



GESTION DE LA CONSERVACION DE CARRETERAS

***POR CARLOS GASCA ALLUE**

En el ámbito internacional, las modernas técnicas de gestión integral de una red de carreteras se comenzaron a desarrollar en 1973 con el magnífico trabajo de la OCDE «Entretien des routes en rase campagne», que puede traducirse por «Conservación de carreteras en campo abierto». En este informe, un grupo de expertos de Europa, América y Japón opinaba que la conservación era el

«pariente pobre» de las operaciones de carreteras y era considerada como una tarea menos noble que la creación de nuevas infraestructuras, cuando el desarrollo de las redes viarias y el crecimiento del tráfico exigía un mayor cuidado de las carreteras y así lo demostraban los presupuestos de conservación de los distintos países, tendiendo a crecer de una manera irreversible.

Sin embargo, según el informe, en numerosos países la organización de los trabajos de conservación no se había adaptado a la evolución de los medios (mecanización), ni a las necesidades (tráfico).

Por todo ello, se establecían los principios básicos de un sistema de gestión basado en una metodología encaminada a la selección y programación de las intervenciones, así como a la afectación de los recursos.

Así, se recomendaba la creación de inventarios de carreteras o bancos de datos informatizados, como elemento fundamental para la gestión. Se insistía en la necesidad de reconocimientos visuales sistemáticos, directos o fotográficos, así como en la auscultación de las calzadas, como elementos de diagnóstico.

Igualmente, se establecían ejemplos de criterios y normas de calidad, cantidad y productividad, y se recomendaba la utilización del nivel de servicio considerado como norma global.

El estado de los firmes se establecía en función de sus deterioros y por medio de unos umbrales de intervención se seleccionaban las prioridades.

La AIPCR continuó el desarrollo del tema, de manera que en el XVI Congreso Mundial de Carreteras, celebrado en Viena en 1979, incluyó una extraordinaria conferencia-debate sobre conservación de carreteras que incidía sobre los mismos procedimientos y conceptos, exponiendo además el estado de la cuestión en el momento, con los avances logrados en varios países durante los seis años transcurridos, e insistiendo en la necesidad de establecer un sistema de gestión integral de las redes de carreteras. Esta conferencia-debate fue traducida al castellano, aunque sus recomendaciones no fueron seguidas en nuestro país.

El informe del Comité Técnico de la Conservación al citado Congreso de Viena también incluía un capítulo dedicado a las normas y criterios de conservación y otro a la gestión.

Para el Congreso Mundial de Sidney, en 1983, el Comité Técnico de la Conservación volvió a ocuparse del tema y comenzaba su informe con un capítulo sobre gestión de la conservación.

GESTION DE CARRETERAS Y EL CONGRESO DE BRUSELAS

En el XVIII Congreso Mundial de Carreteras, celebrado en Bruselas del 13 al 17 de septiembre de 1987, el Comité Técnico de la Conservación y Gestión de Carreteras volvió a considerar en su informe presentado al Congreso el tema de la «gestión», describiendo los sistemas desarrollados en «la mayor parte de los países» y analizando:

- Los objetivos y estructura del sistema de gestión.
- La elección de estrategias.
- La selección de prioridades.

- La auscultación y el seguimiento del estado de las calzadas.
- Las reglas o normas de actuación (umbrales de intervención).
- El banco de datos de carreteras.
- Los criterios de eficacia.

Afirmando que la mayor parte de los países industrializados reconocen la importancia de un sistema de gestión de la conservación, con el objetivo de encontrar las informaciones necesarias para la toma de decisiones en materia de mantenimiento de carreteras.

Objetivos de un Sistema de Gestión de Carreteras

Puede decirse, por tanto, que la mayor parte de los países europeos disponen hoy de un sistema de gestión para la conservación de carreteras, estando el trabajo más o menos desarrollado según el país de que se trate. Además, la propia definición del SGC varía en los distintos países: así en algunos se incluyen en el SGC tanto los análisis estratégicos socio-económicos, como la gestión operacional de la conservación a nivel de los responsables de su ejecución, mientras que otros limitan el SGC tan sólo al establecimiento del sistema propio de decisión.

Se reconoce de una manera general y amplia el gran interés que tiene un SGC que recoja la importancia de un buen nivel de calidad de la conservación desde el punto de vista de la economía general. El transporte por carretera es, con mucho, el modo de transporte más importante en la mayor parte de los países y es, por tanto, vital para la economía nacional. De esta forma, es esencial que los recursos financieros públicos dedicados a la conservación se utilicen de la manera más eficiente posible.

El objetivo fundamental de un SGC para la reposición del buen estado de una red de carreteras consiste en ayudar a los servicios responsables a responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué nivel presupuestario se necesita habida cuenta del desarrollo económico y social de un país o un determinado territorio?
- Para un presupuesto dado, ¿qué medidas de conservación deben tomarse? y ¿con qué prioridad?

El SGC debe permitir determinar la lista de los puntos o de las intervenciones de conservación que engendran las ventajas más elevadas para el conjunto de la red. Estas recomendaciones deben basarse en los mejores datos disponibles respecto al estado efectivo de cada tramo de la red.

En lo que respecta a las decisiones políticas, un SGC contribuye a responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál será el estado futuro de las carreteras de una red en función del presupuesto disponible?
- ¿Qué estrategia de conservación genera a la colectividad la más alta tasa de rentabilidad para los créditos dedicados a la conservación de carreteras?

El SGC debe poder ayudar a los diferentes niveles de un servicio de carreteras. Es un útil para el ingeniero de conservación a nivel de proyecto, así como para los servicios responsables de la afectación de los créditos a las actividades de conservación, a nivel de la red.

Estructura del Sistema de Gestión

El SGC debe considerarse como un útil para el proceso de decisión y, de hecho, puede calificarse como sistema de toma de decisiones. La función de un sistema de estas características consiste en describir la realidad con la ayuda de unos datos y mediante la aplicación de ciertos modelos, así como las consecuencias que se derivan de diversas soluciones para los usuarios de carreteras y para la colectividad.

El sistema de toma de decisiones está compuesto de los siguientes elementos y subsistemas:

1. Análisis del futuro (prognosis)
2. Modelos de análisis
3. Descripción de las características del transporte y del estado superficial de la calzada.

Estas descripciones se basan en la información recogida respecto a las degradaciones, el tráfico y los accidentes, así como en los cálculos (con la ayuda de modelos) de las relaciones entre las medidas adoptadas y su efecto sobre la variación del estado de las carreteras. Un sistema de ayuda a la decisión debe tener en cuenta, igualmente, las resoluciones tomadas a un nivel superior.

El sistema de transporte por carretera puede caracterizarse por la situación efectiva de la circulación y el estado de la carretera.

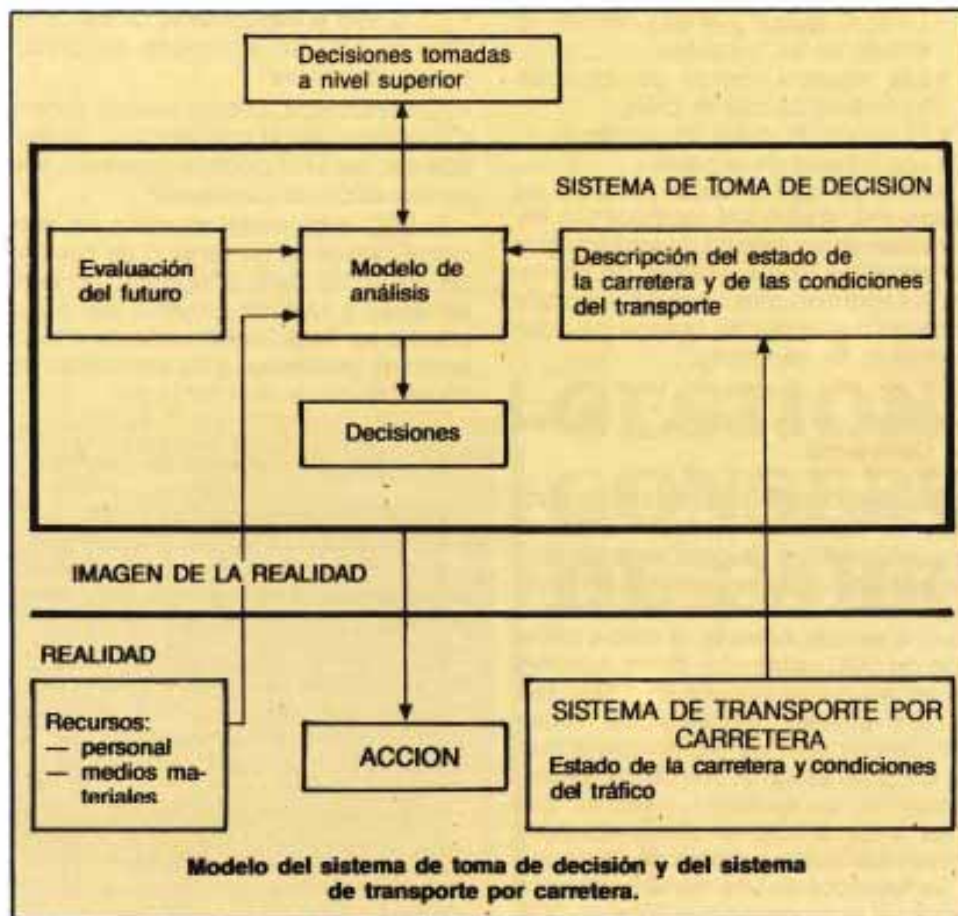
El estado de la carretera puede describirse en términos de red viaria, de tráfico, de reglamentación de la circulación y del entorno.

El sistema de transporte puede estar afectado por diferentes intervenciones. El esquema adjunto describe el sistema de toma de decisión y el sistema de transporte por carretera.

Este sistema de decisión está constituido por tres subsistemas:

1. Un subsistema estratégico.
2. Un subsistema táctico.
3. Un subsistema operacional.

El subsistema estratégico se utiliza para decidir los objetivos de conservación.



El sistema de toma de decisión debe describir la función del transporte, es decir, la manera por la que la colectividad está provista de transporte según las diferentes estrategias de conservación. Es necesario describir el nivel de servicio ofertado por el sistema de transporte así como sus efectos indirectos, tales como los accidentes y los perjuicios causados al entorno.

El subsistema táctico se utiliza para decidir la calidad del firme y de la superficie de rodadura; por ejemplo, el nivel aceptable para la regularidad superficial y la profundidad de rodera admisible.

El nivel presupuestario y la calidad del transporte son decisiones que se toman a nivel superior. Otra función importante de este subsistema es la afectación de los recursos presupuestarios.

El subsistema operacional se utiliza para definir y clasificar por orden de prioridad los diferentes trabajos a realizar en la calzada y decidir una acción o un proyecto adecuados.

Los análisis costes/beneficios socio-económicos se utilizan esencialmente en los subsistemas estratégico y táctico. En cuanto a los análisis costes/beneficios del subsistema operacional, se realizan únicamente desde el punto de vista de los servicios gestionarios de carreteras. La elección del transporte y la calidad de la superficie se hace desde el punto de vista

socio-económico, mientras que la elección del tipo de intervención se lleva a cabo en base a las mayores ventajas para los servicios de carreteras.

Los diferentes objetivos y medidas de conservación se estudian a nivel estratégico. La conservación del firme no es más que uno de los elementos de la conservación en general; un útil para la toma de decisiones en este dominio debe considerarse solamente como uno de los útiles necesarios. Utilizados conjuntamente estos instrumentos permiten describir diferentes objetivos, de manera que de los resultados se derivan una serie de intervenciones. A nivel operacional, sin embargo, los trabajos se clasifican en diferentes sectores, por ejemplo la conservación del pavimento, la conservación de las obras de fábrica, la vialidad invernal, etc. A este nivel el SGC puede utilizarse separadamente para las decisiones de un determinado sector. Algunos países utilizan el SGC únicamente a nivel operacional y consideran los niveles estratégico y táctico como subconjuntos de un sistema global para la gestión de la conservación.

CONFERENCIA-DEBATE SOBRE «SISTEMAS DE GESTION DE CARRETERAS»

Asimismo, al Congreso Mundial de Bruselas se presentó una conferencia-debate

sobre «Sistemas de Gestión de Carreteras», poniendo de manifiesto la gran importancia que se presta a este asunto en la mayoría de los países.

Es de señalar, según se afirmó en la conferencia-debate, que en la mayor parte de los países desarrollados las redes de carreteras están prácticamente terminadas, de manera que «la conservación del patrimonio existente está llegando a ser la primera prioridad a nivel mundial, tanto en los países industrializados como en los países en desarrollo». En otro momento de dicha conferencia se afirmó que «la puesta en obra de verdaderos sistemas de gestión de carreteras, que se desarrolla actualmente gracias al útil de la informática, debe tender a generalizarse rápidamente bajo la presión conjunta de un legítimo cuidado en la buena utilización de los créditos y de las exigencias crecientes en materia de conservación y modernización de la red».

El trabajo comprende seis capítulos que tratan de:

- Noción de un sistema de gestión de carreteras.
- Selección de un sistema y de una estrategia.
- Conocimiento de los costos y de su probable evolución.
- Recogida de datos.
- Descripción de un sistema de gestión.
- Ejemplos de sistemas de gestión: Austria, Dinamarca, Marruecos, Portugal, Estados de Arizona y Washington (USA), Francia y modelo HDM —Highway Design and Maintenance— del Banco Mundial.

Comienza diciendo que ambos términos, «sistema» y «gestión», han entrado hoy día en el vocabulario corriente tanto de la Administración como de las empresas y que parece oportuno recordar brevemente su significado: por «sistema» es preciso entender un conjunto de elementos interdependientes, es decir, ligados entre ellos por unas leyes determinadas y que ocupan una posición funcional precisa en el seno del conjunto.

Por «gestión» debe entenderse que la función del sistema es la de advertir a los que deben tomar decisiones a los diferentes niveles y suministrarles los elementos de apreciación y de selección de las diferentes operaciones de conservación que deben poner en práctica, en un lugar y en una fecha dados, en función de los objetivos que se asignen y de los medios que puedan disponer.

Los sistemas de gestión son, en resumen, la expresión correcta de los principios modernos de gestión, que muestran particularmente que la formulación clara de una determinada política pasa por:

- La definición de los objetivos.

- La determinación de las realizaciones.

El control de la aplicación, integrándose conceptualmente dentro del concepto de «planificación estratégica» imperante desde hace ya algunos años en multitud de grandes empresas.

A título de ejemplo se reproduce a continuación uno de los sistemas incluidos como muestra en la conferencia-debate: el correspondiente al estado de Washington, en los Estados Unidos de América.

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CARRETERAS EN EL ESTADO DE WASHINGTON (USA)

Esquema general

El sistema que afecta a la red del Estado de unos 11.000 Km., se compone de cuatro fases sucesivas:

- Constitución del banco de datos, incluso puesta al día.
- Interpretación de los datos para prever el estado futuro de las calzadas.
- Optimización de las estrategias de conservación para cada tramo de una red de carreteras.
- Programación óptima de las intervenciones de conservación en la red.

En el organigrama adjunto se muestran los principales componentes.

PRINCIPIOS DEL SISTEMA

Auscultación de las calzadas

Cada dos años se lleva a cabo una auscultación de las calzadas por medio de:

- Reconocimientos visuales de las degradaciones (unos 8 Km./día); está en experimentación un prototipo de teclado para archivo automático de la información en memoria sólida.
- Regularidad longitudinal mediante el perfilómetro PCA.
- Coeficiente de adherencia, aunque no está integrado de momento en el sistema.
- Deflexiones, utilizadas para el dimensionamiento de los refuerzos.

Notación de las calzadas y previsión de la evolución

A partir de los datos de auscultación y con la ayuda de un programa de interpretación, se efectúa una puntuación sintética a cada tramo de carretera (de 0 a 100) que pretende definir su estado; esta valoración es el producto del término «usuarios» (en función de la regularidad superficial) y del término «estructura» (en función de las degradaciones).

Los coeficientes de ponderación son el resultado de estudios de regresión múltiple y de encuestas entre los expertos.

Para cada tramo homogéneo se ajusta una curva de evolución de la forma: $\text{Nota} = m - \text{edad}^B$; m y B se obtienen a partir de regresiones sobre las observaciones realizadas.

El estado de Washington dispone de series de datos de alrededor de 15 años.

Umbral de intervención y necesidades de conservación

La red de carreteras se descompone en cuatro clases funcionales y para cada una de ellas se definen dos niveles de intervención:

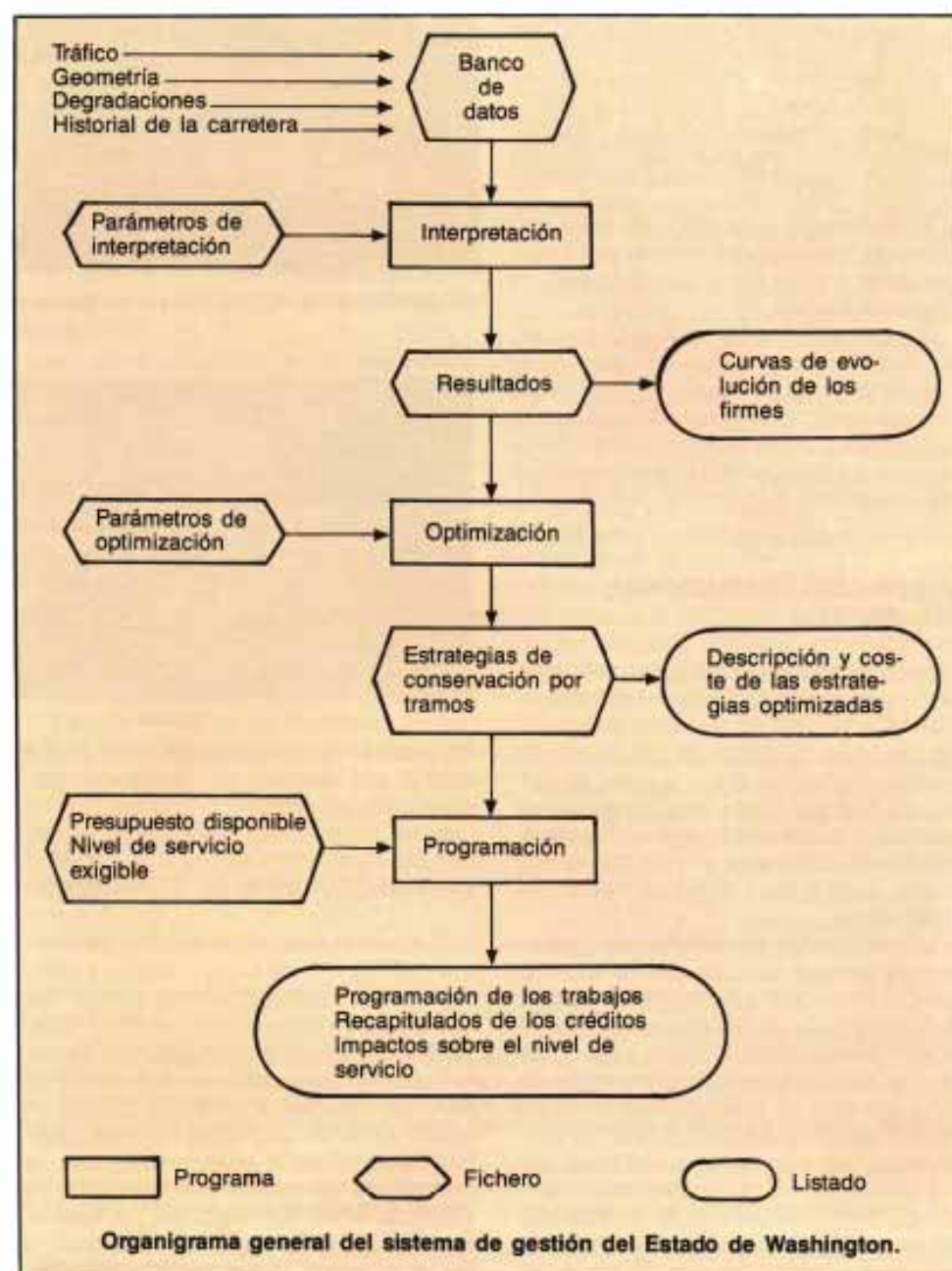
- El «should level»: puede ser necesaria una intervención.

- El «must level»: la intervención es indispensable.

La aplicación de estos umbrales a cada tramo de la red permite definir las necesidades de conservación para el período de tiempo que separa los dos niveles (en función de la curva de evolución del estado de la calzada).

Optimización

La consideración de la curva de evolución del estado de la calzada y de los niveles de intervención (descabido e imperativo) permite determinar el período probable de conservación. Por medio de un programa de ordenador se tantean diferentes soluciones de conservación y se investiga la sucesión de intervenciones



más económicas para un período de 20 años.

Se tienen en cuenta los costes de intervención, el coste a los usuarios (por ejemplo retenciones a la circulación debidas a los trabajos de conservación) y el valor residual de la calzada al final del período.

Programación

Para cada distrito el programa recapitula sobre los trabajos definidos por la optimización para un período de 6 años.

Los proyectos se clasifican por orden de prioridad y se llevan a cabo dos operaciones de programación:

- Una lista de proyectos que pueden realizarse dentro de las posibilidades presupuestarias y determinación del nivel de servicio resultante.
- La fijación de un nivel de servicio mínimo a conseguir y determinación del listado de trabajos necesarios para alcanzar los objetivos (con su correspondiente coste).

El análisis de la variación de estas dos series de imposiciones permite simulaciones útiles para la definición de la política de conservación.

Los costes a los usuarios no se tienen en cuenta en esta etapa más que implícitamente en la selección de los niveles de intervención, su obtención conduciría a resultados no deseables a nivel político (por ejemplo, abandonar determinadas carreteras a un tráfico reducido).

UTILIZACION OPERACIONAL DEL SISTEMA

El programa se utiliza para cada ejercicio presupuestario. Todos los distritos reciben los resultados de auscultación de las calzadas, así como los resultados del sistema de gestión: por una parte, las curvas de evolución para cada tramo de carretera y, por otra, el programa de trabajos optimizado para el período presupuestario (2 años) y el plan a medio plazo (6 años).

Los resultados del sistema de gestión constituyen una base de partida esencial para la obtención del programa efectivo de intervención de los distritos con la sujeción presupuestaria fijada para cada uno de ellos, independientemente del sistema, aunque es evidente que en la selección definitiva entran otro tipo de consideraciones: económicas, políticas, etc.

En otros términos, el sistema de gestión de carreteras del Estado de Washington es un útil básico, integrado en el procedimiento tradicional que no ha remiti-



La conservación de las carreteras existentes es una prioridad a nivel mundial.



do a causa de sus principios, pero al que ofrece una ayuda y un rigor particularmente apreciables.

COMUNICACIONES AL CONGRESO

Durante la exposición pública del informe del Comité de Conservación y Gestión en la correspondiente sesión del Congreso y después del resumen llevado a cabo por el presidente del Comité, hubo docena y media de intervenciones correspondientes a diversos países, la mayor parte de las cuales versaron también sobre temas relacionados con la gestión de carreteras. Así, intervinieron sucesivamente representantes de Suecia, Francia, Italia, Gran Bretaña, Bélgica y Suiza, exponiendo sus correspondientes

sistemas y criterios de gestión, utilización del Banco de Datos y objetivos a corto, largo y medio plazo.

Igualmente se presentaron interesantes comunicaciones sobre los siguientes temas:

- Costes de conservación comparados entre diversas estructuras de calzadas (Francia).
- Código de buena práctica para la conservación de carreteras (Francia).
- Normas de conservación para pistas ciclistas (Holanda).
- Conservación eficaz de las plantaciones de los arcenes (Holanda).
- Pesaje dinámico y clasificación de vehículos por captadores piezo-eléctricos (Francia).
- Conservación de carreteras durante la noche (Italia).
- Trabajos de carreteras (Holanda).
- Organización y gestión del trabajo de los centros de conservación (Gran Bretaña).
- Sistemas de predicción de hielo (Gran Bretaña).

Se presentó también una comunicación, que atrajo la atención del auditorio, por parte de un representante inglés y que titulaba como «lane rental contracts» o en su versión francesa «Location des voies de circulation». En castellano podríamos traducir literalmente por «Alqui-

lar de vías de circulación» o tal vez «contratos con ocupación de vías de circulación».

Deseoso de rebajar los plazos de ejecución de los contratos de conservación y, por consiguiente, reducir las molestias a los usuarios, el Ministerio de Transportes del Reino Unido lanzó la idea de estos contratos, en los que la Administración fija en el Pliego de Condiciones el precio y el plazo máximo necesario para la ejecución de los trabajos. El contrato prevé, además, una fórmula de prima/penalidad, expresada en días de adelanto/retraso en la ejecución de los trabajos, que se aplica al período fijado por el constructor en su oferta.

Examinadas dichas ofertas, se adjudica el contrato no sólo en base al mejor precio ofertado, sino también en función del plazo, de las primas y penalidades estimadas sobre los retrasos producidos por el tráfico y de los gastos de supervisión de los trabajos.

A título de ejemplo, vamos a considerar la licitación de unas determinadas obras de conservación, para las que se dispone de 5 ofertas, tal como se indica en el cuadro adjunto. Se supone una prima/penalidad fija de 2,8 m/ptas. por día de adelanto o retraso.

En el cuadro adjunto se indican las cinco ofertas con sus precios y plazos licitados, así como el presupuesto comparativo en función del extra-coste que suponen los días de retraso respecto a la oferta que propone el plazo más reducido.

EMPRESA	PRECIO OFERTADO	PLAZO (días)	EXTRA-COSTE (m/ptas.)	PRESUPUESTO COMPARATIVO
A	20,0	30	$10 \times 2,8 = 28,0$	48,0
B	40,0	22	$2 \times 2,8 = 5,6$	45,6
C	36,0	25	$5 \times 2,8 = 14,0$	50,0
D	44,0	20	0	44,0
E	41,0	21	$1 \times 2,8 = 2,8$	43,8

En estas condiciones, el adjudicatario sería la empresa «E», que se compromete a realizar las obras en 21 días por un importe de 41 m/ptas., pero además cada día de adelanto o retraso del plazo real de los trabajos tendrá una prima/penalidad de 2,8 m/ptas.

CONCLUSIONES

También entre las conclusiones del Congreso de Bruselas, recientemente publicadas y traducidas al castellano por la Asociación Técnica de Carreteras, se incluyen diferentes alusiones a la gestión de la conservación de carreteras en su relación con la preservación del patrimonio.

Así, en el Prólogo preparado por el Director General de Carreteras de Bélgica, como presidente del Comité de Redacción de las Conclusiones del XVIII Con-

greso Mundial, se dice que en los países industrializados: «la explotación, gestión y mantenimiento del patrimonio viario existente exige medios financieros que el poder político decisorio tiende generalmente a subestimar», y que por lo que respecta a los países en desarrollo: «sus respectivas redes viarias padecen un deterioro acelerado».

Se recomienda igualmente:

- la automatización de la gestión de la administración,
- la creación de bancos de datos de carreteras, necesarios para la planificación rigurosa de los trabajos, entre otros, de mantenimiento, y
- los sistemas dinámicos de ayuda a la decisión apoyados en estos bancos de datos.

Se comenta que los sistemas informatizados de gestión de la conservación son hoy día operativos en varios países, y termina diciendo que es útil recordar que *la carretera es, con mucho, el medio de transporte más utilizado*.

El capítulo de *Conclusiones Generales* recoge un extenso apartado sobre los métodos de ayuda a la decisión, ampliamente debatidos en el Congreso, incluyendo entre los objetivos fundamentales del Sistema de Gestión de carreteras el suministro de información para la toma de decisiones:

- sobre los niveles de servicio y mantenimientos (prácticas),
- sobre la elección de medidas de conservación (operativas).

Estos sistemas no deben ser demasiado sofisticados, debiendo convertirse en útiles herramientas de trabajo para el proceso de decisión, pudiendo afirmarse con certeza su expansión en los próximos años y esperando que con su empleo se obtendrá una reducción del gasto público y del coste a los usuarios.

Entre las conclusiones de la Cuestión II, *Firmes Flexibles*, se comenta, sin embargo, que los sistemas de gestión de pavimentos son muy seductores por sus objetivos, aunque advierten del peligro de utilizar indicadores globales de calidad basados en sistemas demasiado simples,

que combinan de manera arbitraria datos de naturaleza diferente.

El Comité de *Carreteras de Hormigón* y la Cuestión III, *Firmes Rígidos*, reconocen la necesidad de definir umbrales de intervención y de utilizar estrategias de conservación. Comentan que se dispone ya de técnicas de mantenimiento operativas para este tipo de firmes y guías prácticas para su realización, constituyendo objetivos primordiales la auscultación de pavimentos y la utilización de bancos de datos integrados sobre su estado.

La Cuestión VI y el Comité de *Carreteras en Regiones en Desarrollo* indican que la principal preocupación debería ser la conservación y el mantenimiento del patrimonio de carreteras y que debe asegurarse de forma continua la financiación de la conservación, dando un especial énfasis a la ejecución de los sistemas de drenaje y a su conservación.

Las conclusiones de la conferencia-debate nº 3, *Sistemas de Gestión de Carreteras*, consideran indispensables estos sistemas, que se va a producir su expansión en los próximos años y que esta expansión es al tiempo inevitable, deseable y justificada plenamente por la reducción del gasto público y del coste a los usuarios.

El Seminario y el Comité sobre las *Características superficiales de los pavimentos* recomiendan a los responsables de la toma de decisiones (administradores de obras viarias públicas o privadas) el cambio de los trabajos de tipo «construcción» hacia los de tipo «conservación» y comentan que esta tendencia se intensifica cada vez más en los países industrializados y comienza a aparecer en las regiones en desarrollo.

Por último, la sesión especial sobre la *Carretera y la Informática* considera que deben utilizarse sistemas informatizados para, entre otras funciones, la explotación y la conservación de carreteras.

*** Carlos Gasca Allué es Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Jefe de la 1.ª Jefatura Zonal de Construcción de Transportes Terrestres.**

REFERENCIAS

1. OCDE: «Entretien des routes en rase campagne». Paris, 1973.
2. OCDE: «Techniques d'entretien des revêtements». Paris, 1978.
3. OCDE: «Catalogue des dégradations de surface des chaussées». Paris, 1978.
4. AIPCR: «XVIe Congrès Mondial de la Route». Comité Technique de la Viabilité Hivernale et de l'Entretien Rapport. Viena, 1979.
5. AIPCR: «XVIIe Congrès Mondial de la Route». Conférence-débat «Entretien des Chaussées». Viena, 1979.
6. AIPCR: «XVIIIe Congrès Mondial de la Route». Comité Technique de l'Entretien. Rapport. Sidney, 1983.
7. AIPCR: «XVIIIe Congrès Mondial de la Route». Comité Technique de l'Entretien et de la Gestion. Rapport. Bruselas, 1987.
8. AIPCR: «XVIIIe Congrès Mondial de la Route». Conférence-débat «Systèmes de Gestion des Routes». Bruselas, 1987.