

Inspección visual de los firmes con pavimento bituminoso de la red de carreteras del estado

— Por: M^a DE LOS ÁNGELES YÁÑEZ
Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos

FRANCISCO ACHÚTEGUI
Dr. Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos

y OSCAR GUTIÉRREZ-BOLIVAR,
Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos



Anotación de deterioros durante la inspección visual

Necesidad de la inspección visual

La Dirección General de Carreteras del actual Ministerio Fomento y, en especial, su Subdirección General de Conservación y Explotación han venido desarrollando e implantando un Sistema de Gestión de Firmes desde hace algunos años. El objetivo inicialmente

marcado era un desarrollo paulatino del sistema en distintas fases, de forma que se le pudieran introducir mejoras a medida que se fuera avanzando en el conocimiento de los comportamientos de los firmes. Se decidió operar de esta manera, debido a una falta de información inicial suficiente que permitiera obtener desde el principio unos modelos de comportamiento con un mínimo de fiabilidad. Se podía utilizar así de forma casi inmediata el Sistema de Gestión; pero sin prescindir de las mejoras ne-

cesarias sucesivas para adaptarlo a la realidad, a medida que se iban recogiendo más datos.

Desde el principio, y al igual que hacen la mayor parte de las Administraciones que han desarrollado Sistemas de Gestión, se dio una gran importancia a la inspección visual de los firmes con pavimento bituminoso. Aun conociendo las dificultades que plantea este método, se puede considerar que todavía hoy es uno de los mejores para determinar el estado de los firmes. Otros métodos más

“La inspección visual es el mejor método para determinar si un firme ha iniciado su proceso de degradación.”

sofisticados también pueden proporcionar una información valiosa; pero difícilmente se puede prescindir de la evaluación visual, que sirve para determinar unos umbrales de deterioro a partir de los cuales conviene actuar.

Cabría discutir si con la inspección visual se pueden programar unas actuaciones de carácter preventivo: mientras no aparezcan los deterioros, este método no puede decir nada sobre el futuro del firme, por lo que no tendría valor. Pero, para el firme de una sección particular de una carretera, hay pocos métodos que indiquen con un grado aceptable de fiabilidad el momento en que comenzarán a aparecer degradaciones. Por otra parte, no tendría mucho sentido actuar sobre un firme que se encuentre teóricamente cercano a la fatiga, pero que no presenta deterioro alguno, por consideraciones de carácter preventivo. Se podría comparar esto con la pretensión de ingresar a una persona en una unidad de cuidados intensivos como medida preventiva, porque haya alcanzado la edad que coincide con la esperanza media de vida.

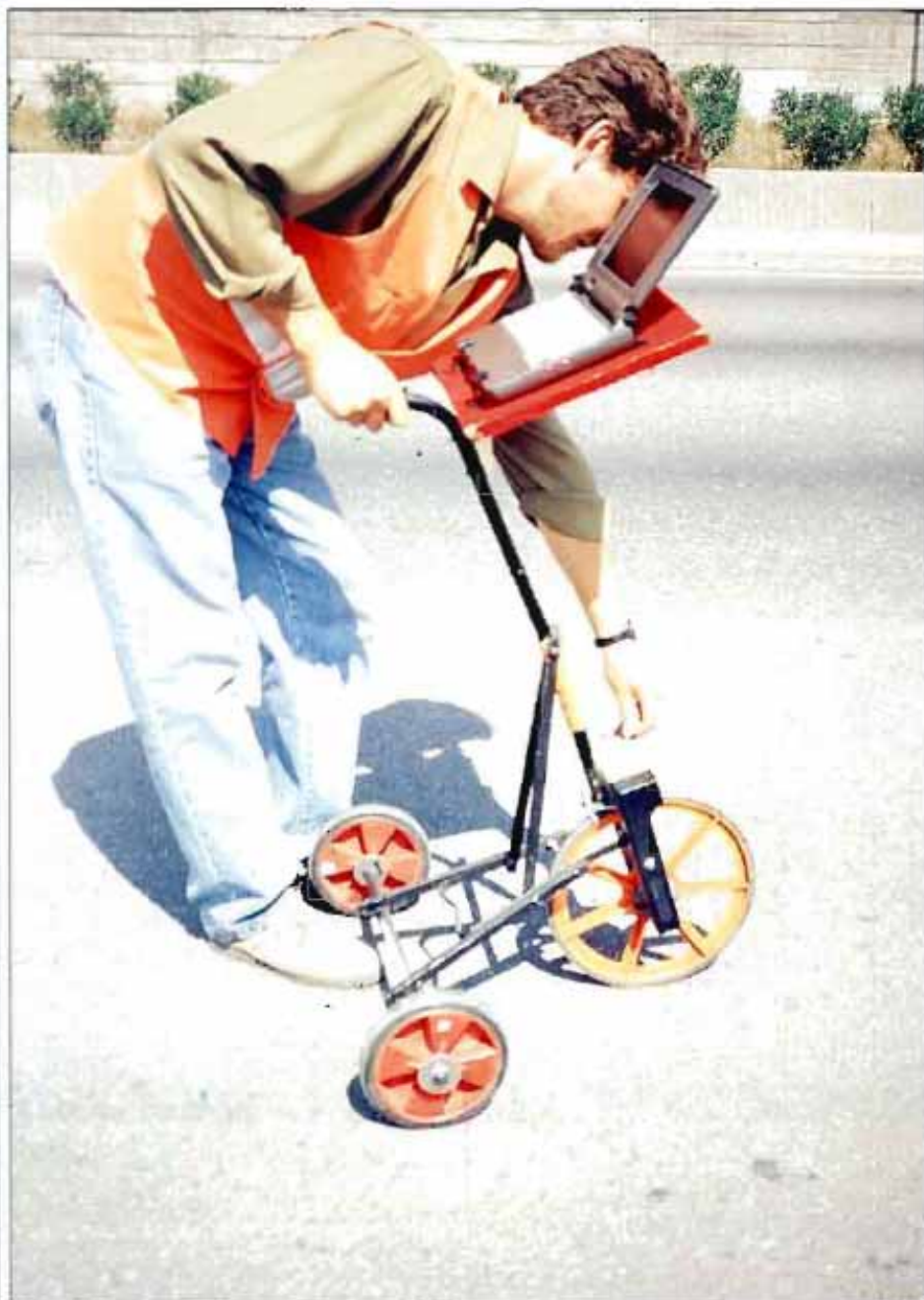
La inspección visual es el mejor método para determinar si un firme ha iniciado su proceso de degradación y, por tanto, se ha elegido como base fundamental para evaluar el estado estructural de los firmes dentro del Sistema de Gestión de Firmes de la Dirección General de Carreteras. Tomando como referencia el grado de deterioro estructural, se asignan unos umbrales que marcan la conveniencia de realizar actuaciones de rehabilitación, su tipo, su coste y el grado de prioridad con que se debe actuar en cada tramo, dentro de una estrategia general de conservación que ten-

ga en cuenta la evolución previsible de cada tramo.

Un poco de historia

Siendo la inspección visual la forma más evidente y natural para evaluar el estado de los firmes, se ha venido haciendo desde muy antiguo.

recientemente, la inspección realizada en 1982 fue un valioso antecedente en cuanto a la metodología y rigor con que se planteó. Desgraciadamente, esta inspección no tuvo continuidad a lo largo de los años. Hubo que esperar a 1991 para que la Dirección General de Carreteras promoviera una campaña de inspección de forma sis-



Puesta a cero del odómetro al iniciar la inspección

Aquí se tratará de hacer una recapitulación sobre las inspecciones efectuadas de modo sistemático.

Remontándonos al pasado, cabe recordar la inspección previa a la construcción del Circuito de Firmes Especiales, allá por los años veinte. Más

tematizada, como parte de su sistema de gestión. También hay que señalar que la Asociación Española de la Carretera realiza periódicamente una inspección de las distintas redes de carreteras. Aunque, con ciertas limitaciones, esta inspección da cierta idea

de las cantidades globales necesarias para la rehabilitación. No obstante, en el sistema de gestión, tal como está planteado, se necesita conocer con más precisión el estado de cada uno de los tramos homogéneos de carretera que se consideran.

Para cumplir este objetivo, se desarrolló un método propio en el año 1991. Consistía en inspeccionar la totalidad de la red de forma detallada, anotando los deterioros en unos impresos diseñados para ese fin. Luego se introducían los datos en un ordenador para su tratamiento.

Para realizar esta tarea, cada Unidad de Carreteras se encargó de la inspección de la totalidad de la red de la que era responsable. Desgraciadamente, las dotaciones de medios y personal de las Unidades eran —y son— tan limitadas que encontraron grandes dificultades para realizar esa inspección detallada. No obstante, muchas Unidades consiguieron, con un esfuerzo encomiable, inspeccionar la totalidad de su red. En las demás, fue necesario sustituir este método de evaluación por otro más sencillo y menos preciso, a cargo de los responsables de la conservación. Gracias a esta primera inspección, en la que una parte de la red se inspeccionó con menor detalle que la otra, se pudo poner en funcionamiento la primera versión del Sistema de Gestión de Firms, que dio como resultado la asignación de prioridades y la valoración de las actuaciones estructurales que se debían llevar a cabo en la red.

Podría parecer que la ingente labor llevada a cabo por el personal de las Unidades de Carreteras en la inspección detallada habría sido inútil. Nada más lejos de la realidad: el trabajo realizado fue la base para decidir con rigor dónde y cómo actuar. Además, esa inspección, junto con el inventario de firms, sirvió para estudiar el comportamiento del conjunto de cada tipo de firme en la realidad, y confeccionar unos modelos de evolución que permiten predecir suficientemente ese comportamiento. Por último, los más de 4 600 km de calzadas inspeccionadas metro a metro —y en ambos carriles en las calzadas únicas— han servido como fundamento para introducir un nuevo método de inspección visual por muestreo, que simplifica enormemente la labor. Es decir, se ha utili-



Dispositivo desarrollado para facilitar la toma de datos

zando la propia inspección para mejorarla y para hacerla más eficazmente.

Análisis de la primera inspección detallada y elección del método de muestreo

Tomando como base esos más de 4 600 km de calzada inspeccionados, se iniciaron unos estudios para simplificar el método de inspección. Se realizaron numerosas pruebas, y se vio que la forma más adecuada consistía en elegir un número de muestras fijo en cada tramo homogéneo. Se considera como tramo homogéneo, desde el punto de vista estructural, el

que tiene en toda su longitud el mismo tipo de firme, igual fecha de construcción o, en su caso, rehabilitación e idéntica categoría de tráfico pesado. Cada muestra era de un hectómetro, que constituía la longitud base de la inspección realizada y una extensión cómoda para representar en campo los deterioros.

La elección de un número fijo de muestras por tramo, desde el punto de vista estadístico, resulta más adecuada que la de un porcentaje fijo de su longitud. Para corroborar este extremo, se calculó la correlación existente entre la inspección real y la que se habría obtenido al inspeccionar el 10 % de la longitud de cada tramo. El

resultado de esta correlación se comparó con el de la medida de 5 muestras de un hectómetro por tramo, arrojando el siguiente resultado:

	10 % Inspeccionado	5 Muestras
R^2	0,715	0,937
Error estándar	13,5	6,7

Lo anterior confirma la hipótesis de que un número de muestras igual para cada tramo proporciona un mejor resultado que un número elegido proporcionalmente a la longitud del tramo, a pesar de requerir una longitud menor de inspección (un 4,72 % del total de la red).

Debe tenerse en cuenta la gran cantidad de datos tratados en este estudio: el banco de datos estaba formado, como se ha dicho, por más de 4 600 km, inspeccionados metro a metro. Gracias a esta enorme cantidad de datos, los resultados se pueden considerar suficientemente representativos de lo que ocurre en el conjunto de la red. Además, se hicieron numerosas correlaciones entre el número de muestras elegidas en cada tramo y el resultado de inspeccionar la totalidad de los tramos. Se vio que, a partir de cinco muestras, el resultado no mejoraba sustancialmente, sobre todo teniendo en cuenta el sobre-coste que supondría aumentar el número de muestras. Dado que el objetivo final de la inspección era servir de herramienta para que el sistema de gestión asignase unos fondos, se hacía necesario estudiar las diferencias en la valoración que la inspección por muestreo introduciría respecto del método de inspección total o detallada.

En la figura 1 se aprecia la diferencia porcentual entre el coste de las actuaciones de rehabilitación estructural previstas utilizando la inspección completa y la inspección por muestreo, según el número de muestras elegido.

Puede verse que, en el entorno de 5 muestras, los resultados se estabilizan, obteniéndose una diferencia de sólo el 4 % respecto a la inspección completa, y optimizándose el coste de la inspección: a partir de ese valor, las mejoras son menores, mientras que

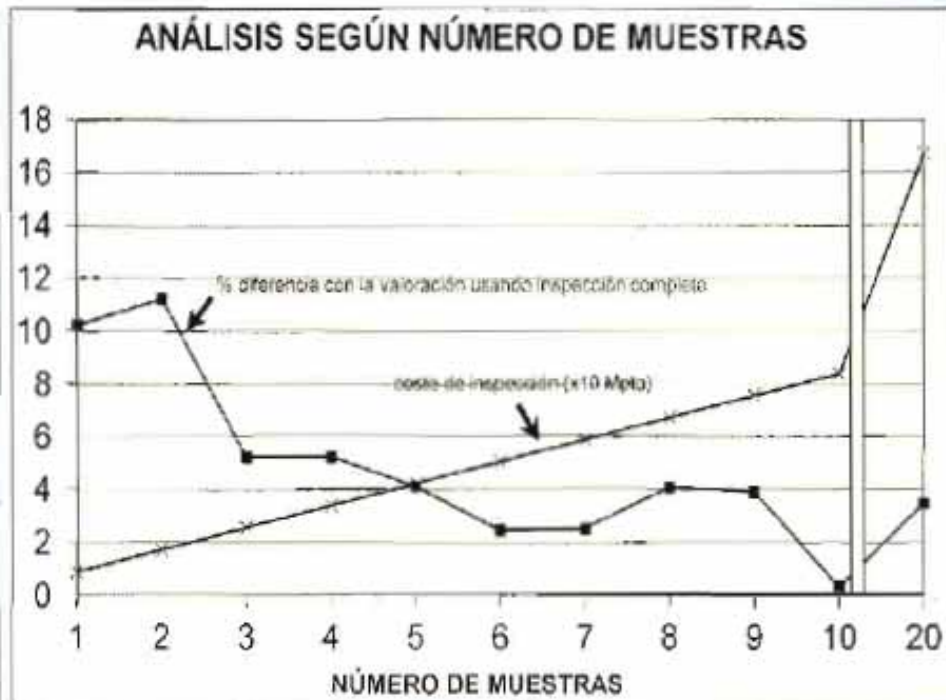


Figura 1. La inspección según el número de muestras

aumenta el coste de la inspección, representado, asimismo, en la figura (con exclusión de los gastos generales).

Por esta razón, se ha adoptado el efectivo de cinco muestras como el método más adecuado para realizar la inspección visual. De esta forma, se obtiene un considerable ahorro, al pasar la longitud de la red que hay que inspeccionar, del 100 % que propugnaba el antiguo método, a un 4,72 % que requiere el de muestreo.

Realización práctica de la inspección

De acuerdo con lo expuesto, se ha optado por emplear el método de inspección por muestreo, tomando cinco hectómetros dentro de cada tramo homogéneo. La forma de realizar la inspección ha sido, salvo ligeras modificaciones, la misma empleada en la inspección anterior, y que se encuentra recogida en el documento titulado "Inspección visual de firmes no rígidos. Notas para rellenar los impresos".

Para realizar la inspección, se divide cada carril en cinco partes en sentido transversal. Dos de ellas son las rodadas o zonas por donde habitualmente discurren los neumáticos de los vehículos. Las otras tres son las situadas entre las rodadas, y entre éstas y los bordes del carril. De esta forma, se quiere diferenciar entre los deter-

rioros debidos a la fatiga de los firmes por el paso de las cargas, y los demás deterioros.

En cuanto a los tipos de deterioro hay que decir que, aunque el método contempla todos los incluidos en el Catálogo de deterioros del Ministerio⁽¹⁾, se hace especial hincapié en los siguientes:

- Grietas longitudinales selladas
- Zonas reparadas
- Grietas longitudinales simples
- Grietas longitudinales múltiples o ramificadas
- Zonas cuarteadas
- Zonas hundidas o con desprendimientos
- Baches
- Grietas transversales
- Roderas

Para contabilizar los deterioros, se toma nota del metro donde empieza y del metro donde acaba cada uno, dentro del hectómetro. Transversalmente se indica la zona en donde se encuentra, dentro de las cinco ya mencionadas. Para la identificación del tipo de degradación se emplea una clave. Si no estuviera tipificada se hace una descripción, procurando utilizar la denominación del catálogo de deterioros del Ministerio. También se deben tener en cuenta otras inciden-

(1) MOPU. Área de Tecnología. Catálogo de deterioros en firmes. Febrero 1986.

cias, como zona en terraplén o desmonte, obras de paso, intersecciones, hitos, carriles para vehículos lentos o cualquier otra que se considere de interés.

Para la ejecución de los trabajos, la Dirección General de Carreteras contrató a tres empresas. A dos de ellas se les encargó la inspección de

catarias. En él se impartieron unas nociones teóricas, que fueron reforzadas por unas prácticas de inspección en carretera. Al finalizar el curso se realizaron un examen teórico y otro práctico. Todos los alumnos superaron las pruebas. En caso de que, durante el curso o en el examen, se hubiera observado que un inspector no

tomarse unas medidas suficientes para evitar cualquier accidente.

Para la realización de la inspección, una de las empresas desarrolló un ingenioso dispositivo para anotar los deterioros. Consistía en un triciclo, el que una de las ruedas era un odómetro, y llevaba acoplado un ordenador personal, donde se introdu-

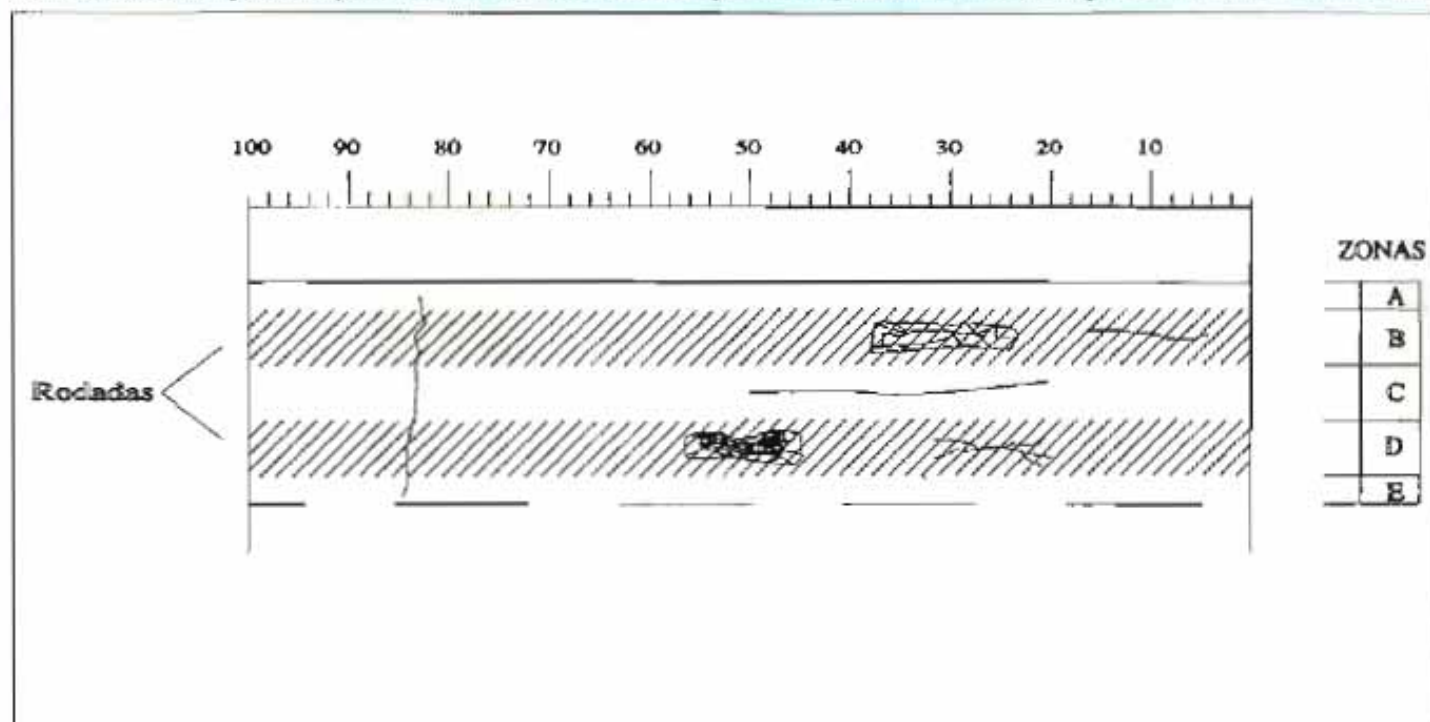


Figura 2. Método para localizar y cuantificar los deterioros

la mitad de la red. A la tercera se le encargó una inspección de contraste del 10 % del trabajo realizado por las otras dos. El objetivo del contraste era, principalmente, equiparar las inspecciones de los distintos equipos por medio de un patrón común. De esta forma, se podría encontrar la equivalencia entre los criterios de los distintos inspectores. Las empresas encargadas de realizar la inspección normal contaban con tres equipos cada una. La empresa que realizó el contraste tenía que hacer toda la inspección con un único inspector, para tener de esta forma un único patrón. Además de lo expuesto, la inspección de contraste tenía también que servir de control de calidad durante los trabajos. Si se detectaba que las diferencias entre un equipo y el contrastador eran grandes, se podría subsanar el error a tiempo, antes de finalizar el contrato.

Previamente a la inspección, se dio un curso en el CEDEX, de una semana de duración, a los inspectores designados por las empresas adjudicadas.

En el curso, se impartieron unas nociones teóricas, que fueron reforzadas por unas prácticas de inspección en carretera. Al finalizar el curso se realizaron un examen teórico y otro práctico. Todos los alumnos superaron las pruebas. En caso de que, durante el curso o en el examen, se hubiera observado que un inspector no

era apto para el trabajo, se habría solicitado su sustitución. Se hizo especial hincapié en la necesidad de tomar medidas de seguridad para la inspección. Entre ellas se debe destacar la utilización de medidas de protección personales, tales como chalecos reflexivos, y una señalización adecuada de la zona en donde se realiza la inspección. Debe tenerse en cuenta que la presencia del tráfico mientras se inspecciona es un peligro potencial, para el que deben

“**A** demás de lo expuesto, la inspección de contraste tenía también que servir de control de calidad durante los trabajos.”

tomarse unas medidas suficientes para evitar cualquier accidente. Podía incluso acoplarse una sombrilla para protegerse de las inclemencias del tiempo.

Los trabajos se realizaron en un plazo medio de 10 semanas, mejorando el marcado en el contrato, que era de tres meses. Para conseguirlo, se estudiaron minuciosamente la localización de los tramos y de las poblaciones cercanas que deberían servir de base, así como los tiempos que se podrían emplear en los trabajos. Todo ello permitió realizar una planificación que se demostró sumamente eficaz. El que el plazo fuera únicamente de tres meses se debía al interés de que las inspecciones fueran lo más homogéneas posibles. Así, la estación de observación fue prácticamente la misma (primavera), y la diferencia de tiempo entre la inspección de los diferentes equipos y la de contraste apenas permitía que cambiaran las condiciones de los firmes.

Semanalmente se remitía a la Directora de los trabajos la información de campo, en un sobre informático, tratado, procesado y revisado.



Al realizar la inspección visual en carreteras de gran circulación, deben aumentarse las medidas de seguridad

Realizados las inspecciones, la empresa encargada del contraste realizó un análisis estadístico para establecer el grado de correlación entre los valores obtenidos por los distintos equipos. Del estudio se dedujo que la correlación entre las longitudes deterioradas observadas por cada uno de los equipos y el equipo de contraste era del todo satisfactoria. Además, los coeficientes de corrección que se deberían aplicar resultaron prácticamente iguales a la unidad.

Utilización de la inspección

Los resultados obtenidos de esta inspección han proporcionado un mejor conocimiento del estado real de todos los firmes de la red. También han servido para elegir la estrategia de rehabilitación más eficaz. Cada estrategia se basa en una serie de criterios, con los que se eligen las actuaciones que se deben realizar prioritariamente. Para seleccionar la más adecuada, se ha analizado, a lo largo de un período de tiempo, el resultado de aplicar cada una de las estrategias, considerando el coste de las rehabilitaciones en la actualidad, añadiéndole el de conservación hasta el año horizonte del estudio, y sumando, por último, el que supondría rehabilitar completamente la red al término del plazo considerado. De esta forma, no sólo se han comparado los costes de la rehabilitación, sino tam-

bién el estado en que quedaría la red al cabo de un tiempo determinado, después de haber aplicado cada una de las estrategias. Para realizar ese estudio se han aplicado los modelos de evolución del estado de los firmes desarrollados dentro del sistema de gestión. Fruto de todos estos trabajos, ha sido la elaboración de un programa de rehabilitación y mejora de la red de carreteras del Estado.

Otra labor que se están desarrollando es tarar los modelos de evolución del estado de los firmes establecidos hasta ahora. La nueva información disponible se utilizará para comprobar, corregir y mejorar los métodos existentes.

También se está llevando a cabo unos análisis de comparación entre las deflexiones y los resultados de la inspección visual, que pueden servir de base para realizar muchos estudios sobre el comportamiento de los firmes. Desgraciadamente, aunque se dispone de un inventario de éstos, no se ha sistematizado todavía la recogida de los datos de construcción. Si se tuvieran, se podrían tener en cuenta otros parámetros que influyen en el comportamiento de los firmes.

Como resumen, se debe destacar la importancia que tiene la inspección visual para asignar, de la forma más eficaz posible, los fondos destinados a la rehabilitación estructural. También, su capacidad para el estudio del comportamiento de los firmes en con-

diciones reales, y teniendo como tramos de ensayo no unos pocos kilómetros, sino toda una red de carreteras. Conscientes de ello, la Subdirección General de Conservación y Explotación y, en especial, el Servicio encargado de la gestión de firmes, tienen un especial interés en continuar, potenciar y mejorar el método de inspección visual, que se pretende hacer cada dos años. Si se consigue este empeño, será la primera vez en nuestro país que un método de inspección, aplicado a toda la red, tenga continuidad en el tiempo. Sólo de esta forma se podrá progresar realmente en las técnicas de gestión, construcción y conservación de los firmes. Es de esperar que este esfuerzo en modernizar la gestión de la información sobre los firmes pueda rendir los mejores frutos. ■

M^º de los Ángeles Yáñez, Jefe del Servicio de Acondicionamiento, Subdirección General de Conservación y Explotación de la Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento; Francisco Achútegui, y Oscar Gutiérrez-Bolívar, Centro de Estudios del CEDEX.

**Suscríbase a la revista
"RUTAS"**

**la mejor revista para
técnicos y profesionales.
Boletín de suscripción
en pág. 75**