



## **PATOLOGÍAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN A EDAD TEMPRANA**

Daniel Violini, Mariano Pappalardi

Cementos Avellaneda S.A. – Defensa 113 Piso 6 (C1065AAA), Ciudad Autónoma de Buenos Aires,

TEL: (011) 4331-7081, FAX: (011) 4331-1664 – e-mail: mp@cavellaneda.com.ar

**Palabras claves:** pavimentos de hormigón, patologías, fisuración, edad temprana

### **RESUMEN**

El presente trabajo surge del proyecto final de carrera de ingeniería civil de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, realizado por los autores, en condición de co-tutor y alumno egresado respectivamente.

El objetivo del mismo, es identificar las principales patologías que se producen en los pavimentos de hormigón a edad temprana, cuando se aplican mediante Tecnología de Alto Rendimiento y las posibles causas de su generación, con el propósito de tomar todos los recaudos necesarios, a fin de evitar su aparición. Posibilitando mediante su estudio y conocimiento, mejorar los diseños, la tecnología de los materiales, las técnicas de construcción y la influencia del clima, para obtener pavimentos de hormigón de excelentes prestaciones.

El presente trabajo, consiste en clasificar las patologías a edad temprana, agrupándolas en un catálogo acompañado con fotografías que facilitan su identificación, resumiendo las posibles causas, las técnicas de investigación, las acciones correctivas o de contingencia, y las reparaciones correspondientes a cada caso.

De esta manera, se pone a disposición un método de trabajo, que debería ser retroalimentado por todos los involucrados en la construcción de los pavimentos de hormigón.



## 1. ANTECEDENTES

Las causas de deterioros de los pavimentos de hormigón se originan en diferentes etapas que van desde el proyecto, la selección de Materiales, proceso de construcción y Uso y mantenimiento.

Si bien los pavimentos de hormigón se proyectan para una vida útil de 20 a 30 años, sus antecedentes demuestran distintos desempeños, encontrando casos extremos con fallas prematuras antes de los cinco años de vida y otros que siguen prestando servicio al tránsito luego de más de cien años. Esta amplia variación del tiempo de servicio representa la gran cantidad de hechos y variables que entran en juego, sobre el desempeño de un pavimento de hormigón a corto y largo plazo, surgiendo la necesidad de optimizar los diseños en base a estos antecedentes.

Por lo dicho anteriormente, es muy importante observar el comportamiento de los viejos pavimentos construidos con los materiales de la zona y sometidos al clima de la región, antes de proyectar un nuevo pavimento.

A lo indicado previamente, se le debe adicionar que para la construcción de rutas de hormigón, se emplean en la actualidad tecnologías de alto rendimientos (TAR), que implica avances constructivos de más de 1 m por minuto, que demanda una alta previsibilidad y requiere de propiedades bien especificadas y acotadas. Adicionalmente este tipo de construcción, conlleva a mayores exigencias a edad temprana.

Cualquier falla del diseño, de la selección de los materiales o del proceso constructivo, puede provocar el deterioro prematuro del mismo y no cumplir con el tiempo previsto de servicio. Y pese a que la patología no se manifieste en un principio, el mal que la provocó se encuentra latente desde el primer momento, o antes de la construcción si el error se produjo en el proyecto, obteniéndose un pavimento donde el problema será inevitable y sólo es cuestión de tiempo para que se manifieste.

De esta manera, las buenas prácticas constructivas son fundamentales para producir un pavimento de hormigón duradero y de alto desempeño.

Se debe recalcar que tanto el mejor proyecto, como la utilización de materiales de alta calidad, no tendrán éxito si no se construye el pavimento en forma adecuada.

La mayoría de las patologías de los pavimentos de hormigón se originan a edad temprana, por fallas durante la ejecución de la calzada.



## 2. INTRODUCCIÓN

El hormigón es un material en permanente evolución, nace como un líquido viscoso y evoluciona a un sólido poroso. Durante ese proceso, en especial en las primeras horas de vida, se ve fuertemente condicionado por las condiciones medio ambientales. Este hecho condujo a la necesidad de estudiar las propiedades del hormigón a edad temprana. Desde el punto de vista de la tecnología del hormigón, se define a esta, como la que se produce durante las primeras 24 horas.<sup>1,2</sup>

Pero al tratar las patologías de los pavimentos de hormigón, dada la gran superficie expuesta, tanto al medio ambiente como a la superficie de apoyo, y ante la presencia de gradientes higrotérmicos considerables, muchas grietas se pueden producir durante los 3 primeros días de edad<sup>3</sup>. Por todo lo expuesto se adopta como edad temprana, las primeras 72 horas y se van a indicar las patologías que se producen en dicho período.

El estudio de las patologías mencionadas en el presente trabajo, surgen de los seguimientos estrictos de la construcción de rutas de hormigón elaborados con T.A.R. y en donde se emplea como ligante, el cemento CPF 40 Avellaneda. Se destaca que con dicho producto, al inicio de este año, se habían construido en el país, del orden del 50 % de las rutas de hormigón.

Surge como idea, que si podemos sistematizar a las fallas, detectar las causas que las producen y los mecanismos requeridos para evitarlas y se dan a conocer a todos los usuarios, se podría reducir o eliminar las patologías a edad temprana

## 3. COMPOSICIÓN DEL CATÁLOGO

Se describe a continuación, cada una de las partes que componen el catálogo, como así también las posibles alternativas que se presentan en c/u de los ítems.

### a. Nombre de la patología

Se indica la denominación asignada

### b. Descripción de la patología:

Se describe lo que se observa a nivel superficial

---

<sup>1</sup> HOLT, Erika E., *Early age autogenous shrinkage of concrete*, VTT publications 446, Technical Research Centre of Finland, 2001. Pág. 12.

<sup>2</sup> PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, *Diseño y control de mezclas de concreto EB201*, USA, 2004. Pág. 305.

<sup>3</sup> FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Computer-Based Guidelines for Concrete Pavements, Volume I: Project Summary*, Report FHWA-HRT-04-121, USA, February 2005.



### **c. Tipo de falla**

Estas se dividen principalmente en **fallas funcionales y estructurales**. Las primeras afectan la seguridad y el confort al tránsito, mientras que las segundas afectan la capacidad de carga y comprometen la vida útil del pavimento.

**Las fisuras se subdividen en fisuras activas y pasivas**. Las primeras se abren y se cierran frente a los movimientos de las losas producidos por los cambios de temperatura y/o humedad del hormigón, y las cargas del tránsito. Las pasivas no responden a estos movimientos, pero se pueden propagar por la acción directa del tránsito, o por efectos de durabilidad. Es muy importante confirmar la pasividad de estas fisuras mediante su monitoreo.

### **d. Ubicación habitual:**

Se indica su posicionamiento en relación a las juntas y bordes de la calzada

### **e. Orientación predominante**

Se indica la orientación de la falla en caso que la hubiera (P.e. fisuras)

### **f. Cuantificación**

Medición de la patología de acuerdo a su morfología y cómputo por losa.

### **g. Posibles causas**

Se describen las causas primarias de la patología y los factores secundarios, que condicionan a las primeras.

### **h. Efectos de la patología**

Se describe el daño, el nivel de afectación y su futura serviciabilidad

### **i. Técnicas de investigación**

Se establecen los estudios, mediciones y controles que puedan indicar si se han producido cambios, que afecten las propiedades o comportamiento de la calzada de hormigón.

### **j. Acciones de contingencia**

Se indican las acciones específicas requeridas para normalizar el proceso, en función de lo obtenido en las técnicas de investigación.



#### **k. Nivel de severidad**

Se clasifican los daños producidos según el **nivel de severidad** como: bajo, medio y alto.

De esta manera, existen fallas menores que no comprometen la estructura ni la funcionalidad del pavimento. Pero hay otras de media y alta severidad que pueden afectar el desempeño a corto, mediano y largo plazo, provocando la reducción de la vida útil, si no se realiza la acción correctiva o reparación correspondiente.

#### **l. Técnicas de reparación**

Se indica la necesidad de reparar o no la calzada, en función del nivel de severidad del daño, incluyendo para alguna de las patologías, reparaciones alternativas.

### **4. LISTADO DE PATOLOGÍAS**

En el presente trabajo se evalúan las siguientes patologías:

- Nidos de abeja
- Fallas de borde
  - Asentamiento y/o deformación
  - Caídas y/o desprendimientos
- Fallas de juntas
  - Desprendimientos durante el aserrado
- Fisuras a edad temprana
  - Fisuras plásticas
  - Fisuras sobre barras insertas
  - Fisuras transversales
  - Fisuras a continuación del aserrado (*pop-off cracks*)
  - Fisuras en zona de juntas
  - Fisuras longitudinales
  - Fisuras térmicas
  - Fisuras por reflejo
  - Fisuras por restricción de borde

### **5. DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS**

A continuación se describen las patologías resumidas en el siguiente catálogo para organizar la metodología de trabajo:

Tabla 5. Dosificaciones y propiedades de los hormigones del tramo experimental N° 2.

Designación Pastón	Dolomita				Granito			
	22-10	22-10	23-10	23-10	28-10	28-10	29-10	29-10
Fecha de moldeo								
Dosificaciones empleadas (kg/m <sup>3</sup> )								
Cemento Avellaneda CPF 40	349	349	348	349	349	350	350	351
Arena Fina	620	620	620	620	535	535	535	535
Arena Gruesa 0-6	155	155	155	155	230	230	230	230
Piedra Partida 6-20	545	545	545	545	545	545	545	545
Piedra Partida 10-30	600	600	600	600	600	600	600	600
Agua	145	145	145	145	145	145	145	145
Aditivo AV 08 (%)	0,7							
Relación a/c	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41
Propiedades en el estado fresco								
Temperatura inicial H° (° C)	24,4	25,3	-	-	28,3	27,7	-	-
Asentamiento (cm)	12	7,5	-	-	10	7,5	-	-
PUV (kg/m <sup>3</sup> )	2460	2455	-	-	2440	2450	-	-
Aire incorporado (%)	2,2	2,5	-	-	2,1	2,2	-	-
Tiempo inicial de fraguado (h:m)	07:00	06:35	-	-	05:30	06:00	-	-
Tiempo final de fraguado (h:m)	09:15	08:35	-	-	07:05	08:25	-	-
Capacidad de Exudación (ml/100.g)	2,8	1,8	-	-	1,7	2,8	-	-
Velocidad de Exudación (10 <sup>-6</sup> cm/s)	8	5	-	-	6	8	-	-
Propiedades del estado endurecido ( Resistencias en MPa y Módulos en GPa)								
Resistencia a compresión: 1 día	20,4	20,5	-	-	19,6	18,1	-	-
7 días	36,1	33,7	35,6	41,0	32,6	30,2	30,9	35,1
28 días	38,3	41,6	42,9	46,5	35,3	35,7	39,5	40,1
Módulo de elasticidad: 1 día	30,9	30,9	-	-	31,3	28,8	-	-
7 días	43,6	-	-	-	36,0	37,8	-	-
28 días	46,3	46,4	-	-	38,7	38,1	-	-
Resistencia a Tracción (PCD)1día	2,6	2,4	-	-	2,2	2,3	-	-
7 días	3,4	3,2	-	-	3,1	3,0	-	-
28 días	3,7	3,7	-	-	3,5	3,2	-	-
Resistencia a Flexión: 28 días	5,2	5,9	5,2	5,9	5,1	5,2	4,6	4,5

Tabla 6. Condiciones climáticas y tasa de evaporación del agua superficial del hormigón.

Agregado	Fecha	Hora de moldeo	Condiciones climáticas				Temperatura del hormigón (° C)	Tasa de evaporación (kg/m <sup>2</sup> /h)
			Nubosidad	Temp. (°C)	HR (%)	Viento (km/h)		
Dolomita	22/10/09	11:30	Parc.nublado	19,2	66	10	24,4	0,4
		12:00	Parc.nublado	19,4	65	9	25,3	0,4
	23/10/09	10:30	Algonublado	24,9	56	29	27,5	1,2
		11:00	Parc.nublado	25,8	58	27	27,3	1,0
Granito	28/10/09	10:30	Parc.nublado	21,9	58	14	28,3	0,8
		11:15	Parc.nublado	23,2	54	11	27,7	0,6

### Tercer tramo experimental

El tercer tramo experimental se realiza nuevamente en la calzada izquierda de la RP N° 21. Se efectuaron dos tramos de aproximadamente 100 m lineales cada uno, con dolomita (10/11/09) y con granito (12/11/09). En ambas jornadas la pavimentación se realiza con una regla de rodillos marca ALLEN (Fig. 3), abarcando los dos carriles que conforman la calzada.



## NIDO DE ABEJAS (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Ver proceso constructivo (producción y pavimentación). Ver tiempo de mezclado. Revisar vibrado.
- 2) Estudiar la pérdida de asentamiento (efecto del clima y la combinación cemento-aditivos).
- 3) Inspección visual de la calzada y extracción de testigos (también en zonas sin defecto superficial).
- 4) Revisar absorción y granulometría de los áridos, diseño de la mezcla, y elaborar pastones.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Disminuir la velocidad de pavimentación e incrementar la frecuencia de vibrado (caso puntual).
- 2) Distribuir pastón de bajo asentamiento, superponiendo con pastón normal durante la colocación.
- 3) Optimizar tiempos de mezclado, transporte y colocación. Controlar la pérdida de asentamiento.
- 4) Humectar los agregados, principalmente los de mayor absorción.
- 5) Cuando el problema es generalizado, retirar el material y detener la pavimentación.



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	Deficiencia puntual de compactación. Pequeña zona afectada.
Medio	Pastón aislado con bajo asentamiento para el equipo de pavimentación disponible. Afección en zona correspondiente al hormigón del pastón.
Alto	Problemas de mezclado y/o trabajabilidad inadecuada para la pavimentadora. Afección general de toda la losa.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Retocar superficie en estado fresco.	No efectuar ninguna reparación.
Medio	Distribuir y/o re-vibrar la zona afectada.	Retirar el material defectuoso en estado fresco.
Alto	Retirar el material defectuoso en estado fresco	Demolición de la losa en estado endurecido.



## ASENTAMIENTO DEL BORDE

<b>Descripción:</b> Descensos y/o desplazamiento hacia afuera del borde conformado.
<b>Tipo de falla:</b> Constructiva (puede inducir a falla estructural y funcional).
<b>Ubicación habitual:</b> Borde del lado más bajo según la pendiente transversal.
<b>Orientación predominante:</b> Longitudinal.
<b>Medición y cuantificación:</b> Medición del descenso (mm) con regla de 3 m y cómputo por losa.



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Asentamiento alto (mayor a 5 cm).	a) excesos de agua y/o dosis de aditivos (concentrado). b) falta control de humedad de los agregados. c) baja temperatura y elevada humedad ambiente.
Exceso de vibrado y/o de terminación.	a) frecuencia de vibrado elevada. b) velocidad de pavimentación muy baja. c) trabajabilidad no apta con equipo de pavimentación.
Particularidades constructivas.	a) radio reducido en curva horizontal. b) fuerte pendiente transversal (peralte). c) desalineación de la cuerda guía de la pavimentadora.

### EFECTOS DE LA PATOLOGÍA:

Se genera una franja desnivelada contra la banquina o carril aledaño a construir en segunda etapa, donde se puede acumular agua sobre la superficie, afectando la durabilidad de la calzada de hormigón, la seguridad y el confort al tránsito. Además se obtiene un menor espesor de hormigón en dicha zona.



## ASENTAMIENTO DEL BORDE (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Controlar la humedad de los agregados, el asentamiento, el aire y la temperatura del hormigón.
- 2) Verificar dosis y efectividad de los aditivos, cantidad de agua agregada (caudalímetro).
- 3) Registrar las condiciones ambientales que afectan el asentamiento (temperatura, HR y viento).
- 4) Verificar pesadas y granulometría de agregados. Obtener mezcla apta para la pavimentadora.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Bajar asentamiento. Controlar humedad de los agregados. Ajustar agua según efecto del aditivo.
- 2) Distribuir pastón puntual de alto asentamiento y mezclar con pastón normal durante la colocación.
- 3) Regular la inclinación vertical del molde lateral contra la caída de borde, si el equipo lo permite.
- 4) Aumentar velocidad de pavimentación y disminuir frecuencia de vibrado (ante caso puntual).



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Confrontación con regla recta y rígida de 3 metros de longitud
Bajo	Descenso transversal del borde entre 3 y 6 mm, en más del 15% de la longitud de la losa.
Medio	Descenso transversal del borde entre 6 y 10 mm, en más del 15% de la longitud de la losa.
Alto	Descenso transversal del borde mayor a 10 mm, en más del 15% de la longitud de la losa.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Colocar tabla y reparar en estado fresco.	No efectuar ninguna reparación (con el hormigón endurecido).
Medio	Colocar molde en el borde afectado para restablecer la forma y sostener el material.	Arenar, limpiar zona afectada y emparchar mediante capa adherente de resina epoxi.
Alto	Colocar molde y restablecer la forma con la incorporación de hormigón y re-vibrado.	Aserrado del borde caído y reparación de profundidad parcial.



## CAÍDAS DE BORDE

**Descripción:** Se desprende y se cae una parte del hormigón del borde (luego de 1 a 2 horas de colocado).

**Tipo de falla:** Constructiva (puede inducir a falla estructural y funcional).

**Ubicación habitual:** Borde del lado más bajo según la pendiente transversal.

**Orientación y/o forma predominante:** Semicírculo contra el borde.

**Medición y cuantificación:** Medición del área afectada (cm<sup>2</sup>) y cómputo por losa.



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Deficiencia en la cohesión del hormigón y excesiva exudación.	a) falta material pulverulento (pasa tamiz IRAM 300 $\mu$ m) i) arena gruesa o cambia el contenido de polvo. ii) bajo contenido de cemento. b) relación agua/cemento alta. c) bajo porcentaje de aire incorporado. d) efecto del plastificante y el tiempo de fraguado. e) baja temperatura ambiente y del hormigón.
Esguerramiento de líquidos sobre la superficie del hormigón en estado fresco.	a) Zonas de detención del carro de curado y derrame del compuesto líquido hacia el borde. b) Esguerramiento superficial de agua de lluvia.

### **EFFECTOS DE LA PATOLOGÍA:**

Se genera el daño puntual del borde más bajo de la calzada, donde en los tramos rectos generalmente prevalecen las cargas críticas de tránsito pesado.

Además, sino se realiza una reparación prolija, se puede afectar la seguridad y el confort al tránsito.



## CAÍDAS DE BORDE (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Realizar ensayo de exudación (Norma IRAM 1604) en condiciones de laboratorio y de obra.
- 2) Ver la cantidad de finos del agregado (pasa tamiz IRAM 300  $\mu\text{m}$ ) y el contenido total de cemento.
- 3) Revisar la dosificación, y asegurar las dosis y pesadas durante la elaboración del hormigón.
- 4) Seguimiento del proceso constructivo e identificación de los derrames de líquido sobre la calzada.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Aumentar el contenido de material pulverulento a la mezcla (pasante tamiz IRAM 300  $\mu\text{m}$ ).
- 2) Reducir la relación agua/cemento. Aumentar gradualmente la dosis de aditivo plastificante.
- 3) Aumentar levemente el contenido de aire intencionalmente incorporado a la mezcla (ajustes).



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	Desprendimiento puntual pequeño por derrame de líquido sobre la superficie hacia el borde
Medio	Desprendimiento en correspondencia con un pastón aislado que presenta anomalías.
Alto	Desprendimientos generales por problemas de cohesión y exudación del hormigón.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Colocar tabla y reparar en estado fresco.	No efectuar ninguna reparación (endurecido).
Medio	Colocar molde y restablecer el borde con la incorporación de hormigón y re-vibrado.	Limpiar zona afectada, y reparar con hormigón mediante adhesivo epoxídico.
Alto	Colocar molde continuo y detener inmediatamente el hormigonado.	Demolición y reemplazo de las losas afectadas.



**DESPRENDIMIENTOS DURANTE EL ASERRADO**

<b>Descripción:</b> Conformación irregular de la junta al desprenderse agregados durante el aserrado.
<b>Tipo de falla:</b> Constructiva (induce a falla estructural, funcional y de durabilidad).
<b>Ubicación habitual:</b> En los bordes superior de las juntas conformadas.
<b>Orientación predominante:</b> Transversal y longitudinal según tipo de junta.
<b>Medición y cuantificación:</b> Medición del ancho del desprendimiento (mm) registrado en forma perpendicular a junta y registro de la longitud del desprendimiento sobre el desarrollo de la misma.



**POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA**

Primarias	Factor secundario
Falta de maduración del hormigón o retraso del fraguado	a) condiciones climáticas: tiempo frío, cobertura nubosa. b) uso inapropiado de aditivos: i) falla en la dosis. ii) falla en la concentración (homogeneidad). iii) producto inadecuado. c) Incremento de la relación agua/cemento: i) falla de dosificación. ii) exceso de polvo en los agregados
Agregados de alta dureza y/o pobre adherencia	a) caso típico canto rodado silíceo de la Mesopotamia: i) elevada dureza (7 en la escala de Mohs). ii) lisura y composición similar al vidrio (aspecto pulido) b) agregados cubiertos por arcilla fuertemente adherida
Falla constructiva	a) aserrado demasiado temprano. b) falla del equipo de corte: desalineado, desgaste disco. c) Mayor porosidad superficial por exceso de vibrado y/o incorporación manual de agua durante la terminación.

**EFFECTOS DE LA PATOLOGÍA:**  
 Reduce el desempeño de la junta. Se dificultan las tareas de cajeadado y sellado. El ingreso de agua y/o materiales incompresibles favorece la erosión y el mayor desprendimiento a futuro, atentando contra la serviciabilidad del pavimento.  
 La demora del aserrado transversal y/o longitudinal, incrementa el riesgo de fisuración en ambas direcciones.



**DESPRENDIMIENTOS DURANTE EL ASERRADO (Continuación)**

**TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

- 1) Registro estricto de las condiciones ambientales y la temperatura del hormigón (madurez).
- 2) Determinación de la granulometría, polvo de los agregados (PTN°200) y la exudación.
- 3) Determinación del tiempo de fraguado. Evaluar la incidencia del aditivo según la dosis empleada.
- 4) Verificar el estado de los discos y la alineación de la aserradora

**ACCIONES DE CONTINGENCIA**

- 1) Capacitación y concientización para iniciar el aserrado en tiempo y en forma.
- 2) Condicionar el horario de hormigonado, evitando el corte con descenso de la temperatura del H°.
- 3) Evitar el uso de canto rodado silíceo.
- 4) Probar distintos tipos de discos y/o realizar aserrado en forma alternada (cortar 1 junta cada 3).
- 5) Realizar los ajustes en dosificación a fin de minimizar los retardos de fraguado.
- 6) Evitar los excesos de vibrado y/o la incorporación manual de agua durante la terminación.



**NIVEL DE SEVERIDAD**

DAÑO	Descripción
Bajo	Desprendimiento de ancho < 50 mm.
Medio	Desprendimiento de ancho comprendido entre 50 mm y 150 mm.
Alto	Desprendimiento de ancho > 150 mm.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Ninguna (realizar un excelente sellado).	
Medio	Reparación de profundidad parcial PDR.	
Alto	Reparación de profundidad parcial PDR.	



## FISURAS PLÁSTICAS

**Descripción:** Fisuras pasivas en estado plástico, de longitud, ancho y profundidad variable.

**Tipo de falla:** Constructiva (puede inducir a falla estructural y de durabilidad).

**Ubicación habitual:** Superficie de la calzada de hormigón (mayormente en el sector más elevado).

**Orientación predominante:** Variable (en general longitudinal o diagonal y paralelas entre sí).

**Medición y cuantificación:** Longitud, ancho y profundidad. Cómputo de fisuras por losa o  $\text{mm}^2/\text{m}^2$ .



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Secado prematuro de la superficie de H° (antes de alcanzar a realizar el curado).	a) capacidad de exudación muy baja (menor a 1 %). b) tasa de evaporación $\geq 0,5 \text{ kg/m}^2$ por hora. c) depósito de finos absorbentes a causa del viento. d) pérdida de agua a través de la superficie de asiento.
Deficiencias en el método de curado.	a) demora o aplicación incorrecta. b) dosis baja y/o material de curado ineficiente.
Tiempo de fraguado excesivo.	a) baja temperatura. b) sobredosis de aditivo plastificante.
Errores constructivos.	a) elevado contenido de polvo en agregados (PT N° 200). b) demasiada cantidad de pasta y/o de mortero. c) agregados secos con elevada absorción. d) excesivo vibrado y/o terminación del hormigón.

### **EFFECTOS DE LA PATOLOGÍA:**

Las fisuras pequeñas pueden cerrarse con el tiempo y no generan inconvenientes. Pero las fisuras que permanecen abiertas permiten el ingreso de agua y pueden afectar la durabilidad del hormigón. La patología merece especial atención cuando las grietas alcanzan todo el espesor de la calzada, siendo necesaria una correcta intervención para que no se reduzca la vida útil del pavimento.



## FISURAS PLÁSTICAS (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Seguimiento del proceso constructivo y evaluación del método de curado (en tiempo y forma).
- 2) Registro de las condiciones ambientales y la temperatura del H°. Cálculo de tasa de evaporación
- 3) Determinación del polvo de los agregados (PTN°200) y la exudación y el tiempo de fraguado.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Optimización del procedimiento constructivo y mejora del método de curado (usar base solvente)
- 2) Corrección de la dosificación y ajuste de aditivos para optimizar la exudación y el fraguado.
- 3) Evitar en tiempo frío temperaturas del hormigón colocado, muy por encima de la temperatura ambiente (poco probable).



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	Fisuras pequeñas (profundidad < 5 cm y ancho < 0,2 mm) que se cierran con el tiempo.
Medio	Fisuras de ancho $\geq 0,2$ mm. Puntualmente pueden atravesar todo el espesor.
Alto	Fisuración generalizada con varias grietas que alcanzan todo el espesor de la losa.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Retocar la zona afectada antes del tiempo inicial de fraguado.	Promover la hidratación dentro de las fisuras humedeciendo el H° endurecido.
Medio	Promover la hidratación dentro de las fisuras humedeciendo el H° endurecido.	Sellar las fisuras con inyección de resinas epoxi o por gravedad (metacrilato).
Alto	Sellar las fisuras con inyección de resinas epoxi o por gravedad (metacrilato).	Demolición y reemplazo de la losa afectada.



### FISURAS ALINEADAS SOBRE BARRAS INSERTAS

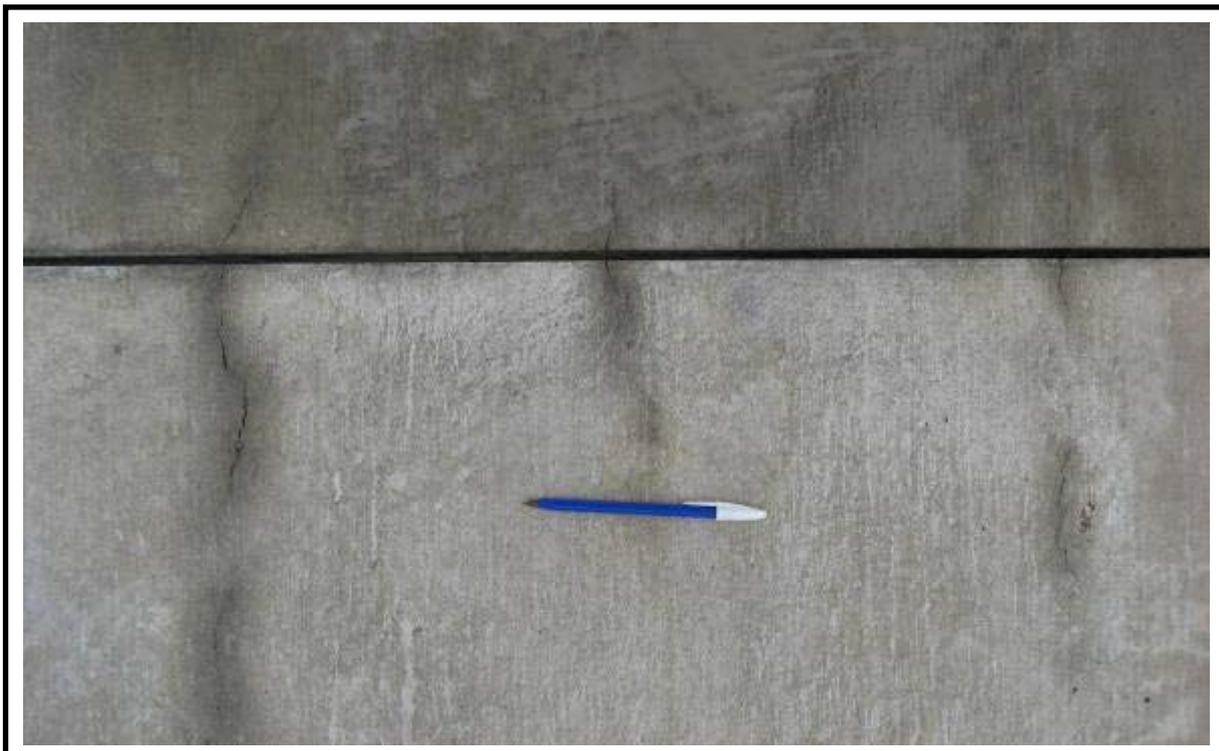
**Descripción:** Fisuras que se producen alineadas sobre los pasadores y/o las barras de unión.

**Tipo de falla:** Constructiva (induce a falla estructural).

**Ubicación habitual:** Alineadas en coincidencia con los pasadores y/o las barras de unión.

**Orientación predominante:** Longitudinal sobre pasadores y transversal sobre barras de unión.

**Medición y cuantificación:** Medición de la longitud y ancho de las fisuras. Cómputo por junta y losa



#### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Fisuras de origen plástico (se producen antes del tiempo final de fraguado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) exceso de vibrado durante la inserción, acumulando mayor cantidad de mortero sobre la barra.</li> <li>b) luego de insertar la barra queda un hueco sobre la misma, que se llena con un material deficiente:               <ul style="list-style-type: none"> <li>i) falta de vibrado durante la inserción.</li> <li>ii) hormigón muy seco para la potencia del equipo.</li> <li>iii) excesiva velocidad de pavimentación.</li> </ul> </li> <li>c) inserción de la barra a poca profundidad.</li> <li>d) moldes fijos. Asentamiento plástico en hormigones de consistencia muy plástica (<math>A &gt; 10</math> cm).</li> </ul>
Fisuras por mala disposición de la barra durante la colocación	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) traslación del pasador e inserción inclinada.</li> <li>b) arrastre de la barra de unión en el sentido de avance:               <ul style="list-style-type: none"> <li>i) excesiva velocidad de pavimentación.</li> <li>ii) velocidad lenta de inserción de la barra.</li> </ul> </li> </ul>

#### EFECTOS DE LA PATOLOGÍA:

Las fisuras sobre los pasadores producen una falla vital para la transferencia de carga en la junta, pudiendo afectar el desempeño del pavimento a corto plazo.

Las fisuras sobre las barras de unión pueden dar origen a fisuras transversales de ancho completo.



**FISURAS ALINEADAS SOBRE BARRAS INSERTAS (Continuación)**

**TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

- 1) Controlar el funcionamiento de los equipos de inserción, según la velocidad de pavimentación.
- 2) Comprobar compatibilidad del equipo de pavimentación con el asentamiento de trabajo del Hº.
- 3) Verificar que el vibrado del equipo cierre el intersticio sobre la barra durante la colocación.
- 4) Registrar condiciones ambientales y la temperatura del hormigón. Calcular tasa de evaporación.
- 5) Verificar la eficacia del método de curado según la dosis aplicada.
- 6) Determinar el contenido de polvo de los agregados, la exudación y el tiempo de fraguado del Hº.
- 7) Comprobar la posición y alineación de las barras, antes y después de la colocación (Pachómetro, MIT-Scan, GPR). Durante el aserrado de las juntas verificar que no se estén cortando las barras.
- 8) Extracción de testigo sobre la barra, para observar el aspecto del hormigón y la compactación.

**ACCIONES DE CONTINGENCIA**

- 1) Trabajar con asentamiento del hormigón compatible a la potencia del equipo de inserción.
- 2) Cuando se trabaja con moldes fijos, evitar que el hormigón supere los 10 cm de asentamiento.
- 3) Reducir la velocidad de pavimentación, asegurando el llenado de los intersticios con hormigón.
- 4) Ajustar el correcto funcionamiento y el vibrado del equipo de inserción.



**NIVEL DE SEVERIDAD**

DAÑO	Descripción
Bajo	Caso aislado de fisuración hasta tres pasadores o una barra de unión.
Medio	Fisuración sobre más de tres pasadores en una misma junta.
Alto	Fisuración sobre más de tres pasadores en dos o más juntas consecutivas.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Sellar fisura con inyección de resina epoxi.	Utilizar sellador por gravedad (metacrilato).
Medio	Restauración transferencia de carga LTR.	Reparación de profundidad total FDR.
Alto	Reparación de profundidad total FDR.	Remoción y reemplazo de la losa afectada.



## FISURAS TRANSVERSALES

**Descripción:** Fisuras transversales activas que atraviesan todo el ancho y espesor de la losa.

**Tipo de falla:** Constructiva y/o de diseño que induce a una falla estructural.

**Ubicación habitual:** Dentro del tercio central de la losa.

**Orientación predominante:** Transversal.

**Medición y cuantificación:** Medición de abertura de fisura, con la menor temperatura ambiente (en general a primera hora de la mañana), preferentemente en invierno. Cómputo de la fisura por losa.



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Aserrado tardío.	a) aserrado en proceso de contracción. b) inicio tardío por defectos de corte: i) debilitamiento de superficie (polvo) ii) agregados duros y lisos iii) aserradora desalineada o discos desgastados. c) aserrado superficial (poca profundidad de corte).
Contracción térmica (Descenso de temperatura).	a) temperatura de colocación del hormigón, aumento por soleamiento, y posterior enfriamiento (atención frente frío). b) uso de agregados con alto coeficiente de dilatación térmica. c) muy elevado calor de hidratación del cemento.
Excesiva adherencia entre el hormigón y la base.	a) no se mantiene bien húmeda la base (bases porosas). b) falta de uniformidad y lisura de la superficie de apoyo (bases rugosas y rígidas) y no se aplica material para reducir la fricción.
Contracción de secado (Menos probable).	a) deficiencias de curado. b) diseño incorrecto de la mezcla. c) excesiva relación largo/ancho de la losa (falla de diseño).

### EFECTOS DE LA PATOLOGÍA:

Se produce una grieta activa de todo el espesor de la losa, que no permite transferir las cargas por su ancho y falta de pasadores, permitiendo el ingreso del agua y conduciendo a la rotura de la losa.



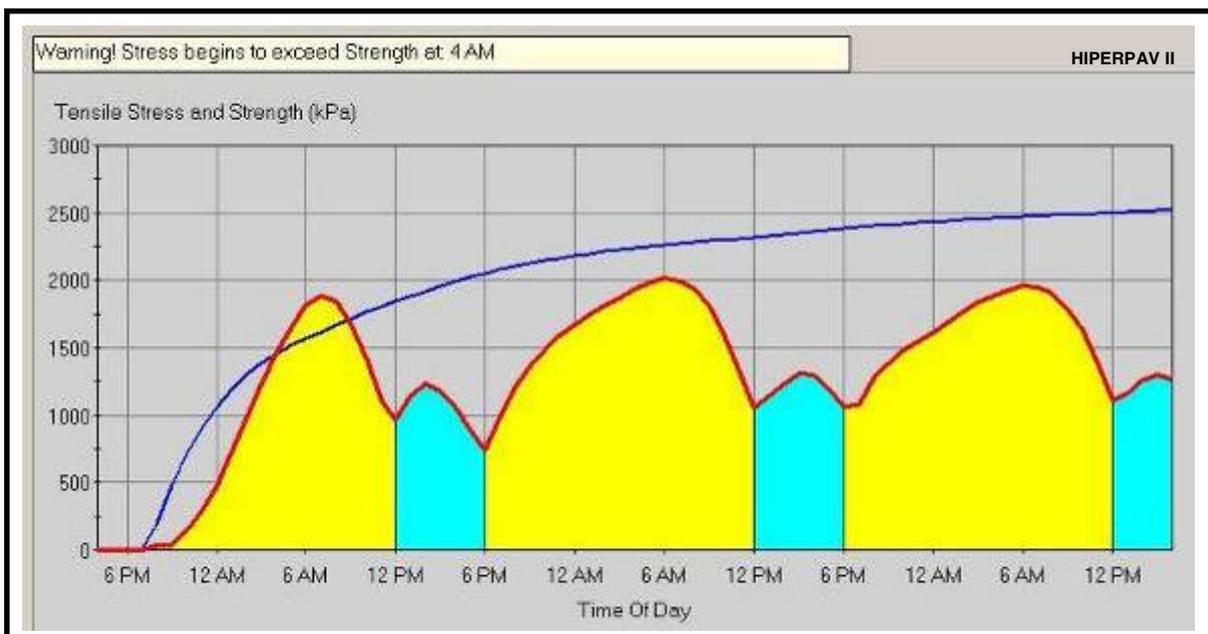
## FISURAS TRANSVERSALES (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Seguimiento del proceso constructivo (curado y aserrado). Determinación de la ventana de corte:
  - i) Relación del rayado de la superficie con el tiempo de fraguado y la temperatura del hormigón.
  - ii) Registro de las condiciones ambientales y evolución de la temperatura de la losa (madurímetro).
- 2) Inspección del aserrado (operación, profundidad de corte, cantidad de equipos, estado de discos).
- 3) Determinación del módulo de elasticidad y el coeficiente de dilatación térmica del hormigón.
- 4) Análisis del riesgo de fisuración mediante la utilización del software HIPERPAV.
- 5) Revisión del proyecto (materiales, diseño de la mezcla, relación largo/ancho de la losa y espesor).
- 6) Inspección del comportamiento de los pavimentos de la zona construidos con materiales similares.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Capacitación y optimización del aserrado. Iniciar el corte en forma alternada (cada 2 o 3 juntas).
- 2) Condicionar el hormigonado (si/no) según el pronóstico meteorológico y el análisis horario del riesgo de fisuración con software HIPERPAV. Tomar precauciones ante la llegada de frente frío.
- 3) Reducir la fricción de la base colocando un material que rompa la adherencia con el hormigón.



### NIVEL DE SEVERIDAD (según posibilidad de transferir la carga en la fisura transversal activa)

DAÑO	Descripción
Bajo	Tránsito liviano y abertura de fisura < 0,5 mm (ver ítem anterior de medición).
Medio	Tránsito liviano y abertura de fisura entre 0,5 mm y 1,5 mm.
Alto	Tránsito pesado; o abertura de fisura > 1,5 mm (en gral al no trabajar las juntas vecinas).

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Perfilado y sellado de la fisura.	Reparación de profundidad total FDR.
Medio	Restauración transferencia de carga LTR.	Reparación de profundidad total FDR.
Alto	Reparación de profundidad total FDR.	Remoción y reemplazo de losa afectada.



### FISURAS DURANTE EL ASERRADO (*POP-OFF CRACKS*)

**Descripción:** Fisuras en esquina que ocurren durante el aserrado (puede aparecer en forma tardía).

**Tipo de falla:** Constructiva (puede inducir a falla estructural).

**Ubicación habitual:** Sobre el lado donde se comienza el aserrado y queda sin cortar inicialmente.

**Orientación predominante:** Fisura en zona de esquina con orientación predominante transversal.

**Medición y cuantificación:** Medición de la longitud y la separación a partir de la junta original.



#### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Tensión longitudinal de tracción en el hormigón durante el aserrado (contracción de la calzada).	a) corte de la junta al límite posterior de la ventana de aserrado (descenso brusco de la temperatura ambiente y contracción térmica de la calzada durante el corte). b) contracción por secado temprana, debido a un curado ineficiente (menos probable)
Aserrado incorrecto.	a) No se vuelve para aserrar la junta en el borde donde se comenzó el aserrado. b) Se levanta el disco de corte antes de salir del borde, quedando la junta con menor profundidad. c) En lo posible, comenzar el aserrado por el borde de mayor contracción (lado más expuesto al sol o viento)

#### EFECTOS DE LA PATOLOGÍA:

Se produce una fisura de espesor total en la esquina de la losa, afectando el desempeño de la junta.



## FISURAS DURANTE EL ASERRADO (*POP-OFF CRACKS*) (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Comparar el horario de aserrado con las condiciones ambientales que se producen durante el mismo. Registrar la temperatura de la calzada de hormigón, antes y durante el aserrado.
- 2) Verificar la profundidad de aserrado en toda la longitud de la junta.
- 3) Determinar la exudación y el tiempo de fraguado del hormigón.
- 4) Comprobar la eficiencia del método de curado.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Evitar aserrado en contracción. Adoptar horario de hormigonado que facilite el corte en expansión
- 2) Ajustar tiempo de fraguado para compensar el calor de hidratación con descenso de temp. amb.
- 3) Comenzar el aserrado por el borde de mayor contracción (lado más expuesto al sol y/o viento).
- 4) Evitar la pérdida de agua. Mantener la base húmeda, controlar la exudación y asegurar el curado.
- 5) Realizar un aserrado de entrada rápida (corte verde).



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	La fisura no se desvía de la línea transversal de la junta.
Medio	La fisura se desvía de la junta, pero se mantiene en la zona de influencia de pasadores.
Alto	La fisura se desvía de la junta y se sale de la zona de influencia de pasadores.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Perfilado y sellado de la fisura con la junta.	
Medio	Perfilado y sellado de la fisura y la junta.	Restauración transferencia de carga LTR.
Alto	Restauración transferencia de carga LTR.	Reparación de profundidad total FDR.



## FISURAS EN ZONA DE JUNTAS TRANSVERSALES

**Descripción:** Fisura que ocurre en la zona de influencia de una junta transversal.

**Tipo de falla:** Constructiva (puede inducir a falla estructural).

**Ubicación habitual:** Cerca de la junta transversal, en el sector central del ancho de calzada.

**Orientación predominante:** Transversal.

**Medición:** Medición de abertura, longitud y separación a partir de la junta original.



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Anclaje de la junta.	a) Colocación de pasadores en forma desalineada. b) Pasadores sin lubricar (aceite). c) Pasadores cortados con guillotina en vez de sierra. d) Mayor restricción de la junta cuando se colocan pasadores con canasto.
Aserrado incorrecto.	a) aserrado superficial (poca profundidad de corte). b) aserrado tardío. c) no se adelanta el aserrado ante un frente frío.

### EFECTOS DE LA PATOLOGÍA:

Se produce una fisura transversal activa de todo el espesor de la losa, afectando el desempeño de la junta.



## FISURAS EN ZONA DE JUNTAS TRANSVERSALES (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Seguimiento del proceso constructivo durante la colocación de los pasadores:
  - i) Inspección del estado de los pasadores y verificar funcionamiento del equipo insertor.
  - ii) Cuando los pasadores se colocan con canasto, asegurar la correcta posición de los mismos.
- 2) Seguimiento del aserrado:
  - i) Registrar condiciones ambientales, madurez del hormigón y los tiempos de fraguado y aserrado
  - ii) Verificar la profundidad de aserrado en toda la junta, e identificar el posible corte de pasadores.
- 3) Comprobar la posición y alineación de las barras luego de la colocación:
  - i) Detectar la posición de los pasadores utilizando un pachómetro, MIT-Scan o GPR.
  - ii) Verificación puntual de la posición del pasador mediante la extracción de un testigo.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Cortar con sierra los pasadores y respetar su longitud. Mantenerlos limpios y aceitar al colocar.
- 2) Utilizar equipos de inserción automática de pasadores (DBI). Mantenimiento y cuidado del mismo.
- 3) Cuando se utilicen canastos, reforzar los mismos y asegurar el correcto anclaje a la base.
- 4) Disminuir la velocidad de pavimentación. Sino se corrige la problemática, detener el hormigonado.



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	La fisura se encuentra en su totalidad, en la zona de influencia de los pasadores.
Medio	La fisura se sale parcialmente de la zona de influencia de pasadores.
Alto	La fisura se encuentra en su totalidad, fuera de la zona de influencia de pasadores.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Perfilado y sellado de la fisura y la junta.	
Medio	Restauración de la transferencia de carga LTR.	
Alto	Reparación de profundidad total FDR.	



## FISURAS LONGITUDINALES

- Descripción:** Fisura longitudinal de espesor total a lo largo de una o más losas.
- Tipo de falla:** Constructiva y/o de diseño (puede inducir a falla estructural).
- Ubicación habitual:** Variable según la causa de origen.
- Orientación predominante:** Longitudinal.
- Medición y cuantificación:** Medición de la longitud y ancho de la fisura. Cómputo por losa.



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Problemas con el aserrado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) se demora el aserrado longitudinal por falta de equipos o mala práctica.</li> <li>b) no se alcanza la profundidad de corte recomendada (1/3 del espesor en todos los casos).</li> </ul>
Contracción térmica (Descenso de temperatura).	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) temperatura de colocación del hormigón, aumento por soleamiento, y posterior enfriamiento (atención frente frío).</li> <li>b) uso de agregados con alto coeficiente de dilatación térmica.</li> <li>c) muy elevado calor de hidratación del cemento.</li> </ul>
Excesiva adherencia entre el hormigón y la base.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) no se mantiene bien húmeda la base (bases porosas).</li> <li>b) falta de uniformidad y lisura de la superficie de apoyo (bases rugosas y rígidas) y no se aplica material para reducir la fricción.</li> </ul>
Causas de origen constructivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) falla en un vibrador. Faja de mortero por excesivo vibrado o nido de abeja por deficiencia del mismo</li> <li>b) carga temprana del pavimento (falta de madurez).</li> <li>c) deformación de la subrasante (por suelos expansivos o congelamiento).</li> </ul>
Contracción de secado (Menos probable).	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Deficiencias de curado.</li> <li>b) Diseño incorrecto de la mezcla.</li> <li>c) Ancho excesivo de la losa (falla de diseño).</li> </ul>

### EFECTOS DE LA PATOLOGÍA:

Se produce una fisura de todo el espesor de la losa, que permite ingresar agua y puede propagarse.



## FISURAS LONGITUDINALES (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Seguimiento del proceso constructivo (estado de la base, temperaturas, vibrado, curado).
- 2) Inspección del aserrado (tiempo de aserrado, profundidad de corte, tipo de disco y desgaste).
- 3) Determinación del módulo de elasticidad y el coeficiente de dilatación térmica del hormigón.
- 4) Revisión del proyecto (materiales, diseño de la mezcla, relación largo/ancho de losa y espesor).
- 5) Inspección del comportamiento de los pavimentos de la zona construidos con materiales similares

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Realizar el aserrado longitudinal inmediatamente después del transversal (especialmente en carriles con sobreancho y/o agregados con alto coeficiente de dilatación térmica).
- 2) Construcción de una base uniforme y estable. Control de densidad y humedad de compactación.
- 3) Reducir la fricción de la base colocando un material que rompa la adherencia con el hormigón.
- 4) Programar las jornadas de hormigonado y recalce de banquetas, evitando las cargas tempranas.



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	Fisura relativamente paralela a la junta longitudinal, con una separación a la junta < 30 cm.
Medio	Fisura en la zona central del carril (separación a la junta longitudinal y al borde > 1,5 m).
Alto	Fisura en zona de huellas (separación entre 30 cm y 1,5 m de la junta longitudinal o el borde)

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Perfilado y sellado de la fisura y la junta.	Tratar con epoxi la junta en lugar de sellarla
Medio	Costura de la fisura y sellado de la junta.	Perforar los extremos (evita propagación).
Alto	Remoción y reemplazo de la losa afectada.	Costura de la fisura y sellado de la junta.



## FISURAS TÉRMICAS

**Descripción:** Fisuras superficiales del tamaño de un cabello que pueden penetrar en el hormigón.

**Tipo de falla:** Constructiva y/o materiales (puede inducir a falla estructural y funcional).

**Ubicación habitual:** Borde de mayor soleamiento y superficie de la calzada de hormigón.

**Orientación:** Fisuración en mapa con orientación predominante transversal, y vertical en el borde.

**Medición y cuantificación:** Cómputo de fisuras en el borde, y estimación en la superficie.



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Tensiones inducidas por el gradiente térmico entre la superficie y el interior del hormigón.	a) temperatura interior del hormigón y pérdida de calor al exterior por la gran superficie expuesta. b) alto coeficiente de dilatación térmica del hormigón.
Velocidad excesiva de enfriamiento superficial del hormigón (generalmente en primavera y en otoño).	a) enfriamiento brusco (más de 3 °C/h) de la superficie al finalizar la tarde (puesta del sol). b) descenso de la temperatura del H° > 28°C en 24 horas.
Temperatura máxima alcanzada por la losa.	a) elevada temperatura ambiente y de colocación del H°. b) exposición durante las horas de mayor soleamiento. c) elevado contenido de cemento. d) muy elevado calor de hidratación del cemento.

### EFFECTOS DE LA PATOLOGÍA:

Cuando las fisuras son leves, estas se cierran al desaparecer el gradiente térmico y se corrige la patología por autocurado del hormigón.

Pero cuando las fisuras penetran hacia el interior del hormigón, se puede producir el descascaramiento de la superficie, o la inducción de una fisura transversal a partir de una fisura de borde importante.



## FISURAS TÉRMICAS (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Registro del gradiente térmico horario entre el interior y la sup. del hormigón, y el  $\Delta T$  total.
- 2) Registro horario de las condiciones ambientales (temperatura, HR, viento y cobertura nubosa %).
- 3) Determinación del módulo de elasticidad y el coeficiente de dilatación térmica del hormigón.
- 4) Verificar la presencia de marcas en el borde y/o la superficie del hormigón, como signo de alerta.
- 5) Determinación del calor de hidratación del cemento.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Minimizar los gradientes térmicos que se producen en el hormigón:
  - i) Proteger el pavimento de la acción directa del sol y/o del enfriamiento brusco con una aislación.
  - ii) Condicionar horario de trabajo reduciendo las horas de soleamiento (hormigonado vespertino).
- 2) Bajar la temperatura de colocación del hormigón:
  - i) Riego controlado del agregado grueso (separar pila de producción diaria y contabilizar el agua).
  - ii) Colocar media sombra sobre el tanque de provisión de agua, y en lo posible sobre acopios.



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	Pequeñas fisuras de borde y/o de superficie que se cierran al finalizar el gradiente térmico.
Medio	Fisuras del tamaño de un cabello ( $\leq 0,15$ mm) que se cierran por autocurado del hormigón.
Alto	Fisuras de ancho $> 0,2$ mm que se pueden activar al reiterarse el gradiente térmico.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Promover autocurado del hormigón con riego.	No efectuar ninguna reparación.
Medio	Promover el autocurado del hormigón saturando la losa mediante riego con agua.	Proteger el pavimento frente al próximo gradiente térmico, con una aislación.
Alto	Saturar el hormigón con agua y mantener membrana térmica aislante durante 72 horas.	Monitoreo de la losa. Demolición y reemplazo si se activan las fisuras.



## FISURAS POR REFLEJO

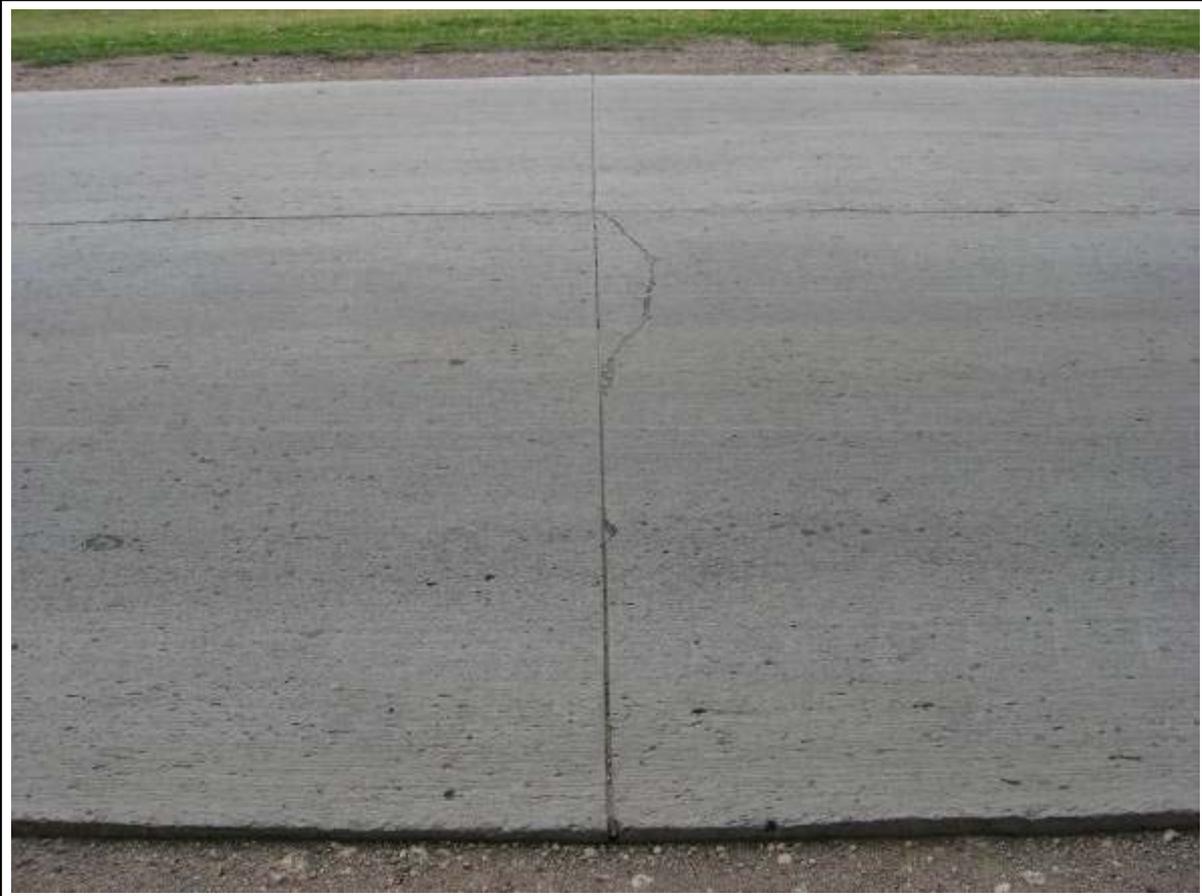
**Descripción:** Fisura que se propaga entre hormigones de distinta edad a partir de una junta o grieta

**Tipo de falla:** Constructiva (puede inducir a falla estructural).

**Ubicación habitual:** En la nueva trocha, a continuación de una junta transversal de la vieja trocha.

**Orientación predominante:** Transversal (en proyectos con pasadores, estos la pueden desviar).

**Medición y cuantificación:** Abertura, longitud y separación de la junta. Cómputo de fisuras por losa



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Reflejo a partir del trabajo de una junta transversal o longitudinal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) no se colocó aislación local (parche de polietileno) sobre el borde de la junta, para evitar su reflejo.</li> <li>b) demora en el aserrado del hormigón construido en la segunda etapa.</li> <li>c) falta de coincidencia para continuar la junta entre los distintos hormigones.</li> <li>d) quiebre brusco en la alineación de la junta.</li> </ul>
Reflejo a partir de una fisura ajena.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) fisura activa en el hormigón preexistente.</li> <li>b) grieta activa en la base u otra estructura solidaria.</li> </ul>

### EFECTOS DE LA PATOLOGÍA:

La propagación de la fisura por reflejo es impulsada por el movimiento de la junta o grieta de origen, generando una fisura activa en el hormigón de segunda etapa y abarca todo el espesor de la losa



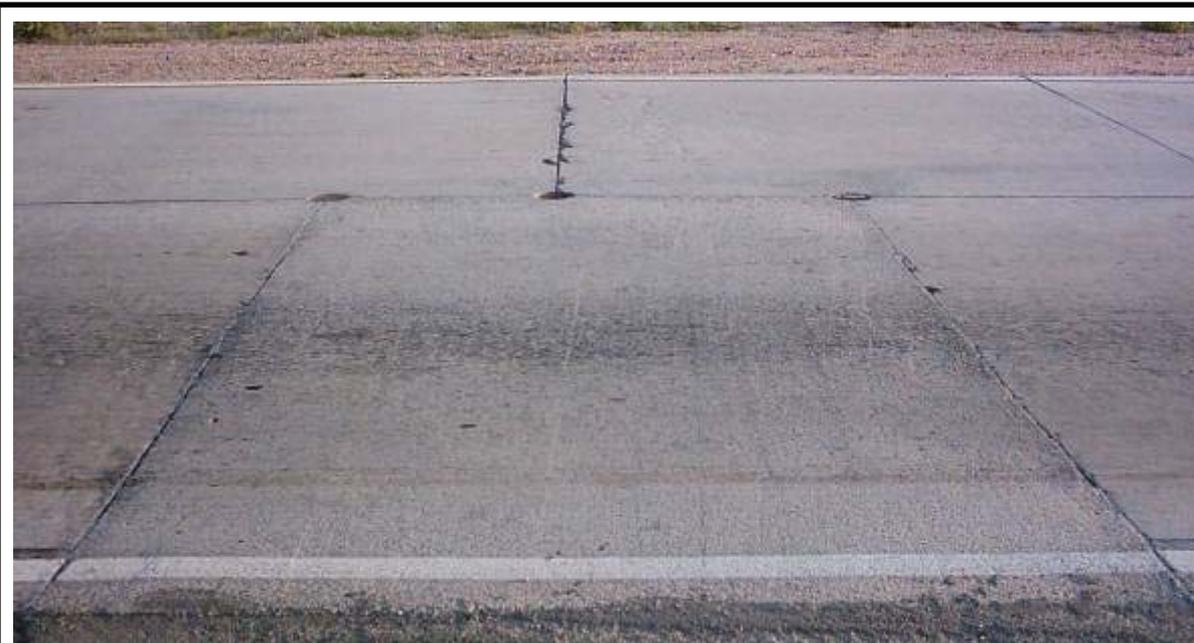
## FISURAS POR REFLEJO (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Verificar si la fisura coincide con una grieta o junta que ha trabajado en el hormigón preexistente.
- 2) Ver continuidad en la junta y coincidencia del punto intersección entre los distintos hormigones.
- 3) Observar si existen quiebres bruscos en alineación de la junta, a partir de los cuales nace la fisura
- 4) Extracción de testigo sobre la fisura para verificar si es producto del reflejo de una grieta inferior.

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Aislación de la junta en el borde de la trocha existente mediante la colocación de separador local.
- 2) Adelanto del aserrado o corte verde, especialmente en coincidencia con las juntas que ya han trabajado en el hormigón de la primera etapa.
- 3) Respetar la alineación y la continuidad de la junta que atraviesa hormigones de distinta edad.
- 4) Perforar el extremo de la junta cuando no sea posible mantener su continuidad en el nuevo H°.
- 5) Colocar membrana interruptora cuando existan grietas o fisuras activas en estructura solidaria.
- 6) En camino con tránsito pesado en sentido predominante, construir primero el carril más solicitado.



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	La fisura se desvía parcialmente de la junta y vuelve a coincidir con la línea.
Medio	La fisura se desvía de la junta y no vuelve a coincidir con la línea.
Alto	La fisura se produce a partir de una grieta activa del hormigón adyacente u otra estructura solidaria como puede ser la base del pavimento, la losa de una alcantarilla, un conducto, etc

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Perfilado y sellado de la fisura y la junta.	Tratar con epoxi el extremo de la junta.
Medio	Restauración transferencia de carga LTR.	Reparación de profundidad total FDR.
Alto	Reparación de profundidad total FDR.	Remoción y reemplazo de la losa afectada.



## FISURAS POR RESTRICCIÓN DE BORDE

**Descripción:** Fisuras a partir de la restricción del borde de hormigón existente (trocha en 1<sup>er</sup> etapa).

**Tipo de falla:** Constructiva (puede inducir a falla estructural).

**Ubicación habitual:** Fisuras sesgadas, contra el borde en contacto al hormigón preexistente.

**Orientación predominante:** Transversal o inclinadas.

**Medición y cuantificación:** Registro de la longitud y cómputo de fisuras por losa.



### POSIBLES CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Primarias	Factor secundario
Restricción del borde contra la trocha construida en etapa anterior.	a) adherencia contra el hormigón preexistente. b) movimiento relativo entre los dos hormigones: i) expansión/contracción de la primera trocha. ii) contracción del nuevo hormigón.
Aserrado tardío.	a) inicio tardío por defectos de corte. b) descenso brusco de la temperatura ambiente.
Contracción de secado (menos probable).	a) deficiencias de curado. b) diseño incorrecto de la mezcla.

### **EFFECTOS DE LA PATOLOGÍA:**

Se producen pequeñas fisuras pasivas sobre el borde, cuando es fuerte la adherencia entre los hormigones de distinta edad.

En casos de retraso en el aserrado, se facilita la formación de una fisura transversal de ancho completo, por la restricción adicional del borde.



## FISURAS POR RESTRICCIÓN DE BORDE (Continuación)

### TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) Seguimiento de la evolución de la temperatura de las losas correspondientes a las dos trochas vecinas: hormigón recientemente colocado y hormigón preexistente.
- 2) Registro de las condiciones ambientales durante el hormigonado y determinación del tiempo de fraguado. Relevamiento del trabajo de juntas de la trocha construida en primera etapa.
- 3) Inspección del aserrado (operación, profundidad de corte, cantidad de equipos, estado de discos)

### ACCIONES DE CONTINGENCIA

- 1) Interrumpir la adherencia entre los hormigones de distinta edad (colocar desencofrante).
- 2) Evitar el hormigonado con pronósticos de saltos térmicos importantes (1<sup>er</sup> día de un frente frío).
- 3) En carriles con tránsito pesado diferencial, construir en primera etapa la trocha más solicitada.



### NIVEL DE SEVERIDAD

DAÑO	Descripción
Bajo	Fisuras en zona del borde que no pasan los 30 cm de longitud.
Medio	Fisuras desde el borde que alcanzan la zona de huellas (más de 30 cm de longitud).
Alto	Fisura transversal de todo el ancho y espesor de la losa.

Nivel de severidad	TÉCNICAS DE REPARACIÓN	
	Recomendada	Alternativa
Bajo	Retocar la zona antes del tiempo inicial de fraguado (menos probable).	Promover autocurado del hormigón con riego.
Medio	Promover autocurado del hormigón con riego.	Sellar las fisuras con inyección de resinas epoxi o por gravedad (metacrilato).
Alto	Reparación de profundidad total FDR.	Remoción y reemplazo de la losa afectada.



## 6. CONSIDERACIONES FINALES

Si se requiere que los pavimentos de hormigón cumplan con la vida útil preestablecida, se debe partir de un diseño adecuado, que asegure una rápida evacuación del agua de la zona del camino, con una base y subbase estable, con materiales que aseguren una calidad óptima, en cada una de las etapas empleados y un proceso constructivo que garantice el logro del objetivo buscado.

En relación a la construcción de calzada de hormigón, que es el objetivo del presente trabajo, se puede sintetizar lo siguiente:

- ✓ La mayoría de las patologías de los pavimentos de hormigón se originan a edad temprana, por fallas durante su ejecución.
- ✓ Las patologías pueden ocurrir con distinta intensidad. De esta manera, existen fallas menores que no comprometen la estructura, ni la funcionalidad del pavimento. Pero hay otras de media y alta severidad que pueden inducir a otro tipo de patologías del pavimento en servicio, y afectar el desempeño del mismo a corto, mediano y largo plazo.
- ✓ Una patología se puede originar por un hecho puntual o por una suma de varios factores, debiéndose realizar un diagnóstico amplio, para determinar las posibles causas y poder aplicar la acción de contingencia necesaria para corregir la problemática.
- ✓ Se indican las técnicas de reparación para c/u de patologías, según el nivel severidad establecido
- ✓ Para eliminar las patologías, primero hay que conocerlas, saber las causas de su formación y los factores que gobiernan a los mismos y las acciones requeridas para normalizar el proceso.
- ✓ Surge del mismo, el fuerte impacto que tienen las condiciones climáticas y la necesidad de efectuar controles sistemáticos de las mismas, apoyados en los informes de los servicios meteorológicos, obtenidos por Internet. Este control debe extenderse al propio hormigón.
- ✓ Una herramienta adicional, es evaluar el riesgo de fisuración mediante el software HIPERPAV.
- ✓ El hecho de efectuar un seguimiento estricto conlleva a realizar un registro, que ayudará a explicar las causas de patologías, que puedan surgir a edad avanzada e incluso revisar los diseños y procedimientos constructivos.



## 6. CONSIDERACIONES FINALES

Si se requiere que los pavimentos de hormigón cumplan con la vida útil preestablecida, se debe partir de un diseño adecuado, que asegure una rápida evacuación del agua de la zona del camino, con una base y subbase estable, con materiales que aseguren una calidad óptima, en cada una de las etapas empleados y un proceso constructivo que garantice el logro del objetivo buscado.

En relación a la construcción de calzada de hormigón, que es el objetivo del presente trabajo, se puede sintetizar lo siguiente:

- ✓ La mayoría de las patologías de los pavimentos de hormigón se originan a edad temprana, por fallas durante su ejecución.
- ✓ Las patologías pueden ocurrir con distinta intensidad. De esta manera, existen fallas menores que no comprometen la estructura, ni la funcionalidad del pavimento. Pero hay otras de media y alta severidad que pueden inducir a otro tipo de patologías del pavimento en servicio, y afectar el desempeño del mismo a corto, mediano y largo plazo.
- ✓ Una patología se puede originar por un hecho puntual o por una suma de varios factores, debiéndose realizar un diagnóstico amplio, para determinar las posibles causas y poder aplicar la acción de contingencia necesaria para corregir la problemática.
- ✓ Se indican las técnicas de reparación para c/u de patologías, según el nivel severidad establecido
- ✓ Para eliminar las patologías, primero hay que conocerlas, saber las causas de su formación y los factores que gobiernan a los mismos y las acciones requeridas para normalizar el proceso.
- ✓ Surge del mismo, el fuerte impacto que tienen las condiciones climáticas y la necesidad de efectuar controles sistemáticos de las mismas, apoyados en los informes de los servicios meteorológicos, obtenidos por Internet. Este control debe extenderse al propio hormigón.
- ✓ Una herramienta adicional, es evaluar el riesgo de fisuración mediante el software HIPERPAV.
- ✓ El hecho de efectuar un seguimiento estricto conlleva a realizar un registro, que ayudará a explicar las causas de patologías, que puedan surgir a edad avanzada e incluso revisar los diseños y procedimientos constructivos.



- ✓ AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION, *Proper use of isolation and expansion joints in concrete pavement*, Concrete Information, Information Summary IS400-01P, USA, 1992.
- ✓ AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION, *Subgrades and subbases for concrete pavements*, Concrete Paving Technology, Technical Bulletin TB011.02P, USA, 1995.
- ✓ AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION, *The concrete pavement restoration guide*, Concrete Paving Technology, Technical Bulletin TB020P, USA, 1997.
- ✓ CIRSOC 201, *REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN (en trámite de aprobación)*, Argentina, Julio 2005.
- ✓ CIRSOC, *Comentarios al Reglamento 201 (2005), Comentarios al Reglamento argentino de estructuras de hormigón (en trámite de aprobación)*, Argentina, Julio 2005.
- ✓ CIRSOC, *Reglamento 201 (1982), Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de hormigón armado y pretensado*, Tomo I, Argentina, Julio 1982.
- ✓ COLOMBO, Raúl A., *Pavimentos urbanos de hormigón de cemento pórtland*, Publicación N° 50 del INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO, Buenos Aires, 1977.
- ✓ COMITÉ EURO-INTERNACIONAL DU BETON, *Guía de diseño CEB, Durabilidad de estructuras de hormigón*, Boletín GEHO N°12 (traducción realizada por el Grupo Español del Hormigón, sobre el Boletín CEB N°183), España, 1993.
- ✓ DALIMIER, Marcelo y FERNÁNDEZ LUCO, Luis, *Equipos de Alta Rendimiento para la ejecución de Pavimentos de Hormigón. Antecedentes de uso en la Ruta 127*, Memorias del XII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Buenos Aires, 1997.
- ✓ DALIMIER, Marcelo y TORRENT, Roberto, *Avances en la rugosidad (IRI) de pavimentos de hormigón contruidos con pavimentadoras de molde deslizante*, XIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, 2001.
- ✓ DELATTE, Norbert, *Concrete pavement design, construction, and performance*, USA, 2008.
- ✓ DIRECCIÓN DE VIALIDAD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, *Pliego único de especificaciones técnicas generales para la D.V.B.A.*, Buenos Aires, 1999.
- ✓ DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD, *Pliego de especificaciones técnicas generales*, Argentina, 1998.
- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Computer-Based Guidelines for Concrete Pavements, Volume I: Project Summary*, Report FHWA-HRT-04-121, USA, February 2005.
- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Computer-based guidelines for concrete pavements, Volume II: Design and Construction Guidelines and HIPERPAV II User's Manual*, Report FHWA-HRT-04-122, USA, February 2005.
- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Computer-based guidelines for concrete pavements, Volume III: Technical Appendices*, Report FHWA-HRT-04-127, USA, January 2006.
- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Concrete pavement joints*, Technical Advisory T5040.30, USA, November 30, 1990.
- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Construction of portland cement concrete pavements. Participant's manual*, Publication N° FHWA-HI-96-027, USA, October 1996.
- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*, Report FHWA-RD-03-031, USA, June 2003.
- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Guide for Curing of Portland Cement Concrete Pavements, Volume I*, Report FHWA-RD-02-099, USA, January 2005.
- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Guide for Curing of Portland Cement Concrete Pavements, Volume II*, Report FHWA-HRT-05-038, USA, August 2006.



- ✓ FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, *Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement. A state of the practice manual*, Report FHWA-HIF-07-004, USA, December 2006.
- ✓ HOLT, Erika E., *Early age autogenous shrinkage of concrete*, Technical Research Centre of Finland, VTT publications 446, año 2001.
- ✓ INNOVATIVE PAVEMENT RESEARCH FOUNDATION, *Best practices for airport portland cement concrete pavement construction*, Report IPRF-01-G-002-1, ACPA Document N° JP007P, USA, April 2003.
- ✓ INNOVATIVE PAVEMENT RESEARCH FOUNDATION, *Characterization and analysis of early age concrete pavement behavior at the National Airport Pavement Test Facility*, Report IPRF 01-G-002-04-2, USA, August 2007.
- ✓ INSTITUTO DEL CEMENTO PÓRTLAND ARGENTINO, *Especificaciones técnicas para la construcción de pavimentos de hormigón para caminos y calles*, Mimeógrafo n°75, BsAs, Arg, 1976.
- ✓ INSTITUTO DEL CEMENTO PÓRTLAND ARGENTINO, *Significativo aniversario del pavimento de hormigón*, Boletín ICPA N°140, Buenos Aires, marzo/abril 1991.
- ✓ INSTITUTO DEL CEMENTO PÓRTLAND ARGENTINO, *Pavimentos urbanos de hormigón cumplen 60 años de vida útil y siguen prestando eficientes servicios al tránsito*, Boletín ICPA N°117, Buenos Aires, mayo 1987.
- ✓ MINDNESS Sidney and YOUNG Francis J., *Concrete*, England, 1981.
- ✓ NEVILLE, A.M. and BROOKS, J.J., *Concrete Technology*, England, Editorial Longman, 1987.
- ✓ PCC CENTER, *Measuring pavement profile at the slip-form paver*, Project TR-512, USA, May, 05.
- ✓ PCC CENTER, *Stringless Portland Cement Concrete Paving*, Project TR-490, USA., February, 2004.
- ✓ PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, *Concrete floors on ground*, Engineering Bulletin EB075.04, 4<sup>th</sup> edition, USA, 2008.
- ✓ PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, *Concrete slab surface defects: causes, prevention, repair*, Info Summary IS177.01, USA, 2001.
- ✓ PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, *Design and control of concrete mixtures*, Engineering Bulletin EB001.14, 14<sup>th</sup> edition, USA, 2008.
- ✓ PORTLAND CEMENT ASSOCIATION, *Thickness Design for concrete highway and street pavements*, Engineering Bulletin EB109P, USA, 1984.
- ✓ SCHINDLER, Anton, K. and McCULLOUGH, B., Frank, *The importance of concrete temperature control during concrete pavement construction in hot weather conditions*, Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D. C., January 2002.
- ✓ TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, *Highway Capacity Manual*, U.S.A., 2000.
- ✓ UNO Paul J., *Plastic Shrinkage Cracking and Evaporation Formulas*, ACI Materials Journal, Vol. 95, n°4, July-August 1998, pp. 365-375.
- ✓ VIOLINI, Daniel, IRASSAR, Fabián, y otros, *Estudio de campo sobre la ejecución de pavimentos de hormigón en tiempo frío*, XIV Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito, Buenos Aires, sep. 2005.
- ✓ VIOLINI, D., PAPPALARDI, M., TOBES, J. M., GIACCIO, G. y ZERBINO, R., *Efecto del tipo de agregado sobre la tendencia a la fisuración a edad temprana en hormigones para pavimentos*, Memorias de la 17<sup>a</sup> reunión técnica, de la AATH, Córdoba, Argentina, oct., 2008, pp. 495-502.
- ✓ VOIGT, Gerald, F., *Early cracking of concrete pavement. Causes and repairs*, 2002 Federal Aviation Administration Airport Technology Transfer Conference, USA, may 2002.
- ✓ WAALKES, Steven, M., ACPA, *Cold weather & concrete pavements: Troubleshooting & tips to assure a long-life pavement*, Annual Conference of the Transportation Association of Canada, 2003.