

Factores que han contribuido al deterioro prematuro de los pavimentos asfálticos en las carreteras nacionales

Factors that have contributed to the premature deterioration of asphalt pavements in national highways

FERNANDO SÁNCHEZ SABOGAL

Ingeniero civil.

elexdos@gmail.com

Recibido: 15/01/2014 Aceptado: 02/02/2014

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

Resumen

La falta de un mantenimiento adecuado y oportuno ha incidido consuetudinariamente en el deterioro prematuro de los pavimentos de la red vial nacional; sin embargo, existen otros factores que, en conjunto, han prestado igual o mayor contribución y que, por no haberse atendido debidamente, han hecho que los recursos destinados a la construcción y a la conservación de la red vial nacional no se traduzcan en un mejor estado de ésta.

Las causas del deterioro prematuro de los pavimentos se pueden identificar en las etapas de planeación y diseño, licitación, construcción y mantenimiento, aunque también existen otros factores ajenos a la profesión de la ingeniería y al servicio.

En este artículo se describen algunas de las causas relevantes del problema y se presentan sugerencias para enfrentarlo de manera adecuada.

Palabras claves: pavimento, deterioro prematuro, planeación y diseño, licitación, construcción, mantenimiento, sobrecarga, factores ambientales, limitaciones financieras.

Abstract

The lack of adequate and timely maintenance of the national highway network as well as other additional factors have contributed to premature pavement deterioration, despite of the large amount of resources invested into the construction and maintenance of these roads.

The causes of this premature deterioration can be found in the design, planning, bidding, construction and maintenance stages, although there are other factors beyond the scope of the engineering profession and service.

This document describes some of the causal factors of the problem, and presents a few suggestions to handle them appropriately.

Keywords: pavement, premature deterioration, planning and design, bidding, construction, maintenance, overloading, environmental factors, financial constraints.

INTRODUCCIÓN

El deterioro prematuro de los pavimentos constituye un hecho embarazoso tanto para los funcionarios encargados de la administración de las carreteras, cuya única responsabilidad es poner a disposición de los usuarios una red vial segura, estable y sostenible, como para los ingenieros que participan en la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de dichas estructuras. Los deterioros prematuros de los pavimentos se traducen en aumentos de la accidentalidad (con las consecuentes pérdidas de vidas y de propiedades), en incrementos en los costos de transporte, en la necesidad de asignar mayores recursos para las operaciones de rehabilitación o reconstrucción y en la disconformidad de los usuarios¹.

De acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Vías (Invías), la red vial pavimentada a su cargo en 2013, constituida por 8346 km (la gran mayoría en pavimento asfáltico), presentaba un 51,3 % de su longitud en estado entre bueno y muy bueno, lo que implica que el 48,7 % restante oscilaba entre regular y muy malo (figura 1). Estas proporciones no se encuentran alejadas de las reportadas en 2009, según las cuales el 48,5 % presentaba estado bueno o muy bueno, mientras el 51,5 % variaba entre regular y muy malo².

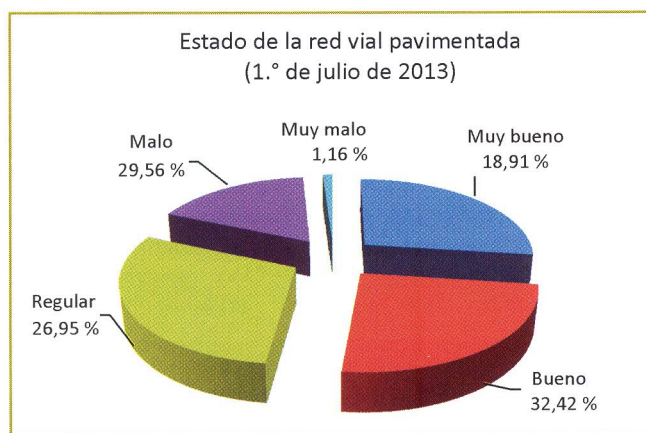


Figura 1. Estado de la red pavimentada a cargo del Invías en 2013³.

1. A. R. Ajani (2006, May). Causes of premature failures on Nigeria highways.
2. Ministerio de Transporte. Oficina Asesora de Planeación (2010). Transporte en cifras. Versión 2010.
3. <http://www.invias.gov.co/index.php/red-vial-nacional/2-uncategorised/57-estado-de-la-red-vial>.

Esta situación parece endémica. En un documento de alto nivel elaborado hace 20 años⁴, se reconocía sin ambages lo siguiente: “El principal problema del sector vial colombiano es el avanzado estado de deterioro de la red actual y de la mayoría de los puentes, que ha sido causado por la ausencia de una política adecuada de mantenimiento. De la totalidad de las carreteras pavimentadas del país, únicamente el 37 % se encuentra en buen estado”.

Dos años antes de la presentación de este Plan Nacional de Desarrollo, se había realizado en Popayán el Primer Seminario Regional de Mantenimiento Vial para los países del Grupo Andino y Panamá, auspiciado por el Banco Mundial y otros organismos internacionales, donde se debatió el problema del deterioro prematuro de las carreteras, bajo la hipótesis de que la falta de mantenimiento era su causa fundamental en los países en desarrollo⁵.

No hay duda de que la falta de un mantenimiento adecuado y oportuno ha incidido consuetudinariamente en el deterioro prematuro de los pavimentos de la red vial nacional; sin embargo, existen otros factores que, en conjunto, han prestado la misma o incluso mayor contribución y que, por no haberse atendido debidamente, han hecho que los recursos destinados permanentemente a la construcción y a la conservación de la red vial nacional no se traduzcan en un mejor estado de ésta.

CAUSAS DEL DETERIORO PREMATURO DE UN PAVIMENTO

Las causas del deterioro prematuro de los pavimentos se pueden identificar en las etapas de planeación y diseño, licitación, construcción y mantenimiento, aunque también existen otros factores ajenos a la profesión de la ingeniería y al servicio público. A continuación se presenta un resumen de los factores relevantes (tabla 1).

4. Presidencia de la República (1994). El Salto Social. Bases para el Plan Nacional de Desarrollo, 1994-1998. DNP.
5. Banco Mundial (1988). El deterioro de los caminos en los países en desarrollo. Causas y soluciones. Washington, D.C.

Tabla 1

Factores que inciden en el deterioro prematuro de los pavimentos

Etapa	Factor
Planeación y diseño	<ul style="list-style-type: none"> Estudios de tránsito poco confiables Carencia o deficiencias en el estudio hidrogeológico Deficiencias en el estudio geotécnico Utilización de un método inapropiado de diseño de pavimentos Elección incorrecta de los parámetros de diseño
Licitación	<ul style="list-style-type: none"> Selección de contratistas de construcción faltos de idoneidad Uso de especificaciones inapropiadas
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Deficiencias en la calidad de la construcción Deficiencias en el autocontrol y en la supervisión
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Deficiente cultura de mantenimiento Operaciones de mantenimiento inoportunas e inadecuadas
Otros factores	<ul style="list-style-type: none"> Factores ambientales imprevistos Sobrecargas vehiculares Colapso de otros sistemas de transporte

Etapas de planeación y diseño

Las medidas para proteger un pavimento contra el deterioro prematuro deben comenzar en la etapa de planeación, donde todos los problemas (o al menos la gran mayoría) se pueden anticipar y atender en forma de recomendaciones.

Estudios de tránsito. Los espesores de las capas de un pavimento dependen de la cantidad, tipos y magnitudes de carga de los vehículos que, se espera, utilicen la carretera. A pesar de que buena parte de la red vial nacional cuenta con estadísticas sobre la evolución anual de los volúmenes de tránsito, éstas corresponden solamente a mediciones hebdomadarias y no están acompañadas de encuestas sobre las cargas por eje y vehiculares.

Por otra parte, los cálculos que hacen los diseñadores de pavimentos sobre los efectos relativos de las cargas sobre los pavimentos se fundamentan en criterios establecidos hace 50 años, los cuales se encuentran, en buena parte, revaluados. Las cargas de referencia por eje tándem y triple que se emplean en Colombia como equivalentes al eje simple patrón de 80 kN se basan en

las establecidas como resultado del AASHO Road Test, en el concepto de falla por “serviciabilidad”. Infinidad de estudios posteriores han determinado que si se consideran otros criterios de falla de los pavimentos asfálticos, las cargas de referencia para dichos ejes son menores. A efectos comparativos, a renglón seguido se muestran las cargas equivalentes al eje simple de rueda doble de 8,2 t, utilizadas actualmente para el diseño de pavimentos asfálticos en Colombia por el Invías, y en Australia y Nueva Zelanda por Austroads (tabla 2).

Tabla 2

Cargas por eje que se consideran equivalentes al eje simple de rueda doble de 8,2 t

Tipo de eje	Cargas de referencia (t)	
	Invías ⁶	Austroads ⁷
Simple de rueda simple	6,6	5,9
Simple de rueda doble	8,2	8,2
Tándem de rueda doble	15,0	13,8
Triple de rueda doble	23,0	18,5

El uso de cargas de referencia mayores trae, como consecuencia indeseable, la infravaloración del efecto de deterioro producido por las cargas por eje tándem y triple, situación particularmente grave para los pavimentos colombianos, si se tiene en cuenta que nuestras cargas legales para dichos ejes se encuentran dentro de las más altas del mundo, con el agravante de que, a pesar de ello, muchos camiones circulan sobrecargados.

Se debe tener en cuenta, también, que los ministros de Transporte han autorizado periódicamente incrementos en las cargas por eje y vehiculares, sin considerar el efecto nocivo que dichas decisiones producen sobre la red vial y, por supuesto, sin que simultáneamente gestionen los cuantiosos recursos necesarios para adaptarla a la nueva realidad que genera tal autorización.

Todo lo anterior conduce, en la mayoría de los casos, a diseñar los pavimentos para intensidades de tránsito inferiores a las que realmente actuarán sobre ellos.

- Instituto Nacional de Vías (1998). *Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito*. Popayán, Cauca.
- Austroads (2012). *Guide to Pavement Technology*. Part 2: Pavement Structural Design.

El 19 de febrero de 2002, en el ocaso del gobierno del señor Pastrana hijo, se gestó un paro camionero que concluyó cuatro días después tras un acuerdo de los representantes del gremio con el entonces ministro de Transporte, el ilustrísimo señor Gustavo Canal. Uno de los puntos de ese acuerdo motivó la expedición de la Resolución 2501 del 22 de febrero, cuyo artículo tercero autorizó el aumento de los pesos brutos vehiculares de los camiones C2 y C3 a 19 y 30 toneladas, respectivamente, “mientras se adelanta el estudio técnico sobre la real incidencia del incremento del Peso Bruto Vehicular en la red vial nacional”. Dicho acto administrativo tardaría casi tres años en ser revocado mediante la Resolución 4100 de 2004, la cual retornó esos pesos brutos a 16 y 28 toneladas.

El efecto de aquella resolución fue particularmente nefasto para los pavimentos de la red vial nacional. Aun suponiendo que los camiones hubieran transitado con pesos ajustados a los límites legales, el aumento de 16 a 19 toneladas en el C2 se traducía, en términos elementales, en el hecho de que la circulación de un camión C2 en el límite de carga fijado por la nueva resolución producía en un pavimento asfáltico el doble del deterioro que generaba el mismo camión cumpliendo los límites que estuvieron vigentes hasta el día anterior.

Estudio hidrogeológico. El agua puede producir daños considerables en las carreteras. Su presencia tiene dos efectos principales: el primero, que debilita los materiales de construcción, especialmente los no ligados y la subrasante, y el segundo, que produce erosión en los materiales y los transporta a lugares donde su presencia no es deseable, causando daños no sólo en su lugar de origen sino también donde los deposita. Además de lo anterior, su incidencia sobre los deslizamientos del terreno es incuestionable.

En consecuencia, resulta indispensable que, en todos los casos, se realicen estudios hidrogeológicos cuya finalidad es evaluar la problemática hidráulica del entorno y estimar los caudales de diseño de las obras que constituyen los sistemas de drenaje superficial y subterráneo de la carretera. La ejecución de estos estudios está contemplada desde hace muchos años en los términos de referencia del anterior Ministerio de Obras Públicas y del actual Instituto Nacional de Vías. Desafortunadamente, en aras de ilusorios ahorros, es-

tos estudios suelen ser pretermitidos en muchos de los proyectos del Invías, con las inevitables consecuencias que ello acarrea.

En 2007, el Instituto Nacional de Vías abrió varias licitaciones para el mejoramiento y el mantenimiento de los pavimentos de algunas de las carreteras de la red vial nacional. Una de ellas, la SGT-SRN-102-2007, tuvo por objeto la carretera Guateque - Aguacalara, Sector Las Juntas - Santa María, Tramo PR13+800 - PR19+000, Ruta 56-Tramo 5608.

A pesar de que el sector transcurría por terreno montañoso, en el pliego no se contempló la ejecución de estudios hidrogeológicos, pues sólo se exigió y se autorizó la ejecución de los siguientes: a) estudios de geología para ingeniería y geotecnia, b) estudio de suelos para el diseño de fundaciones de obras de arte y estructuras de contención; c) estudio de estabilidad y estabilización de taludes, y d) estudio geotécnico para el diseño de pavimento.

A los pocos meses de colocada la nueva carpeta asfáltica y tras un periodo lluvioso, en su superficie se comenzaron a presentar deterioros típicos motivados por la carencia de un sistema de subdrenaje apropiado, como afloramientos de agua y de finos provenientes de las capas inferiores que, posteriormente, evolucionaron hacia piel de cocodrilo, descascaramientos y baches, situación que generó conflictos entre la entidad y el contratista, los cuales llegaron hasta los estrados judiciales.

Estudio geotécnico. Su propósito es identificar, clasificar y caracterizar los suelos naturales de subrasante, así como los materiales de cortes y préstamos que servirán como rellenos o, incluso, como capas del pavimento, y obtener parámetros geotécnicos confiables que sirvan como datos de entrada para el diseño del pavimento.

Cualquier error que se cometa durante los trabajos de exploración de campo y en los ensayos de laboratorio, así como en la interpretación de los resultados de éstos, puede conducir a decisiones que se traducen en la elaboración de diseños inapropiados. En la circunstancia específica en que la interpretación errónea lleve a la sobrevaloración de la capacidad de respuesta de los suelos, el resultado no será otro que la construcción de un pavimento con capacidad estructural inferior a la

necesaria y, consecuentemente, el deterioro prematuro del pavimento.

Por tanto, es necesario que todas las recomendaciones en relación con los parámetros de diseño las formulen únicamente ingenieros de carreteras familiarizados con los problemas comunes en esta área. Los conceptos de mecánica de suelos y de rocas y de geomorfología se deben combinar con un conocimiento de la ingeniería geotécnica y la hidrogeología, para lograr una aplicación cabal de los resultados de la exploración.

Métodos de diseño inapropiados o mal empleados. Durante los últimos 50 años, los métodos más empleados en el país para el diseño de los pavimentos asfálticos de carreteras han sido el del Instituto del Asfalto en sus ediciones séptima y octava, el MOP-70 con su ajuste MOP-75, el AASHTO-86 (la guía publicada por la AASHTO en 1993 no presentó ninguna variación en relación con el diseño de los pavimentos asfálticos) y el Shell-78, junto con su versión SPDM 3.0 de 1998.

Los métodos del Instituto del Asfalto, por la misión misma de la institución y por haberse preparado para un país con muchas regiones donde el congelamiento y el deshielo son aspectos que hay que considerar en el diseño, siempre han tenido la tendencia a recomendar espesores excesivos de las capas asfálticas. Teniendo en cuenta que a mediados del siglo XX los métodos basados en el ensayo CBR hacían énfasis en la limitación de los esfuerzos compresivos sobre la subrasante para prevenir el ahuellamiento, los diseñadores colombianos consideraron conveniente, por razones económicas, reducir los espesores de capas asfálticas recomendados por el Instituto del Asfalto y compensarlos con espesores “equivalentes” de capas granulares, aplicando unos factores de conversión empíricos. De esta manera, las capas asfálticas de rodadura de 5 y 7,5 cm prácticamente se institucionalizaron en los pavimentos del país⁸.

El procedimiento, si bien no resultaba contraproducente desde el punto de vista de la protección de la

subrasante, lo era desde la óptica del comportamiento de las capas asfálticas, las cuales quedaban sometidas a esfuerzos considerables de tracción por flexión que se traducían en agrietamientos prematuros, como se pudo comprobar teóricamente cuando se comenzaron a emplear en el país los procedimientos basados en la teoría de la elasticidad aplicada a sistemas de capas múltiples.

A continuación se muestra que los espesores intermedios de capas asfálticas ($50 < h < 100$ mm) dan lugar a los mayores niveles de deformación horizontal por tensión para casi todas las relaciones modulares y presiones de contacto sobre la superficie y son muy sensibles a la fatiga.

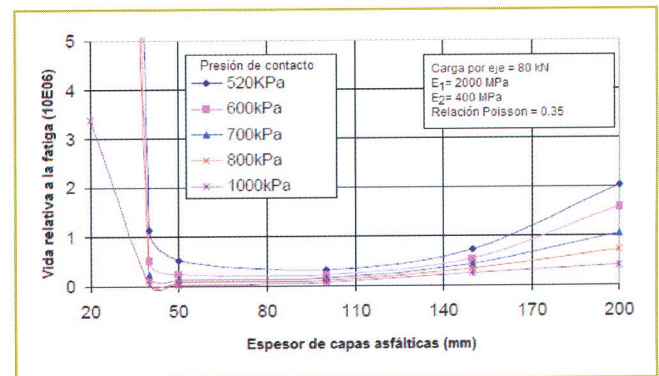


Figura 2. Ejemplo de vida relativa a fatiga de un pavimento asfáltico en función del espesor de las capas asfálticas⁹.

El método MOP-70¹⁰, básicamente una traducción y adaptación del informe LR 279 del Road Research Laboratory de la Gran Bretaña, permitió superar uno de los inconvenientes de aplicación del método del Instituto del Asfalto, pues se preparó para empleo específico en zonas tropicales; sin embargo, también presentaba el inconveniente de recomendar espesores de capas asfálticas de 5 cm. Como este método sólo era aplicable hasta 2,5 millones de ejes equivalentes, un asesor del ministerio preparó unas curvas que permitían su empleo

8. Pablo Lederman S. & Manuel García López (1976, mayo). *Evaluación de los métodos empleados por el Ministerio de Obras Públicas para el diseño de pavimentos flexibles*. Memorias del Primer Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Medellín.

9. Lubinda F. Walubita & Martin F. C. van de Ven (2000). *Stresses and Strains in Asphalt-Surfacing Pavements*. University of Stellenbosch, Civil Engineering Department, Matieland 7602, South Africa.

10. Ministerio de Obras Públicas (1970, enero). *Guía para el diseño estructural de pavimentos flexibles en Colombia*. Bogotá.

para tránsitos hasta de cinco millones de ejes en el carril de diseño, conservando el espesor de carpeta asfáltica en 5 cm. A esas nuevas curvas se les dio el nombre de método MOP-75. El autor del presente documento, en ese momento funcionario del ministerio, demostró, a partir de documentos técnicos conocidos con motivo de la Tercera Conferencia Internacional sobre el Diseño Estructural de Pavimentos Asfálticos¹¹, que se necesitaba más del doble de dicho espesor para proteger las capas asfálticas contra el agrietamiento prematuro; sin embargo, sus superiores, considerando que dicha recomendación tendría implicaciones de importancia sobre los costos iniciales de las obras, sólo autorizaron incrementarlo a 7,5 cm. Como se puede apreciar en la figura 2, el incremento de sólo 2,5 cm resultaba insuficiente para proteger contra el agrietamiento prematuro los pavimentos asfálticos diseñados con este método.

El método AASHTO-86, que permite el diseño de pavimentos con bases granulares o estabilizadas con cemento o asfalto, fue bien acogido por la ingeniería nacional y ha sido de vasta aplicación en el diseño de pavimentos para las calles y carreteras nacionales. El método, que se resume en un algoritmo de muy sencilla aplicación, contiene una gran cantidad de limitaciones que, con el transcurso del tiempo, han tenido que reconocer sus autores, hasta el punto de que en 2008 la AASHTO lo sustituyó por otro de filosofía absolutamente distinta. Obviamente, esas limitaciones han incidido sobre los pavimentos construidos en el país con base en este método. Algunos de los inconvenientes incluidos en la lista de la AASHTO son los siguientes¹²:

1. El algoritmo de diseño se basa en análisis de regresión de los datos obtenidos en el AASHO Road Test, pista que sólo soportó un poco más de un millón de aplicaciones de carga, lo que hace que su empleo en diseños para vías con flujos vehiculares que exceden con largueza dicho valor significa extrapolar, sin ninguna certeza, la metodología de diseño mucho
2. El AASHO Road Test se condujo en una región geográfica específica, por lo que resulta imposible abordar los efectos de otras condiciones climáticas sobre el comportamiento de los pavimentos. La posterior asignación de los coeficientes de drenaje no fue otra cosa que un trabajo de gabinete basado en suposiciones.
3. Las suspensiones de los camiones, las configuraciones de sus ejes y los tipos de neumáticos y sus presiones de inflado representaban bien las condiciones de finales de los años cincuenta, pero no interpretan las condiciones actuales.
4. Las características de los materiales y las técnicas empleadas en la construcción de las pistas eran las más apropiadas para la época, pero no representan el avance tecnológico en ambos aspectos.
5. Las secciones del ensayo no incluyeron sistemas de subdrenaje, los cuales son comunes en las carreteras actuales.
6. Dado que la prueba AASHO tuvo una duración muy corta, no fue posible valorar debidamente los efectos cíclicos del clima ni el envejecimiento de los materiales de construcción. El ensayo duró solamente dos años, mientras en la actualidad los pavimentos se diseñan para 20 años y más.
7. Los diseños por el método AASHTO se basan en el concepto de serviciabilidad, el cual está ligado, fundamentalmente, a las deformaciones longitudinales del pavimento. Las investigaciones y observaciones posteriores han demostrado que otros defectos, principalmente los agrietamientos, son determinantes en la falla y en los costos de mantenimiento y reparación de los pavimentos asfálticos.
8. El procedimiento incluido en el método AASHTO-86 para considerar la confiabilidad del diseño jamás se sometió a validación.

Independientemente de las limitaciones del método, el uso poco cuidadoso que han hecho de él muchos diseñadores locales ha conducido a infinidad de subdiseños de pavimentos asfálticos en la red vial nacional. Con una contumacia casi digna de admiración, nuestros ingenieros han empleado en sus cálculos, una vez tras otra, valores del índice de servicio inicial entre 4,0 y 4,5, equivalentes a rugosidades inferiores a 1,5 m/km en términos del IRI.

11. Third International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements (1972). *Proceedings*, vol. I. London.

12. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2008, July). *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide: A Manual of Practice*. Interim Edition. Washington, D.C.

El hecho de que durante la cuidadosa construcción de las pistas flexibles de la AASHO se haya alcanzado un índice de servicio de 4,2 no implica que los constructores colombianos de pavimentos dispongan de la capacidad técnica suficiente para obtenerlo de manera sistemática. En la realidad nacional, el índice de servicio inicial de los pavimentos que se están construyendo difícilmente supera 3,5 en los términos en los que la AASHO definió este parámetro.

Suponer un índice inicial de 4,0 o 4,5 cuando el que verdaderamente se materializa es 3,5, no ha implicado otra cosa que recomendar espesores inferiores a los realmente requeridos, cuya consecuencia práctica ha sido, inevitablemente, el diseño de pavimentos con periodos de subsistencia mucho menores del que el MOPT y el Inviás supusieron al contratar los estudios y la construcción.

El índice de servicio presente (ISP) es una medida del servicio que le presta el pavimento al usuario en un momento determinado. Se obtiene a partir de medidas de rugosidad y de algunos deterioros (agrietamiento, ahuecamiento y áreas parchadas). La rugosidad es el factor dominante en la determinación del ISP, hasta el punto de que con el transcurso de los años se establecieron correlaciones directas entre estos dos parámetros. Una de las más reconocidas se debe a Paterson¹³:

$$\text{ISP} = 5 * e^{(-0,18 * \text{IRI})}$$

Donde:

e = base de los logaritmos naturales.

IRI = índice internacional de rugosidad (m/km).

Otra, es la referida por Gillespie¹⁴:

$$\text{ISP} = 5 - 0,633 * \text{IRI}$$

(recomendada para valores de IRI hasta 4,7 m/km)

Los valores de IRI a los cuales dan lugar diferentes valores del ISP, empleando estas dos correlaciones, se muestran en la tabla siguiente:

Relación entre los valores de ISP e IRI

ISP	IRI (m/km)	
	Paterson	Gillespie
4,5	0,58	0,79
4,0	1,24	1,56
3,5	1,95	2,37
3,0	2,83	3,16
2,5	3,85	3,95
2,0	5,09	4,74
1,5	6,69	N/A

En 1998, el Instituto Nacional de Vías publicó un manual para el diseño de pavimentos asfálticos para vías de medios y altos volúmenes de tránsito¹⁵, adoptado por la entidad como norma de diseño mediante la Resolución 002857 del 6 de julio de 1999. A pesar de ser el único documento de diseño que tiene aval oficial y de que incluye algunas adaptaciones al medio colombiano en lo relacionado con el espectro de cargas y las condiciones climáticas, su uso ha sido muy limitado, por no decir que nulo. De todas maneras, como el catálogo de diseño incluido en el manual se deriva del método AASHTO-86, le caben todas las observaciones hechas al empleo de éste. Baste decir, por ejemplo, que las estructuras recomendadas suponen un índice de servicio inicial de 4,2 (equivalente a un IRI inferior a 1,5 m/km), inconsecuente con las posibilidades de los constructores locales y con los límites de regularidad superficial admitidos por las especificaciones de construcción de carreteras del Inviás.

El método de diseño Shell-78 y su aplicación SPDEM 3.0 han permitido la ejecución de diseños mucho más consistentes, debido a su concepto empírico-mecánico, así como al hecho de considerar apropiadamente los efectos de las altas temperaturas de servicio sobre el módulo de los materiales asfálticos; no obstante, como para su aplicación el parámetro tránsito se evalúa prácticamente en igual forma que en el método AASHTO, se generan las mismas incertidumbres en relación con la calidad y la confiabilidad de los diseños.

El hecho de que todos los métodos de diseño de pavimentos reconocidos y corrientemente aceptados

13. W.D.O. Paterson (1986). International roughness index: relationship to other measures of roughness and riding quality. *Transportation Research Record*, 1084, TRB, Washington, D.C.

14. T.D. Gillespie (1992). Everything you always wanted to know about the IRI, but you were afraid to ask! Lincoln, Nebraska: Road Profile Users Group Meeting.

15. *Ibíd.*, nota 6.

den lugar a espesores diferentes para unos parámetros de diseño similares, no implica que haya uno exacto mientras los otros yerran por completo. Si ello fuese así, los científicos de la ingeniería de pavimentos ya habrían establecido cuál es el correcto y habrían relegado los demás al ostracismo. La circunstancia de que se presenten diferencias en los resultados de los métodos que hoy se aceptan como “buenos” obedece a muchos factores: la manera como cada uno considera el efecto de las condiciones ambientales sobre el comportamiento de los suelos, las incertidumbres sobre el tránsito y el comportamiento estocástico de los materiales; las simplificaciones que incluya; las confiabilidades que contemple, etc. Por lo tanto, la mayor o menor aceptación que pueda llegar a tener un determinado método radica en su capacidad de proveer pavimentos que se comporten en forma más o menos parecida a la esperada en el medio donde se construyen. Esto exige un proceso de verificación que incluye comparaciones cualitativas y cuantitativas periódicas entre el comportamiento esperado y el medido u observado. Estas comparaciones no se han hecho durante los últimos 20 años en la red vial nacional, por cuanto la investigación ha constituido un asunto marginal para el Instituto Nacional de Vías, hasta el punto de que el laboratorio de ensayo de ingeniería de materiales que heredó del MOPT, el mejor del país durante muchos años, ha desaparecido.

Etapa de licitación

La licitación pública es un procedimiento de formación del contrato, que tiene por objeto seleccionar al sujeto que ofrece las condiciones más ventajosas para los fines de interés público que se persiguen con la contratación estatal.

Selección inadecuada de contratistas. El recorrido hacia la materialización de un proyecto exitoso de ingeniería civil comienza con la adecuada elección del contratista de construcción. Los procedimientos generales para la elección de los contratistas de las obras públicas han estado regulados siempre por leyes y decretos. Por regla general, la elección del contratista se efectúa mediante licitación pública; en algunos casos expresamente establecidos por la ley, el contratista se escoge mediante otra modalidad de selección. Los pliegos de condiciones indican los criterios para seleccionar la oferta más favorable para los intereses de la entidad.

Aunque durante el desarrollo del proceso se cumplan cabalmente las normas conducentes a conseguir que el contrato se realice de manera que la administración pública tenga las mayores posibilidades de acierto en la elección del beneficiario, siempre está latente la posibilidad de incurrir en equivocaciones que lleven a adjudicar los trabajos a un contratista poco competente, particularmente cuando la selección se hace dando la mayor calificación a la oferta de menor valor.

Uso de especificaciones de construcción inapropiadas. Durante los últimos 50 años, la construcción de las carreteras nacionales se ha realizado de acuerdo con las especificaciones generales y particulares de construcción preparadas inicialmente por el Ministerio de Obras Públicas y en la actualidad por el Instituto Nacional de Vías.

La actualización periódica de las especificaciones ha obedecido a la necesidad de adaptarlas al desarrollo permanente en la tecnología de los materiales de construcción y en los equipos de construcción y control, a las exigencias que se derivan de la presencia cada vez mayor de vehículos de carga más grandes y pesados, y a las demandas políticas, económicas y sociales que imponen las tendencias hacia el desarrollo sostenible.

Cuando las especificaciones se han rezagado respecto de las nuevas exigencias, los efectos sobre la red vial nacional han sido lamentables. Los pavimentos construidos en las principales vías del país con motivo de los planes viales de la década de los cincuenta —así como otros construidos durante los años sesenta— alcanzaron a mediados de los setenta unos índices de servicio críticos, lo que hizo necesaria la ejecución urgente de estudios para su rehabilitación. Éstos los efectuaron consultores nacionales con la asesoría de la firma francesa Ingeroute, cuyos expertos prepararon las “Normas y Especificaciones Generales de Construcción para el Plan de Recuperación de la Red Nacional Pavimentada”, de las cuales hubo dos versiones: una preliminar, de abril de 1977, y la definitiva, publicada en marzo de 1979. Esta última formó parte de los contratos de obra suscritos en los meses siguientes para la rehabilitación de las carreteras incluidas en el Plan.

Teniendo en cuenta la magnitud y la frecuencia de las cargas circulantes por las carreteras incluidas en el Plan de Recuperación, estas especificaciones incluían nuevos aspectos de gran exigencia técnica. Sin embargo,

carentes de la logística de las empresas internacionales de construcción vial, cuyas plantas de producción de agregados disponían generalmente hasta de trituradoras cuaternarias, los contratistas nacionales tuvieron dificultades para producir los agregados y las mezclas con los índices de calidad demandados, lo que generó numerosas glosas de las interventorías y retrasos en la ejecución de muchas de las obras. La solución adoptada por el ministerio no pudo resultar más funesta para la debilitada red vial nacional: mediante la Resolución 7123 del 3 de agosto de 1982, la entidad adoptó como especificaciones generales para las siguientes licitaciones en todo tipo de carreteras unas que se habían elaborado en 1970 para un Plan de Pavimentación de vías de bajo tránsito. En la práctica, esto significó que, desde entonces, el ministerio aplicó unas especificaciones de construcción elaboradas para vías con niveles de tránsito inferiores a 250 vehículos por día, en carreteras que soportaban un volumen cuando menos cuatro veces mayor y donde el efecto agresivo de las cargas de los camiones sobre los pavimentos se había cuando menos duplicado en relación con el detectado en 1970.

Esta decisión administrativa trajo, por supuesto, consecuencias muy adversas sobre la durabilidad de los pavimentos y de sus obras de rehabilitación durante los siguientes quince años, hasta que, a finales de 1996, el Instituto Nacional de Vías materializó sus primeras especificaciones de construcción y derogó de manera definitiva las del Plan de Pavimentación.

En la *Guía para el diseño estructural de pavimentos flexibles en Colombia*¹⁶, publicada en enero de 1970, menciona que “Los estudios realizados hasta ahora por el Ministerio de Obras Públicas en cinco estaciones (...) han demostrado que, en la mayoría de las carreteras colombianas, cien (100) vehículos comerciales (camiones y buses únicamente) equivalen aproximadamente a ciento cincuenta (150) ejes de 8,2 toneladas (factor camión igual a 1,5)”.

Los resultados de una encuesta contratada por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte en 1981 con la firma Tecnoconsulta Ltda., para estudiar los pesos y dimensiones de los vehículos circulantes por las carreteras nacionales, indicaron que el factor daño promedio de los camiones C2 era 3,30, el de los C3

era 4,44 y el de los C3S2 era 5,25¹⁷, lo que comprueba el incremento sustancial de la agresividad del parque automotor sobre los pavimentos de la red vial durante la década de los setenta.

Etapa de construcción

Un pavimento es tan bueno como lo son los materiales y la calidad del proceso constructivo. Atendiendo su posición dentro de la estructura, los materiales y mezclas deben satisfacer algunos requisitos sobre composición, resistencia mecánica y durabilidad que aseguren el cumplimiento satisfactorio de sus funciones durante el periodo de diseño previsto. Dichos requisitos se encuentran descritos en las especificaciones de construcción. Como se indicó en los párrafos precedentes, materiales que pueden resultar apropiados para soportar un tránsito liviano no lo son cuando las condiciones de carga, frecuencia y presión de contacto son mucho más intensas.

Deficiencias en la calidad de la construcción.

Los ensayos de control y los límites que establecen las especificaciones a sus resultados definen la calidad de los productos que desea obtener la entidad contratante y reflejan las condiciones que, de acuerdo con su experiencia, son necesarias para garantizar las condiciones de estabilidad, seguridad y durabilidad de la obra construida, por las cuales conviene un precio con el contratista. El uso de materiales y la entrega de productos de inferior calidad no sólo constituyen un incumplimiento de las condiciones económicas pactadas sino que, dependiendo de la magnitud y de la frecuencia de los incumplimientos, se puede traducir en un excesivo mantenimiento durante la vida del pavimento y, generalmente, en costosas rehabilitaciones.

Los ejemplos del empleo de materiales inadecuados en la construcción de las carreteras nacionales son abundantes. Para citar sólo uno, las areniscas de la zona oriental de Bogotá, cuyos bajos valores de limpieza y

17. Fernando Sánchez Sabogal (1983). Las cargas que circulan por las carreteras colombianas y su efecto en el diseño y el comportamiento de los pavimentos flexibles. *Segundo Congreso Latinoamericano del Asfalto*, tomo 1. Mar del Plata, 21 a 25 de noviembre.

16. *Ibíd.*, nota 10.

resistencia a la abrasión sólo hacían idóneo su uso en la construcción de pavimentos mediante el mecanismo de la estabilización química, se emplearon durante mucho tiempo en la elaboración de bases granulares y concretos asfálticos de vida reducida, tanto en la capital como en algunas carreteras vecinas.

Los asfaltos han sido también un obstáculo contra la durabilidad de los pavimentos, situación que ha sido especialmente delicada y difícil de controlar a causa del monopolio que ha tenido Ecopetrol sobre su producción. El incumplimiento de los requisitos indicados en las especificaciones ha sido persistente, a pesar de las continuas manifestaciones del productor en contrario. Los cementos asfálticos que se producían en Apiay condujeron a infinidad de fracasos, debido a su exagerada viscosidad; además, el procedimiento utilizado por Ecopetrol para reducirla no sólo no garantizaba el buen comportamiento del producto sino que, además, generaba una considerable contaminación ambiental al calentarlo para la fabricación de las mezclas.

Aunque no se refieren ni a un pavimento asfáltico ni a una carretera nacional, los estragos producidos en algunos pavimentos de la capital colombiana debido al empleo de un producto conocido como “relleno fluido” constituye el ejemplo perfecto de las nefastas consecuencias del uso de un material inapropiado sobre la vida de un pavimento.

El uso de equipos y técnicas constructivas inapropiadas y la falta de personal calificado para la ejecución de las operaciones de construcción conspiran también contra la durabilidad de los pavimentos. A pesar de que, por ejemplo, hace casi dos décadas las especificaciones del Inviás prohíben terminantemente el uso de dispositivos por gravedad para la ejecución de los riegos de liga, los contratistas de obra los siguen utilizando sin limitación, ante la pasividad de las interventorías.

Los tratamientos superficiales, que en países como Australia y Nueva Zelanda brindan a bajo costo vidas superiores a diez años aun en carreteras sometidas a tránsito intenso, han constituido un dolor de cabeza para la ingeniería colombiana, hasta el punto de que un distinguido ministro de Transporte decidió proscribirlos durante su gestión. Su éxito depende del cabal cumplimiento de las especificaciones en cuanto a los

materiales y equipos, y de poner en su ejecución el mismo nivel de rigor que se suele aplicar en la construcción de los concretos asfálticos. El empleo de equipos en estado deficiente y la dificultad de obtener un control adecuado de su proceso de construcción ha tenido como efecto inmediato que su vida sea mucho más corta de lo que pudiera ser, lo que posiblemente llevó a la citada decisión ministerial.

Deficiencias en el autocontrol y en la supervisión. En 1996, el autor de este informe elaboró un documento, titulado “Aporte sobre la calidad de los trabajos de construcción de la Red Vial Nacional”, disponible en la biblioteca del Instituto Nacional de Vías, en el que definió el término “elasticidad del interventor”, como la posibilidad de que éste aceptara materiales y trabajos terminados por fuera de los límites de las especificaciones que, en ese instante, eran las del Plan de Pavimentación del MOP. Evaluando la información correspondiente a cinco contratos en ejecución, se encontró que, en proporciones variables, todos los interventores presentaban gran elasticidad.

Ante estos resultados, y con el fin de reducir las incertidumbres a que daban lugar las especificaciones del ministerio en relación con la frecuencia de los controles y la manera de interpretar sus resultados, las especificaciones publicadas por el Instituto Nacional de Vías se han redactado de una manera taxativa en ese sentido. El tamaño de los lotes de verificación, el número de ensayos que hay que realizar por lote y la forma de procesar sus resultados y de definir la aceptabilidad o rechazo del producto se describen con detalle en los artículos del documento. A pesar de ello, no se conoce a la fecha un solo contrato en que alguna supervisión haya atendido dichos requerimientos en su totalidad. Incluso, hay pruebas de verificación en las que ni siquiera se realizan, por ejemplo, las comprobaciones de la resistencia al ahuellamiento en el laboratorio y la toma de fotografías infrarrojas para constatar las condiciones de colocación y compactación de las mezclas asfálticas en caliente. En otros casos, tales como los suministros de cemento asfáltico y emulsiones asfálticas, cuya calidad se puede verificar en obra mediante ensayos de muy sencilla ejecución, el control de la supervisión no suele llegar más allá de la revisión del certificado que le entregan el fabricante o el proveedor del producto.

Otros aspectos determinantes en relación con la calidad del autocontrol y de la supervisión son la competencia del personal asignado a dichas actividades y el estado de los laboratorios y de los equipos empleados para los ensayos de control. El MOPT anteriormente y hoy el Invías han sido muy escrupulosos en relación con los requisitos de formación y experiencia de los profesionales asignados a los estudios y las interventorías, pero nunca se han preocupado por la competencia de las personas que suministran la mayor parte de la información con base en la cual se toman las decisiones: los laboratoristas. Aunque en la actualidad algunos de ellos ostentan el título de geotecnólogos, buena parte de los que aún prestan servicios en los contratos de estudios y de construcción de carreteras carecen de formación académica y han adquirido su saber merced a la transmisión de conocimientos ancestrales, sin preocuparse por la actualización ni disponer de la capacidad de análisis suficiente para considerar las implicaciones que pueda tener la ejecución de los ensayos, sin el apego absoluto a lo que describen las normas.

Superar esta falencia debe ser una acción inmediata. Por tal motivo, en las más recientes normas de ensayo de materiales del Invías se ha establecido la obligación de que los técnicos de laboratorio que trabajen en los contratos suscritos por la entidad demuestren su idoneidad mediante un certificado expedido por una organización de normalización reconocida o un establecimiento universitario aprobado, en el que se certifique que son competentes para llevar a cabo los procedimientos propios de los ensayos descritos en éstas.

Para que la ejecución de los ensayos sea correcta no basta con que los técnicos de laboratorio sean idóneos. También debe serlo el entorno en el cual los realizan. Ha sido frecuente, a lo largo de los años, que el recinto destinado al laboratorio en los campamentos de contratistas e interventores sea el más recóndito, oscuro y falto de ventilación y de higiene. Igualmente, que los equipos y otros elementos de ensayo no se ajusten a las medidas y demás requisitos de las normas de ensayo, a causa de su excesivo desgaste, mal manejo, falta de mantenimiento y carencia de calibración en los casos en que corresponde. Hasta ahora, ha sido más la excepción que la regla encontrar laboratorios de obra que resulten confiables por mantener registros de todos los equipos calibrados o verificados.

Etapa de mantenimiento

Una vez que la vía entra en operación, comienza el deterioro natural por el uso. La falta de mantenimiento siempre se ha considerado causa fundamental del deterioro prematuro de las carreteras. Se han publicado infinidad de documentos que coinciden en dicha afirmación y todos incluyen la misma curva, donde se muestra la manera teórica como disminuye el índice de servicio con el uso y las consecuencias técnicas y económicas de no atender en forma oportuna las labores de mantenimiento (figura 3)^{18 19 20}. La preocupación del Banco Mundial (BM) por el tema lo llevó a organizar en Latinoamérica una cadena de seminarios sobre programas de mantenimiento vial (Provia), de los cuales el primero, que se celebró en Colombia, tuvo lugar en 1993²¹.

Cuando el Instituto Nacional de Vías entró en funciones, decidió atender las recomendaciones del BM y puso en marcha, en febrero de 1995, el Plan para la Conservación del Patrimonio Vial de Colombia (Provia Colombia), diseñado para considerarlo una política de gobierno en la que la red vial nacional se reconocía como una infraestructura de servicio social. El programa, que recibió un importante impulso durante algunos años, fue relegado a segundo plano durante las administraciones posteriores.

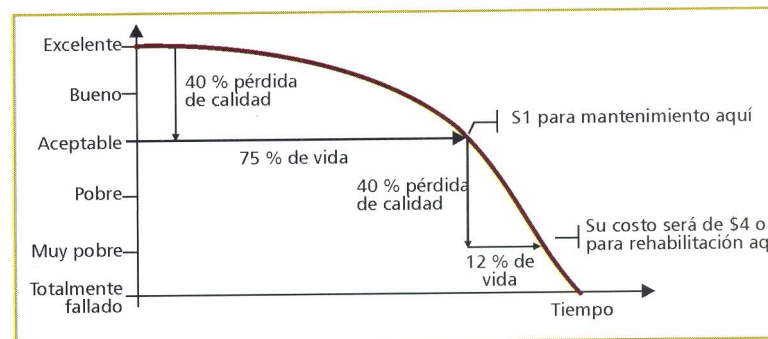


Figura 3. Condición típica del ciclo de vida de un pavimento.

18. *Ibíd.*, nota 5.

19. Cepal (1994). *Caminos: un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales*. Santiago de Chile.

20. CAF (2010). *Mantenimiento vial*. Informe sectorial.

21. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (1993). *Memorias del Primer Seminario Regional del Programa de Mantenimiento Vial (Provia) para los países del Grupo Andino*. Popayán: Universidad del Cauca, 9-13 de agosto.

Deficiente cultura de mantenimiento. Los factores que más han entorpecido el fortalecimiento de las actividades de mantenimiento vial en Colombia son la escasa presión del público para mejorar y mantener las carreteras y la falta de un financiamiento eficiente y seguro.

Según el Banco Mundial²², los organismos viales encargados de las redes no concesionadas no sufren directamente las consecuencias de la falta de mantenimiento, debido a que no administran los servicios de transporte terrestre. Por lo tanto, no pagan el total del precio de un mantenimiento escaso o nulo, ni están sometidos a las presiones del mercado ni a la presión del trato directo con el público, como sucede, por ejemplo, con los servicios de salud, educación y transporte. Los camioneros rara vez tienen el conocimiento suficiente para valorar los altos costos de operación de sus vehículos en los caminos malos y los propietarios de los automóviles están demasiado dispersos para formar grupos de presión que exijan caminos mejores. Además, es poco probable que los efectos de un mantenimiento deficiente se hagan sentir antes de que el problema haya alcanzado suma gravedad. Las obras de mantenimiento no permiten cortar cintas de inauguración ni obtener votos; por consiguiente, sin grupos de presión que los fustiguen, los políticos y los administradores se preocupan poco por los caminos y el organismo se va transformando en una institución que se usa para fines de patronazgo político y alivio del desempleo.

En relación con la insuficiencia de fondos, el Banco Mundial²³ señala que al no contar con apoyo político ni haber presión del mercado, los presupuestos para el mantenimiento de las carreteras no suelen guardar ninguna relación con las necesidades para su atención. Pero, aun en el evento de que se asignen fondos suficientes, los intereses políticos o privados ejercen presión sobre los organismos viales (o sobre sus fuentes de financiación) para desviar los fondos hacia otros propósitos: la famosa “mermelada”, como eufemísticamente se denominó la asignación a dedo de ingentes recursos estatales con fines reeleccionistas durante el gobierno del presidente Juan Manuel Santos. Dicha interferencia, que en el caso colombiano es uno de los problemas

administrativos más graves, sólo se puede controlar, desafortunadamente, en la arena política.

Operaciones de mantenimiento inoportunas e inadecuadas. El comportamiento de un pavimento depende de cuándo y cómo se hace su mantenimiento. El cuándo es muy importante. En la tan conocida figura 3 se ilustra la relación entre la caída del índice de servicio y los costos asociados a los trabajos de mantenimiento, según el instante en que éstos se acometan. Se muestra que si no se invierte un peso en mantenimiento cuando se ha consumido el 75 % de la vida del pavimento y su nivel de servicio ha decaído sólo en 40 %, se requerirá una inversión al menos cuatro veces mayor en rehabilitación luego de que se pierda otro 40 % del nivel de servicio, y que llegar a ese estado tomará apenas 12 % más de la vida del pavimento. Aunque estos porcentajes pueden variar dependiendo de muchas circunstancias, el concepto general es válido y pone de relieve la importancia de la oportunidad en la ejecución de las obras de mantenimiento y rehabilitación de un pavimento. Por lo tanto, los refuerzos deben planearse mediante sistemas eficientes de administración, con el fin de construirlos en el instante óptimo. En la medida en que no lo sean, los trabajos por realizar serán mayores y, por ende, más costosos.

Las principales consecuencias que se derivan del retraso en la construcción de un refuerzo de mantenimiento periódico son las siguientes²⁴:

- Incremento del costo del tratamiento previo.
- Aumento en el espesor y en el costo del refuerzo.
- Aumento en los costos de operación vehicular.
- Incremento de los reclamos de la comunidad.
- Disminución de la vida del refuerzo, por cuanto nunca es posible eliminar todos los daños de la estructura existente.
- Costos más altos durante el ciclo de vida para conservar el pavimento en servicio durante un periodo prolongado.

En la figura 4 se presenta, utilizando la misma curva de la figura 3, una relación conceptual entre la condición

22. *Ibíd.*, nota 5.

23. *Ibíd.*

24. Instituto Nacional de Vías (2007). *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras*. Bogotá.

del pavimento y las necesidades de mantenimiento y rehabilitación. Se puede apreciar que el instante recomendable para el refuerzo (mantenimiento periódico) ocurre cuando la pendiente de la curva de condición del pavimento aún no es muy pronunciada.

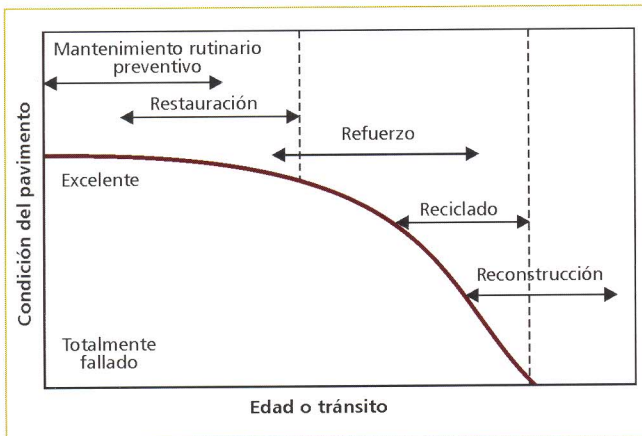


Figura 4. Espectro de alternativas de rehabilitación de pavimentos asfálticos.

Otros factores que inciden en el deterioro prematuro de los pavimentos

Factores ambientales imprevistos. Hay ocasiones en que las fuerzas de la naturaleza invalidan los datos estadísticos que forman parte de la información requerida para el diseño del pavimento. Es el caso de las precipitaciones. La ocurrencia de lluvias extraordinarias durante la construcción del pavimento, incluso durante su operación, puede producir el colapso súbito y prematuro de un pavimento. Lo mismo sucede con los movimientos telúricos.

Sobrecargas vehiculares. El daño causado a un pavimento por las cargas que exceden los límites legales aumenta de manera desproporcionada en relación con el incremento en la magnitud de las cargas; por ejemplo, un eje con el doble de la carga legal puede causar un daño superior en más de quince veces el producido por uno en el límite de ésta, dependiendo del tipo y de la condición de la estructura y del criterio de falla que se considere.

La circulación de camiones sobrecargados constituye, en principio, un serio problema para la economía nacional. Sus efectos inmediatos son un deterioro acelerado del pavimento y un incremento dramático en

los costos de mantenimiento y rehabilitación. Pero las sobrecargas no sólo causan pérdidas económicas para el país, sino que además producen problemas ambientales y de seguridad.

Considerando que los fondos disponibles para la construcción de nuevas carreteras y el mantenimiento de las existentes suele ser limitado, es esencial que las autoridades nacionales hagan respetar la reglamentación existente sobre los pesos por eje y vehiculares, con el fin de proteger uno de los patrimonios más valiosos del país. Además, la escasa aplicación de las normas a este respecto trae como consecuencia que, de manera deliberada, algunos transportadores sobrecarguen abusivamente sus vehículos, buscando aumentar en forma sustancial sus beneficios y haciéndoles una competencia desleal a los operadores respetuosos de la ley.

Se debe considerar, así mismo, que los vehículos sobrecargados constituyen un peligro para el tránsito público al requerir mayores distancias para el frenado y ser más propensos al vuelco en carreteras con fuertes pendientes y curvas cerradas, típicas en las zonas cordilleras del país. Por otra parte, como en Colombia prácticamente no existen carriles adicionales para tránsito lento en los tramos en ascenso de las carreteras de una sola calzada, la escasa velocidad del vehículo sobrecargado, a la vez que produce una mayor contaminación del aire, genera atascos de tránsito y considerables aumentos en los costos de operación de los demás usuarios. Esta situación se vive cotidianamente, por citar sólo un caso, en el tramo vial entre Ibagué y Armenia.

La circulación de camiones sobrecargados por la red vial colombiana no admite la menor discusión. El simple hecho de que en los operativos de pesaje realizados por el Invías en 2011 se hayan determinado factores promedio de daño vehicular de 8,58 y 29,47 para los camiones C3 en las carreteras de Valle y Cesar, respectivamente, lo demuestra de manera palpable²⁵.

Colapso de otros sistemas de transporte. Excluyendo el transporte férreo de carbón y de combustibles por tubería, el transporte carretero constituye el sistema

25. Luis F. Macea, Luis G. Fuentes & Alex E. Álvarez (2013, marzo). Evaluación de factores camión de los vehículos comerciales de carga que circulan por la red vial principal colombiana. *Revista Facultad Ingeniería Universidad de Antioquia*, N.º 66.

universal de transporte interno de carga en el país, por lo que no es de esperar que la red vial se vea sobrecargada por el colapso de otro modo de transporte. Sin embargo, problemas eventuales en el sistema de oleoductos pudieran generar volúmenes no previstos de carretanques por las carreteras nacionales que contribuyeran al deterioro acelerado de los pavimentos por los cuales habrían de circular.

SOLUCIÓN

El problema del deterioro prematuro de los pavimentos de la red nacional, aunque complejo por la cantidad de variables que involucra es, paradójicamente, de sencilla solución, teniendo en cuenta que las decisiones para enfrentarlo y superarlo se encuentran bastante centralizadas.

En el caso de la red a cargo del Invías, la responsabilidad recae de manera casi absoluta sobre los hombros de su director general, quien dispone de las herramientas y de la gobernabilidad para enfrentar con éxito casi todos los tentáculos del problema. La excepción insalvable la constituyen los eventos ambientales extraordinarios. En relación con la limitación de recursos presupuestales para atender oportunamente el mantenimiento, tal vez conviniera reducir el presupuesto destinado a la construcción de nuevas vías y asignarlo a las actividades de mantenimiento, a menos que, con el debido apoyo político que se supone debe tener un director del In-

vías, se pueda incrementar el volumen total de fondos. El Banco Mundial²⁶ recomienda que, para alcanzar un máximo de eficiencia, la política de mantenimiento vial debe coordinarse con el diseño y con la planificación de la construcción de las carreteras, y los costos durante el ciclo de vida útil de éstas se deben sopesar frente a los costos de operación de los vehículos que las utilizan. Para lograr esta coordinación se precisa, por supuesto, una buena base de datos, personal idóneo y técnicas de análisis satisfactorias.

En el caso de la red concesionada, la solución es aún más simple. Cada uno de los concesionarios dispone de los medios técnicos, económicos y legales para controlar los factores que dan origen al deterioro prematuro de los pavimentos (salvo los ambientales de fuerza mayor), gracias a su autonomía y a las escandalosas tarifas de peaje que pagamos los usuarios de las carreteras a su cargo.

COLOFÓN

Sirvan de colofón las siguientes palabras de los destacados ingenieros mexicanos Alfonso Rico Rodríguez y Hermilo del Castillo²⁷: “Las normas más ambiciosas de proyecto y la construcción más ambiciosa y costosa no bastan para garantizar la existencia de una obra de ingeniería útil, económica y duradera. Entre el proyecto y la obra o entre la construcción y la obra existen todo un conjunto de pasos y criterios que será preciso garantizar para llegar a un buen resultado”.

26. *Ibíd.*, nota 5.

27. Alfonso Rico Rodríguez & Hermilo del Castillo (1978). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres*, vol. 2. México: Editorial Limusa.