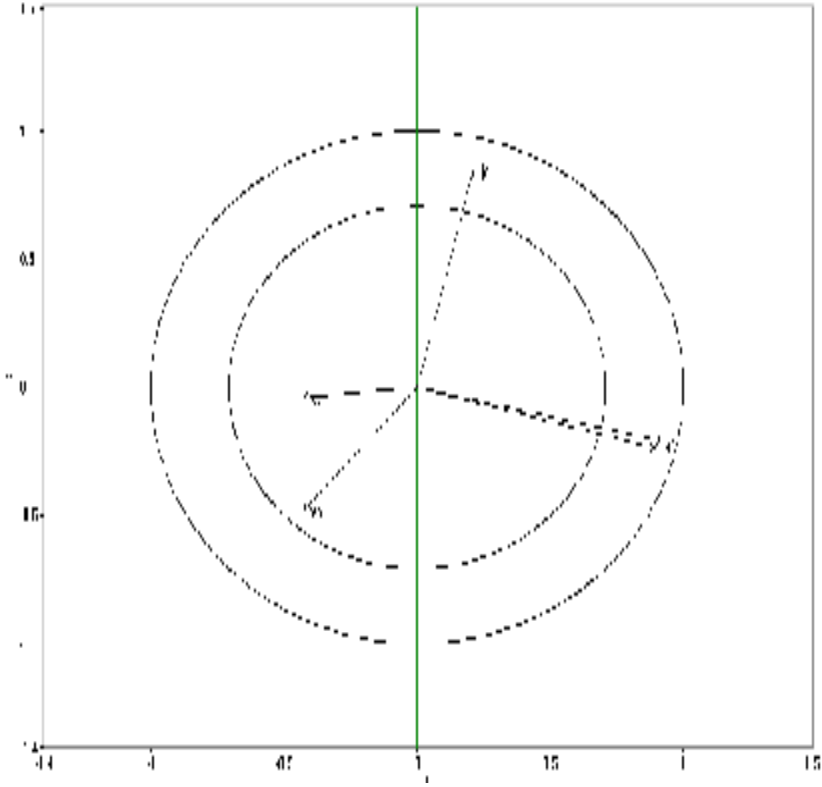


Figura 4. Grafico de las variables.

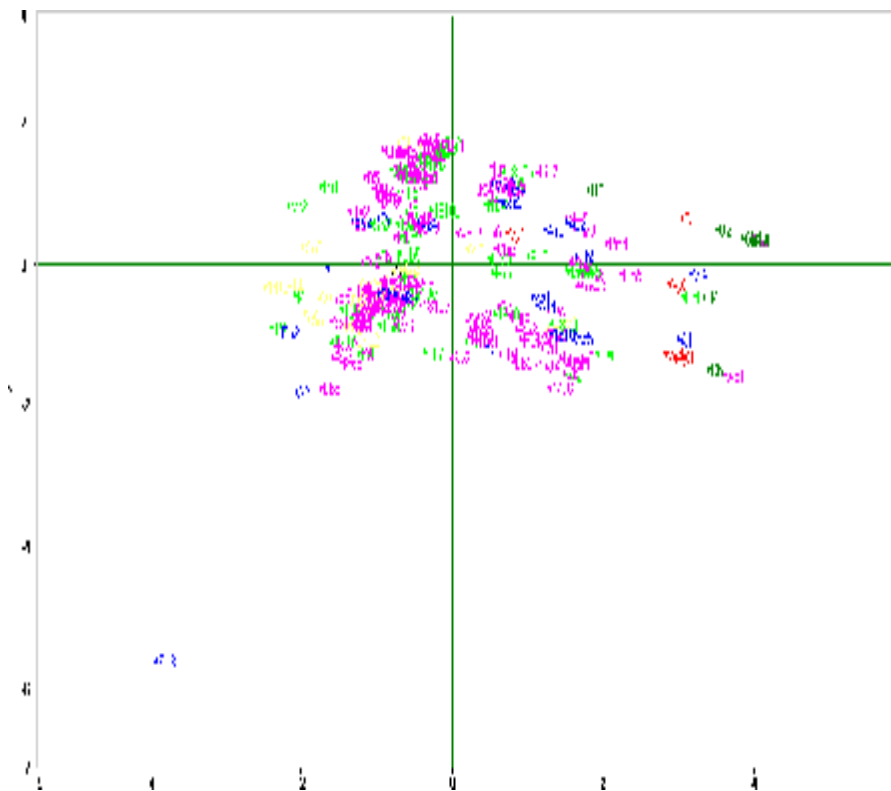


Figura 5. Grafico de las calles en el plano de las dos primeras CP.

2. Se incluyeron las 55 calles de las que no se conoce el año de construcción:

A partir de los datos de la tabla 2 se elaboró una matriz de correlación cuyos valores se indican en la tabla 6 y se calcularon los autovalores y autovectores de dicha matriz.

	rec.	rep.	jc	jct	jd
rec.	1,00000	0,12438	- 0,03983	- 0,34821	0,08234
rep.	0,12438	1,00000	- 0,18008	- 0,23390	0,22746
jc	- 0,03983	- 0,18008	1,00000	0,73831	- 0,10174
jct	- 0,34821	- 0,23390	0,73831	1,00000	- 0,15359
jd	0,08234	0,22746	- 0,10174	- 0,15359	1,00000

Tabla 6. Matriz de Correlación.

Las tres primeras componentes representan el 80,7 % de la varianza total.

En la tabla 7 se muestra la correlación entre las variables y las tres primeras CP. Los resultados son similares a los obtenidos en el estudio anterior. La primer CP indica que existe una relación directa entre las juntas de contracción tomadas y el estado de conservación de las mismas. Las variables mencionadas se relacionan en forma inversa con

las losas a reparar y reconstruir. Esta componente representa el 40,2 % de la varianza total. La segunda componente está dada por las juntas de dilatación y con menos peso, por las losas a reparar. Esta componente tiene asociado el 22 % de la varianza. La tercer componente representa las losas a reconstruir y el 18,5 % de la varianza.

Variable	1 CP	2 CP	3 CP
rec.	- 0,43228	0,15984	0,87764
rep.	- 0,48672	0,54242	- 0,16052
jc	0,80018	0,42114	0,31445
jct	0,90219	0,27919	- 0,04388
jd	- 0,36279	0,70498	- 0,24596

Tabla 7. Correlación entre las variables y las primeras tres Componentes Principales.

El porcentaje de reconstrucción de cada variable utilizando las primeras tres CP es: rec.: 98,27 %; rep.: 55,69 %; jc: 91,65 %; jct: 89,38 % y jd: 68,91 %.

En la figura 6 se muestra la relación de las variables en el plano de las dos primeras CP. En la figura 7 se representan las calles en el plano de las dos primeras componentes.

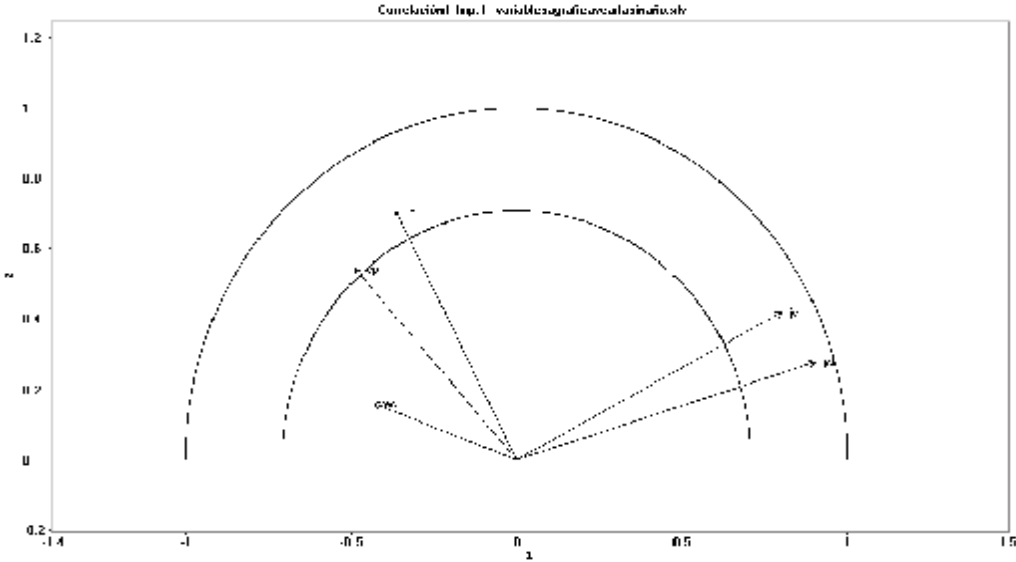


Figura 6. Grafico de las variables en el plano de las dos primeras CP.

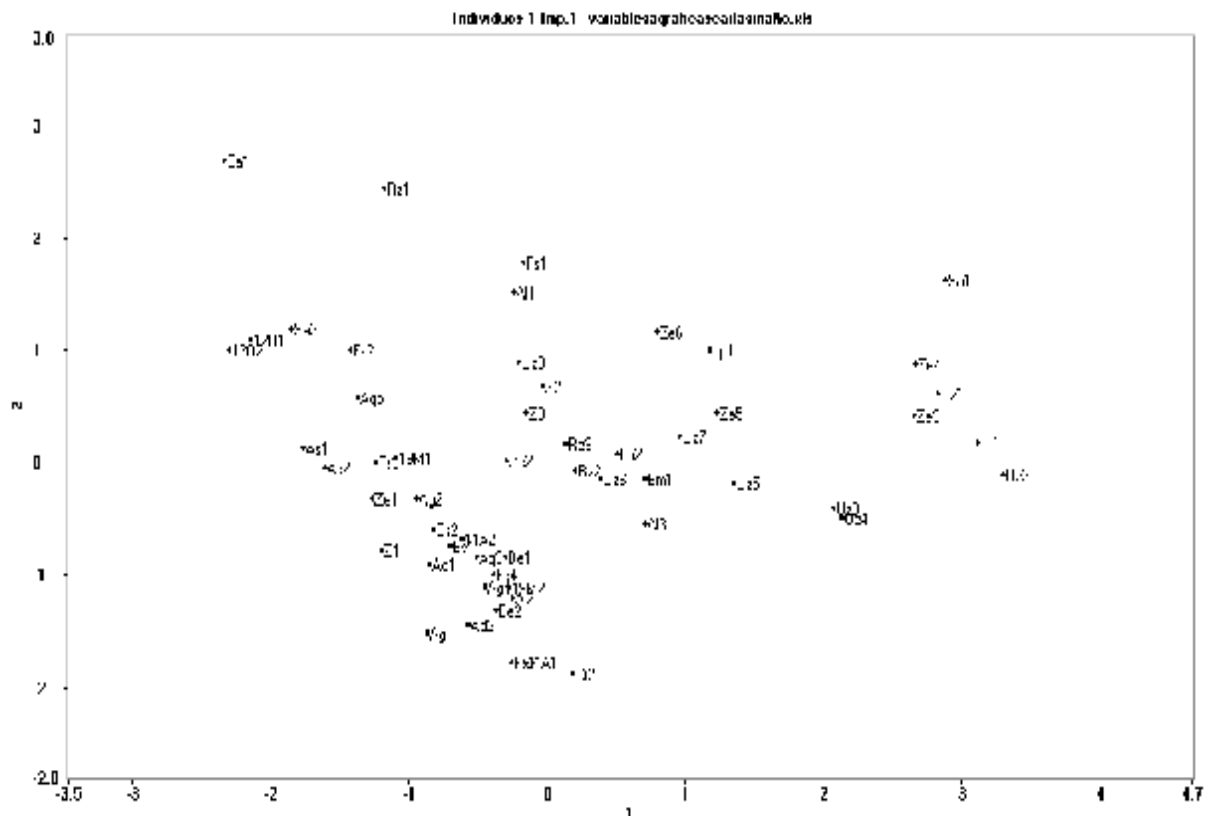


Figura 7. Gráfico de las calles en el plano de las dos primeras CP.

Del análisis de los gráficos se observa un comportamiento similar al estudio anterior. El deterioro de los pavimentos se relaciona con la falta de juntas de contracción y/o su mal estado de conservación.

CONCLUSIONES

- Del total de metros cuadrados de hormigón relevados, el 18% se encuentra en mal estado de conservación.
- Las principales patologías observadas son: desarrollo de fisuras, grietas, hundimiento y levantamiento de losas y deterioro prematuro de placas por la mala reparación luego del corte del pavimento para el cruce de servicios.
- El 29% de las juntas de contracción de las 291 calles relevadas, se encuentran tomadas. De éstas, el 59% se encuentran en mal estado.
- Del estudio estadístico por el método de Componentes Principales se concluye que el deterioro de los pavimentos de hormigón está vinculado a la falta de mantenimiento de las juntas de contracción. No existe relación entre el estado de las placas con la edad de la obra ni con la existencia o no de juntas de dilatación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Ricardo Hughes del Departamento de Vialidad dependiente de la Secretaría de Obras Públicas de la Municipalidad de la ciudad de Bahía Blanca, a la Universidad Nacional del Sur, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires y al CONICET-INGEOSUR por el apoyo brindado y al Sr. Rodolfo Salomón por el desarrollo del software para el análisis estadístico.

REFERENCIAS

1. S. Marfil; P. Maiza, R. Salomón. "ASR Induced Blow-up in an Urban Concrete Pavement (Bahía Blanca-Argentina)". The International Journal of Pavement Engineering. Vol. 2 N° 4- pp 271-276. UK. ISSN 1029-8436. (2001).
2. C. Priano, S. Marfil y L. Señas. "Ruta de circunvalación a la ciudad de Bahía Blanca. Evaluación del deterioro del pavimento de hormigón". 16° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón (AATH). Mendoza. pp 307-314. ISBN 10:987-21660-2-1. (2006).
3. C. Priano, P. Maiza, L. Señas y S. Marfil. "Evaluación del estado del hormigón de 7 puentes ubicados en el Bajo San José, sobre la ruta provincial N° 51 (Buenos Aires). 7° Congreso de Metalurgia y Materiales. San Nicolás. Publicado en CD. pp 926-931. ISBN: 978-950-42-0094-9. (2007).
4. P. Maiza y S. Marfil. "Estallido de una placa de hormigón en una autopista de la ciudad de Bahía Blanca (Prov. de Bs. As. – Argentina)". IX Congreso Latinoamericano de Patología y XI Congreso de Control de Calidad en la Construcción. Quito. Ecuador. Publicado en CD. 8 pag. ISBN 978-9978-77-136-5. (2007).
5. C. Priano, S. Marfil y L. Señas. "Evaluación del deterioro del hormigón de la cabeceras de pista de la Base Aeronaval Comandante Espora. (Bahía Blanca – Argentina)". IX Congreso Latinoamericano de Patología y XI Congreso de Control de Calidad en la Construcción Quito. Ecuador. Publicado en CD. 8 pag. ISBN 978-9978-77-136-5. (2007).
6. C. Priano, L. Señas, S. Marfil y P. Maiza. "Estudio del Pavimento de hormigón de la ruta de acceso al dique Paso de Las Piedras (Partido de Coronel Pringles, Prov. De Bs. As., Argentina)". 1er. Congreso Nacional de Ing. Civil. Asunción. Paraguay. Editado en CD. 7 pag. (2007).
7. S. Marfil, P. Maiza y R. 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. pp. 146-152. ISSN 0326-1921. (2001).
8. S. Marfil, P. 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. pp. 44-50. Buenos Aires. (2000).
9. S. Marfil and P. 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. ISSN 0008-8846. (2001).
10. P. Maiza y S. Marfil. "Evolución de los pavimentos de concreto afectados por la reacción álcali-sílice (RAS) en la ciudad de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, Argentina)". 10° Congreso Geológico Chileno. Concepción. Chile. Publicado en CD 8 pag. (2003).
11. R. Jonson and D. Wichern. "Applied multivariate statistical analysis". Prentice Hall. New Jersey. Cap. 10. pp. 461-530. (1982).